# การลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม

นางสาวสุตันตรา แซ่จิว

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.

# DEFECTIVE REDUCTION DUE TO SCRATCH IN INTEGRATED CIRCUIT MANUFACTURING PROCESS

Miss Sutantra Sae-jiw

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 | การลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม |
| โดย | นางสาวสุตันตรา แซ่จิว |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมอุตสาหการ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……. ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

……. กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

……. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

สุตันตรา แซ่จิว : การลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม. (DEFECTIVE REDUCTION DUE TO SCRATCH IN INTEGRATED CIRCUIT MANUFACTURING PROCESS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย, 152 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้ได้ดำเนินการกับโรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมแห่งหนึ่ง ซึ่งพบปัญหาจากการปรับเกณฑ์ในการยอมรับสินค้าของลูกค้าที่มีความเข้มงวดมากขึ้น จึงส่งผลให้มีปริมาณของเสีย และข้อร้องเรียนจากลูกค้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหลังจากพิจารณาพบว่า ข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วนมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณชิ้นงานเสียมากที่สุด(เพิ่มขึ้น 368%) เมื่อเทียบกับข้อบกพร่องทั้งหมดที่ลูกค้ามีการปรับเกณฑ์ไป โดยปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF มีปริมาณชิ้นงานเสียมากที่สุด(32 PPM) และมีลูกค้าร้องเรียนมากที่สุด (7 ข้อร้องเรียน) เมื่อเทียบกับลักษณะของรอยขีดข่วนทุกประเภท

ในการดำเนินการวิจัยจะประกอบไปด้วย 5 ระยะ โดยในระยะที่ 1ได้ใช้กราฟและแผนผังพาเรโตเพื่อใช้ในการเลือกปัญหาที่จะปรับปรุง ระยะที่ 2 ได้ทำการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุโดยใช้แผนผังก้างปลาร่วมกับการพิจารณา FMEA ของโรงงานตัวอย่างพบว่า สาเหตุหลักของปัญหาเกิดจากการเสียดสีกันของสตริปงานในแมกกาซีน และแผ่นรองสตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อนไม่เรียบ ในระยะที่ 3 ได้ทำการหาวิธีแก้ปัญหาโดยจะทำการเปลี่ยนแมกกาซีนจากแบบซ้อนเป็นแบบร่อง แต่พบว่าอาจส่งผลให้เกิดปัญหาสตริปโก่งที่กระบวนการอบพลาสติกได้ จึงได้นำเทคนิค TRIZ มาใช้ร่วมกับ Pugh Method ซึ่งได้วิธีการแก้ปัญหาโดยการใช้แผ่นแทรกมาคั่นสตริปในแมกกาซีนแบบซ้อนที่กระบวนการอบพลาสติก และใช้แมกกาซีนแบบร่องที่กระบวนการอื่น ในระยะที่ 4 จึงได้วางแผนเพื่อนำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ โดยใช้การระดมสมอง และทำการประเมินผลในระยะที่ 5 โดยใช้กราฟและแผนผังพาเรโต

ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาพบว่า สามารถลดปัญหารอยขีดข่วนรวมทุกประเภทลดลงได้ 88% รวมทั้งยังไม่พบข้อร้องเรียนจากลูกค้าในเรื่องรอยขีดข่วนจากล็อตงานหลังจากที่ทำการแก้ปัญหาไป นอกจากนั้นยังช่วยป้องกันค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้ที่อาจเกิดขึ้นได้อีกด้วย.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2554 .

## 5271464821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : DEFECT REDUCTION / TOTAL QUALITY MANAGEMENT(TQM) / THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING(TRIZ)

SUTANTRA SAE-JIW : DEFECTIVE REDUCTION DUE TO SCRATCH IN INTEGRATED CIRCUIT MANUFACTURING PROCESS. ADVISOR : NATCHA THAWESAENGSAKULTHAI, 152 pp.

This research was carried out in an integrated circuit factory. The case study factory had the impact from tightened acceptance criteria of their finished products from customer. The impacts result in increasing of defective and also customer complaints. Defect from scratch was found as the highest increment of defective (368% increasing). When compare with all patterns of scratch, the scratch on lead of PPF lead frame was the highest of defective (32 PPM) and also customer complaints (7 issues).

The methodology was composed in 5 phases. In Phase 1, the problem was defined by Graph and Pareto. Phase 2, the cause of scratch comes from scratching of strip to strip in stack magazine and unsmooth surface of stack magazine's templates. The cause was exposed by brainstorming, fishbone diagram and FMEA. Phase 3, this kind of defect can be solved by changing to a slot magazine. However, a major concern of slot magazine implementation is the strip warpage at package cure process. Thus, TRIZ and Pugh Method were used at this phase to solve this contradiction. The interleaf tape is implemented instead of slot magazine at package cure process. Phase 4, brainstorming was used for implementation plan and in Phase 5 the result was measured by Graph and Pareto.

This solution decreased 88% of scratch and zero customer complaint after the implementation. Besides, this solution can also prevent opportunity cost.

Department : Industrial Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2011

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และสละเวลาในการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้วิจัยตลอดระยะเวลาในการดำเนินงาน จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ได้ให้ทั้งความรู้และประสบการณ์ในด้านต่างๆ แก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ขอขอบคุณคุณสุชาติ ชูทัพ คุณนสนศักดิ์ อินทร์ฤทธิ์ และคุณมานพ วิทยถาวร สำหรับความอนุเคราะห์ให้หยิบยืมหนังสือดีๆ หลายเล่ม ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาใช้และอ้างอิงถึงในงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณคุณศุภชัย ผ่านเจริญถาวร คุณอณุพัชร พันธวงศ์ คุณธุมาวดี ณ ระนอง คุณสมชาติ สุสุข คุณอภิชาติ เผ่าวงศา ตลอดจนหัวหน้างาน พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่โรงงานกรณีศึกษาทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ขอขอบคุณคุณชยธร สระกลาง ที่คอยสนับสนุน เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการศึกษาและการทำวิจัย

ในท้ายที่สุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่สาว พี่เขย และคุณมาลี คุ้มวิจัยรัตน์ ที่ให้การอุปการะด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ในที่สุด

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 10
1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 10
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 11
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 11
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย..... 11
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย..... 16

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 18
2.1 เทคนิคทางคุณภาพ..... 19
2.2 เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ)..... 28
2.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคนิคทางคุณภาพเพื่อแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมการผลิต ต่าง ๆ..... 33
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ)..... 36
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม..... 39

บทที่ 3 ระยะการกำหนดปัญหา..... 42
3.1 ทีมงานสำหรับการปรับปรุงคุณภาพ..... 42

หน้า


3.2 ลักษณะภายนอกของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN…….…. 43
3.3 ประเภทของลีดเฟรมที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา…….. 44
3.4 รอยขีดข่วน……. 46
3.5 การคัดเลือกรายการที่จะทำการศึกษา…… 47
3,6 สรุปผลระยะการกำหนดปัญหา……... 52

บทที่ 4 ระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหา……... 53
4.1 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากแผนผังก้างปลา…… 53
4.2 การพิจารณาการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ……. 57
4.3 การพิจารณาคัดเลือกสาเหตุของปัญหา…….. 59
4.4 สรุปผลระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหา……... 64

บทที่ 5 ระยะการหาวิธีการแก้ปัญหา…… 65
5.1 วิธีการแก้ปัญหาของแต่ละสาเหตุหลัก……. 65
5.2 การพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาที่จะนำไปปฏิบัติ……... 67
5.3 การวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหา……... 71
5.4 ระยะการหาแนวทางแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค…….. 72
5.5 การพิจารณาเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค…… 73
5.6 สรุประยะการหาวิธีการแก้ไขปัญหา…….…… 92

บทที่ 6 ระยะการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ…… 94
6.1 วางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา…….. 94
6.2 การจัดเตรียมแผ่นคั่นสตริป……... 95
6.3 การจัดเตรียมแมกกาซีนแบบร่อง……... 99
6.4 การปรับแต่งเครื่อง Laser mark……..... 99
6.5 การฝึกอบรมพนักงาน…… 100
6.6 การดำเนินการตามวิธีการแก้ปัญหารอยขีดข่วน…….. 100
6.7 การติดตามผล……... 101
6.8 การประเมินผลการใช้งาน…… 101
6.9 สรุปผลระยะการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ…….. 101

**หน้า**


บทที่ 7 ระยะการประเมินผล…….. 102

7.1 ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพขั้นสุดท้ายหลังจากนำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ…. 102

7.2 ข้อร้องเรียนด้านคุณภาพจากลูกค้าหลังจากนำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ…..……. 104

7.3 สรุประยะการประเมินผล……..……. 106

บทที่ 8 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ……. 107

8.1 สรุปผลการวิจัย…….. 107

8.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย…… 112

8.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย…… 112

8.4 ข้อเสนอแนะ……... 112

รายการอ้างอิง..... 114

ภาคผนวก..... 117

ภาคผนวก ก..... 118

ภาคผนวก ข..... 125

ภาคผนวก ค..... 131

ภาคผนวก ง..... 137

ภาคผนวก จ..... 139

ภาคผนวก ฉ..... 144

ภาคผนวก ช..... 146

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 152

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและเครื่องมือ/เทคนิคที่ใช้..... 15
ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอน..... 17
ตารางที่ 3.1 โอกาสในเกิดรอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติกและพื้นผิวโลหะที่กระบวนการต่างๆ โดยแยกตามประเภทของรอยขีดข่วนและประเภทของลีดเฟรม..... 48
ตารางที่ 3.2 แผนการประชุมทีมเพื่อแก้ปัญหารอยขีดข่วนที่เกิดบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรม ประเภท PPF..... 51
ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบการปฏิบัติตามมาตรการที่ได้ระบุไว้ใน FMEA..... 58
ตารางที่ 4.2 สาเหตุของปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF ที่เป็นไปได้ และยังไม่มีการวิเคราะห์ รวมทั้งไม่มีมาตรการแก้ไขใน FMEA..... 59
ตารางที่ 4.3 ปริมาณชิ้นงานที่เกิดปัญหารอยขีดข่วนจากในกระบวนการผลิตและระหว่าง กระบวนการผลิต..... 61
ตารางที่ 4.4 ผลคะแนนการประเมินโอกาสที่ทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วน โดยพิจารณาจาก สาเหตุที่เป็นไปได้แต่ละสาเหตุ..... 63
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบต้นทุนที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนจากแมกกาซีนแบบซ้อนมาเป็นแมกกาซีน แบบร่อง โดยแยกพิจารณาตามหลัก 4M 1E..... 70
ตารางที่ 5.2 หลักการที่ควรนำมาพิจารณาเพื่อแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPFจากตารางความขัดแย้งจากหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น..... 73
ตารางที่ 5.3 ผลการประเมินเพื่อเลือกหลักเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการเลือกวิธีแก้ไขปัญหา..... 79
ตารางที่ 5.4 ผลการประเมินด้วย Pugh Method รอบที่1..... 85
ตารางที่ 5.5 ผลการประเมินด้วย Pugh Method รอบที่ 2..... 86
ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบต้นทุนจากการใช้แผ่นคั่นสตริปเฉพาะที่กระบวนการ Package cure และการใช้แผ่นคั่นสตริปทุกกระบวนการผลิตส่วนหลัง..... 88
ตารางที่ 5.7 เปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพและค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นจากวิธีการเดิม และวิธีการ แก้ปัญหาใหม่..... 91
ตารางที่ 6.1 แผนการดำเนินการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรมประเภท PPF..... 94
ตารางที่ 6.2 วัสดุที่นำมาพิจารณาเพื่อเป็นแผ่นคั่นสตริปในแมกกาซีนแบบซ้อน..... 95

**หน้า**

ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองเพื่อเลือกวัสดุสำหรับทำแผ่นคั่นสตริป 3 ชนิด โดยทำการอบซ้ำ 10 รอบที่กระบวนการ Package cure…….…….....  96
ตารางที่ 8.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยโดยเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์การวิจัยที่ได้กำหนดไว้……..  111

# สารบัญภาพ

**หน้า**

ภาพที่ 1.1 ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์รายเดือนในช่วงปี 2549 – 2553 (เดือน ม.ค.–ต.ค.)…… ..…… 1
ภาพที่ 1.2 มูลค่าส่งออกอิเล็กทรอนิกส์รายเดือนในช่วงปี 2549 – 2553 (ช่วงเดือน ม.ค.–ต.ค.)... 2
ภาพที่ 1.3 ผังกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้า……..……..…… 3
ภาพที่ 1.4 กราฟแสดงของเสียตามไตรมาสในช่วงปี 2552-2553 จากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ……..……... 5
ภาพที่ 1.5 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบของเสียในแต่ละประเภทก่อนและหลังจากที่ลูกค้าเปลี่ยนแปลงเกณฑ์การยอมรับของเสีย……..…… 6
ภาพที่ 1.6 แผนผังพาเรโตแสดงของเสียในแต่ละประเภทจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพหลังการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์การยอมรับสินค้า…..... 7
ภาพที่ 1.7 กราฟแท่งแสดงจำนวนข้อร้องเรียนด้านคุณภาพจากลูกค้าในระหว่างปี 2549-2553 โดยแยกตามส่วนการผลิตที่เป็นสาเหตุของข้อบกพร่องส่วนหน้าและส่วนหลัง..... 8
ภาพที่ 1.8 แผนผังพาเรโตแสดงของเสียในแต่ละประเภทที่ลูกค้าร้องเรียนยังส่วนการผลิตหลัง (End of line) ภายในปี 2553……..……. 8
ภาพที่ 1.9 แผนภูมิวงกลมแสดงลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วนที่ลูกค้าร้องเรียนในปี 2553 โดยแบ่งตามเกณฑ์การยอมรับเก่าและใหม่…… 9
ภาพที่ 2.1 วงจร PDCA…… 20
ภาพที่ 2.2 องค์ความรู้ของ TRIZ……..…….. 31
ภาพที่ 3.1 ลักษณะภายนอกของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN ส่วนด้านหน้าและด้านหลัง.. 43
ภาพที่ 3.2 ส่วนประกอบด้านหลังของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN ในส่วนที่เป็นพื้นผิวโลหะ 44
ภาพที่ 3.3 พื้นผิวด้านหลังของชิ้นงานที่ผลิตมาจากลีดเฟรมทองแดงซึ่งผ่านการเคลือบผิวที่กระบวนการ Strip plating แล้ว และพื้นผิวด้านหลังของชิ้นงานที่ผลิตมาจากลีดเฟรม PPF……..…… 45
ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างรอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติก……..…… 46
ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ……..……... 47
ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างรูปรอยขีดข่วนประเภทต่างๆ แยกตามประเภทของลีดเฟรมและลักษณะของรอยขีดข่วน……... 48

**หน้า**

ภาพที่ 3.7 แผนภูมิวงกลมแสดงปริมาณของเสียตามประเภทของรอยขีดข่วนและประเภทของลีดเฟรมที่พบจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้าย…….. 50
ภาพที่ 4.1 แผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรมประเภท PPF…….. 54
ภาพที่ 4.2 แผนผังพาเรโตแสดงผลการประเมินสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF…… 64
ภาพที่ 5.1 วิธีการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF…….…… 66
ภาพที่ 5.2 สตริปงานที่ถูกใส่อยู่ในแมกกาซีนแบบซ้อน และถูกทับด้วยตุ้มน้ำหนักก่อนนำเข้าอบที่กระบวนการ Package cure……..…….. 71
ภาพที่ 5.3 ลักษณะการวางสตริปในแมกกาซีนแบบร่อง เมื่อมองจากด้านข้างของแมกกาซีน….. 72
ภาพที่ 5.4 วิธีการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งโดยอ้างอิงจาก 4 หลักการที่ได้จากการเปิดตารางความขัดแย้งจากหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น……..….. 78
ภาพที่ 5.5 กราฟแท่งเปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพแต่ละประเภท และค่าเสียโอกาสระหว่างวิธีการเดิมและวิธีการใหม่……. 92
ภาพที่ 6.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อเปลี่ยนถ่ายแมกกาซีน และใช้แผ่นคั่นสตริปที่กระบวนการ Package cure……...……... 97
ภาพที่ 6.2 ขั้นตอนการเปลี่ยนถ่ายสตริปงานกลับ หลังจากล็อตงานออกจากตู้อบที่กระบวนการ Package cure และขั้นตอนการทำความสะอาดแผ่นคั่นสตริป…..…… 98
ภาพที่ 7.1 กราฟแสดงของเสียในช่วงปี 2552-2554 (ถึงเดือนสิงหาคม) จากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ…… 102
ภาพที่ 7.2 แผนผังพาเรโตแสดงของเสียแต่ละประเภทจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพหลังการแก้ไขปัญหารอยขีดข่วน……. 103
ภาพที่ 7.3 กราฟแสดงปริมาณของเสียรอยขีดข่วนประเภทต่างๆ ที่พบจากการสุ่มตรวจสอบลักษณะภายนอกขั้นสุดท้าย โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการแก้ไขปัญหา…..…... 104
ภาพที่ 7.4 แผนผังพาเรโตแสดงข้อบกพร่องในแต่ละประเภทที่ลูกค้าร้องเรียนยังส่วนการผลิตหลัง (End of line) ในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม ปี 2554…….…….. 105
ภาพที่ 7.5 กราฟเปรียบเทียบข้อร้องเรียนจากลูกค้าเกี่ยวกับปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF โดยพิจารณาจากวันที่ร้องเรียนและวันที่ผลิต……. 106
ภาพที่ 8.1 เปรียบเทียบวิธีการปฏิบัติงานก่อนและหลังการแก้ไขปัญหา……. 110

# บทที่ 1

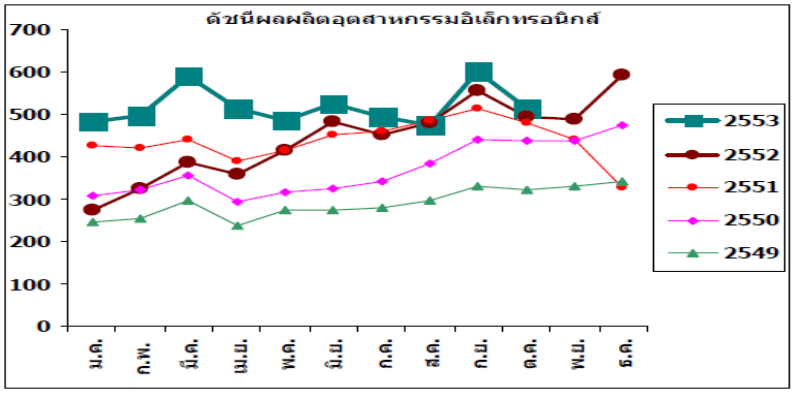
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนในยุคปัจจุบันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากในปัจจุบันเป็นยุคของข้อมูลข่าวสาร รวมถึงคนทุกเพศทุกวัยต้องการความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตมากยิ่งขึ้น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆจึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตประจำวัน และจะยิ่งทวีความสำคัญอย่างต่อเนื่องต่อไปในอนาคต

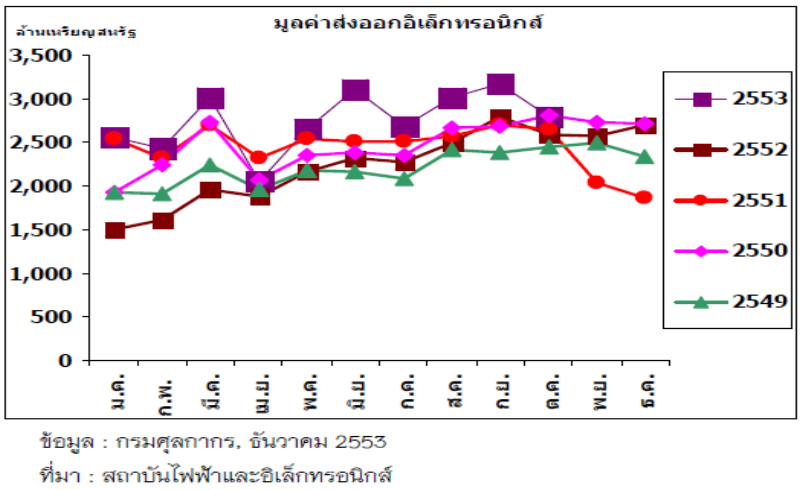
สำหรับประเทศไทยนั้น ถือเป็นหนึ่งในประเทศที่เป็นฐานการผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของโลก อีกทั้งอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ยังเป็นอีกอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการขยายตัวของเศรษฐกิจประเทศ โดยมีมูลค่าส่งออกสูงเป็นอันดับ 1 ตั้งแต่ปี 2538 จนถึงปี 2550 (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2550)

แม้ว่าในบางช่วงเวลาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยอาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ อย่างภาวะเศรษฐกิจโลกและ ความต้องการของตลาดโลกอยู่บ้าง แต่แนวโน้มการผลิตและการส่งออกของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยโดยรวมนั้น มีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นทุกปี จากสรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2553 และแนวโน้มปี 2554 ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมแสดงให้เห็นดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์รายเดือนและมูลค่าส่งออกอิเล็กทรอนิกส์รายเดือนในช่วงปี 2549 – 2553 (เดือน ม.ค.- ต.ค.) ดังแสดงในภาพที่ 1.1 และ 1.2




ข้อมูล : สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, ธันวาคม 2553
ที่มา : สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ภาพที่ 1.1 ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์รายเดือนในช่วงปี 2549 – 2553 (เดือน ม.ค.–ต.ค.)




ภาพที่ 1.2 มูลค่าส่งออกอิเล็กทรอนิกส์รายเดือนในช่วงปี 2549 – 2553 (ช่วงเดือน ม.ค.–ต.ค.)

อุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม (Integrated Circuits, IC) จัดว่าเป็นประเภทหนึ่งของอุตสาหกรรมทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ที่นับว่ามีการแข่งขันกันทางธุรกิจค่อนข้างสูงและต้องมีการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องตามความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนพื้นฐานที่ต้องนำไปประกอบกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกชนิด

สำหรับบริษัทรับจ้างผลิตและติดตราสัญลักษณ์ของลูกค้า หรือ OEM (Original Equipment Manufacturer) นั้น ยิ่งนับว่าเป็นธุรกิจที่ได้รับความกดดันอย่างมากทั้งทางด้านการพัฒนาเทคโนโลยี และความจำเป็นที่ต้องตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าหลายรายที่มีความต้องการแตกต่างกัน นอกจากนั้นยังประสบปัญหาในด้านต่างๆมากมาย ทั้งด้านของราคาที่ต้องปรับลดลงเพื่อให้เป็นที่พอใจของลูกค้า รวมถึงด้านคุณภาพที่ต้องปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

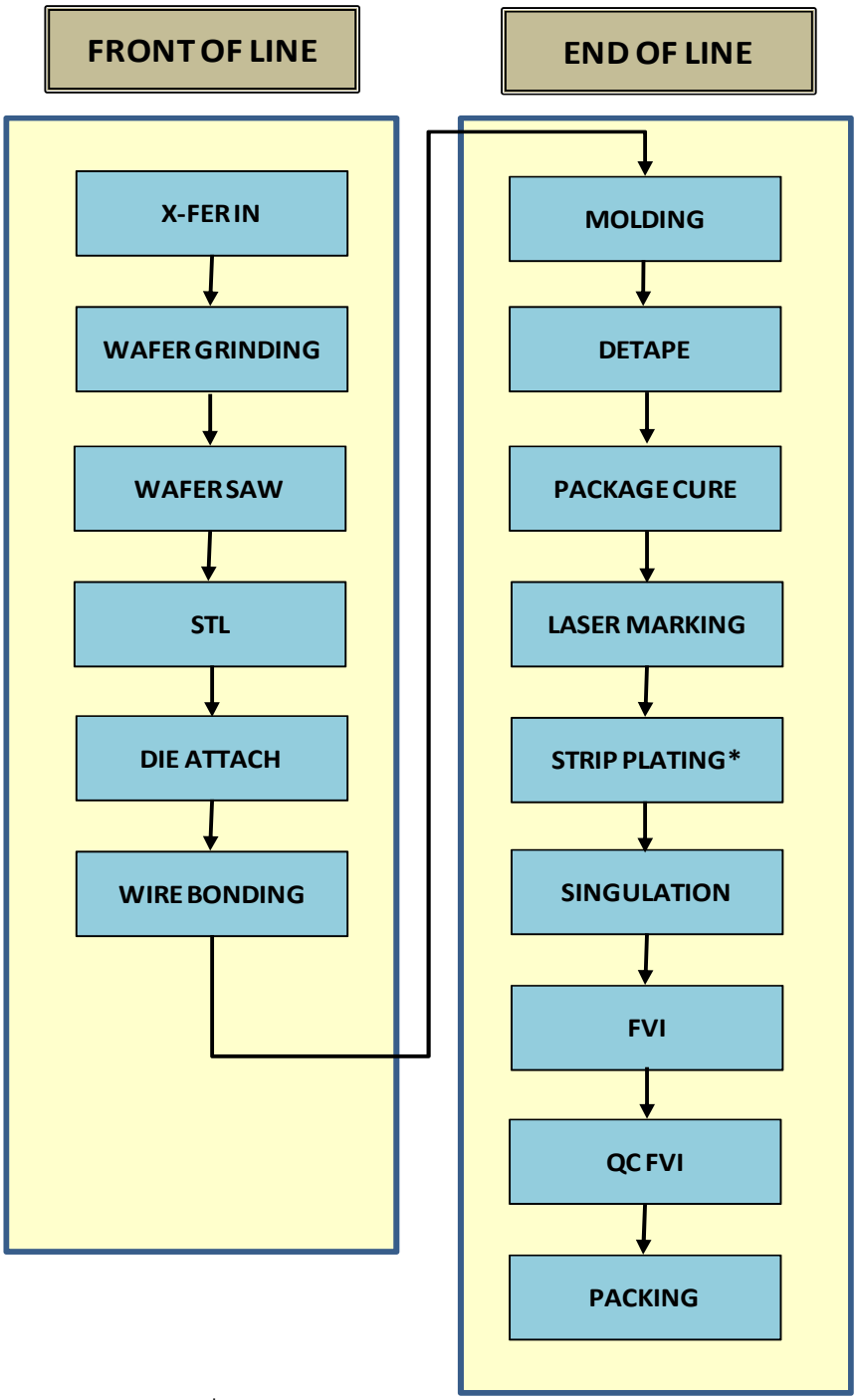
### 1.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภทแผงวงจรไฟฟ้ารวม (IC) ซึ่งเป็นประเภทรับจ้างผลิตตามความต้องการของลูกค้า (OEM) โดยแบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามโครงสร้างและลักษณะการนำไปใช้งานได้ 3 กลุ่มหลักๆ คือ

1. ประเภท Plastic Dual In Line (PDIP)
2. ประเภท Surface Mounted Device (SMD)
3. ประเภท Quad Flat No Lead (QFN)

ซึ่งในปัจจุบันแผงวงจรไฟฟ้ารวมที่มีความต้องการในตลาดสูงคือ ประเภท Quad Flat No Lead (QFN) เพราะมีขนาดเล็ก ทำให้สามารถสนองตอบความต้องการของตลาด ที่มีความต้องการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงจะครอบคลุมเฉพาะแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท Quad Flat No Lead (QFN) เท่านั้น

กระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม




ภาพที่ 1.3 ผังกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม

รายละเอียดโดยย่อของแต่ละขั้นตอนการผลิตได้แก่

Front of line : กระบวนการผลิตส่วนหน้า

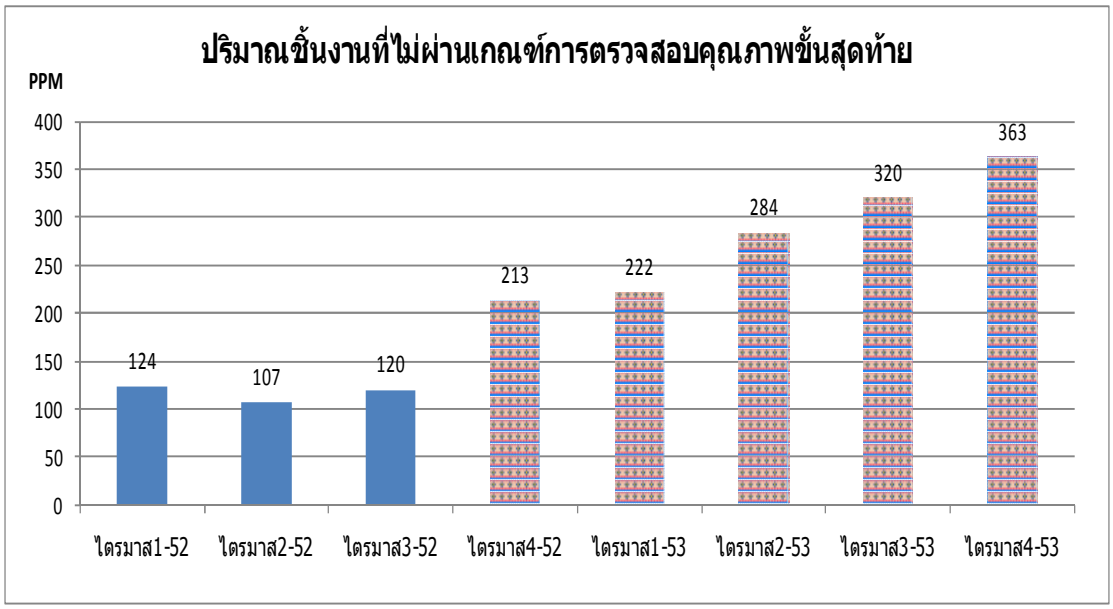
- X-FER IN : การรับเวเฟอร์ที่ส่งมาจากลูกค้า
- Wafer grinding : การเจียรให้เวเฟอร์ที่รับมามีขนาดบางลงตามที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับชนิดของแผงวงจรไฟฟ้ารวม
- Wafer saw : การตัดเวเฟอร์เป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆเรียกว่าได
- Special Treat Lead frame (STL) : การนำลีดเฟรมมาผ่านสารเคมีเพื่อทำความสะอาดและเคลือบผิว
- Die Attach : การติดไดลงบนลีดเฟรม
- Wire Bonding : การเชื่อมลวดทองจากไดสู่เนื้อที่ที่มีเงินเคลือบอยู่บนลีดเฟรม

End of line : กระบวนการผลิตส่วนหลัง

- Molding : การฉีดพลาสติกสีดำลงไปคลุมส่วนที่เป็นไดและลวดทองไว้ เปิดเฉพาะส่วนขาที่ต้องนำไปเชื่อมลงบนแผงวงจรไฟฟ้าในกระบวนการประกอบ
- Detape : กระบวนการในการดึงเทปด้านหลังที่ช่วยในการยึดลีดเฟรมออก
- Package Cure : การอบให้พลาสติกสีดำคงตัว
- Laser Marking : การระบุรายละเอียดที่ลูกค้ากำหนดลงบนพลาสติกสีดำ
- Strip Plating* : การเคลือบขาของแผงวงจรไฟฟ้ารวมที่เป็นทองแดงด้วยดีบุกหรือโลหะผสม ด้วยกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี (Electro-Plating) *เป็นขั้นตอนที่อาจมีหรือไม่มีก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของลีดเฟรม
- Singulation : การตัดแผงวงจรไฟฟ้ารวมออกเป็นชิ้นๆ รวมถึงการติดสตริปงานเข้ากับเทป เพื่อยึดชิ้นงานไว้ระหว่างการตัด (Mounting)
- Final Visual Inspection (FVI) : การตรวจสอบลักษณะภายนอกขั้นสุดท้าย100%
- QC Final Visual Inspection (QC FVI) : การสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ
- Packing : การบรรจุไอซีลงในบรรจุภัณฑ์ตามที่ลูกค้ากำหนดมา

### 1.1.2 ปัญหาด้านคุณภาพที่พบในโรงงานตัวอย่าง

เนื่องจากโรงงานตัวอย่างเป็นบริษัทรับจ้างผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมให้กับลูกค้าหลายราย และลูกค้าส่วนใหญ่จะนำชิ้นงานไปทดสอบหรือทำการประกอบก่อนที่จะขายต่อให้กับบริษัทผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รายใหญ่ต่อไป ดังนั้นเกณฑ์การยอมรับสินค้าของบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รายใหญ่ จึงมีผลกระทบต่อเนื่องมายังบริษัทรับจ้างผลิตเป็นอย่างมาก และเนื่องมาจากการแข่งขันในตลาดโลกที่รุนแรง ในช่วงภาวะเศรษฐกิจโลกถดถอยในปี 2552 ที่ผ่านมา ทำให้บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รายใหญ่ต่างพยายามแข่งกันในทุกๆด้าน เพื่อให้สามารถอยู่รอดได้ในตลาด ซึ่งส่วนหนึ่งที่สำคัญในการแข่งขัน คือ เรื่องของคุณภาพ ซึ่งนอกจากบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์จะพยายามปรับปรุงคุณภาพสินค้าของตนเองแล้ว ยังทำการกำหนดมาตรฐานใหม่ ให้กับผู้ผลิตวัตถุดิบให้กับตนเองให้มีความเข้มงวดมากยิ่งขึ้นอีกด้วย จากสถานการณ์ดังกล่าว ทำให้บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รายใหญ่มีการปรับเกณฑ์การยอมรับสินค้าในช่วงปลายปี 2552 ที่ผ่านมา

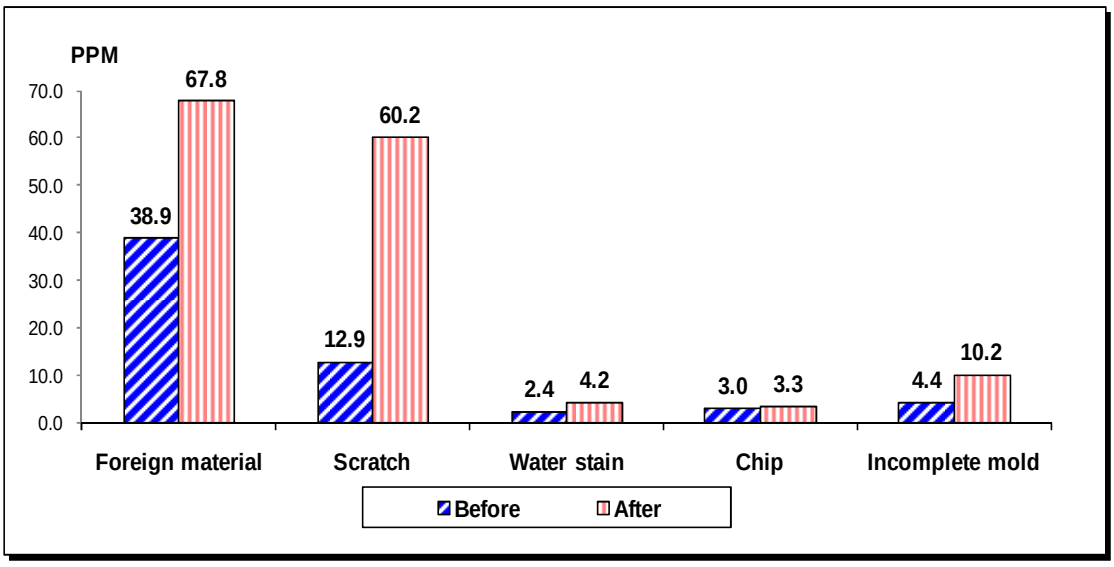



ภาพที่ 1.4 กราฟแสดงของเสียตามไตรมาสในช่วงปี 2552-2553 จากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ

จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้โรงงานตัวอย่างซึ่งถือเป็นผู้ผลิตวัตถุดิบให้แก่บริษัทผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประสบปัญหาด้านคุณภาพเป็นอย่างมาก จากการที่ต้องทิ้งชิ้นงานเป็นจำนวนมาก เนื่องจากชิ้นงานไม่ผ่านเกณฑ์ในการตรวจสอบใหม่ของลูกค้า จากภาพที่ 1.4 แสดง

ปริมาณชิ้นงานเสียก่อนเปลี่ยนเกณฑ์การยอมรับสินค้าในช่วงไตรมาสที่ 1-3 ของปี 2552 โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 117 PPM ต่อไตรมาส และในช่วงไตรมาสที่ 4 ของปี 2552 ถึงไตรมาสที่ 4 ของปี 2553 ซึ่งเป็นช่วงหลังจากเปลี่ยนเกณฑ์การยอมรับสินค้า ซึ่งมีปริมาณชิ้นงานเสียเฉลี่ยประมาณ 280 PPM ต่อไตรมาส จะเห็นได้ว่ามีของเสียเพิ่มขึ้นหลังจากมีการเปลี่ยนเกณฑ์ในการยอมรับสินค้าเป็นจำนวนถึง 163 PPM โดยเฉลี่ย ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนของเสียดังกล่าวทำให้โรงงานตัวอย่างสูญเสียรายได้เป็นจำนวนถึง 403,425 บาทต่อไตรมาส

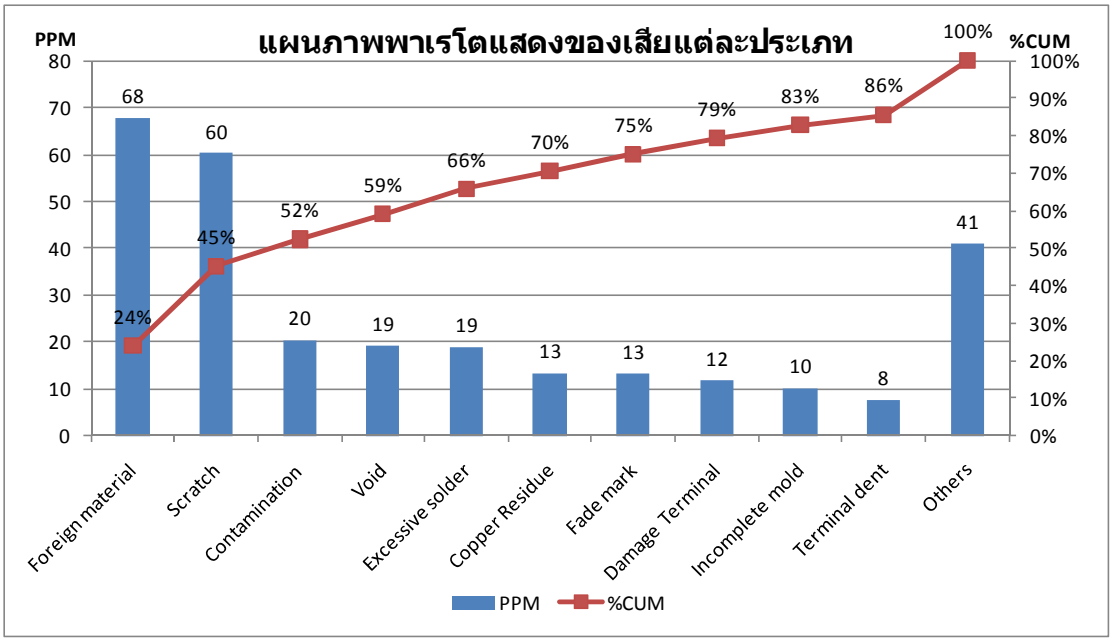
เมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการยอมรับสินค้าที่ลูกค้าได้มีการกำหนดให้เข้มงวดขึ้นในช่วงปลายปี 2552 ที่ผ่านมา มีทั้งหมด 5 ประเภท คือ ของเสียประเภทวัสดุแปลกปลอม (Foreign material), ของเสียประเภทรอยขีดข่วน (Scratch), ของเสียประเภทคราบน้ำ (Water stain), ของเสียประเภทรอยบิ่น (Chip) และของเสียประเภทโมลด์ไม่สมบูรณ์ (Incomplete mold) พบว่าของเสียประเภทรอยขีดข่วน (Scratch) เป็นประเภทที่มีจำนวนของเสียหลังการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ในการยอมรับของลูกค้าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 12.9 PPM เป็น 60.2 PPM หรือคิดเป็น 368% รองลงมาคือ ของเสียประเภทโมลด์ไม่สมบูรณ์ (Incomplete mold) ซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 4.4 PPM เป็น 10.2 PPM หรือคิดเป็น 133% ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 1.5




ภาพที่ 1.5 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบของเสียในแต่ละประเภทก่อนและหลังจากที่ลูกค้าเปลี่ยนแปลงเกณฑ์การยอมรับของเสีย

และเมื่อพิจารณาของเสียทั้งหมดหลังการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์การยอมรับของลูกค้าในช่วงไตรมาสที่ 4 ของปี 2552 ถึงไตรมาสที่ 4 ปี 2553 ที่ผ่านมา สามารถแยกเป็นประเภทของเสียจากมากไปหา

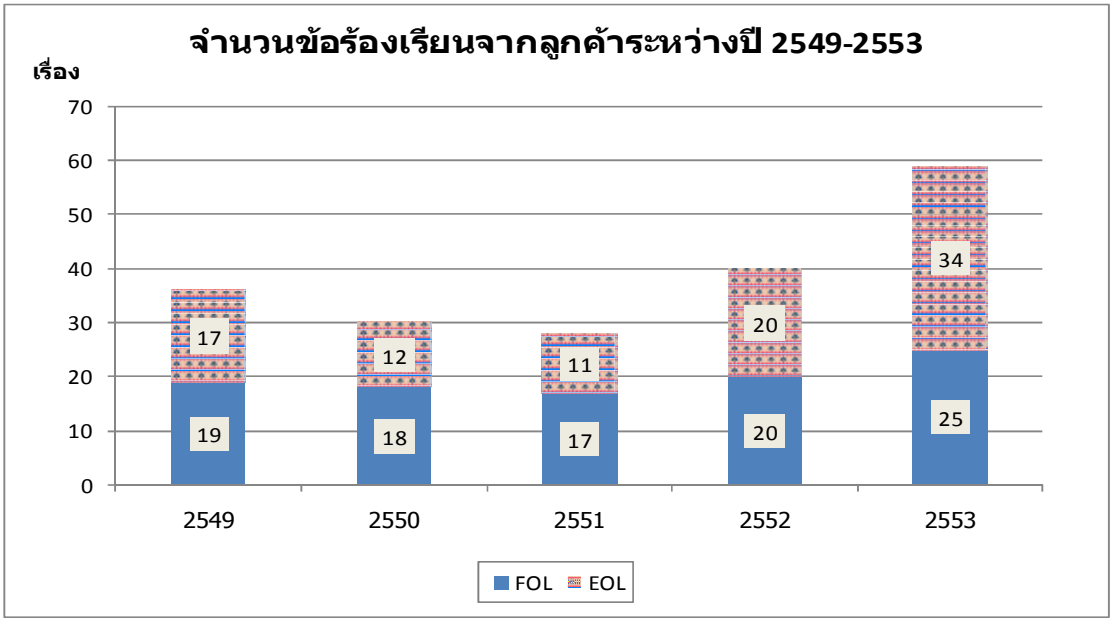
น้อยได้ตามพาเรโต ดังภาพที่ 1.6 ซึ่งพบว่าของเสียประเภทวัสดุแปลกปลอม (Foreign material) มีปริมาณมากที่สุด คิดเป็น 24% อันดับที่สองคือ ของเสียประเภทรอยขีดข่วน (Scratch) คิดเป็น 21% และของเสียประเภทสิ่งสกปรก(Contamination) คิดเป็น 7% จากของเสียทั้งหมด



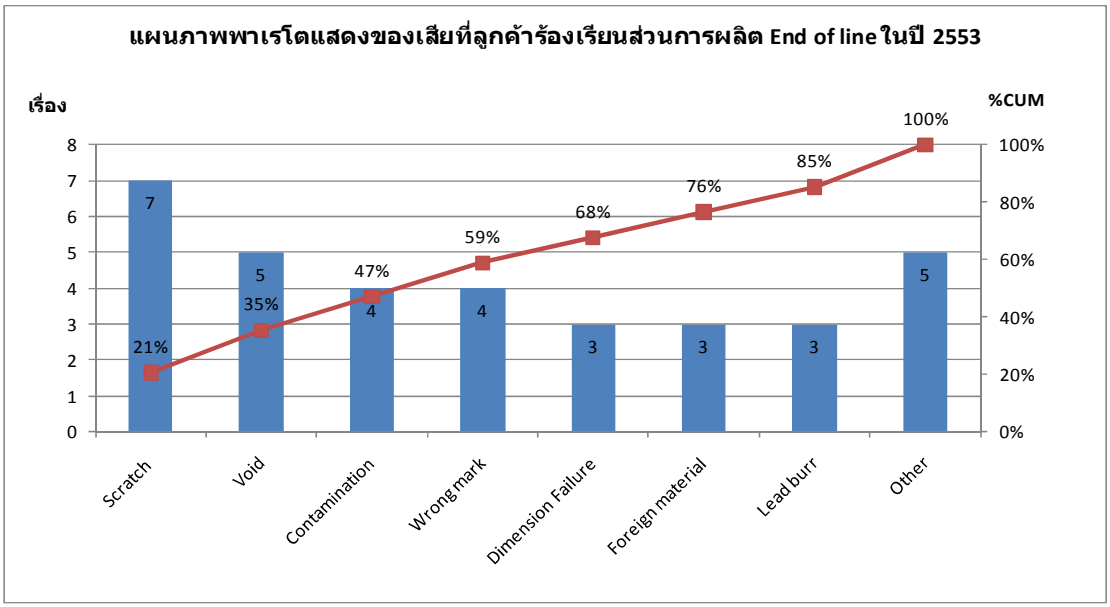

ภาพที่ 1.6 แผนผังพาเรโตแสดงของเสียในแต่ละประเภทจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพหลังการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์การยอมรับสินค้า

สำหรับในส่วนของข้อร้องเรียนจากลูกค้าในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาพบว่า จำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้าเพิ่มมากขึ้นในปี 2552 และ 2553 ซึ่งมีทั้งหมด 40 เรื่องและ 59 เรื่องตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1.7 และเป็นที่น่าสังเกตว่า ข้อร้องเรียนของลูกค้าที่มีต่อส่วนการผลิตหลัง (EOL) เริ่มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2552 เช่นเดียวกัน จากเดิมที่ข้อร้องเรียนของลูกค้าที่มีต่อส่วนการผลิตหน้ามากกว่าส่วนการผลิตหลังมาตั้งแต่ปี 2549-2551 แต่พบว่าในปี 2552 มีจำนวนข้อร้องเรียนจากลูกค้าในส่วนการผลิตหลังและส่วนการผลิตหน้าเป็นจำนวนเท่ากัน คือ 20 เรื่อง และในปี 2553 พบว่าจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้าที่มีต่อการผลิตส่วนหลังมากกว่าส่วนหน้าเป็นจำนวนถึง 9 เรื่อง ซึ่งสามารถแยกเป็นประเภทของข้อบกพร่องทั้งหมดที่ลูกค้าร้องเรียนมายังส่วนการผลิตหลังในปี 2553 ได้ดังภาพที่ 1.8 ซึ่งพบว่าข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วน (Scratch) มีจำนวนมากที่สุด คือ 7 เรื่อง หรือคิดเป็น 21% ข้อบกพร่องประเภทรูบนผิวชิ้นงาน (Void) 5 เรื่อง หรือคิดเป็น 14% และข้อบกพร่องประเภทสิ่งสกปรกบนชิ้นงาน (Contamination) 4 เรื่อง หรือคิดเป็น 12% โดยหลังจากที่ผู้วิจัยได้ทบทวนรายงานข้อบกพร่องที่ลูกค้าร้องเรียนสำหรับข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วน

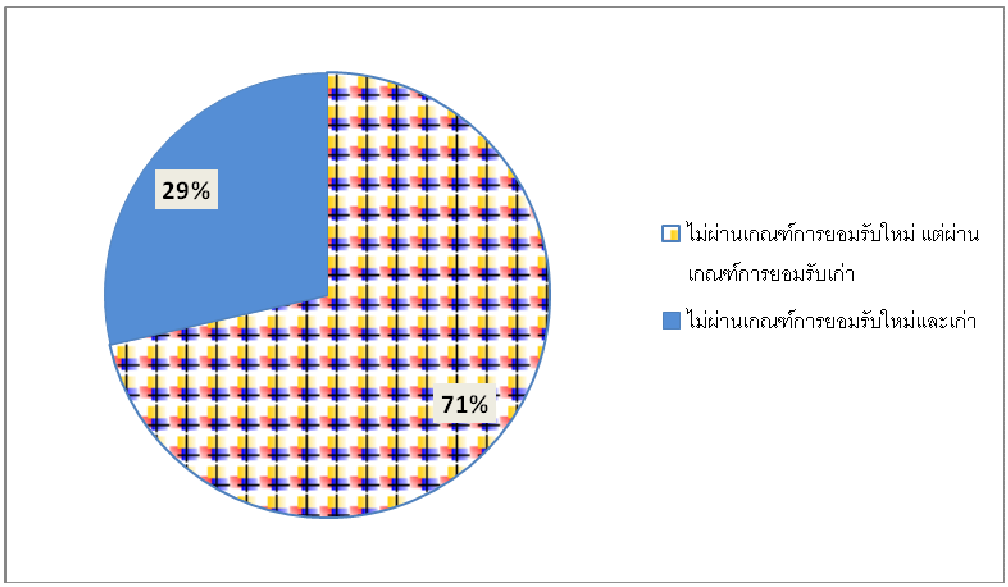
พบว่ามีทั้งหมด 5 เรื่อง(71%)ที่ลักษณะของข้อบกพร่องที่ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับใหม่ แต่ผ่านเกณฑ์การยอมรับเก่า และอีก 2 เรื่อง (29%) ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งใหม่และเก่า ซึ่งแสดงได้ตามแผนภูมิวงกลม ภาพที่ 1.9




ภาพที่ 1.7 กราฟแท่งแสดงจำนวนข้อร้องเรียนด้านคุณภาพจากลูกค้าในระหว่างปี 2549-2553 โดยแยกตามส่วนการผลิตที่เป็นสาเหตุของข้อบกพร่องส่วนหน้าและส่วนหลัง




ภาพที่ 1.8 แผนผังพาเรโตแสดงของเสียในแต่ละประเภทที่ลูกค้าร้องเรียนยังส่วนการผลิตหลัง (End of line) ภายในปี 2553




ภาพที่ 1.9 แผนภูมิวงกลมแสดงลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วนที่ลูกค้าร้องเรียนในปี 2553 โดยแบ่งตามเกณฑ์การยอมรับเก่าและใหม่

จากปัญหาคุณภาพดังที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น พิจารณาเห็นว่าควรดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุและวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วน(Scratch) เพราะหากใช้วิธีการควบคุมกระบวนการผลิตแบบเดิมอาจไม่เหมาะสมสำหรับเกณฑ์การยอมรับสินค้าที่ลูกค้ากำหนดขึ้นใหม่ ซึ่งจะทำให้โรงงานตัวอย่างเกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง และนอกจากนั้นอาจทำให้ลูกค้าขาดความมั่นใจในคุณภาพของสินค้าจนอาจทำให้โรงงานตัวอย่างสูญเสียลูกค้ารายใหญ่ของบริษัทได้ เพราะข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วน(Scratch) ถือเป็นข้อบกพร่องที่ลูกค้าร้องเรียนมากที่สุด(21%) จากข้อร้องเรียนทั้งหมดที่ลูกค้าร้องเรียนมายังส่วนการผลิตหลัง ในปี 2553 และเป็นของเสียที่มีปริมาณมากเป็นอันดับที่สองจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ (21%) จากของเสียทั้งหมดในปี 2553 นอกจากนั้นยังเป็นข้อบกพร่องที่มีปริมาณของเสียเพิ่มขึ้นมากที่สุด (368%) หลังจากที่ลูกค้ามีการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ในการยอมรับสินค้าใหม่ เมื่อปลายปี 2552 เป็นต้นมา โดยผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา โดยใช้เทคนิคทางคุณภาพเพื่อหาแนวทางในการลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง และเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับการลดของเสียประเภทอื่นต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายหลักในการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมของโรงงานตัวอย่าง โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1) เพื่อวิเคราะห์ถึงลักษณะ และสาเหตุของการเกิดของเสียประเภทรอยขีดข่วนที่พบในการตรวจสอบขั้นสุดท้ายของกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมในโรงงานตัวอย่าง

2) เพื่อเสนอแนะวิธีแก้ปัญหาที่สาเหตุของของเสียประเภทรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นโดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เพื่อแก้ปัญหาข้อขัดแย้งเชิงเทคนิคที่เกิดขึ้นในระหว่างการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต

3) เพื่อลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนที่พบในการตรวจสอบขั้นสุดท้ายของกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมของโรงงานตัวอย่าง

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะครอบคลุมถึง

1) ทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาของเสียประเภทรอยขีดข่วนที่พบในการตรวจสอบลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายของกระบวนการการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท Quad Flat No Lead (QFN) ของโรงงานตัวอย่างเท่านั้น

2) การวิเคราะห์ปัญหาจะใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

- กราฟ (Graph) ใช้ในการแสดงปริมาณของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- แผนผังแสดงสาเหตุและผล (Cause-and-effect diagram) หรือแผนผังก้างปลา(Fishbone diagram) ใช้เพื่อหาสาเหตุของปัญหา
- แผนผังพาเรโต (Pareto chart) ใช้ช่วยในการแจกแจงประเภทของข้อบกพร่องที่พบและสรุปหาสาเหตุหลักของปัญหาที่ได้จากแผนผังแสดงสาเหตุและผล

3) ใช้ระบบการบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (TQM) เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม โดยใช้หลักการ PDCA และ เครื่องมือควบคุมคุณภาพ

4) ใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา

ข้อขัดแย้งเชิงเทคนิคในระหว่างดำเนินการวิจัย

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

แนวทางการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม ที่ช่วยลดปัญหาด้านคุณภาพ ซึ่งได้ผ่านการทดลองแล้วว่าสามารถลดข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วน (Scratch) ได้

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

1) ประโยชน์ที่มีต่องานวิจัย
   - เป็นกรณีศึกษาให้แก่ผู้สนใจที่จะใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ได้นำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคในลักษณะอื่นต่อไป
   - เป็นแนวทางในการออกแบบกระบวนการในการผลิตให้แก่โรงงานอื่นในอุตสาหกรรมที่ใกล้เคียงกันได้นำไปประยุกต์ใช้
   - เป็นการเผยแพร่เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ให้แพร่หลายมากขึ้นในประเทศไทย

2) ประโยชน์ต่อโรงงานกรณีศึกษา
   - เสนอแนะแนวทางการลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท Quad Flat No Lead (QFN)
   - เป็นการริเริ่มในการนำเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) มาใช้กับโรงงานตัวอย่าง
   - สามารถนำเครื่องมือควบคุมคุณภาพ มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางการแก้ปัญหาได้

## 1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยสามารถกำหนดได้เป็น 5 ระยะ ดังต่อไปนี้

<u>ระยะที่ 1 กำหนดปัญหา</u>

1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ทำการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ ระบบการบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์กร และเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจปัญหาของโรงงานตัวอย่าง รวมทั้งค้นคว้าในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

2) จัดตั้งทีมงานสำหรับการปรับปรุงคุณภาพ
ทีมงานที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย วิศวกรฝ่ายผลิต 1 คน วิศวกรฝ่ายออกแบบ 1 คน ผู้จัดการฝ่ายผลิต 1 คน ช่างเทคนิค 1 คน วิศวกรคุณภาพ 1 คน โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นวิศวกรคุณภาพที่อยู่ในทีม ดำเนินการเป็นผู้ประสานงาน จัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ระดมสมองร่วมกับทีม และสรุปผลที่ได้จากการประชุม

3) สำรวจสภาพปัญหาด้านคุณภาพ
ทีมทำการพิจารณาปัญหาคุณภาพต่างๆที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่ผ่านมา และนำมาทำการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานตัวอย่าง ทั้งในส่วนของการตรวจสอบขั้นสุดท้ายของกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมของแผนกควบคุมคุณภาพ และข้อร้องเรียนจากลูกค้า รวมทั้งพิจารณาถึงต้นทุนคุณภาพที่เกิดขึ้น

4) เลือกปัญหาที่จะทำการปรับปรุง
ทำการคัดเลือกปัญหาที่ควรดำเนินการปรับปรุงเป็นอันดับแรก โดยพิจารณาจากปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก และส่งผลต่อความเชื่อมั่นของลูกค้า โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกจากการระดมสมองภายในทีม

<u>ระยะที่ 2 หาสาเหตุหลักของปัญหา</u>

5) ระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

ทีมทำการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์สาเหตุต่างๆ ที่เป็นไปได้ โดยให้ทุกคนในทีมร่วมกันแสดงความคิดเห็น โดยจัดทำสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ในรูปแบบแผนผังก้างปลา

6) หาข้อสรุปที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหา
ให้ทุกคนในทีมลงความเห็นและประเมินคะแนนเพื่อหาสาเหตุหลักของปัญหา โดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ เช่น กราฟ แผนผังพาเรโต ในการแสดงผลลำดับคะแนนของสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด

<u>ระยะที่ 3 หาวิธีแก้ปัญหา</u>

7) ระดมสมองเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหา
ให้ทุกคนในทีมช่วยกันเสนอวิธีแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ โดยทำการพิจารณาจากสาเหตุหลักที่ได้เลือกไว้

8) เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่จะนำไปปฏิบัติ
ทีมดำเนินการเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ควรนำไปปฏิบัติ โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ งบประมาณ และปริมาณข้อบกพร่องที่คาดว่าจะสามารถลดได้เมื่อนำไปปฏิบัติ

9) วิเคราะห์ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหา
ทำการวิเคราะห์ปัญหา หรือผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากการแก้ไขปัญหาโดยใช้การระดมสมอง ให้ทีมทำการพิจารณาร่วมกัน

10) ระดมสมองเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค
ให้ทีมทำการระดมสมอง เพื่อร่วมกันหาแนวทางการแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคที่อาจเกิดขึ้น โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) จากหลักการ 40 ข้อ

11) เลือกวิธีการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค
เลือกหลักการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาจากตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งและหาวิธีการที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างโดยใช้การ

ระดมสมอง เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คินค้น Nominal Group Technique (NGT) และเทคนิค Pugh method

ระยะที่ 4 นำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

12) วางแผนการปรับปรุง

ดำเนินการวางแผนการปรับปรุงทั้งในส่วนของการแก้ไขปัญหารอยขีดข่วน และการแก้ไขปัญหาเชิงเทคนิคที่อาจเกิดขึ้น โดยระบุเป็นขั้นตอน กำหนดชื่อบุคคลที่รับผิดชอบ และระยะเวลาดำเนินการในทุกขั้นตอน

13) ดำเนินการตามขั้นตอน

ดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้

14) ติดตามผล

มีการเรียกประชุมทีมเป็นระยะ เพื่อติดตามความคืบหน้า และหากมีเหตุให้ล่าช้า ทีมจะสามารถรับทราบและหาทางแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที

ระยะที่ 5 ประเมินผล

15) สรุปผลการดำเนินงาน

สรุปผลการดำเนินงานตามแนวทางการปรับปรุงในแผนงาน และการวัดผลที่ได้กำหนดไว้

16) สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยทำการสรุปผลการวิจัย รวมทั้งระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ

17) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จากขั้นตอนในการทำการวิจัยดังกล่าว สามารถนำมาเขียนแจกแจงเป็นตาราง เพื่อแสดงให้เห็นถึงเครื่องมือหรือเทคนิคที่ต้องใช้ในการดำเนินการวิจัยได้ดังตารางที่1.1

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและเครื่องมือ/เทคนิคที่ใช้

| ขั้นตอนดำเนินการวิจัย | เครื่องมือ/เทคนิคที่ใช้ |
|---|---|
| <u>ระยะที่ 1 กำหนดปัญหา</u> | |
| 1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| 2) จัดตั้งทีมงานสำหรับการปรับปรุงคุณภาพ | |
| 3) สำรวจสภาพปัญหาด้านคุณภาพ | กราฟ/แผนผังพาเรโต |
| 4) เลือกปัญหาที่จะทำการปรับปรุง | การระดมสมอง |
| <u>ระยะที่ 2 หาสาเหตุหลักของปัญหา</u> | |
| 5) ระดมสมองเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา | การระดมสมอง/แผนผังก้างปลา/FMEA |
| 6) หาข้อสรุปที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหา | กราฟ/แผนผังพาเรโต/การระดมสมอง |
| <u>ระยะที่ 3 หาวิธีแก้ปัญหา</u> | |
| 7) ระดมสมองเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหา | การระดมสมอง/วงจรคุณภาพ PDCA |
| 8) เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่จะนำไปปฏิบัติ | การระดมสมอง |
| 9) วิเคราะห์ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหา | การระดมสมอง |
| 10) ระดมสมองเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค | การระดมสมอง/ เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น |
| 11) เลือกวิธีการแก้ไขปัญหาจากปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค | การระดมสมอง/ Pugh Method/ เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น/ Nominal Group Technique (NGT) |
| <u>ระยะที่ 4 นำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ</u> | |
| 12) วางแผนการปรับปรุง | การระดมสมอง |
| 13) ดำเนินการตามขั้นตอน | |
| 14) ติดตามผล | |

| ขั้นตอนดำเนินการวิจัย | เครื่องมือ/เทคนิคที่ใช้ |
|---|---|
| <u>ระยะที่ 5 ประเมินผล</u><br>15) สรุปผลการดำเนินงาน<br>16) สรุปผลการวิจัย<br>17) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ | กราฟ/แผนผังพาเรโต |

## 1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนสามารถกำหนดเป็นระยะเวลาได้ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอน

| ขั้นตอนดำเนินการวิจัย | ระยะเวลาในการดำเนินงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ธ.ค.-53 | | | | ม.ค.-54 | | | | ก.พ.-54 | | | | มี.ค.-54 | | | | เม.ย.-54 | | | | พ.ค.-54 | | | | มิ.ย.-54 | | | | ก.ค.-54 | | | | ส.ค.-54 | | | | ก.ย.-54 | | | |
| <u>ระยะที่ 1 กำหนดปัญหา</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2) จัดตั้งทีมงานสำหรับการปรับปรุงคุณภาพ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3) สำรวจสภาพปัญหาด้านคุณภาพ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4) เลือกปัญหาที่จะทำการปรับปรุง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>ระยะที่ 2 หาสาเหตุหลักของปัญหา</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5) ระดมสมองเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6) หาข้อสรุปที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหา | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>ระยะที่ 3 หาวิธีแก้ปัญหา</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7) ระดมสมองเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหา | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8) เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่จะนำไปปฏิบัติ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9) วิเคราะห์ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10) ระดมสมองเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาความขัดแย้ง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11) เลือกวิธีการแก้ไขปัญหาจากปัญหาความขัดแย้ง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>ระยะที่ 4 นำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12) วางแผนการปรับปรุง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13) ดำเนินการตามขั้นตอน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14) ติดตามผล | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>ระยะที่ 5 ประเมินผล</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15) สรุปผลการดำเนินงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16) สรุปผลการวิจัย | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

# บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการที่จะดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาด้านคุณภาพนั้น ควรต้องทำการศึกษาในส่วนของทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการ PDCA และเทคนิคแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ซึ่งควรต้องทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

การศึกษาทฤษฎีจะแยกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เทคนิคทางคุณภาพ ซึ่งจะประกอบไปด้วยเทคนิคทางคุณภาพที่ต้องใช้ในการทำวิจัย ทั้งในส่วนของหลักการ PDCA เครื่องมือควบคุมคุณภาพ การระดมสมอง Nominal Group Technique (NGT) และเทคนิค Pugh Method

ส่วนที่ 2 เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ประกอบไปด้วยที่มาและวิวัฒนาการ แนวคิดพื้นฐาน องค์ความรู้ การแก้ปัญหาโดยใช้ TRIZ และประโยชน์ในการใช้ TRIZ

สำหรับในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นสามารถแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคนิคทางคุณภาพเพื่อลดของเสียในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ เพื่อให้เห็นถึงลักษณะการนำเทคนิคทางคุณภาพไปใช้ในการแก้ปัญหา

ส่วนที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เพื่อแสดงให้เห็นถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TRIZ รวมถึงวิธีการนำ TRIZ ไปใช้ในการแก้ปัญหาความขัดแย้งต่างๆ

ส่วนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม เพื่อให้ทราบถึงปัญหาต่างๆ ที่พบ สาเหตุ และวิธีการแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมเดียวกันนี้

## 2.1 เทคนิคทางคุณภาพ

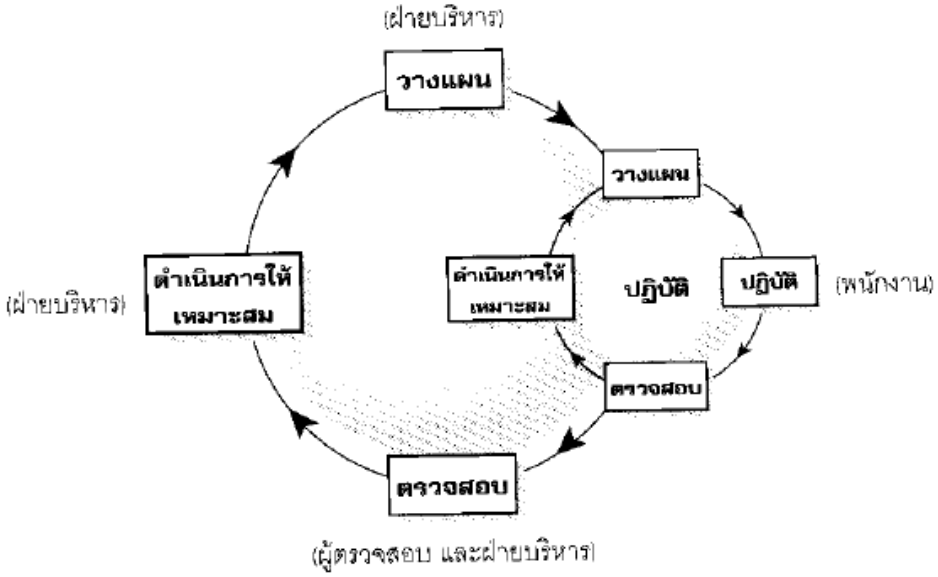
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงเทคนิคทางคุณภาพ ซึ่งในหลายๆ องค์กรมีการนำเทคนิคเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ เพื่อปรับปรุงคุณภาพในองค์กร ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะมีการใช้เทคนิคต่างๆ ดังนี้

### 2.1.1 วงจร PDCA

แนวคิดเกี่ยวกับวงจร PDCA (ศุภชัย อาชีวระงับโรค, 2547) เริ่มขึ้นเป็นครั้งแรกโดยนักสถิติ Walter Shewhart ซึ่งได้พัฒนาจากการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติที่ Bell Laboratories ในสหรัฐอเมริกาเมื่อทศวรรษ 1930 ในระยะเริ่มแรก วงจรดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันในชื่อ “วงจร Shewhart” จนกระทั่งราวทศวรรษที่1950 ได้มีการเผยแพร่อย่างกว้างขวางโดย W.Edwards Deming ปรมาจารย์ทางด้านการบริหารคุณภาพ หลายคนจึงเรียกวงจรนี้ว่า “วงจร Deming”

เมื่อเริ่มแรก Deming ได้เน้นถึงความสัมพันธ์ 4 ฝ่าย ในการดำเนินธุรกิจเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพและความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งได้แก่ ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายขาย และฝ่ายวิจัย ความสัมพันธ์ของทั้ง 4 ฝ่ายนั้น จะต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเพื่อยกระดับคุณภาพของสินค้าตามความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยให้ถือว่าคุณภาพจะต้องมาก่อนสิ่งอื่นใด

ต่อมาแนวคิดเกี่ยวกับวงจร Deming ได้ถูกดัดแปลงให้เข้ากับวงจรการบริหาร ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการวางแผน ขั้นตอนการปฏิบัติ ขั้นตอนการตรวจสอบ และขั้นตอนการดำเนินการให้เหมาะสม (ซึ่งในระยะเริ่มแรกหมายถึงการปรับปรุงแก้ไข) แต่ก็ยังไม่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิผล เพราะแต่ละขั้นตอนถูกมอบหมายให้เป็นหน้าที่รับผิดชอบของแต่ละฝ่าย ต่อมาวงจร Deming ได้ถูกพัฒนาในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งให้ความสำคัญกับพื้นฐานการบริหารงาน 2 อย่าง นั่นคือ การสื่อสารและความร่วมมือร่วมใจจากทุกคนในหน่วยงาน โดยผู้บริหารยังคงเป็นผู้กำหนดแผนงาน แต่จะสื่อสารผ่านช่องทางหัวหน้างาน และพนักงานตามลำดับขั้น เป้าหมายถูกกำหนดขึ้นตามความเหมาะสมเป็นไปได้ และอยู่ในระดับที่ท้าทายความสามารถของพนักงาน การตรวจสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาว่า มีความยุ่งยากและมีปัญหาอะไรบ้าง ไม่ใช่การจับผิด ส่วนขั้นตอนการดำเนินการให้เหมาะสม มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำเป็นมาตรฐาน หรือเพื่อหาแนวทางใหม่ๆ ที่จะทำให้บรรลุแผนได้ดียิ่งขึ้น ด้วยแนวทางนี้ พนักงานจะได้รับการอบรมให้รู้จักการวางแผน การปฏิบัติ การตรวจสอบ และการดำเนินการให้เหมาะสมได้ด้วยตัวเอง




ภาพที่ 2.1 วงจร PDCA

ขั้นตอนของ PDCA ประกอบด้วย “การวางแผน” อย่างรอบคอบ เพื่อ “การปฏิบัติ” อย่างค่อยเป็นค่อยไป แล้วจึง “ตรวจสอบ” ผลที่เกิดขึ้น วิธีการปฏิบัติใดมีประสิทธิผลที่สุด ก็จะจัดทำให้เป็นมาตรฐาน หากไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้ ก็ต้องมองหาวิธีการปฏิบัติใหม่หรือใช้ความพยายามให้มากขึ้นกว่าเดิม

<u>ขั้นตอนการวางแผน (Plan)</u>

ขั้นตอนการวางแผนครอบคลุมถึงการกำหนดกรอบหัวข้อที่ต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ซึ่งรวมถึงการพัฒนาสิ่งใหม่ๆ พร้อมกับการพิจารณาว่ามีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลใดบ้างเพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงนั้น โดยระบุวิธีการเก็บข้อมูลให้ชัดเจน นอกจากนี้ยังต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ แล้วกำหนดทางเลือกในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ซึ่งการวางแผนยังช่วยให้สามารถคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต และช่วยลดความสูญเสียต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยทั่วไปการวางแผนมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทหลักๆ คือ

ประเภทที่ 1 การวางแผนเพื่ออนาคต เป็นการวางแผนสำหรับสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต หรือกำลังจะเกิดขึ้น บางอย่างเราอาจไม่สามารถควบคุมสิ่งนั้นได้เลย แต่เป็นการเตรียมความพร้อมของเราสำหรับสิ่งนั้น เช่น การเตรียมพร้อมสำหรับอากาศที่แปรปรวน เป็นต้น

ประเภทที่ 2 การวางแผนเพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เป็นการวางแผนเพื่อเปลี่ยนแปลงสภาพที่เกิดขึ้นสภาพที่เกิดขึ้นในปัจจุบันให้ดีขึ้น ซึ่งเราสามารถควบคุมผลที่เกิดในอนาคตได้ด้วยการเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ปัจจุบัน เช่น การลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เป็นต้น

ขั้นตอนการปฏิบัติ (Do)

ขั้นตอนการปฏิบัติ คือ การลงมือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตามทางเลือกที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผน ซึ่งในขั้นนี้ต้องตรวจสอบในระหว่างปฏิบัติด้วยว่าได้ดำเนินไปในทิศทางที่ตั้งใจไว้หรือไม่ พร้อมกับสื่อสารให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบด้วย โดยไม่ควรปล่อยให้ถึงวินาทีสุดท้ายเพื่อดูความคืบหน้าที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check)

ขั้นตอนการตรวจสอบ คือ การประเมินผลที่ได้รับจากการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นขั้นที่มักจะถูกมองข้ามเสมอ แต่ในความเป็นจริงแล้วขั้นตอนนี้จะทำให้เราทราบว่าการปฏิบัติในขั้นตอนที่ 2 สามารถบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ สิ่งสำคัญคือ เราต้องรู้ว่าจะตรวจสอบอะไรบ้างและบ่อยครั้งแค่ไหน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบจะเป็นประโยชน์สำหรับขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนการดำเนินการให้เหมาะสม (Act)

ขั้นตอนการดำเนินการให้เหมาะสมจะพิจารณาจากผลที่ได้จากการตรวจสอบ ซึ่งมีอยู่ 2 กรณี คือ ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามแผนที่ได้วางไว้ หรือไม่เป็นไปตามแผนที่ได้วางไว้ หากเป็นกรณีแรก ก็ให้นำแนวทางหรือกระบวนการปฏิบัตินั้นมาจัดทำให้เป็นมาตรฐาน พร้อมทั้งหาวิธีการที่จะปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นไปอีก แต่ถ้าหากเป็นกรณีที่สอง ซึ่งก็คือผลที่ได้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่วางแผนไว้ ควรจะต้องนำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาวิเคราะห์ และพิจารณาว่าควรจะดำเนินการอย่างไรต่อไปนี้

- มองหาทางเลือกใหม่ที่น่าจะเป็นไปได้
- ใช้ความพยายามให้มากขึ้นกว่าเดิม
- ขอความช่วยเหลือจากผู้รู้
- เปลี่ยนเป้าหมายใหม่

### 2.1.2 **เครื่องมือควบคุมคุณภาพ**

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ เครื่องมือควบคุมคุณภาพอันได้แก่ กราฟ แผนผังพาเรโต แผนผังก้างปลา ซึ่งจะแสดงในรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

#### 2.1.2.1 **กราฟ** (Graph)

กราฟทำหน้าที่แสดงข้อมูลในเชิงตัวเลขที่ประมวลผลแล้วให้อยู่ในรูปแบบที่อ่านหรือตีความได้ง่าย มักใช้กราฟเพื่อสร้างความเข้าใจในสถานการณ์ปัจจุบันและเพื่อยืนยันผลของการแก้ไข ซึ่งแสดงได้ในหลายรูปแบบ เช่น กราฟแท่ง กราฟวงกลม กราฟเส้น และแผนภูมิเรดาร์ (ชาญวิทย์ ศิรประภากุล, 2550)

- กราฟแท่ง ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงการเปรียบเทียบค่าของข้อมูลว่ามีขนาดใหญ่-เล็ก หรือปริมาณมาก-น้อยกว่ากัน โดยใช้ความสูงหรือความยาวของแท่งกราฟแทนขนาดหรือปริมาณนั้น

- กราฟวงกลม ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างค่าต่างๆ ของข้อมูลชุดหนึ่ง โดยการแบ่งพื้นที่ในวงกลมออกเป็นส่วนๆ ตามรัศมี ให้มีสัดส่วนของพื้นที่ตามสัดส่วนของค่าของข้อมูลแต่ละค่า

- กราฟเส้น ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงหรือสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของค่าข้อมูลตามช่วงเวลาต่างๆ ตามปกติจะให้แกนตั้งแสดงค่าของข้อมูล และแกนนอนแสดงลำดับค่าของเวลา เมื่อโยงค่าของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาด้วยเส้น (ตรงหรือโค้ง) จะได้กราฟเส้นที่ชี้ให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าของข้อมูลอย่างต่อเนื่องได้

#### 2.1.2.2 **แผนผังพาเรโต** (Pareto Chart)

แผนผังพาเรโต คือ เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์และเรียงลำดับความสำคัญของปัญหา (หรือสาเหตุ) ต่างๆที่เกิดขึ้นในสถานที่ทำงานหนึ่งๆ เช่น เรียงลำดับความสำคัญของลักษณะต่างๆ ของสินค้าบกพร่อง ประเภทต่างๆ ของข้อร้องเรียนจากลูกค้า ประเภทต่างๆ ของการเกิดอุบัติเหตุ ประเภทต่างๆของเครื่องจักรที่ชำรุดบ่อยๆ โดยการนำปรากฏการณ์ที่เป็นปัญหา (หรือสาเหตุ) ทั้งหลายเหล่านั้น มาแยกแยะประเภทหรือแจกแจงให้เป็นกลุ่ม แล้วเรียงลำดับตามค่าของ

ข้อมูลจากมากไปหาน้อยในแนวนอน และแสดงค่าความมากน้อยนั้นด้วยความสูงของกราฟแท่ง และแสดงค่าสะสมด้วยกราฟเส้น (ชาญวิทย์ ศิรประภากุล, 2550)

ประโยชน์ของแผนผังพาเรโต

1. ใช้บ่งชี้ว่าปัญหา (หรือสาเหตุ) ประเภทใดสำคัญที่สุด

2. ใช้แสดงขนาดและลำดับความสำคัญของปัญหา (หรือสาเหตุ) แต่ละประเภท

3. ใช้แสดงว่าปัญหา (หรือสาเหตุ) แต่ละประเภทมีขนาดคิดเป็นอัตราส่วนเท่าใดของปัญหา (หรือสาเหตุ) ทั้งหมด

เราสามารถใช้ผังพาเรโตแสดงข้อมูลได้ใน 2 ลักษณะ

1. ผังพาเรโตแสดงข้อมูลที่เป็นผล เพื่อใช้ระบุว่าปัญหาที่สำคัญนั้นเป็นปัญหาประเภทใด

2. ผังพาเรโตแสดงข้อมูลที่เป็นสาเหตุ เพื่อใช้ระบุความผิดปกติขององค์ประกอบต่างๆ ในกระบวนการว่าองค์ประกอบใด มีความผิดปกติมากหรือน้อยเพียงใด

**2.1.2.3 แผนผังก้างปลา (Fish bone diagram)**

แผนผังก้างปลา (Fish bone diagram) หรือ แผนผังเหตุและผล (Cause-and Effect diagram) ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะเชิงคุณภาพของสินค้า และสาเหตุต่างๆ ที่เป็นไปได้ ซึ่งถูกจัดการด้วยแผนผังจากความคิดในเชิงทฤษฎีสู่สิ่งที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น โดยปกติแล้วในกระบวนการผลิตสามารถแบ่งสาเหตุของปัญหาได้เป็น 5M 1E คือ คน(Man) เครื่องจักร(Machine) วัสดุ(Material) วิธีการ(Method) การวัด(Measurement) และสิ่งแวดล้อม (Environment) วัตถุประสงค์หลักของวิธีการนี้คือ ช่วยในการแก้ไขปัญหาในองค์กรอย่างเป็นระบบ ปัญหาที่เรียกว่า Effect จะเขียนไว้ที่หัวปลา และสาเหตุที่เป็นไปได้ที่เรียกว่า Possible cause จะเขียนไว้ บนก้างปลา ซึ่งแสดงด้วยก้างปลาที่ใหญ่ กลาง และเล็กลดหลั่นกันไปตามลำดับ

ขั้นตอนสำหรับสร้างแผนผังก้างปลา (วัลภา เตชะสุข, 2552) มีดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหาหรือผลกระทบ (Effect) ที่พิจารณาเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

ขั้นที่ 2 กำหนดสาเหตุหลักๆ (Major cause) โดยใช้ 5M 1E

ขั้นที่ 3 หาสาเหตุอื่นๆ ที่เป็นไปได้ (Possible cause)

ขั้นที่ 4 ให้เลือกสาเหตุที่สำคัญที่สุด ผ่านความคิดเห็นของกลุ่ม

ขั้นที่ 5 สาเหตุที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด จะต้องนำมาพิจารณาอีกครั้งจนแน่ใจ แล้วแบ่งเข้ากลุ่มของสาเหตุหลัก

ขั้นที่ 6 สาเหตุที่ถูกเลือกจะต้องมีการทดสอบเพื่อพิสูจน์ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงหรือไม่ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้จะขึ้นอยู่กับชนิดของปัญหา

ซึ่งแผนผังก้างปลาสามารถจัดการสาเหตุของความผิดพลาดได้ตามลำดับ ผู้ที่เกี่ยวข้องควรร่วมกันระดมสมองเพื่อหาสาเหตุให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้สำหรับการสร้างแผนผังดังกล่าว จากนั้นให้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เป็นสาเหตุหลักกับหัวข้อปัญหา

### 2.1.3 การระดมสมอง

การระดมสมอง (ประสิทธิ์ เขียวศรี, 2554) ถือเป็นเทคนิคที่ใช้กับกลุ่ม (Group Technique) โดยในทางการบริหารมักใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาทางเลือกในการตัดสินใจและใช้ในการวางแผน ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว “การระดมสมองหมายถึงการแสวงหาความคิดต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด” การระดมสมองจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อใช้กับกลุ่มที่ไม่รู้จักกัน ไม่เกรงใจกันหรือสนิทสนมกันมากเกินไป และจำนวนสมาชิกที่ร่วมระดมสมองถ้าจะให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดควรอยู่ระหว่าง 4 ถึง 9 คน

สำหรับนักวิชาการที่เป็นผู้ให้กำเนิดของเทคนิคนี้ยังไม่มีการสรุปแน่ชัด แต่อย่างไรก็ตามออสบอร์น ได้กำหนดจุดเน้นของการระดมสมองไว้ 4 ประการ ได้แก่

1. เน้นให้มีการแสดงความคิดออกมา (Expressiveness)
2. เน้นการไม่ประเมินความคิดในขณะที่กำลังระดมสมอง (Non – evaluative)
3. เน้นปริมาณของความคิด (Quantity)
4. เน้นการสร้างความคิด (Building)

ซึ่งก่อนการดำเนินการระดมสมองนั้น จะต้องเตรียมการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกำหนดเป้าหมาย ต้องกำหนดเป้าหมายให้กระชับ มีความจำเพาะเจาะจง และชัดเจนที่สุด ว่าจะทำการระดมสมองเรื่องอะไร เพื่ออะไรและต้องทำให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจตรงกัน และเห็นด้วยกับเป้าหมายนั้น

2. ขั้นกำหนดกลุ่ม จะมีจำนวนเท่าไร มีใครบ้าง และกำหนดว่าใครจะทำหน้าที่เขียนความคิดของสมาชิกลงไปในกระดานที่สามารถให้ทุกคนมองเห็นได้ชัดเจน และในบางครั้งผู้นำกลุ่มต้องเด็ดขาดหากมีสมาชิกบางคนเริ่มครอบงำหรือข่มผู้อื่น

3. ขั้นกำหนดเวลา ต้องกำหนดให้แน่ชัดและเหมาะสม ว่าจะเริ่มและสิ้นสุดเมื่อใด การมีเวลาจำกัดจะสร้างความกดดันให้สมองเร่งทำงานอย่างเต็มที่ โดยสมองซีกขวาจะทำการคิด ส่วนสมองซีกซ้ายจะประเมินความคิดนั้นว่าเหมาะสมหรือไม่

ขั้นตอนในการระดมสมอง (Turner, 2002)

1) ระบุปัญหาหรือหัวข้อที่จะทำการระดมสมองให้ชัดเจน โดยต้องแน่ใจว่าสมาชิกทุกคนเข้าใจตรงกัน
2) ให้สมาชิกทุกคนได้แสดงความคิดของตนเองออกมา ครั้งละ 1 ข้อ โดยเวียนให้ครบทุกคนตามลำดับ (แต่ถ้าสมาชิกคนใดไม่มีความคิดเห็น ก็สามารถข้ามไปได้)
3) ทำการบันทึกทุกๆ ความคิดที่สมาชิกในทีมแสดงออกมาให้ตรงกับที่เจ้าของความคิดได้ให้ไว้ ห้ามสมาชิกคนอื่นๆ โต้แย้งหรือตัดสิน จนกว่าทุกคนจะแสดงความคิดของตนเองหมด
4) เมื่อทุกคนได้จะแสดงความคิดทั้งหมด และทำการบันทึกไว้เรียบร้อยแล้ว ให้สมาชิกทุกคนทำความเข้าใจกับความคิดทุกข้อ
5) ให้ทีมทำการตรวจสอบแต่ละความคิด โดยอาจแสดงความคิดเพิ่มเติมมากขึ้น หรือทำการรวม/ลดความคิดเห็นที่ซ้ำซ้อนลงได้
6) ทีมอาจจะทำการจัดระเบียบความคิดต่างๆ นั้นให้เป็นหมวดหมู่ และรวบรวมเข้าไว้เป็นหัวข้อใหญ่ ซึ่งจะสามารถนำหัวข้อดังกล่าวไปใช้ในการดำเนินการต่อไปได้

### 2.1.4 **เทคนิคกลุ่มในนาม**

เทคนิคกลุ่มในนาม หรือ Nominal group technique-NGT (นภาพร ขันธนภา, 2554) เป็นหนึ่งในเทคนิคการพัฒนาการตัดสินใจเป็นกลุ่ม โดยการที่สมาชิกของกลุ่มได้พบปะกันเพื่อเสนอความคิด แนวทางในการแก้ไขปัญหา และร่วมกันตัดสินใจอย่างเป็นระบบและมีความเป็นอิสระ ในขณะที่เสนอแนวคิดจะยังไม่มีการวิพากษ์วิจารณ์จนกระทั่งได้มีการจดบันทึกข้อเสนอของแต่ละคนจนจบก่อน แล้วจึงมีการวิจารณ์และประเมินแนวคิดนั้นๆ ต่อจากนั้นสมาชิกของกลุ่มจึงจะจัดลำดับความสำคัญของแนวคิดที่ได้มีการวิพากษ์วิจารณ์กันอย่างอิสระ (ต่างคนต่างทำ) ผลการตัดสินใจขั้นสุดท้ายคือ แนวคิดที่ได้จัดลำดับสูงสุดจากแนวคิดทั้งหมดโดยรวม

ประโยชน์ของ NGT (Florida Department of Health)

- สามารถลดจำนวนความซ้ำซ้อนของประเด็นต่างๆ ลงได้

- สมาชิกในทีมทุกคนได้ร่วมแสดงความเห็น
- มีการจัดลำดับให้กับประเด็นต่างๆ

<u>ขั้นตอนการดำเนินการ</u>

ขั้นตอนในการดำเนินการโดยใช้วิธี NGT นั้นแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

1) การกำหนดประเด็นปัญหาและแสดงความคิดเห็น
ซึ่งสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้
   - แนะนำและอธิบายประเด็นปัญหาที่ต้องการความคิดเห็นจากทีมให้ชัดเจน และทำให้ทุกคนในทีมมีความเข้าใจที่ตรงกัน โดยเขียนประเด็นปัญหาไว้บนกระดานให้ทุกคนสามารถเห็นได้
   - ให้ทุกคนใช้ความคิดโดยให้เขียนความคิดเห็นของตนเองลงในกระดาษให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ และอยู่ในความเงียบโดยไม่ต้องปรึกษากัน อาจใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของประเด็นปัญหา แต่ไม่ควรให้เวลานานเกินไป
   - รวบรวมความคิดเห็นของทีม โดยการให้ทุกคนอ่านความคิดเห็นของตนเองตามที่ได้เขียนไว้มา 1 ข้อและเวียนไปเรื่อยๆจนครบทุกคน ให้ทำอย่างนี้ซ้ำๆ จนหมดทุกความคิดเห็น โดยเขียนทุกความคิดเห็นไว้บนกระดาน ซึ่งในขั้นตอนนี้ห้ามทุกคนถกเถียงหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองต่อความคิดเห็นคนอื่น
   - อธิบายความคิดเห็นทั้งหมด โดยผู้นำจะอ่านความคิดเห็นทีละข้อ หากมีความคิดเห็นใดที่ไม่ชัดเจน อาจต้องให้เจ้าของความคิดเห็นนั้นอธิบายเพิ่มเติม ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการปรับคำที่ใช้อธิบายความคิดเห็นนั้นให้กระจ่างมากขึ้น
   - รวบรวมความคิดเห็นที่เหมือนกันเข้าด้วยกัน ซึ่งต้องอยู่ในความเห็นชอบของเจ้าของความคิดเห็นเท่านั้น หากเจ้าของความคิดเห็นไม่เห็นด้วยก็ให้แยกความคิดเห็นนั้นไว้เหมือนเดิม
2) ให้ทีมดำเนินการเลือก
   - ตั้งชื่อความคิดเห็นทั้งหมดเพื่อป้องกันความสับสนในระหว่างการให้คะแนน โดยอาจใช้ตัวอักษรเพื่อเป็นสัญลักษณ์แทนในแต่ละความคิดเห็น
   - ทำการให้คะแนนความคิดเห็นทั้งหมดเป็นรายบุคคล โดยเรียงตามลำดับความสำคัญ หากเห็นว่าเป็นความคิดเห็นที่มีความสำคัญมากที่สุด ก็ให้คะแนนอยู่ในลำดับมาก

ที่สุด หากเห็นว่าเป็นความคิดเห็นที่สำคัญน้อยที่สุดก็ให้คะแนนในลำดับที่ต่ำที่สุด เช่น มีทั้งหมด 8 ความคิดเห็น ให้ทำการให้คะแนน 8 กับความคิดเห็นที่คิดว่าสำคัญที่สุด และให้คะแนน 1 กับความคิดเห็นที่คิดว่ามีความสำคัญน้อยที่สุด แต่ถ้าหากมีจำนวนความคิดเห็นมาก ควรทำการให้คะแนนตามลำดับเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของความคิดเห็นทั้งหมด+1 เช่น มีทั้งหมด 20 ความคิดเห็น ควรทำการให้คะแนนกับความคิดเห็นที่สำคัญที่สุด 11 ความคิดเห็นแรก ในลำดับที่ 1-11 เป็นต้น

- ผู้นำประชุมจะทำการรวบรวมคะแนนที่ได้จากสมาชิกในทีม และเขียนคะแนนลงบนกระดานตามที่สมาชิกแต่ละคนได้ให้ไว้ในแต่ละความคิดเห็น
- นำคะแนนที่ได้ทั้งหมดมาบวกกัน เพื่อจัดลำดับ โดยความคิดเห็นที่ได้คะแนนมากที่สุด คือความคิดเห็นที่มีความสำคัญสูงที่สุดของทีม
- ให้ทำการเขียนจัดลำดับของความคิดเห็นใหม่ โดยเรียงลำดับตามคะแนนความสำคัญที่ได้จากทีม
- ตรวจสอบความมีเหตุมีผลของลำดับอีกครั้ง ว่ามีความถูกต้องจริงหรือไม่

### 2.1.5 **เทคนิค** Pugh Method

เทคนิค Pugh Method หรืออาจเรียกได้ต่างๆกันไป (Wikipedia, 2011) เช่น Pugh Analysis, Decision-matrix method, Pugh Concept Selection ซึ่งเป็นเทคนิคที่คิดค้นโดย Stuart Pugh เป็นวิธีหนึ่งในการเลือกหลักการโดยใช้การให้คะแนนแบบเมทริกซ์ ที่เรียกว่า Pugh Matrix ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นจากการประเมินโดยทีม ซึ่งเริ่มจากการกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาเทียบกับวิธีการต่างๆ ที่กำหนดเป็นรูปร่างไว้ โดยปกติแล้วการให้คะแนนนั้นจะสัมพันธ์กับหลักเกณฑ์ โดยจะใช้สัญลักษณ์แทนคะแนน (มีการใช้สัญลักษณ์เพื่อแทนว่าดีกว่า, แย่ลง และเท่าเดิมเมื่อเทียบหลักการนั้นกับตัวเปรียบเทียบ) ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของคะแนนและถูกรวมอยู่ในตารางเมทริกซ์ เพื่อเปรียบเทียบคะแนนของแต่ละหลักการ

Pugh Matrix เป็นการทำการเปรียบเทียบหลักการต่างๆ กับหลักการพื้นฐานซึ่งถูกกำหนดให้เป็นตัวเปรียบเทียบ, เป็นการสร้างสรรค์ความคิดใหม่ๆ ที่ดีกว่าเดิมโดยลดจุดอ่อนของหลักการเก่าจนกระทั่งได้หลักการที่เหมาะสม

ประโยชน์ของเทคนิค Pugh Method (ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย, 2553)

1) ในระหว่างการแสดงความคิดเห็นจะทำให้เราได้รู้ว่ามีหลักการใดบ้างที่ไม่มีเหตุผลเพียงพอ สมาชิกในทีมจะสามารถเข้าใจปัญหาได้อย่างแท้จริง ซึ่งจะสามารถนำมาปรับปรุงหลักการให้ดียิ่งขึ้นได้
2) การแสดงความคิดเห็นในทีมจะนำไปสู่การสร้างสรรค์ที่โดดเด่นมากขึ้น เนื่องจากความคิดเห็นที่แตกต่างกันและการได้ประกอบความคิดต่างๆ ให้เป็นรูปเป็นร่าง รวมไปถึงได้เห็นช่องโหว่ของหลักการต่างๆ ระหว่างการแสดงความคิดเห็นด้วย
3) ทีมจะพัฒนาความสอดคล้องเพื่อให้เกิดหลักการที่ดีที่สุด
4) ผลลัพธ์ที่ได้จากหลักการใหม่จะดีกว่าหลักการเดิม เพราะมีการพิจารณาถึงช่องโหว่ของหลักการมาเรียบร้อยแล้ว ทำให้ลดปัญหาในการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรมในภายหลัง
5) ผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถช่วยลดต้นทุนได้

ขั้นตอนของ Pugh Method (Mirage Solutions, 2008)

1) เลือกเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ เช่น ต้นทุน น้ำหนัก ขนาด ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้ความต้องการของลูกค้าเป็นเกณฑ์
2) เลือกหลักการที่เป็น Datum เพื่อใช้เป็นเหลักการพื้นฐานในการเปรียบเทียบ
3) ให้คะแนนแต่ละหลักการว่าเป็น + หรือ – หรือ 0 เทียบกับ Datum โดยให้เป็น+ หากเห็นว่าหลักการนั้นดีกว่า Datum, ให้เป็น- หากเห็นว่าหลักการนั้นแย่ลงกว่า Datum และให้ 0 หากหลักการนั้นไม่แตกต่างจาก Datum
4) คำนวณคะแนนรวม เพื่อเลือกหลักการที่ดีที่สุด

## 2.2 **เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น** (TRIZ)

ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (Theory of Inventive Problem Solving) มีชื่อย่อเป็นภาษารัสเซียว่า “TRIZ” ซึ่งมาจาก Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch เนื่องจากเป็นทฤษฎีที่ถือกำเนิดมาจากวิศวกรชาวรัสเซียชื่อ เกนริค อัลต์ชูลเลอร์ ซึ่งได้ทำการศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์สิทธิบัตรต่างๆ กว่า 2 ล้านฉบับ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1946 และได้พัฒนาขึ้นมาเป็น

เครื่องมือและฐานความรู้ต่างๆ ในการแก้ปัญหาความขัดแย้ง (ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์ และคณะ, 2550)

### 2.2.1 วิวัฒนาการของ TRIZ

TRIZ มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ยุคใหญ่ๆ (ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์ และคณะ, 2550) คือ

1. Classical TRIZ (ช่วงปี ค.ศ.1940-1986) เป็นยุคที่อัลต์ชูลเลอร์และลูกศิษย์ได้ร่วมศึกษาค้นคว้า และวิเคราะห์สิทธิบัตรต่างๆ มากกว่า 2 ล้านชิ้น เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ จนสามารถพัฒนาขึ้นมาเป็นฐานความรู้และเครื่องมือต่างๆมากมาย
2. Contemporary TRIZ (ช่วงแรกปี ค.ศ.1986-1991) TRIZ เริ่มเป็นที่รู้จักและเผยแพร่ไปในประเทศรัสเซียอย่างกว้างขวาง มีการตั้งสถาบันศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ TRIZ กว่า 100 แห่ง ซึ่งเป็นจุดกำเนิดของผู้เชี่ยวชาญ TRIZ หลายๆท่านที่มีชื่อเสียงในปัจจุบัน และเมื่อสหภาพโซเวียตล่มสลายลง ผู้เชี่ยวชาญ TRIZ หลายๆท่านเดินทางออกนอกประเทศ ซึ่งทำให้เกิดช่วงหลังของ TRIZ (ช่วงหลังปี ค.ศ.1991-ปัจจุบัน) ที่ TRIZ เริ่มแพร่หลายออกจากรัสเซียสู่ประเทศต่างๆ มีบริษัทใหญ่ๆ นำ TRIZ ไปใช้เป็นจำนวนมาก เช่น GM, Ford, Boeing, HP, Motorola, Philips ซึ่งเป็นช่วงที่ TRIZ มีการพัฒนาต่อยอดและปรับปรุงเครื่องมือให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นและมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีความพยายามที่จะนำ TRIZ ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการจัดการและการบริหารอีกด้วย

### 2.2.2 แนวคิดพื้นฐานของ TRIZ

อาจารย์คุโรซาวา ผู้เชี่ยวชาญ TRIZ จากมหาวิทยาลัยซันโน ได้สรุปแนวคิดพื้นฐาน 6 ประการของ TRIZ ดังต่อไปนี้ (ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์ และคณะ, 2550)

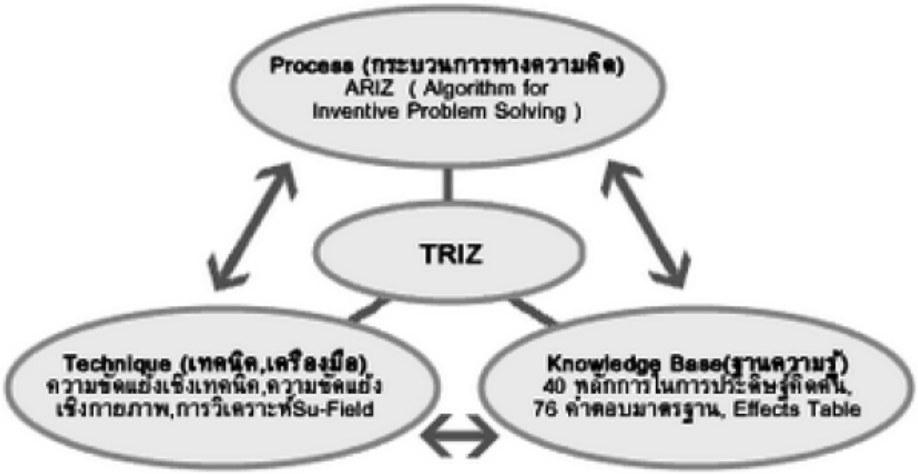
1. การมองปัญหาอย่างเป็นระบบ (system approach)
   เป็นการมองปัญหาจากความเป็นจริง โดยมองให้ครอบคลุมทั้งระบบ ทั้งระบบส่วนบน (super system) ระบบส่วนล่าง (sub system) มองในเชิงของสาเหตุและผลลัพธ์ อินพุทและเอาต์พุท รวมถึงอดีตและอนาคต เพื่อให้สามารถหามาตรการแก้ปัญหาอย่างถึงแก่นได้

2. วิวัฒนาการของระบบสู่ความเป็นอุดมคติ (evolution to the ideality)
   ให้มองภาพของความเป็นอุดมคติไว้ล่วงหน้า แล้วแยกองค์ประกอบพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายของฟังก์ชันโดยตรง และองค์ประกอบอื่นที่จำเป็นเพื่อรองรับฟังก์ชันนั้นขึ้นมา จะทำให้เรามองเห็นหนทางที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ชัดเจนขึ้น
3. รูปแบบของวิวัฒนาการของระบบ (pattern of systems evolution)
   วิวัฒนาการของระบบเกิดจากการผสมผสานกันระหว่าง patterns และ lines ของวิวัฒนาการหลายๆอัน ซึ่งเราสามารถนำ patterns และ lines ของวิวัฒนาการไปใช้ในงานหลายๆอย่าง เช่น การวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่
4. การดำเนินการเพื่อให้วิวัฒนาการของระบบเป็นจริง (operations for realization of the evolution)
   เพราะความคิดต่างๆ ที่คนเราใช้ในการวิวัฒนาการระบบนั้นมักจะซ้ำๆกัน ดังนั้นถ้ารวบรวมความคิดเหล่านั้นเป็นรายการไว้จะสามารถช่วยให้ค้นหาคำตอบได้เร็วขึ้น ซึ่งจะเรียกความคิดแต่ละอันนี้ว่าตัวดำเนินการ (operator) ซึ่ง TRIZ ได้เสนอรายการของตัวดำเนินการมาตรฐานเพื่อใช้สำหรับปรับปรุงปัญหาอย่างได้ผล เช่น หลักการ 40 ข้อ และ 76 คำตอบมาตรฐาน เป็นต้น ซึ่งวิธีการใช้ตัวดำเนินการอาจแตกต่างกันไป
5. ทรัพยากรที่ใช้สำหรับวิวัฒนาการของระบบ (evolutional resources)
   โดยปกติแล้ว ในกรณีที่มีตัวดำเนินการให้เลือกหลายตัว เราก็จะเลือกตัวดำเนินการที่ใช้ทรัพยากรน้อยเป็นหลัก แต่หากไม่มีทรัพยากรที่ต้องการอยู่ในระบบก็อาจต้องจัดหาหรือค้นหาวิธีสร้างการสร้างทรัพยากรโดยใช้ผลหรือปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ เคมี หรือทางเรขาคณิตเข้ามาช่วย ซึ่งการค้นหาทรัพยากร จะทำให้เห็นกลไกการเกิดปัญหาหรือสาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในระบบอย่างมีความชัดเจนมากขึ้น
6. ความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในวิวัฒนาการของระบบ (conflicts in system evolution)
   TRIZ เรียกปัญหาการยื้อแย่งทรัพยากรกันเองระหว่างฟังก์ชันการทำงานหลายๆอย่างว่า ความขัดแย้ง ซึ่งหากเราสามารถเอาชนะสภาพความขัดแย้งได้อย่างถูกต้อง ก็จะพบแก่นของปัญหาหรือโจทย์ที่แฝงเร้นอยู่ในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอยู่ในฐานะที่ได้เปรียบกว่าคู่แข่ง

### 2.2.3 **องค์ความรู้ของ** TRIZ

สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ที่ทำงานประสานกัน คือ process (กระบวนการ

แก้ปัญหา) technique (เทคนิค, เครื่องมือ) และ knowledge base (ฐานความรู้) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 2.4




ภาพที่ 2.2 องค์ความรู้ของ TRIZ

### 2.2.4 วิธีแก้ปัญหาโดยใช้ TRIZ

ความขัดแย้งทางเทคนิคที่เกิดขึ้นเมื่อเราพยายามที่จะปรับปรุงคุณสมบัติหนึ่งให้ดีขึ้น แต่กลับส่งผลให้อีกคุณสมบัติหนึ่งแย่ลง ซึ่งการแก้ปัญหาเชิงเทคนิคของ TRIZ นี้จะเริ่มมาจากการนำปัญหาที่ต้องการแก้ไขมาเปลี่ยนให้เป็นรูปธรรมเสียก่อน เพื่อให้ง่ายต่อการหาหัวข้อในการปรับปรุง จากนั้นจึงทำการหาคำตอบจากตารางเมทริกซ์ความขัดแย้ง ที่ตรงกับคู่ความขัดแย้งดังกล่าว (ณัฏฐ์นิรินธน์ พันธุมจินดา, 2551)

#### 2.2.4.1 ขั้นตอนในการแก้ปัญหาแบบ TRIZ

**ขั้นตอนที่ 1** วิเคราะห์ระบบทางเทคนิค เป็นการวิเคราะห์เพื่อกำหนดลักษณะสมบัติของระบบที่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงโดย

1.หาองค์ประกอบของระบบ

2. ระบุสาเหตุให้ชัดเจน

3. กำหนดลักษณะสมบัติที่ต้องการปรับปรุง

**ขั้นตอนที่** 2 ระบุข้อขัดแย้งทางเทคนิค ระบุลักษณะสมบัติของวัตถุบางอย่างที่จะแย่ลงในขณะทำการปรับปรุงสมบัติอีกอย่างให้ดีขึ้น

**ขั้นตอนที่** 3 แก้ไขข้อขัดแย้งทางเทคนิค วิธีแก้ปัญหาคือ อาศัยหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (Inventive Principle) ที่หาได้จากตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของคุณสมบัติ 39 อย่าง

#### 2.2.4.2 ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของคุณสมบัติ 39 อย่าง

ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งถูกสร้างขึ้นมา เพื่อช่วยในการพิจารณาว่าสภาพปัญหาแบบไหน ควรจะใช้หลักการข้อใดในการแก้ปัญหา จากหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น โดยจะแสดงสภาพปัญหาตามลักษณะของความขัดแย้งเชิงเทคนิค กล่าวคือจะแสดงคุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุงกับคุณสมบัติที่ด้อยลง และเสนอหลักการในเชิงการประดิษฐ์คิดค้นที่เหมาะสมสำหรับคู่ความขัดแย้งแต่ละคู่ไว้ โดยคุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุงจะแสดงอยู่ในคอลัมน์ทางซ้ายมือ และคุณสมบัติที่จะด้อยลงจะแสดงอยู่ในแถวบนสุด เป็นรูปแบบตารางที่เรียกว่าเมทริกซ์จุดตัดของคุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุงกับคุณสมบัติที่จะด้อยลง โดยจะมีหมายเลขของหลักการเชิงประดิษฐ์คิดค้นแนะนำไว้ (ณัฏฐ์นิรินธน์ พันธุมจินดา, 2551)

สำหรับคุณสมบัติ 39 อย่าง, หลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น และตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของคุณสมบัติ 39 อย่าง (ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์ และคณะ, 2550) แสดงไว้ในภาคผนวก ก

### 2.2.5 ประโยชน์ของ TRIZ

ประโยชน์ของการนำเทคนิค TRIZ มาใช้ในการแก้ปัญหามีดังนี้ (ณัฏฐ์นิรินธน์ พันธุมจินดา, 2551)

1. ลดปัญหาความขัดแย้งระหว่างต้นทุนและคุณภาพที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรม
2. เพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต
3. สร้างผลกำไรโดยการแก้ไขปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ
4. ก่อให้เกิดนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์
5. ช่วยแก้ปัญหาทางด้านการผลิต
6. ช่วยแก้ปัญหาด้านการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

## 2.3 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เทคนิคทางคุณภาพเพื่อแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล (2545) ได้ทำการศึกษากระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการ DRAW, TRIM/PIERCE และ SEPARATE โดยของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ ชิ้นงานย่น, เสียรูป, แตก, บุบตุงและมีครีบคม ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิค FMEA ในการวิเคราะห์และลดของเสียดังกล่าว โดยมองของเสียในมิติของระดับความรุนแรงของของเสียผลกระทบที่เกิดขึ้น ความถี่หรือโอกาสในการเกิด และความสามารถในการตรวจจับของเสีย ผลจากการปรับปรุงและลดของเสียตามขั้นตอนการวิจัยพบว่า 1. กระบวนการ DRAW มีของเสียก่อนปรับปรุง 2.02% และหลังการปรับปรุงเป็น 0.79%, 0.24% และ0.22% ตามลำดับ 2. กระบวนการ TRIM/PIERCE มีของเสียก่อนปรับปรุง 2.20% และหลังการปรับปรุงเป็น 0.70%, 0.25% และ 0.22% ตามลำดับ 3. กระบวนการ SEPARATE มีของเสียก่อนปรับปรุง 2.25% และหลังการปรับปรุงเป็น 1.06%, 0.20% และ 0.18% ตามลำดับ

อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว (2545) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตกระป๋อง โดยนำสาเหตุของการเกิดของเสีย 60% แรกมาทำการแก้ไข โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ซิกมา ขั้นตอนจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนที่ใช้เป็นหลักในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาคือการวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve) การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ (Control) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทำโดยแผนภาพแสดงเหตุและผล และเชื่อมโยงเพื่อหาความรุนแรงของปัญหาด้วยวิธีการ FMEA หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุต่าง ๆ เหล่านั้นว่ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เมื่อสามารถระบุถึงสาเหตุของปัญหาได้แล้ว จึงทำการปรับปรุงเพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักการทางสถิติวิศวกรรมเพื่อการยืนยันผลการทดลอง สุดท้ายคือการจัดทำมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหา ซึ่งผลการวิจัยสรุปว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระป๋อง ลดลงจาก 4,400 DPM เป็น 2,849 DPM หรือเมื่อเปรียบเทียบในระดับ (+,s) สามารถปรับปรุงจากระดับ 2.85 เป็นที่ระดับ 2.986 ทั้งนี้ในแต่ละวันจะมีของเสียที่เกิดจากการตรวจสอบเฉลี่ย 1200 DPMซึ่งหากลดการตรวจสอบที่ไม่จำเป็นลง จะส่งผลให้ของเสียลดลงได้อีก 50% โดยการประมาณการจะสามารถลดลงเหลือประมาณ 2000 DPM หรือ ระดับ (+,s) อยู่ที่ 3.092 ซึ่ง

หากมีการควบคุมอย่างต่อเนื่องประมาณ 6 เดือน จะทำให้ความผันแปรในกระบวนการผลิตลดลงอีก1.5(+,s) เป็นผลทำให้สัดส่วนของเสียลดลงอยู่ที่ระดับ 4.592(+,s)

ชาญวิทย์ ศิรประภากุล (2550) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียเรื้อรังที่เกิดขึ้นในสายการผลิตตัวกรองอากาศโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์พีเอ็ม ซึ่งผู้วิจัยเลือกทำการแก้ปัญหาการตกค้างของคาร์บอนและซิลิกา ซึ่งเป็นปัญหาเรื้อรังที่เกิดขึ้นมากที่สุดในกระบวนการเชื่อม สำหรับเทคนิคพีเอ็มเป็นเทคนิคที่เหมาะกับปัญหาที่ค่อนข้างมีความสลับซับซ้อน และมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปัญหา โดยมีแนวคิดในการค้นหาจุดบกพร่องจากปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดแล้วนำมาดำเนินการแก้ไข ซึ่งการวิเคราะห์พีเอ็มมีกระบวนการคร่าวๆ ดังต่อไปนี้

1) การศึกษาและวิเคราะห์ปรากฏการณ์ของการเกิดปัญหา
2) ค้นหาและรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด
3) กำหนดเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบ
4) ค้นหาจุดบกพร่อง
5) ดำเนินการปรับปรุงและแก้ไข

ซึ่งจากผลจากการวิจัย ทำให้ปัญหาการตกค้างของคาร์บอนและซิลิกาลดลงจากเดิม 62% และลดความสูญเสียลงได้ปีละประมาณ 1,180,000 บาท

มานะพงศ์ โชติวิรัตน์ (2550) ได้ทำการวิจัยเพื่อลดปริมาณของเสียประเภทขนาดชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน ที่เกิดขึ้นจากการผลิตในงานฉีดพลาสติกแบบ Injection molding โดยทำการค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่อง (FMEA) เพื่อนำปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดมาทำการพิจารณา ซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้แก่ Mold temp, Cycle time, Holding pressure และจึงทำการออกแบบการทดลองโดยใช้ 2k Factorial Design แล้วจึงทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าปัจจัยทั้ง 3 มีผลต่อขนาดของชิ้นงาน และการใช้ Mold temp ที่ 75 degree C, Cycle time ที่ 22 วินาที และ Holding pressure เท่ากับ 10 MPa จะสามารถลดของเสียได้จากปริมาณของเสียเดิมร้อยละ 11.39 เหลือเพียงร้อยละ 1.98

ธีรพร เสนพรหม (2550) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียจากข้อตำหนิประเภทรอยขีดข่วนของแม่แบบแก้วที่ใช้ในการผลิตเลนส์สายตาพลาสติก โดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา ซึ่งได้ใช้การระดมสมอง เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลต่อการเกิดรอยขีดข่วนโดยใช้แผนภาพแสดงสาเหตุและผล และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) จากนั้นจึงได้ทำการ

ออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสีย และทำการทดลองเพิ่มเพื่อให้ได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าสัดส่วนของแม่แบบเสียต่ำที่สุด หลังจากนั้นได้มีการทำการทดสอบเพื่อยืนยันผล และมีการทำแผนควบคุมโดยประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพในการตรวจติดตามและควบคุมปัจจัยต่างๆ เพื่อรักษามาตรฐานหลังการปรับปรุง ผลการปรับปรุงพบว่าสัดส่วนของแม่แบบเสียลดลง 66.8% เมื่อเทียบกับสัดส่วนของแม่แบบเสียก่อนการปรับปรุง และระดับซิกมาของกระบวนการได้ปรับปรุงจาก 4.31 เป็น 4.65

จุฑาทิพย์ ทะประสพ (2551) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพิมพ์กราเวียร์ ในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก โดยประยุกต์ใช้เทคนิคทางคุณภาพ ได้แก่ กราฟ แผนภาพการกระจาย แผนผังแสดงสาเหตุและผล แผนภาพพาเรโต แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง แผนผังต้นไม้ การออกแบบการทดลอง และแผนภูมิควบคุม ซึ่งได้คัดเลือกปัญหาการพิมพ์เบี้ยวในกระบวนการพิมพ์ถุงบรรจุผ้าอนามัยที่ผลิตจากวัตถุดิบแผ่น PE นม ขนาด 0.04 มิลลิเมตร รหัสสินค้า A018 จากเครื่องพิมพ์ PR10 มาดำเนินการวิจัย หลังจากทำการออกแบบการทดลอง ได้มีการปรับปรุงในส่วนของอุณหภูมิของเครื่องพิมพ์และแรงตึงของม้วนฟิล์ม ทำให้เปอร์เซ็นต์ของเสียประเภทเบี้ยวเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ของเสียรวมเฉลี่ยลดลง 14.94 และ 12.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเวลาในการพิมพ์งาน A018 ลดลงเฉลี่ย 8.87 นาทีต่อม้วน

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นพบว่า มีการใช้เทคนิคในการปรับปรุงกระบวนการแตกต่างกันออกไป เช่น การใช้ซิกซ์ซิกมา และการบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์กร(TQM) สำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของเสียที่เกิดขึ้นมักใช้เทคนิค FMEA และแผนภาพแสดงเหตุและผล (แผนผังก้างปลา) และมีงานวิจัยบางส่วนที่ใช้การวิเคราะห์พีเอ็มในการค้นหาจุดบกพร่อง และมีการใช้การออกแบบการทดลองเพื่อเป็นเครื่องมือในการหาวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา สำหรับการวัดผลการดำเนินงานนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ แผนภาพพาเรโต และกราฟ ในการแสดงผล ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคการบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์กร(TQM) ในการปรับปรุงกระบวนการ เพราะเป็นเทคนิคที่ทางโรงงานตัวอย่างได้ดำเนินการอยู่ นอกจากนั้นจะนำแผนผังก้างปลา มาใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วน และนำแผนภาพพาเรโต และกราฟ มาใช้ในการแสดงผล

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ)

ณัฏฐ์นิรินธน์ พันธุมจินดา (2551) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นที่ช่วยในกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยโปรแกรมได้ถูกเขียนขึ้นด้วยโปรแกรม VB.net ร่วมกับระบบการฐานข้อมูลของ MS. Access ซึ่งได้นำเทคนิคต่างๆ มาใช้ ดังนี้ เทคนิค QFD มาใช้ในช่วงการระบุความต้องการของลูกค้าและระบุเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจง นำเทคนิค TRIZ มาใช้ในช่วงการสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ และนำเทคนิค VE มาใช้ในช่วงการเลือกแนวคิดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถาม 30 ชุด ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินผล และหลังจากดำเนินการปรับปรุงโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว จึงได้ทดลองใช้โปรแกรมกับ 3 กรณีศึกษาและตัวอย่างผลงานการออกแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 12 ชนิดผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้ผลสรุปว่าการใช้โปรแกรมช่วยให้ขั้นตอนต่างๆของกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ครอบคลุม เป็นระบบ เพิ่มความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพมากกว่าการไม่ใช้โปรแกรมถึง 41.25 % และมีความพึงพอใจของผู้นำโปรแกรมนี้ไปใช้โดยรวมคือ 85.33 %

Yeoh et al. (2008) ได้กล่าวถึงการนำ TRIZ ไปใช้ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งได้กล่าวถึงวิธีการของ TRIZ 5 วิธี คือ Trimming, Contradiction, 40 Inventive Principles, Process Analysis, Trends of Engineering System Evolution ซึ่งในแต่ละวิธีนั้น ผู้วิจัยได้มีการยกตัวอย่างเป็นกรณีศึกษาที่ใช้กับบริษัท Intel ดังนี้

ในวิธีการ Trimming ได้ยกตัวอย่างการแก้ปัญหาของระบบ vacuum ที่ไม่เพียงพอของเครื่อง test handler โดยได้ใช้วิธีการ Trimming เพื่อแก้ปัญหาระบบที่ถูกออกแบบไว้อย่างซับซ้อน และได้กำจัดส่วนประกอบของเครื่องจักรที่ออกแบบไว้จาก 9 ส่วนเหลือเพียง 5 ส่วน

Contradiction, 40 Inventive Principles ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างการใช้รูปแบบข้อขัดแย้งจากการเชื่อมต่อหัว tester และ handler โดยใช้ guide pin ซึ่งมีหลักการออกแบบ pin ว่าหาก pin สั้นจะทำให้การเชื่อมต่อดี แต่ก็จะทำให้เกิดช่องว่างในการเชื่อมต่อ ดังนั้นจึงมีการใช้เทคนิค TRIZ เพื่อเลือกหลักการที่จะออกแบบ pin อย่างเหมาะสมซึ่งหลักการที่ได้ คือ หลักการที่ 7 Nested doll

Process analysis ใช้เพื่อลดขั้นตอนและเวลาในการซ่อมบำรุง โดยลดเวลาที่นานเกินไปจากการซ่อมบำรุง เพื่อไปเป็นเวลาในการผลิตเพื่อเพิ่มรายได้

Trend of engineering system evolution เป็นระบบทางสถิติใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของระบบตามธรรมชาติจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง เครื่องมือนี้ใช้ในการพัฒนาด้านความคิด

และทิศทางของการพัฒนาของส่วนประกอบหรือระบบ ซึ่งในบทความนี้แสดงแก้ปัญหาการสึกหรอของสาย cable ซึ่งได้มีวิวัฒนาการจากสายแบบตรงเป็นสายเกลียวแบบโทรศัพท์
ซึ่งจากผลการใช้ TRIZ ในส่วนของการผลิตทำให้บริษัทมีผลประโยชน์จากการลงทุน (ROI) มากกว่า 20 ล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งทาง Intel ได้นำเทคนิค TRIZ มาใช้กับส่วนของการผลิตและทางวิศวกรรม และกำลังอยู่ในระหว่างการดำเนินการใช้กับส่วนงานสาธารณูปโภคโรงงาน การบริหารและการพัฒนาเทคโนโลยีของบริษัทต่อไป

Royzen (1997) ได้เขียนบทความเกี่ยวกับการแก้ปัญหาความขัดแย้งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่โดยใช้วิธีการ TRIZ ซึ่งได้ยกตัวอย่างการแก้ปัญหา เช่น ตัวอย่างในการพัฒนาเครื่องบิน Boeing 737ที่ต้องการเพิ่มกำลังขับของเครื่องยนต์ แต่ถ้าทำให้ขนาดของเครื่องยนต์ใหญ่ขึ้น จะทำให้ระยะห่างระหว่างเครื่องยนต์ที่ติดกับปีกกับพื้นมีระยะทางสั้นลงมากเกินไป เมื่อนำ TRIZ เข้ามาแก้ปัญหา ทำให้ไม่จำเป็นต้องเพิ่มขนาดแต่จะต้องคำนึงถึงผลกระทบระหว่างรูปร่างที่สมมาตร และ องศาของเครื่องยนต์ โดยทาง Boeing ได้ทำการพัฒนาโดยการเพิ่มขนาดของเครื่องจักรแต่ได้เปลี่ยนรูปร่างจากวงกลมให้มีลักษณะแบนที่ด้านท้องแทน นอกจากนั้นยังได้ยกตัวอย่างการแก้ปัญหาด้วยขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม ARIZ ดังนี้ ยกตัวอย่าง roller ประจุบวกที่ใช้เหนี่ยวนำสีไปที่กระดาษในเครื่อง laser printer ซึ่งตามลักษณะของการเหนี่ยวนำจะต้องใช้พื้นที่ของตัวเหนี่ยวนำมากเพื่อทำให้มีการยึดติดดี ซึ่งจะทำให้ขนาดของ roller มีขนาด diameter ที่โตขึ้น ในสถานการณ์นี้เราต้องการพื้นที่ในการเหนี่ยวนำเยอะแต่ไม่ต้องการขนาด ของ roller ที่มากขึ้น จึงใช้การวิเคราะห์ปัญหาโดยวิธี ARIZ ทำให้เปลี่ยนจาก roller เป็น belt ซึ่งทำให้พื้นที่ในการเหนี่ยวนำมากขึ้น การแก้ปัญหาดังกล่าวเป็นการนำ ARIZ มาใช้เพื่อระบุขอบเขตความต้องการและแบ่งความขัดแย้งของการแก้ปัญหาออกอย่างชัดเจน ซึ่งโดยสรุปแล้ว ผู้เขียนได้กล่าวถึงประโยชน์ของ TRIZ ว่า TRIZ เป็นเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุและผล ช่วยให้ผู้ใช้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา วิธีการคิดแบบ TRIZ ช่วยเพิ่มความรวดเร็ว ความแม่นยำและลดความล้มเหลวในการแก้ปัญหา ซึ่งสามารถใช้ได้ดีกับข้อขัดแย้งเชิงกายภาพ แต่อาจยังมีข้อจำกัดในเรื่องของข้อขัดแย้งเชิงวิศวกรรมที่วิธีแก้ปัญหาด้วย TRIZ อาจยังไม่ครอบคลุมเพียงพอก็ตาม

Lee & Roh (2008) ได้ทำการใช้ TRIZ เพื่อปรับปรุงการผลิต Pem nut ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับยึดติดแผ่น PCB board กับ Main circuit ซึ่งในการขึ้นรูปทั่วไปนั้นจะต้องใช้ขั้นตอนในการขึ้นรูปหลายขั้นตอน โดยในการขึ้นรูปดังกล่าวใช้ทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตเป็นจำนวนมาก

ดังนั้นจึงต้องการปรับปรุงวิธีการผลิตเพื่อให้ได้ Pem nut ที่มีรูปแบบตามต้องการ ซึ่งหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์วิธีในการผลิตต่างๆ พบว่าวิธีการ Stamping มีราคาถูกและมีความเป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งในขั้นตอนการผลิต Pem nut แต่เดิมนั้นจะต้องมีขั้นตอนในการทำร่อง เพื่อใช้เป็นตำแหน่งในการยึดติดกับแผ่น PCB ไม่ให้หลุด ซึ่งไม่สามารถตัดออกไปจากกระบวนการผลิตได้ แต่ลักษณะเช่นนี้จะเป็นปัญหาในการผลิตแบบ Stamping เพราะไม่สามารถขึ้นรูปแบบร่องตามขวางได้ ดังนั้นจึงได้นำเอาเทคนิคการแก้ปัญหาแบบ TRIZ เข้ามาแก้ปัญหาความขัดแย้งดังกล่าว โดยในกระบวนการ Stamping จะต้องทำให้คุณสมบัติเช่นเดียวกับการทำร่อง เพื่อให้ยึดติดได้ และจากการวิเคราะห์พบว่าถ้าทำให้เกิดร่อง โดยใช้กระบวนการ Stamping นั้น จะทำให้ความแข็งแรงในการยึดเกาะลดลง ดังนั้นการแก้ปัญหาความขัดแย้งคือ ต้องการปรับปรุงรูปร่างโดยที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงน้อยที่สุด ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาแบบTRIZ ที่นำมาใช้คือ หลักการข้อที่ 10 คือการคิดจากขั้นต้น โดยการหารูปแบบที่สามารถได้คุณสมบัติเช่นเดียวกับร่อง ซึ่งในการ Stamping จะสามารถทำให้เกิด bore (ปุ่ม) ได้ง่าย ดังนั้นจึงสามารถผลิต Pem nut โดยใช้วิธีการแบบ Stamping ได้ ซึ่งทำให้ลดเวลาในการผลิตรวมทั้งยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้อีกด้วย

Kang (2004) ได้ทำการศึกษาวิธีการเพื่อการออกแบบอย่างอิสระโดยใช้ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ โดยกล่าวว่าในการออกแบบต่างๆ นั้น สิ่งที่จะต้องเจอก็คือการเจอตัวแปรที่เกี่ยวเนื่องหรือไม่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งจะส่งผลให้การแก้ปัญหานั้นไม่สามารถหาทางออกของปัญหาได้ดีที่สุดเพราะเมื่อแก้ปัญหาไปเพื่อช่วยทางใดทางหนึ่งก็จะทำให้เกิดปัญหาในอีกทางหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการออกแบบพารามิเตอร์ ที่ต้องทำการปรับแก้ ดังนั้นจึงได้นำเทคนิค TRIZ ซึ่งเป็นเทคนิคสำหรับการแก้ปัญหาความขัดแย้งมาใช้ ซึ่งพบว่าวิธีการแก้ปัญหาของ TRIZ ทำให้สามารถเปลี่ยนปัญหาที่เป็นตัวแปรต่อเนื่องหรือตัวแปรที่ไม่เป็นอิสระ ให้เป็นตัวแปรอิสระทำให้เราสามารถแก้ปัญหาในเชิงเส้นตรงได้มากยิ่งขึ้น จากขั้นตอนของการออกแบบกระบวนการจะเริ่มต้นจากรับฟังความต้องการของลูกค้า (CR) นำไปเปลี่ยนเป็น Function Requirement (FR) แล้วจึงเปลี่ยนเป็น Design parameter (DP) หลังจากนั้นจึงจำเป็นต้องปรับความแปรปรวนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม คือ Process Variable(PV) ซึ่งเมื่อนำ TRIZ เข้ามาปรับปรุงขั้นตอนดังกล่าวทำให้ปัญหาเป็นแบบตัวแปรไม่ต่อเนื่อง จึงทำการวิเคราะห์ Design Parameter ในรูปแบบของคุณสมบัติมาตรฐาน เพื่อทำให้เป็นตัวแปรอิสระก่อนที่จะใช้ TRIZ เพื่อแก้ปัญหาความขัดแย้ง
โดยในบทความนี้มีการยกตัวอย่างว่าในการตอกเสาเข็ม เราจะได้ FR คือ
FR1 การตอกเสาเข็มลงสู่พื้น

FR2 การป้องกันการแตกหักของหัวเสาเข็ม

และสำหรับ DP คือ

DP1 แรงที่กระทบลงสู่หัวเสาเข็ม

DP2 ความแข็งของหัวเสาเข็ม

ซึ่งจะเห็นได้ว่า DP1 และ DP2 นั้นมีความเกี่ยวเนื่องกันคือถ้าใช้แรงมาก หัวเสาเข็มจะแตก แต่ถ้าใช้แรงน้อยจะทำให้การตอกเสาเข็มใช้เวลานาน

ตามเทคนิคของ TRIZ จึงต้องทำการเปลี่ยน DP ให้เป็นคุณสมบัติมาตรฐาน ดังนี้

DP1 แรงที่กระทบลงเสาเข็ม → คุณสมบัติที่ 10 คือ แรง

DP2 ความแข็งของหัวเสาเข็ม → คุณสมบัติที่ 30 คือ ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ

และจึงนำคุณสมบัติมาตรฐานที่ได้ไปเทียบกับตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ ซึ่งจะได้วิธีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแบ่งแยก ซึ่งวิธีแก้ปัญหาคือ การนำถุงทรายมารองรับที่หัวของเสาเข็มซึ่งทำให้ DP เป็นอิสระต่อกัน โดยที่ FR1 และ FR2 ก็ยังคงเดิม คือ

DP1 แรงที่ใช้ตอกเสาเข็มก็สามารถใช้แรงที่ดีที่สุดได้

DP2 ใช้ถุงทรายที่จะใส่เข้าไปเพื่อรองรับที่หัวเสาแทน ซึ่งไม่ต้องทำการเพิ่มขนาดของเสาเข็ม

จากบทความข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า TRIZ เป็นเทคนิคการแก้ปัญหาความขัดแย้งที่มีประโยชน์ ซึ่งสามารถเป็นแนวทางเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถลดระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาได้ โดยเฉพาะปัญหาในเชิงการออกแบบและการผลิต ซึ่งการใช้เทคนิค TRIZ ในประเทศไทยนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก โดยจะเห็นได้จากจำนวนงานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิค TRIZ ในประเทศไทยที่ยังมีไม่มากนัก โดยในงานวิจัยของณัฏฐ์นิรินธน์ พันธุมจินดา (2551) ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ TRIZ ที่ช่วยในกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะทำการทดลองใช้เทคนิค TRIZ ในการแก้ปัญหาความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างทำการแก้ปัญหาประเภทรอยขีดข่วนในโรงงานกรณีศึกษา เพื่อเป็นตัวอย่างการใช้เทคนิค TRIZ ในการแก้ปัญหาภายในกระบวนการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมในประเทศไทยต่อไป

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม

จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมพบว่ามีงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการวิเคราะห์งานเสียของการผลิตวงจรรวม โดยพิจารณาที่หน่วยงานวิเคราะห์งานเสีย Failure Analysis(FA) เป็นหลัก ซึ่งทางผู้วิจัย (ศูลิน ศรีสุชาติ, 2548) ได้ทำการ

พัฒนาระบบการวิเคราะห์งานเสียที่พบในขั้นตอนการ Testing ซึ่งสามารถตรวจสอบลักษณะการเสียแบบ O/S (เป็นการเสียแบบที่ IC ไม่สามารถใช้งานได้เลย) ซึ่งมีอาการเสียอยู่ 3 ลักษณะ คือ อาการเสียแบบวงจรขาด(Open circuit) อาการเสียแบบลัดวงจร(Short circuit) และอาการเสียแบบกระแสไฟฟ้ารั่ว(Leak circuit) ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถหาสาเหตุการเสียเชิงแก้ได้ 52 สาเหตุ และสาเหตุการเสียเชิงป้องกันได้ 6 สาเหตุ ซึ่งระบบจะสามารถทำหน้าที่แทนวิศวกรในการให้คำแนะนำตั้งแต่ขั้นตอนการวิเคราะห์แบบไม่ทำลายชิ้นงาน และหากยังไม่พบสาเหตุ จึงจะแนะนำให้ใช้เครื่องมือและวิธีการแบบทำลายในการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป ระบบดังกล่าวถูกพัฒนาด้วยการโปรแกรมของภาษา PHP และโปรแกรม MS Access

วัลภา เตชะสุข (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่องการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ชนิดมีขา โดยได้ทำการวิเคราะห์ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดกับงานมีขาเป็นอันดับแรกคือ ปัญหาจากกระบวนการขึ้นรูป (Mold) โดยลักษณะของข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดคือ งานเสียจากเส้นทองสัมผัสกัน (wire short) หรือเส้นทองอยู่ใกล้กันเกินกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์กำหนดไว้ (กำหนดไว้ว่าเส้นทองแต่ละเส้นต้องห่างกันมากกว่าหรือเท่ากับ 23 ไมครอน) ในงานวิจัยนี้ได้ระบุปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อการเกิดปัญหาโดยใช้แผนภูมิก้างปลา ซึ่งปัจจัยหลักที่ผู้วิจัยทำการเลือกคือ เวลาฉีดเรซิน, เวลาให้ความร้อนเรซิน และแรงฉีดเรซิน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำหลักการออกแบบส่วนผสมกลาง (Central Composite Design : CCD) มาใช้ร่วมกับหลักการพื้นผิวผลตอบสนอง (Response Surface Methodology : RSM) ซึ่งเป็นการรวมเอาเทคนิคทางคณิตศาสตร์และสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ปัญหา โดยผลที่สนใจขึ้นอยู่กับหลายตัวแปรและมีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าที่ดีที่สุดของผลตอบนั้น เพื่อใช้ในการหาค่าสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยทั้ง 3 จากผลการวิจัยพบว่า พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เส้นทองอยู่ห่างกันมากที่สุด คือ เวลาฉีดเรซิน 13 วินาที เวลาให้ความร้อนแก่เรซิน 9 วินาที และแรงฉีดเรซิน 1.7 ตัน ซึ่งจะได้ค่าระยะห่างของเส้นทองเฉลี่ย 49.38 ไมครอน โดยหลังจากการปรับปรุงกระบวนการแล้ว ไม่พบเส้นทองสัมผัสกัน หรือใกล้กันมากกว่า 23 ไมครอน

*ศศิธร* สาดแสงจันทร์ (2547) ได้ทำการวิเคราะห์เพื่อลดระดับสินค้าคงคลังประเภทชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องมือในโรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม เพื่อลดต้นทุนจากการจัดเก็บและสั่งซื้อพัสดุคงคลังประเภท Spare parts ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำระบบฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Access ทำให้พบว่ามี Spare part ที่มีการสั่งซ้ำซ้อนกันทั้งสิ้น 618 รายการ และเป็นรายการที่ถูกยกเลิกการสั่งจากผู้ใช้แล้วแต่ยังมีการสั่งซื้ออยู่ทั้งสิ้น 2,132 รายการ และยังพบว่ามีปริมาณสินค้าคงคลังที่จำเป็นต้อง

ขจัดออกจากลังคิดเป็นมูลค่าการเก็บเท่ากับ 771,655.45 เหรียญสหรัฐฯ สำหรับการกำหนดนโยบายพัสดุคงคลัง จะเริ่มจากการแบ่งกลุ่มตามความสำคัญโดยใช้เทคนิค AHP (Analytic Hierarchy Process) โดยพิจารณาปัจจัยการทดแทนกันของอะไหล่ ประเภทของอะไหล่และเวลานำไปพร้อมๆ กัน ซึ่งงานวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะรายละเอียดของรายการที่มีความสำคัญมาก 194 รายการ นโยบายพัสดุคงคลังที่นำมาประยุกต์ใช้กับรายการที่มีความสำคัญมากของโรงงานตัวอย่างคือ นโยบายจุดสั่งซื้อ - ระดับสั่งซื้อ ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมคงคลังจากระบบเดิมลงได้ 92,915.68 เหรียญสหรัฐฯ

จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่า ในอุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมนั้น มีปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในกระบวนการผลิต กระบวนการ Testing รวมไปถึงการเก็บสินค้าคงคลัง ซึ่งสาเหตุและการแก้ไขปัญหาในแต่ละประเภทก็แตกต่างกันออกไป เช่น ในกระบวนการขึ้นรูป (Mold) เกิดปัญหาเส้นทองสัมผัสกัน ซึ่งเกิดจากพารามิเตอร์ในระหว่างการขึ้นรูป ทำให้ต้องใช้หลักการ CCD และ RSM มาใช้ในการแก้ปัญหา สำหรับกระบวนการ Testing นั้นพบว่าชิ้นงานมีปัญหาวงจรขาด การลัดวงจร และกระแสไฟฟ้ารั่ว ซึ่งต้องการให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหาดังกล่าวได้ถูกต้องและเป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงแก้ปัญหาด้วยการพัฒนาระบบการวิเคราะห์งานเสียขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว และสำหรับปัญหาต้นทุนในการเก็บสินค้าคงคลังประเภท Spare part นั้นเนื่องมาจากสาเหตุว่ามีการสั่งสินค้าซ้ำซ้อนและสั่งสินค้าที่ไม่มีความจำเป็นต้องใช้อยู่หลายรายการทำให้ต้นทุนประเภทนี้สูง จึงแก้ปัญหาด้วยการจัดทำระบบฐานข้อมูลขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งจะเห็นว่ายังไม่มีงานวิจัยที่ดำเนินการเพื่อแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนแผงวงจรไฟฟ้ารวมอย่างชัดเจน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงจะดำเนินการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวในงานวิจัยฉบับนี้

# บทที่ 3

# ระยะการกำหนดปัญหา

ในระยะนี้จะเป็นการพิจารณาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานตัวอย่าง โดยจะดำเนินการจัดตั้งทีมงานสำหรับการปรับปรุงคุณภาพ ทำการพิจารณาและกำหนดลักษณะของข้อบกพร่องและเลือกรายการที่จะนำมาศึกษา เพื่อหาแนวทางในการลดของเสียประเภทรอยขีดข่วน สำหรับการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท Quad Flat No Lead (QFN) ในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง ตามที่ได้มีการกำหนดขอบเขตไว้ในบทที่ 1

## 3.1 ทีมงานสำหรับการปรับปรุงคุณภาพ

สำหรับโรงงานตัวอย่างนั้น มีการจัดประชุมเพื่อแก้ปัญหาด้านคุณภาพอยู่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งทีมงานที่เข้าร่วมประชุมนั้นประกอบไปด้วยบุคคลแผนกต่างๆ ที่มีความรู้และประสบการณ์ในงานอย่างน้อย 3 ปี นอกจากนั้นยังเป็นผู้ที่ผ่านการอบรมหลักสูตรขั้นพื้นฐานของโรงงานตัวอย่าง ทั้งในส่วนของข้อกำหนดมาตรฐานของโรงงาน, เทคนิคพื้นฐานทางด้านคุณภาพ และความรู้พื้นฐานทางสถิติ ซึ่งบุคคลดังกล่าวได้ผ่านการอบรม และผ่านการสอบประเมินผลให้สามารถปฏิบัติหน้าที่ในงานได้ สำหรับสมาชิกในทีมนั้นประกอบไปด้วยบุคคลจากหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) วิศวกรฝ่ายผลิต

   วิศวกรฝ่ายผลิต มีหน้าที่หลักในการกำหนดขั้นตอนการผลิต วางแผนการดำเนินการและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการ มีประสบการณ์การทำงานที่โรงงานตัวอย่าง 6 ปี

2) วิศวกรฝ่ายออกแบบ

   วิศวกรฝ่ายออกแบบ มีหน้าที่หลักในการออกแบบโครงสร้างของแผงวงจรไฟฟ้ารวมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า มีประสบการณ์การทำงานที่โรงงานตัวอย่าง 12 ปี

3) ผู้จัดการฝ่ายผลิต

   ผู้จัดการฝ่ายผลิต มีหน้าที่หลักในการวางแผนและควบคุมกำลังการผลิตให้เป็นไปตามเป้าหมายของโรงงาน บริหารกำลังคนและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมต่อการดำเนินการผลิตและกำลังการผลิตที่ต้องการ มีประสบการณ์การทำงาน 21 ปี

4) ช่างเทคนิค

ช่างเทคนิค มีหน้าที่หลักในการตรวจสอบดูแลเครื่องจักรและดำเนินการแก้ไขเบื้องต้นตามแผนการแก้ไขที่วิศวกรกำหนดไว้ ในกรณีที่พบปัญหาเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรในสายการผลิต มีประสบการณ์การทำงานในโรงงานตัวอย่าง 13 ปี

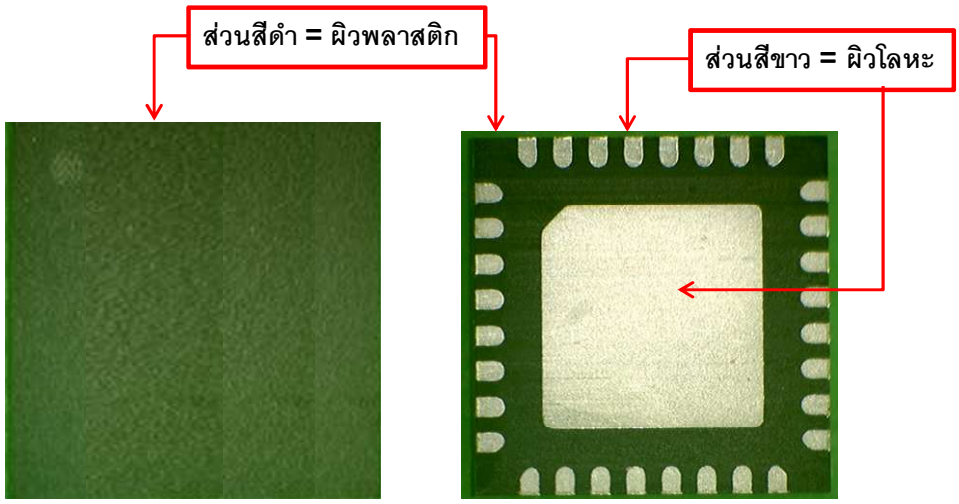
5) วิศวกรคุณภาพ

วิศวกรคุณภาพ มีหน้าที่หลักในการกำหนด และปรับปรุงระบบการควบคุมคุณภาพเพื่อรักษาคุณภาพของชิ้นงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานของโรงงานและตามที่ลูกค้าต้องการ มีประสบการณ์การทำงาน 7 ปี

ในการดำเนินการวิจัยนี้ สมาชิกในทีมจะทำหน้าที่ในการร่วมระดมสมองเพื่อวิเคราะห์และเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหาในประเด็นต่างๆ โดยมีวิศวกรฝ่ายผลิตเป็นผู้ดำเนินการประชุม และผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นวิศวกรคุณภาพที่อยู่ในทีม ดำเนินการเป็นผู้ประสานงาน จัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ระดมสมองร่วมกับทีม และสรุปผลที่ได้จากการประชุม

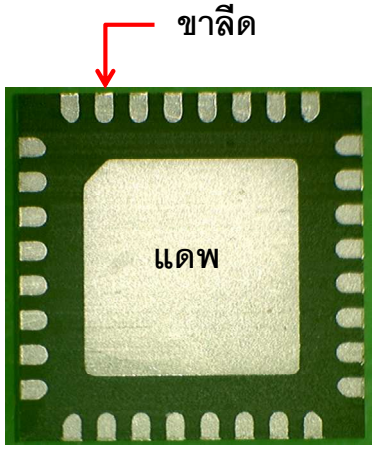
## 3.2 ลักษณะภายนอกของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN

ลักษณะภายนอกของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN ที่เสร็จสมบูรณ์แล้วนั้น จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนที่เป็นพื้นผิวพลาสติก และส่วนที่เป็นพื้นผิวโลหะ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.1




ภาพที่ 3.1 ลักษณะภายนอกของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN ส่วนด้านหน้าและด้านหลัง

- ส่วนของพลาสติกสีดำนั้น มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ซิลิกอนและคาร์บอน ซึ่งจะมีหน้าที่ในการห่อหุ้มส่วนที่เป็นวงจรภายในและเติมเต็มผิวของชิ้นงานทั้งหมด
- ส่วนที่เป็นพื้นผิวโลหะ ซึ่งอยู่ด้านหลังของชิ้นงานนั้น จะแยกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เรียกว่า ขาลีด ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะอยู่ที่ขอบโดยรอบของชิ้นงานด้านหลัง และอาจมีจำนวนขาแตกต่างกันไปตามแต่การใช้งาน ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการใช้งานเพราะเป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อวงจรเข้ากับแผ่นวงจร PCB และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นส่วนที่เรียกว่า แดพ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของชิ้นงานด้านหลัง ซึ่งมีหน้าที่หลักในการระบายความร้อน หรืออาจใช้ในการเชื่อมต่อวงจรด้วยก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้าเป็นสำคัญ ดังแสดงได้ดังภาพที่ 3.2




**ด้านหลัง**

ภาพที่ 3.2 ส่วนประกอบด้านหลังของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN ในส่วนที่เป็นพื้นผิวโลหะ

## 3.3 ประเภทของลีดเฟรมที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา

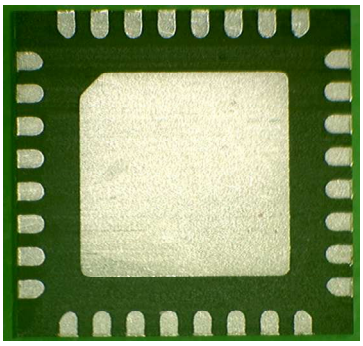
จากผังกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 นั้น จะพบว่าตั้งแต่ในช่วงต้นของขั้นตอนการผลิต จะเริ่มจากการนำแผ่นโลหะเปล่าที่เรียกว่า ลีดเฟรม มาใช้เพื่อติดไดเชื่อมลวดทอง และหลังจากทำการห่อหุ้มชิ้นงานด้วยพลาสติกแล้วนั้น จึงจะเรียกแผ่นลีดเฟรมที่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกนั้นว่า สตริปงาน และจึงจะนำสตริปงานนั้นมาตัดแบ่งเป็นชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ในที่สุด

สำหรับพื้นผิวโลหะด้านหลังของชิ้นงานทั้งในส่วนของขาลีดและแดพนั้น เป็นส่วนที่มาจากลีดเฟรม ซึ่งไม่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติก เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้งาน โดยหากพิจารณาลีดเฟรมที่ใช้สำหรับผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN ของในโรงงานตัวอย่างนั้น จะแยกตามประเภทของลีดเฟรมได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

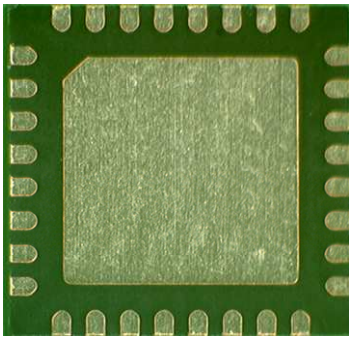
- ลีดเฟรมประเภททองแดง (Copper leadframe)
  ลีดเฟรมประเภททองแดงนั้น เป็นลีดเฟรมที่มีเนื้อของลีดเฟรมเป็นทองแดงมาจากผู้ผลิตลีดเฟรม และยังไม่มีการเคลือบผิวทองแดงด้วยโลหะอื่นที่จะใช้สำหรับเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า แต่จะต้องนำมาทำการเคลือบผิวด้วยดีบุกหรือโลหะผสมด้วยกระบวนการทางไฟฟ้าเคมีในกระบวนการ Strip plating ภายในโรงงานตัวอย่างที่กระบวนการผลิตส่วนหลังต่อไป

- ลีดเฟรมประเภท PPF (Preplated leadframe)
  สำหรับลีดเฟรมประเภท PPF นั้น เป็นลีดเฟรมที่มีเนื้อของลีดเฟรมเป็นทองแดง แต่ถูกเคลือบทับด้วยโลหะธาตุ Ni/Pd/Au มาจากบริษัทผู้ผลิตลีดเฟรมแล้ว จึงไม่ต้องผ่านกระบวนการ Strip plating ภายในโรงงานตัวอย่าง

สำหรับพื้นผิวโลหะของชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้วของโรงงานตัวอย่าง ที่ถูกผลิตมาจากลีดเฟรมทั้ง 2 ประเภท แสดงได้ดังภาพที่ 3.3



**ด้านหลังของชิ้นงานที่ผลิตมาจากลีดเฟรมทองแดง และผ่านกระบวนการเคลือบผิวที่ กระบวนการ Strip plating ในโรงงานตัวอย่างแล้ว**



**ด้านหลังของชิ้นงานที่ผลิตมาจากลีดเฟรม PPF**

ภาพที่ 3.3 พื้นผิวด้านหลังของชิ้นงานที่ผลิตมาจากลีดเฟรมทองแดงซึ่งผ่านการเคลือบผิวที่กระบวนการ Strip plating แล้ว และพื้นผิวด้านหลังของชิ้นงานที่ผลิตมาจากลีดเฟรม PPF

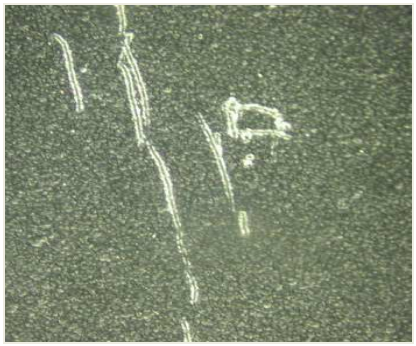
จากขอบเขตของปัญหาที่กำหนดไว้ในบทที่ 1 ในงานวิจัยนี้จะดำเนินการเพื่อหาแนวทางในการลดของเสียสำหรับการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท Quad Flat No Lead (QFN) เนื่องจากแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN เป็นประเภทที่มีคำสั่งซื้อจากลูกค้ามากที่สุด คิดเป็น 60% ของคำสั่งซื้อทั้งหมดของโรงงานตัวอย่างตั้งแต่ปี 2550-2554 และนอกจากนั้นยังเป็นประเภทเดียวที่มีการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ในการยอมรับสินค้าเมื่อปลายปี 2552 ที่ผ่านมา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN เป็นประเภทที่ลูกค้ามีความต้องการสูงและมีการแข่งขันในด้านคุณภาพกับคู่แข่งสูงเช่นเดียวกัน

และจากแนวโน้มของเทคโนโลยีในปัจจุบันลีดเฟรมประเภท PPF เป็นลีดเฟรมที่ช่วยลดปัญหาด้านคุณภาพที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการ Strip plating นอกจากนั้นยังเป็นการช่วยลดต้นทุนทั้งในด้านเครื่องจักร กำลังคน ลดปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ ลดพื้นที่ในกระบวนการผลิต ลดของเสียที่อาจเกิดขึ้น และประหยัดเวลาในการผลิตอีกด้วย ทำให้ในปัจจุบันลูกค้ามียอดการสั่งผลิตโดยใช้ลีดเฟรมประเภท PPF มากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 จากยอดการสั่งผลิตทั้งหมดในปัจจุบัน

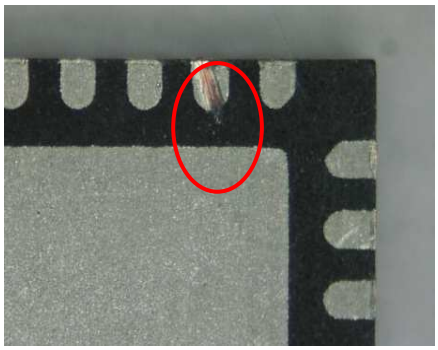
### 3.4 *รอยขีดข่วน*

ข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วน หมายถึง ส่วนใดๆ บนผิวชิ้นงานถูกแรงกระทำหรือเสียดสีจนทำให้เกิดร่องรอย ซึ่งอาจมีผลต่อการนำไปใช้งาน หรืออาจทำให้รบกวนการอ่านรายละเอียดที่ลูกค้าต้องการให้ระบุไว้บนชิ้นงาน หรือมีผลต่อความสวยงามของชิ้นงาน

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากลักษณะภายนอกของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้น จึงจะแยกลักษณะของรอยขีดข่วนที่พบได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ รอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติก และรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ ดังภาพที่ 3.4 และ 3.5



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างรอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติก



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ

สำหรับรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวพลาสติกสีดำนั้น อาจมีผลต่อการอ่านรายละเอียดที่ลูกค้าต้องการให้ระบุไว้บนชิ้นงานไม่ถูกต้อง เพราะเป็นด้านที่ต้องทำการระบุรายละเอียดของชิ้นงาน แต่สำหรับรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลหะนั้น อาจส่งผลต่อการนำไปใช้งาน โดยอาจมีผลต่อการเชื่อมต่อวงจรระหว่างตัวชิ้นงาน และ PCB

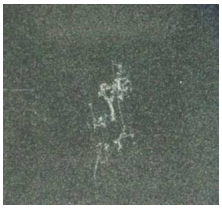
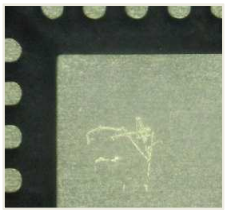
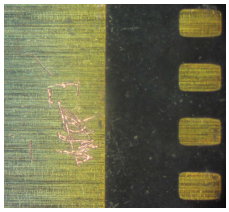
ดังจะเห็นได้ว่าปัญหารอยขีดข่วนที่เกิดบนพื้นผิวโลหะนั้น เป็นปัญหาที่มีความรุนแรงมากกว่า เพราะอาจมีผลกระทบโดยตรงต่อการใช้งานของแผงวงจรไฟฟ้ารวม

## 3.5 การคัดเลือกรายการที่จะทำการศึกษา

จากประเภทของลีดเฟรม และลักษณะของรอยขีดข่วนบนชิ้นงานของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นได้ว่ามีโอกาสที่จะเกิดปัญหาได้จากกระบวนการที่แตกต่างกัน ดังนั้น ทางทีมจึงได้พิจารณาแยกลักษณะของข้อบกพร่องตามประเภทของลีดเฟรมร่วมกับลักษณะของรอยขีดข่วน ซึ่งจะแยกออกได้ทั้งหมดเป็น 4 ประเภทดังนี้ โดยรูปตัวอย่างของรอยขีดข่วนประเภทต่างๆ แสดงไว้ในภาพที่ 3.6

- รอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติกของลีดเฟรมทองแดง
- รอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรมทองแดง
- รอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติกของลีดเฟรม PPF
- รอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF

ซึ่งหากทำการพิจารณาความเป็นไปได้ในการเกิดปัญหารอยขีดข่วนทั้ง 4 ประเภท โดยพิจารณาตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา จะสามารถแสดงความเกี่ยวข้องของแต่ละกระบวนการ และโอกาสในการเกิดปัญหารอยขีดข่วนได้ดังตารางที่ 3.1

| | | ประเภทของลีดเฟรม | |
|---|---|---|---|
| | | ลีดเฟรมทองแดง | ลีดเฟรม PPF |
| ลักษณะของรอยขีดข่วน | บนพื้นผิวพลาสติก | |  |
| | บนพื้นผิวโลหะ |  |  |

ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างรูปรอยขีดข่วนประเภทต่างๆ แยกตามประเภทของลีดเฟรมและลักษณะของรอยขีดข่วน

ตารางที่ 3.1 โอกาสในเกิดรอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติกและพื้นผิวโลหะที่กระบวนการต่างๆ โดยแยกตามประเภทของรอยขีดข่วนและประเภทของลีดเฟรม

| | กระบวนการ | ลีดเฟรมทองแดง | | ลีดเฟรม PPF | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | รอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติก | รอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ | รอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติก | รอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ |
| FOL | Leadframe Incoming | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง |
| | X-fer IN | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง |
| | Wafer grinding | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง |
| | Wafer saw | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง |
| | STL | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง |
| | Die attach | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง |
| | Wire bonding | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง |
| EOL | Molding | X | ไม่เกี่ยวข้อง | X | ไม่เกี่ยวข้อง |
| | (Detape) | X | ไม่พิจารณา | X | X |
| | Package cure | X | ไม่พิจารณา | X | X |
| | Laser marking | X | ไม่พิจารณา | X | X |
| | Strip plating | X | X | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง |
| | Singulation | X | X | X | X |
| | FVI | X | X | X | X |
| | QC FVI | X | X | X | X |
| | Packing | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง | ไม่เกี่ยวข้อง |

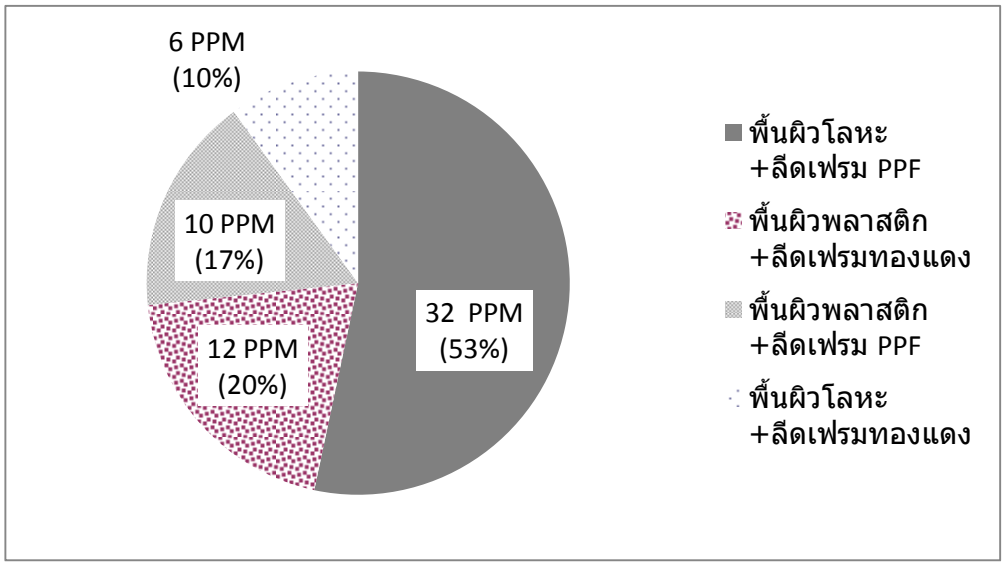
<u>หมายเหตุ</u> เครื่องหมาย X คือ มีโอกาสในการเกิดปัญหารอยขีดข่วนในกระบวนการนั้นๆ
ไม่เกี่ยวข้อง คือ ไม่มีโอกาสในการเกิดปัญหารอยขีดข่วนที่กระบวนการนั้นๆ หรือไม่มีกระบวนการนั้นๆในผังการผลิต
ไม่พิจารณา คือ มีโอกาสในการเกิดปัญหารอยขีดข่วนจากกระบวนการนั้นๆ แต่จะไม่นำมาพิจารณาเพราะไม่สามารถวัดผลได้

จากตารางข้างต้นสรุปได้ว่า รอยขีดข่วนทั้ง 4 ประเภทสามารถเกิดได้ในระหว่างกระบวนการผลิตส่วนหลัง (EOL) เท่านั้น เนื่องจากรอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติกจะเกิดได้ต่อเมื่อมีการฉีดพลาสติกที่กระบวนการ Molding แล้วเท่านั้น ส่วนรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะจะเกิดได้ต่อเมื่อมีการดึงเทปด้านหลังลีดเฟรมออกที่กระบวนการ Detape แล้วเท่านั้น

สำหรับรอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติกของลีดเฟรม 2 ประเภทจะมีความแตกต่างกันที่กระบวนการ Strip plating เพราะลีดเฟรมประเภท PPF จะไม่มีกระบวนการนี้ในผังการผลิต ในขณะที่ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะนั้นจะต้องแยกพิจารณาตามประเภทของลีดเฟรมเป็นหลัก เพราะถ้าเป็นลีดเฟรมประเภททองแดง โอกาสในการเกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะที่ตรวจพบได้ในการตรวจสอบลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายและที่ลูกค้านั้น จะมีเพียง 4 กระบวนการ โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการ Strip plating จนถึงกระบวนการ QC FVI เนื่องจากไม่สามารถทำการพิจารณารอยขีดข่วนที่เกิดก่อนกระบวนการ Strip plating ได้ เพราะเมื่อผ่านการเคลือบโลหะแล้วจะไม่สามารถเห็นรอยขีดข่วนดังกล่าว ซึ่งทำให้ไม่สามารถวัดผลได้ที่ขั้นตอนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายและที่ลูกค้าพบ แต่ถ้าเป็นลีดเฟรมประเภท PPF ทุกขั้นตอนของกระบวนการหลังจาก Detape (ยกเว้นกระบวนการ Strip plating) จะสามารถทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนบนผิวโลหะได้ทั้งสิ้น

เมื่อพิจารณาถึงเกณฑ์ในการยอมรับปัญหารอยขีดข่วนของลูกค้าที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงใหม่ให้เข้มงวดขึ้นในช่วงปลายปี 2552 ที่ผ่านมาพบว่า มีเพียงเกณฑ์ในการยอมรับปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะเท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงไป แต่สำหรับเกณฑ์ในการยอมรับปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติกนั้นลูกค้าไม่ได้ทำการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ดังกล่าว จะเห็นว่ามีความสอดคล้องกับปัญหารอยขีดข่วนที่ลูกค้าทำการร้องเรียนในปี 2553 ซึ่งจากทั้งหมด 7 ข้อร้องเรียนนั้น เป็นปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะทั้งหมด และเกิดกับลีดเฟรมประเภท PPF ทั้งหมด 7 ข้อร้องเรียน (100%)

นอกจากนั้นเมื่อทำการแยกพิจารณาลักษณะของปัญหารอยขีดข่วนที่พบทั้งหมดจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพหลังจากที่มีการปรับเกณฑ์ในการยอมรับสินค้าใหม่ในช่วงไตรมาส 4 ปี 2552 ถึงไตรมาส 4 ปี 2553 ยังพบความสอดคล้องเพิ่มเติมว่า อันดับหนึ่งของปัญหารอยขีดข่วนที่พบ เป็นปัญหารอยขีดข่วนที่เกิดบนพื้นผิวโลหะและเป็นลีดเฟรมประเภท PPF ซึ่งคิดเป็น 32 PPM (53%) ดังแสดงได้ใน ภาพที่ 3.5 ซึ่งจากสาเหตุทั้งหมดข้างต้นทางทีมจึงเห็นควรให้ทำการพิจารณาศึกษาปัญหารอยขีดข่วนที่เกิดบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรมประเภท PPF เป็นหลัก โดยมีเป้าหมายว่าจะลดปริมาณของเสียดังกล่าวลง 80% จากปริมาณของเสียทั้งหมดที่พบก่อนทำการแก้ไขปัญหา จากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ ภายในระยะเวลา 6 เดือนหลังจากทำการกำหนดปัญหา และได้กำหนดแผนการประชุมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวไว้ดังตารางที่ 3.2




ภาพที่ 3.7 แผนภูมิวงกลมแสดงปริมาณของเสียตามประเภทของรอยขีดข่วนและประเภทของลีดเฟรมที่พบจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้าย

ตารางที่ 3.2 แผนการประชุมทีมเพื่อแก้ปัญหารอยขีดข่วนที่เกิดบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรมประเภท PPF

| ประชุมครั้งที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| หัวข้อการประชุม | จัดตั้งทีมงานและสำรวจปัญหาคุณภาพ | กำหนดปัญหา | หาสาเหตุของปัญหา | หาสาเหตุของปัญหา (ต่อ) | หาวิธีการแก้ปัญหาและพิจารณาผลกระทบ | หาวิธีแก้ไขปัญหาความขัดแย้ง | หาวิธีแก้ไขปัญหาความขัดแย้ง(ต่อ) | หาเกณฑ์ที่จะใช้เลือกวิธีแก้ปัญหาและคัดเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม | พิจารณาต้นทุนที่ต้องใช้และต้นทุนคุณภาพของวิธีการแก้ปัญหา | วางแผนการดำเนินการ | ติดตามผลการดำเนินงานครั้งที่ 1 | ติดตามผลการดำเนินงานครั้งที่ 2 | วางแผนการเก็บข้อมูลก่อนการใช้งานจริง | ติดตามผลระหว่างทดลองใช้งาน | ประเมินและสรุปผล |
| ระยะเวลาที่คาดว่าจะใช้ในการประชุม | 1 ชั่วโมง | 1 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง | 1 ชั่วโมง | 1 ชั่วโมง | 1 ชั่วโมง | 1 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง |
| เทคนิคที่ใช้ในการประชุม | ระดมสมอง, กราฟ, แผนผังพาเรโต | กราฟ, แผนผังพาเรโต, ระดมสมอง | ระดมสมอง, แผนผังก้างปลา | ระดมสมอง, แผนผังก้างปลา, FMEA, แบบประเมิน | ระดมสมอง, PDCA | ระดมสมอง, TRIZ | ระดมสมอง, TRIZ | Nominal Group Technique, Pugh Method | ระดมสมอง | ระดมสมอง | ระดมสมอง | ระดมสมอง | ระดมสมอง | ระดมสมอง | กราฟ, แผนผังพาเรโต |

### 3.6 สรุปผลระยะการกำหนดปัญหา

จากการกำหนดขอบเขตของปัญหาในบทที่ 1 และการร่วมกันระดมสมองจากทีมเพื่อวิเคราะห์ประเภทและลักษณะของรอยขีดข่วนข้างต้น ทำให้สามารถกำหนดปัญหาได้ว่า ปัญหาที่จะทำการวิเคราะห์สาเหตุและหาแนวทางแก้ไขในขั้นตอนต่อไป คือ ปัญหาประเภทรอยขีดข่วนของแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท Quad Flat No Lead (QFN) บนพื้นผิวโลหะที่เกิดบนลีดเฟรมประเภท PPF เนื่องจากแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN เป็นประเภทที่มีคำสั่งซื้อจากลูกค้ามากที่สุดในช่วง 5 ปี ที่ผ่านมาของโรงงานตัวอย่าง และลีดเฟรมประเภท PPF ถือเป็นประเภทของลีดเฟรมที่มีแนวโน้มความต้องการในอนาคตที่สูงขึ้นเรื่อยๆ รวมทั้งการที่ลูกค้าทำการปรับเกณฑ์การยอมรับรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ ยังเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสำคัญจากผลกระทบของปัญหา นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาจากข้อมูลที่ผ่านมายังพบว่าลักษณะของรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะเป็นปัญหาที่ลูกค้าร้องเรียนมากที่สุด และยังมีของเสียเป็นปริมาณมากที่สุดจากปริมาณของเสียประเภทรอยขีดข่วนทั้ง 4 ประเภทในกระบวนการสุ่มตรวจสอบลักษณะภายนอกขั้นสุดท้าย ซึ่งทางทีมได้ลงความเห็นว่าควรดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีเป้าหมายว่าจะลดปริมาณของเสียดังกล่าวลง 80% จากปริมาณของเสียทั้งหมดก่อนทำการแก้ไข ที่กระบวนการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้าย ภายในระยะเวลา 6 เดือนหลังจากทำการกำหนดปัญหา

# บทที่ 4

# ระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหา

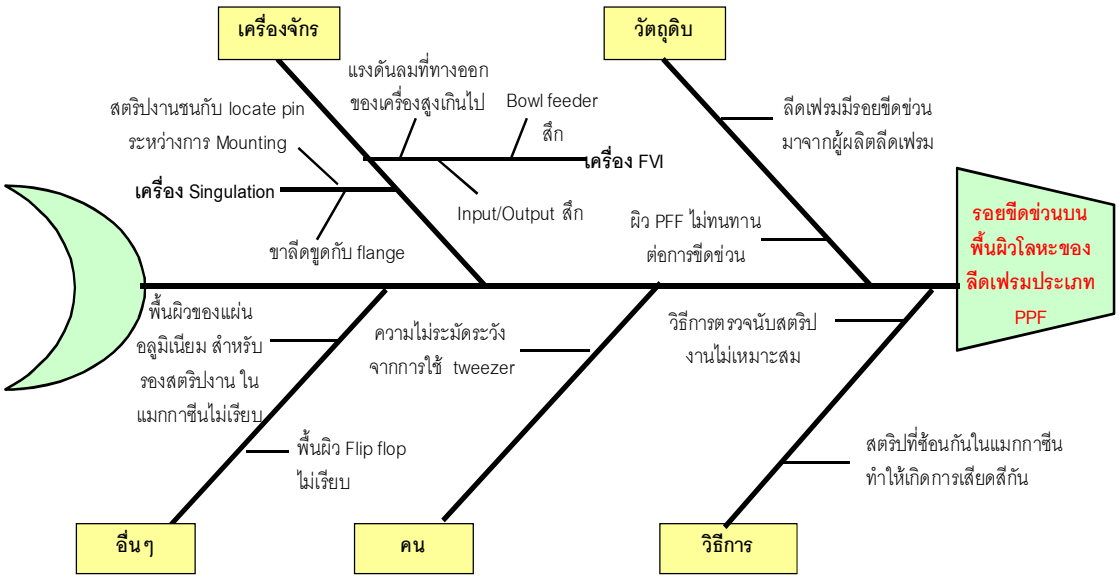
สำหรับระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหานี้ ทางทีมได้ใช้ของเทคนิคการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อให้ได้มาซึ่งแผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) ซึ่งจะใช้ระบุสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด หลังจากนั้นจะพิจารณาร่วมกับการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure mode and effect analysis: FMEA) ที่โรงงานตัวอย่างได้จัดทำอยู่ก่อนแล้ว เพื่อพิจารณาถึงสาเหตุอื่นๆที่ยังไม่มีการแก้ไขหรือป้องกัน โดยจะใช้การร่วมกันระดมสมองและการประเมินคะแนนของสมาชิกทุกคนในทีมเพื่อหาสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหา โดยจะแสดงในรูปแบบของพาเรโต แล้วจึงจะนำสาเหตุที่มีโอกาสเกิดขึ้นมากที่สุด ไปดำเนินการการเพื่อหาวิธีการแก้ไขต่อไป

## 4.1 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากแผนผังก้างปลา

ทางทีมได้ทำการพิจารณาความเป็นไปได้ของการเกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรมประเภท PPF โดยเริ่มต้นพิจารณาจากกระบวนการที่มีโอกาสทำให้เกิดปัญหาได้ซึ่งพบว่ามีทั้งหมด 6 กระบวนการ ดังนี้

- Detape : กระบวนการในการดึงเทปด้านหลังที่ช่วยในการยึดลีดเฟรมออก
- Package Cure : การอบให้พลาสติกสีดำคงตัว
- Laser marking : การระบุรายละเอียดที่ลูกค้ากำหนดลงบนพลาสติกสีดำ
- Singulation : การตัดแผงวงจรไฟฟ้ารวมออกเป็นชิ้นๆ รวมถึงการติดสตริปงานเข้ากับเทปเพื่อยึดชิ้นงานไว้ระหว่างการตัด (Mounting)
- Final Visual Inspection (FVI) : การตรวจสอบลักษณะภายนอกขั้นสุดท้าย100%
- QC FVI : การสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ

หลังจากทีมทำการพิจารณาโอกาสในการเกิดปัญหาจากแต่ละกระบวนการแล้ว จึงได้ทำการเชิญวิศวกรที่ดูแลรับผิดชอบในแต่ละกระบวนการ มาร่วมทำการระดมสมองด้วยเพื่อหาสาเหตุต่างๆ ที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยจะยังไม่ดำเนินการพิจารณาการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบที่โรงงานตัวอย่างมีการจัดทำอยู่แล้ว ทั้งนี้เพื่อไม่เป็นการปิดกั้นความคิดเห็นของสมาชิกทุกคนในทีม ซึ่งจากการระดมสมองในครั้งนี้ ได้มาซึ่งแผนภูมิก้างปลาดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.1




ภาพที่ 4.1 แผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุในการเกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรมประเภท PPF

เมื่อพิจารณาสาเหตุทั้งหมดที่ได้จากแผนภูมิก้างปลานั้นสามารถกล่าวได้ว่า มีสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด 12 สาเหตุ ซึ่งมาจากแหล่งที่มาต่างๆ กันทั้งในส่วนของวัตถุดิบ เครื่องจักร วิธีการ คน และแหล่งที่มาอื่นๆ ซึ่งสามารถแจกแจงรายละเอียดได้ดังนี้

1) วัตถุดิบ

- ลีดเฟรมมีรอยขีดข่วนมาจากผู้ผลิตลีดเฟรม
  เป็นปัญหาที่เกิดมาจากกระบวนการในการผลิตลีดเฟรมของผู้ผลิตเอง ก่อนทำการส่งมอบลีดเฟรมให้แก่โรงงานตัวอย่าง

- ผิว PPF ไม่ทนทานต่อการขีดข่วน
  พื้นผิวของลีดเฟรม PPF ไม่มีความแข็งและทนทานเพียงพอต่อการเสียดสี และการขีดข่วน

2) เครื่องจักร

- สตริปงานชนกับ locate pin ระหว่างการ Mounting ที่กระบวนการ Singulation

ในระหว่างการ Mounting ที่ต้องมีการติดสตริปงานลงบนเทปนั้น สตริปงานอาจชนกับ locate pin ของเครื่อง ซึ่งอาจทำให้ขาลีดถูกขูดเป็นรอยได้ เนื่องจาก locate pin เป็นแท่งโลหะที่ยึดอยู่กับเครื่อง

- ขาลีดขูดกับ flange ที่เครื่อง Singulation

  ในระหว่างการตัดสตริปออกเป็นชิ้นงานเล็กๆ ที่เครื่อง Singulation นั้น จะต้องใช้ใบมีดในการตัดด้วยความเร็วสูง โดยมีส่วนที่เป็นตัวยึดใบมีดไว้ที่เรียกว่า flange ซึ่งหากใบมีดมีการสึกไปจากการใช้งาน อาจทำให้ระยะของใบมีดสั้นกว่าขอบของ flange ทำให้ขอบของ flange มาชนกับตัวชิ้นงาน เกิดขาลีดเป็นรอยและเสียหายได้

- Input/Output ที่เครื่อง FVI สึก

  Input และ Output ของเครื่อง FVI คือส่วนที่เป็นรางสำหรับลำเลียงชิ้นงานเข้าและออกจากเครื่อง ซึ่งหากมีการสึก จะทำให้ชิ้นงานที่เคลื่อนที่ผ่านเกิดรอยขูดขีดขึ้นได้

- Bowl feeder ของเครื่อง FVI สึก

  บริเวณ bowl feeder คือส่วนแรกที่ใช้ในการรองรับชิ้นงานก่อนที่จะลำเลียงชิ้นงานเข้าเครื่อง FVI ซึ่งหากมีการสึก อาจทำให้ชิ้นงานมีรอยขูดขีดได้

- แรงดันลมที่ทางออกของเครื่อง FVI สูงเกินไป

  ชิ้นงานที่ผ่านการตรวจที่เครื่อง FVI เรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงผ่านรางเพื่อเข้าหลอด โดยใช้แรงดันลมเป็นตัวช่วยในการส่ง ซึ่งหากมีการปรับแรงดันลมที่สูงเกินไปอาจทำให้ชิ้นงานมีการชนกันเอง หรือชนกับปากหลอด รวมไปถึงมีการเกยซ้อนกัน ทำให้เกิดรอยขูดขีดขึ้นได้

3) วิธีการ

- วิธีการตรวจนับสตริปงานไม่เหมาะสม

  เนื่องจากในทุกกระบวนการจะต้องมีการตรวจนับสตริปงานว่าครบถ้วน ถูกต้องหรือไม่ ซึ่งวิธีการคลี่สตริปงานอาจทำให้มีการขูดเสียดสีกันระหว่างสตริปงานได้

- สตริปที่ซ้อนกันในแมกกาซีน ทำให้เกิดการเสียดสีกัน
  ในการเคลื่อนย้ายงานที่กระบวนการผลิตส่วนหลัง จะมีการใส่สตริปงานซ้อนกันลงในอุปกรณ์ที่เรียกว่า แมกกาซีนแบบซ้อน ซึ่งการที่สตริปงานมีการซ้อนกันนี้อาจทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างการขนย้าย ทำให้เกิดรอยขีดข่วนขึ้นได้

4) คน

- ความไม่ระมัดระวังจากการใช้ tweezer
  เมื่อสตริปงานถูกตัดออกเป็นชิ้นงานเล็กๆ แล้วนั้น การที่จะหยิบจับเคลื่อนย้ายชิ้นงานเพื่อทำการตรวจสอบ ทางโรงงานตัวอย่างได้มีการกำหนดให้ใช้ tweezer ในการหยิบชิ้นงานเท่านั้น ซึ่งหากใช้ tweezer ที่เป็นโลหะ ก็อาจทำให้มีการพลาดไปขูดกับขาลีดได้

5) อื่นๆ

- พื้นผิว flip flop ไม่เรียบ
  อุปกรณ์ที่เรียกว่า flip flop นี้เป็นอุปกรณ์สำหรับรองรับชิ้นงานหลายๆ ชิ้น โดยให้มีการวางเรียงต่อกันเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบ ซึ่งก่อนทำการตรวจพนักงานจะต้องทำการเทชิ้นงานให้เคลื่อนที่ผ่านจากหลอดเพื่อเข้ามายัง flip flop ดังนั้นหากมีการสึก หรือผิว flip flop ไม่เรียบ ก็อาจทำให้ชิ้นงานมีรอยขีดข่วนได้

- พื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานในแมกกาซีนไม่เรียบ
  เนื่องจากด้านล่างสุดของแมกกาซีนแบบซ้อนจะมีการนำแผ่นอลูมิเนียมมาใช้สำหรับรองสตริปงาน ซึ่งหากเป็นรอยขูดขีดหรือผิวไม่เรียบก็อาจทำให้มีการขูดกับด้านขาลีดได้ เนื่องจากการวางสตริปงาน เป็นการวางโดยเอาด้านขาลีดลงด้านล่าง ซึ่งสัมผัสกับแผ่นอลูมิเนียมนี้โดยตรง

จากสาเหตุทั้งหมดข้างต้น ทางทีมจะยังไม่สรุปสาเหตุหลักที่เป็นไปได้ แต่จะทำการพิจารณาร่วมกับการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบของแต่ละกระบวนการที่โรงงานตัวอย่างมีการกำหนดให้จัดทำไว้ก่อน เพราะอาจมีบางสาเหตุที่ได้มีการพิจารณาและจัดหาวิธีการป้องกันแก้ไขไว้แล้ว ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

## 4.2 การพิจารณาการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ

เนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีการวิเคราะห์ FMEA ของปัญหารอยขีดข่วนในแต่ละกระบวนการอยู่ก่อนแล้ว ดังนั้นสาเหตุของปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะที่แสดงอยู่ในแผนภูมิก้างปลาบางสาเหตุจึงมีวิธีแก้ไขหรือป้องกันเรียบร้อยแล้ว ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข ซึ่งในการประเมินค่า RPN นั้น จะเป็นไปตามข้อกำหนดของโรงงานตัวอย่าง โดยถ้าค่า RPN เกิน 100 จะต้องมีการระบุวิธีการแก้ไขเพื่อให้ค่า RPN ต่ำกว่า 100 ซึ่งข้อกำหนดดังกล่าวเป็นข้อกำหนดจากลูกค้ารายใหญ่ของโรงงานตัวอย่าง และสำหรับตารางแนวทางการประเมินค่าความรุนแรง การเกิดข้อบกพร่อง และการตรวจจับในการวิเคราะห์ FMEA ของโรงงานตัวอย่าง แสดงไว้ในภาคผนวก ค

จากการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบที่กระบวนการต่างๆ นั้นพบว่ามีทั้งหมด 8 สาเหตุจากแผนภูมิก้างปลาที่มีมาตรการป้องกันและวิธีการแก้ไข รวมทั้งมีขั้นตอนของการตรวจสอบอยู่แล้ว โดยที่ค่า RPN ของทุกสาเหตุต่ำกว่า 100 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ทางโรงงานตัวอย่างและลูกค้ายอมรับได้ แต่อย่างไรก็ตามทางทีมได้ลงไปทำการตรวจสอบ (audit) ในทุกกระบวนการที่มีการกำหนดมาตรการไว้ ซึ่งสรุปผลการตรวจสอบได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบการปฏิบัติตามมาตรการที่ได้ระบุไว้ใน FMEA

| กระบวนการ | มาตรการป้องกัน/แก้ไข | ผลการตรวจสอบ | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| | | ปฏิบัติ | ไม่ปฏิบัติ | |
| Detape | กำหนดวิธีการนับสตริปงาน | X | | มีการกำหนดวิธีการนับสตริปงานใหม่เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยระบุชัดเจนในขั้นตอนการทำงาน และจากการตรวจสอบพนักงานไม่มีการใช้วิธีการคลี่สตริปแบบเดิม |
| | ใช้ jig ในการเคลื่อนย้ายและขณะตรวจสอบสตริปงาน | X | | มีการใช้ jig ในการเคลื่อนย้ายและใช้ขณะตรวจสอบงานอย่างถูกต้องตามข้อกำหนด |
| Laser making | กำหนดวิธีการนับสตริปงาน | X | | มีการกำหนดวิธีการนับสตริปงานใหม่เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยระบุชัดเจนในขั้นตอนการทำงานแล้ว แต่เปลี่ยนวิธีการไปใช้เซนเซอร์ที่เครื่อง Laser mark ในการตรวจนับแทน |
| | ใช้ jig ในการเคลื่อนย้ายและขณะตรวจสอบสตริปงาน | X | | มีการใช้ jig ในการเคลื่อนย้ายและใช้ขณะตรวจสอบงานอย่างถูกต้องตามข้อกำหนด |
| | ใช้กล้องในการตรวจสอบคุณภาพของสตริปงาน และมีเซนเซอร์ในการตรวจนับสตริปงานที่เครื่อง | X | | มีการใช้กล้องตรวจสอบคุณภาพของสตริปงาน โดยสามารถตรวจจับปัญหาคุณภาพต่างๆได้อย่างถูกต้อง และมีการใช้เซนเซอร์ในการนับสตริปงาน ซึ่งผลการนับเป็นไปอย่างถูกต้อง |
| Singulation | -เปลี่ยนฐานรองสตริปที่ Mounting เป็นแบบไม่ใช้ locate pin | X | | ทุกเครื่องมีการเปลี่ยนเป็นแบบไม่ใช้ locate pin ทั้งหมด |
| | - มีสัญญาณอัตโนมัติในการตรวจจับระยะที่เหลืออยู่ของใบมีดตัด (EAS) | X | | สัญญาณอัติโนมัติทำงานอย่างสมบูรณ์ทุกเครื่อง |
| FVI | มีการทำความสะอาดและตรวจสอบ flip flop (ทุกกะ) | X | | มีการลงบันทึกใน check llist |
| | เปลี่ยนไปใช้ทวิสเซอร์แบบ teflon แทนการใช้ทวิสเซอร์แบบ stainless | X | | ไม่พบการใช้ tweezer แบบ stainless |
| | ติดตั้งมาตรวัดลมเพื่อควบคุมวาล์วลมที่ทางออกของเครื่อง | X | | มีการติดตั้งครบทุกเครื่อง และใช้งานได้ |
| | มีขั้นตอนการตรวจเช็คส่วนของ bowl feeder (รายเดือน) | X | | มีการลงบันทึกใน check llist |
| | มีขั้นตอนการตรวจเช็คส่วนของ Input/Output track (รายเดือน) | X | | มีการลงบันทึกใน check llist |
| QC FVI | มีการทำความสะอาดและตรวจสอบ flip flop (ทุกกะ) | X | | มีการลงบันทึกใน check llist |
| | เปลี่ยนไปใช้ทวิสเซอร์แบบ teflon แทนการใช้ทวิสเซอร์แบบ stainless | X | | ไม่พบการใช้ tweezer แบบ stainless |

จากผลการตรวจสอบการปฏิบัติงานพบว่าในทุกมาตรการนั้นยังมีการปฏิบัติตามอยู่อย่างถูกต้องครบถ้วน ดังนั้น ทางทีมจึงทำการพิจารณาถึงสาเหตุที่เป็นไปได้อื่นๆ ต่อไป

### 4.3 การพิจารณาคัดเลือกสาเหตุของปัญหา

จากที่ทีมได้ทำการพิจารณาการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) ที่กระบวนการผลิตต่างๆ ข้างต้นพบว่า วิธีการป้องกันและตรวจสอบที่ได้กำหนดใน FMEA ไว้แล้วนั้นยังมีการปฏิบัติตามอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นทีมจึงจะทำการพิจารณาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้อื่นที่ยังไม่มีการวิเคราะห์และระบุไว้ใน FMEA ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สาเหตุของปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF ที่เป็นไปได้ และยังไม่มีการวิเคราะห์ รวมทั้งไม่มีมาตรการแก้ไขใน FMEA

| แหล่งที่มา | สาเหตุของรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF |
|---|---|
| วัตถุดิบ | ลีดเฟรมมีรอยขีดข่วนมาจากผู้ผลิตลีดเฟรม |
| | ผิว PFF ไม่ทนทานต่อการขีดข่วน |
| วิธีการ | สตริปที่ซ้อนกันในแมกกาซีน ทำให้เกิดการเสียดสีกัน |
| อื่นๆ | พื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียม สำหรับรองสตริปงาน ในแมกกาซีนไม่เรียบ |

จากสาเหตุทั้ง 4 ข้อข้างต้น ทางทีมได้นำมาพิจารณาประกอบกับการเก็บข้อมูลเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุดได้ดังนี้

- ลีดเฟรมมีรอยขีดข่วนมาจากผู้ผลิตลีดเฟรม

  เมื่อพิจารณาถึงลีดเฟรมที่มีรอยขีดข่วนมาจากผู้ผลิตลีดเฟรมนั้น ทางทีมได้ย้อนกลับไปดูผลจากการสุ่มตรวจคุณภาพของลีดเฟรมที่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ (Incoming) พบว่า จากการสุ่มตรวจของ Incoming มีการตรวจสอบคุณภาพเรื่องรอยขีดข่วนบนลีดเฟรม ซึ่งใช้เกณฑ์การยอมรับเดียวกับที่ลูกค้ากำหนด และพนักงานที่ทำการตรวจสอบมีการผ่านการอบรม การทดสอบ รวมทั้งมีการสอบเทียบวัด (GR&R) กับพนักงานที่ปฏิบัติงานในสายการผลิตสำหรับข้อบกพร่องที่สามารถใช้เกณฑ์เดียวกันได้เป็นประจำทุกปี ซึ่งจากผลการตรวจสอบของ Incoming นั้นไม่เคยพบข้อบกพร่องเรื่อง

รอยขีดข่วนบนลีดเฟรมตลอดระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมา ดังนั้นปัญหาเรื่องรอยขีดข่วนบนลีดเฟรมจากผู้ผลิตลีดเฟรมนั้นจึงมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก

- ผิว PPF ไม่ทนทานต่อการขีดข่วน

เนื่องจากลีดเฟรม PPF (Preplated leadframe) ที่โรงงานตัวอย่างใช้อยู่นั้น เป็นลีดเฟรมที่มีเนื้อลีดเฟรมเป็นทองแดง และผ่านกระบวนการเคลือบผิวด้วย Ni/Pd/Au มาจากผู้ผลิตลีดเฟรม ซึ่งในการใช้ Ni/Pd/Au มาเคลือบผิวนั้นเพื่อประโยชน์ต่อการยึดติดกับ PCB และเชื่อมต่อวงจรเป็นสำคัญ โดยในอุตสาหกรรมการผลิตลีดเฟรม PPF สำหรับแผงวงจรไฟฟ้ารวมในปัจจุบันนั้น ต่างก็ใช้ลีดเฟรมทองแดงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย Ni/Pd/Au ด้วยกันทั้งสิ้น ซึ่งในผู้ผลิตแต่ละรายนั้นอาจจะมีการเคลือบผิวที่แตกต่างกันเพียงแค่ความหนาของแต่ละธาตุเท่านั้น ซึ่งไม่มีผลต่อความทนทานต่อการขีดข่วน

ซึ่งหากจะพิจารณาต่อในเรื่องของการแก้ไขปัญหาจากผิว PPF ไม่ทนทานต่อการขีดข่วนนี้ ถือว่าเป็นไปได้ยากในปัจจุบัน เพราะต้องปรับปรุงในเรื่องของเทคโนโลยีในการเคลือบผิวต่อไป และหากจะพิจารณาถึงการเปลี่ยนธาตุที่ใช้ในการเคลือบผิวลีดเฟรม PPF นั้น ทางผู้ผลิตลีดเฟรมได้ให้ความเห็นว่า การใช้ Ni/Pd/Au ที่ใช้ในการเคลือบผิวลีดเฟรมนี้ถือเป็นธาตุโลหะที่มีคุณสมบัติเหมาะสมแล้วในปัจจุบัน เพราะลีดเฟรม PPF ถือเป็นทางเลือกใหม่ของผู้ผลิตลีดเฟรมและผู้ใช้งาน เนื่องจากเพิ่งเริ่มมีการพัฒนาลีดเฟรม PPF ที่เคลือบผิวด้วย Ni/Pd/Au เมื่อไม่นานมานี้ ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีผู้ผลิตลีดเฟรมรายใด ทำการผลิตลีดเฟรมที่เคลือบผิวด้วยธาตุโลหะอื่น อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีในการเคลือบผิวและการเปลี่ยนส่วนประกอบของสารเคลือบผิวของลีดเฟรม PPF นั้น อาจต้องใช้เวลาและเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งก็มีปัจจัยต่างๆ ที่ต้องนำมาพิจารณาด้วย เช่น การยึดติดกับ PCB และการเชื่อมต่อวงจรซึ่งถือเป็นหน้าที่หลักของการเคลือบผิวลีดเฟรม, ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น, สารที่ใช้ต้องไม่เป็นสารต้องห้ามตามมาตรฐานสิ่งแวดล้อมของสหภาพยุโรป (RoHS) ซึ่งถือเป็นความต้องการพื้นฐานของลูกค้า, โรงงานตัวอย่างต้องดำเนินการทดสอบลีดเฟรมใหม่ทั้งหมด รวมทั้งต้องใช้เวลาในการแจ้งลูกค้าทุกรายเพื่ออนุมัติการใช้ลีดเฟรมใหม่ เป็นต้น

ดังนั้นทางทีมจึงลงความเห็นว่า สาเหตุจากผิว PPF ไม่ทนทานต่อการขีดข่วนนั้นไม่น่าเป็นสาเหตุหลัก รวมทั้งการแก้ไขปัญหาในปัจจุบันนั้นยังทำได้ยากอีกด้วย

- สตริปงานที่ซ้อนกันในแมกกาซีน ทำให้เกิดการเสียดสีกัน

ทางทีมต้องการทราบว่าสาเหตุดังกล่าวเป็นไปได้จริงหรือไม่ จึงได้ลงความเห็นว่าให้ทำการเก็บข้อมูลโดยการตรวจสอบชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ทั้งก่อนเข้าและหลังออกจากทุกกระบวนการที่มีโอกาสทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วน ซึ่งทำการตรวจสอบจากชิ้นงานจริง 100% เป็นจำนวน 10 ล็อต หรือประมาณ 100,000 ชิ้นงาน โดยพิจารณาจากจำนวนชิ้นงานที่มีรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะทั้งหมดที่พบ ซึ่งจากการตรวจสอบดังกล่าวพบว่า จำนวนชิ้นงานที่มีปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในกระบวนการผลิต หรือคิดเป็น 20% จากจำนวนรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะทั้งหมดที่พบ แต่เมื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานที่ก่อนเข้ากระบวนการถัดไปพบว่ามีปริมาณชิ้นงานที่เป็นรอยขีดข่วนเพิ่มมากขึ้นในระหว่างกระบวนการ Detape – Package cure, Package cure – Laser marking และ Laser marking - Singulation ซึ่งรวมแล้วคิดเป็น 80% จากจำนวนรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะทั้งหมดที่พบ ดังแสดงผลการตรวจสอบในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณชิ้นงานที่เกิดปัญหารอยขีดข่วนจากในกระบวนการผลิตและระหว่างกระบวนการผลิต

| กระบวนการ | ก่อน กระบวนการ | หลัง กระบวนการ | จำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิต | จำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยขีดข่วนระหว่างกระบวนการผลิต | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ระหว่างกระบวนการ | จำนวนรอยขีดข่วน |
| Detape | 0 | 0 | 0 | Detape - Package cure | 3 |
| Package cure | 3 | 3 | 0 | Package cure - Laser marking | 3 |
| Laser marking | 6 | 7 | 1 | Laser marking - Singulation | 2 |
| Singulation | 9 | 9 | 0 | Singulation - FVI | 0 |
| FVI | 9 | 10 | 1 | FVI - QC FVI | 0 |
| QC FVI | 10 | 10 | 0 | QC FVI - Packing | ไม่เกี่ยวข้อง |
| **รวมจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยขีดข่วน** | | | **2** | | **8** |

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว ทำให้ทางทีมทำการพิจารณาที่วิธีการเคลื่อนย้ายชิ้นงานในระหว่างกระบวนการผลิต จึงได้ทำการทดลองเคลื่อนย้ายชิ้นงานด้วยการนำสตริปงาน dummy ใส่ซ้อนทับกันในแมกกาซีนอีกครั้งหนึ่ง และทำการหิ้วเคลื่อนย้ายแมกกาซีนด้วยระยะทางเท่ากับที่เคลื่อนย้ายในแต่ละขั้นตอน พบว่ามีชิ้นงานที่พบปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะเกิดขึ้นจริง ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบชิ้นงานจริงในตารางที่ 4.3 ดังนั้นทางทีมจึงลงความเห็นว่า การเคลื่อนย้ายชิ้นงานด้วยแมกกาซีนแบบซ้อนมีผลที่จะทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะที่ระหว่างกระบวนการผลิตส่วนหลัง

- พื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียม สำหรับรองสตริปงานในแมกกาซีนไม่เรียบ

เนื่องจากแมกกาซีนแบบซ้อนจะต้องมีการใช้แผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานด้านล่างสุดทุกครั้ง เพราะแมกกาซีนแบบซ้อนที่โรงงานตัวอย่างใช้อยู่นั้น ด้านล่างจะเป็นแบบเปิดโล่ง มีเพียงขอบยื่นออกมาด้านข้างสำหรับรองรับแผ่นอลูมิเนียมได้เท่านั้น สาเหตุที่ออกแบบในลักษณะนี้เนื่องมาจากความต้องการในการลดต้นทุนและลดน้ำหนักของแมกกาซีนแบบซ้อน เพราะวัสดุที่ใช้ทำแมกกาซีนแบบซ้อนนั้นเป็น Stainless ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่ารวมทั้งยังมีราคาสูงกว่าอลูมิเนียม หลังจากที่มีการร่วมระดมสมองเพื่อหาสาเหตุและพบว่าพื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดรอยขีดข่วนได้นั้น ทางทีมจึงได้ทำการสุ่มตรวจสอบแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานดังกล่าว เป็นจำนวน 100 แผ่น พบว่ามีประมาณ 20% ของแผ่นอลูมิเนียมที่ทำการสุ่มมีปัญหารอยขีดข่วน ซึ่งทำให้ผิวของแผ่นอลูมิเนียมไม่เรียบ ดังนั้นพิ้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมที่ไม่เรียบนี้ อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะได้ เพราะในการวางสตริปงานลงในแมกกาซีนแบบซ้อนนั้นจะทำโดยวางด้านขาลีดลงด้านล่าง ซึ่งทำให้ขาลีดสัมผัสกับพื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมโดยตรง

จากการพิจารณาสาเหตุทั้ง 4 ข้อข้างต้น ทางทีมลงความเห็นว่าให้สมาชิกในทีมทุกคนได้ทำการประเมินความเป็นไปได้ของแต่ละสาเหตุอีกครั้ง โดยการให้คะแนนผ่านแบบประเมิน โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ Point Allocation ซึ่งเป็นเทคนิคการให้คะแนนเพื่อการตัดสินใจเมื่อมีหลายทางเลือก ซึ่งถือเป็นเทคนิคอย่างง่าย โดยเกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นที่นิยมอาจเป็น 3, 5 หรือ 10 โดยที่การตัดสินใจให้คะแนนนั้นจะให้คะแนนเป็นแบบช่วง และขึ้นอยู่กับผู้ประเมินเป็นสำคัญ (Saunders, 1994) ซึ่งในที่นี้ทางทีมกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนของแต่ละสาเหตุคือ ช่วงระหว่าง 0-10 โดยจะให้คะแนนเป็นตัวเลขจำนวนเต็มลดหลั่นกันตามลำดับ ดังนี้

0 หมายถึง สาเหตุดังกล่าวไม่มีโอกาสที่จะทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนได้เลย

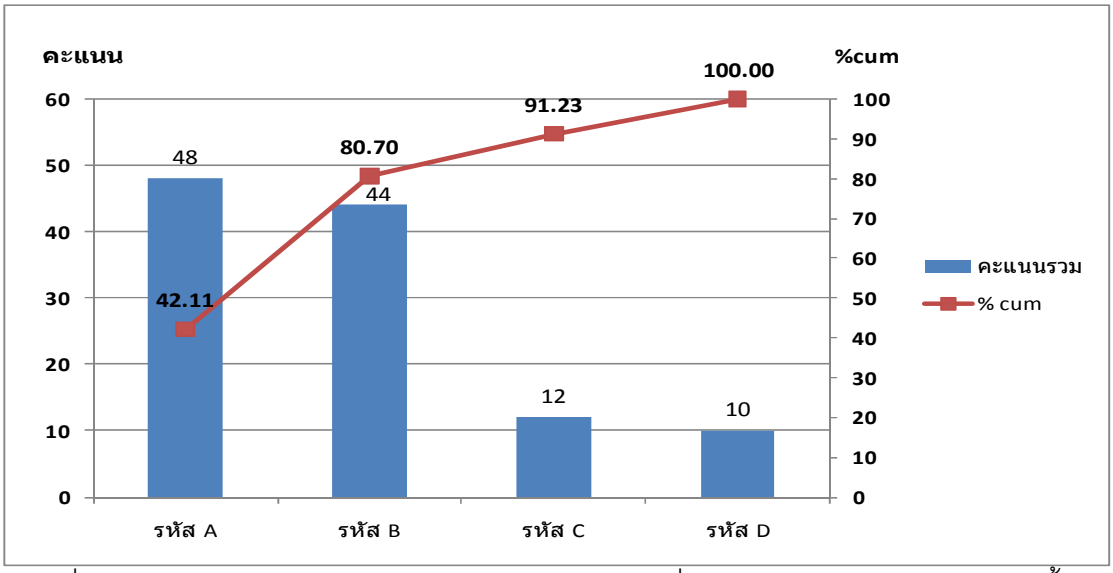
10 หมายถึง สาเหตุดังกล่าวมีโอกาสที่จะทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนได้มากที่สุด

ซึ่งถ้าผลคะแนนรวมมาก จะหมายถึง สาเหตุนั้นส่งผลต่อปัญหามาก และผลคะแนนรวมน้อยจะหมายถึงสาเหตุนั้นส่งผลต่อปัญหาน้อย ซึ่งผลการประเมินคะแนนรวมของสมาชิกทุกคนในทีมแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 (ตัวอย่างแบบประเมินที่ใช้ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง)

ตารางที่ 4.4 ผลคะแนนการประเมินโอกาสที่ทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วน โดยพิจารณาจากสาเหตุที่เป็นไปได้แต่ละสาเหตุ

| ผู้ทำการประเมิน | สาเหตุที่เป็นไปได้ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | รหัส A | รหัส B | รหัส C | รหัส D |
| | สตริปที่ซ้อนกันในแมกกาซีนทำให้เกิดการเสียดสีกัน | พื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานในแมกกาซีนไม่เรียบ | ลีดเฟรมมีรอยขีดข่วนมาจากผู้ผลิตลีดเฟรม | ผิว PFF ไม่ทนทานต่อการขีดข่วน |
| 1) วิศวกรฝ่ายผลิต | 10 | 9 | 3 | 2 |
| 2) วิศวกรฝ่ายออกแบบ | 10 | 8 | 2 | 1 |
| 3) ผู้จัดการฝ่ายผลิต | 9 | 9 | 3 | 2 |
| 4) ช่างเทคนิค | 10 | 10 | 2 | 4 |
| 5) วิศวกรคุณภาพ | 9 | 8 | 2 | 1 |
| **รวมคะแนน** | **48** | **44** | **12** | **10** |

เมื่อนำผลคะแนนรวมจากการประเมินดังกล่าว มาพิจารณาในรูปแบบของพาเรโต สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.7 ซึ่งพบว่าสาเหตุของ สตริปที่ซ้อนกันในแมกกาซีน ทำให้เกิดการเสียดสีกัน (รหัส A) มีคะแนนของโอกาสในการเกิดปัญหามากที่สุด คือ 48 คะแนน คิดเป็น 42.11% และ รองลงมาคือ สาเหตุของพื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียม สำหรับรองสตริปงาน ในแมกกาซีนไม่เรียบ (รหัส B) 44 คะแนน คิดเป็น 38.60% ซึ่งเมื่อพิจารณา 2 สาเหตุดังกล่าวพบว่า เป็นสาเหตุหลักที่จะทำให้มีโอกาสเกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF ถึง 80.70% ดังนั้นทางทีมจึงพิจารณาเห็นว่า ควรดำเนินการแก้ปัญหาจาก 2 สาเหตุหลักดังกล่าว




ภาพที่ 4.2 แผนผังพาเรโตแสดงผลการประเมินสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF

## 4.4 สรุปผลระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหา

จากการร่วมกันระดมสมองของทีมและการประเมินโอกาสในการเกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF โดยพิจารณาจากสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดนั้น สามารถสรุปได้ว่าสาเหตุของสตริปที่ซ้อนกันในแมกกาซีน ทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างสตริปงาน และพื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานในแมกกาซีนไม่เรียบนั้น เป็น 2 สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF ได้มากที่สุด (80.70%) ดังนั้นทางทีมจะนำสาเหตุหลักดังกล่าวไปดำเนินการพิจารณาเพื่อหาแนวทางแก้ไขต่อไป

# บทที่ 5

# ระยะการหาวิธีการแก้ปัญหา

หลังจากทีมได้พบสาเหตุหลักของการเกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF ดังได้สรุปไว้ในบทที่ผ่านมาแล้วนั้น จึงนำมาดำเนินการระดมสมองเพื่อหาวิธีแก้ปัญหาของแต่ละสาเหตุ รวมทั้งพิจารณาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวว่าหากนำไปใช้อาจจะมีผลกระทบหรือความขัดแย้งอื่นตามมาได้หรือไม่ และจึงทำการหาวิธีแก้ไขปัญหาความขัดแย้งนั้นเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบจากการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ซึ่งแสดงในรายละเอียดได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

## 5.1 วิธีการแก้ปัญหาของแต่ละสาเหตุหลัก

จากสาเหตุหลักที่เป็นไปได้มากที่สุด 2 สาเหตุดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ผ่านมานั้น ทางทีมได้ทำการระดมสมองเพื่อพิจารณาหาวิธีแก้ปัญหาได้ดังนี้

### 5.1.1 สตริปที่ซ้อนกันในแมกกาซีนทำให้เกิดการเสียดสีกัน

เนื่องจากการใช้แมกกาซีนแบบซ้อนเป็นการวางสตริปงานซ้อนทับกันเป็นชั้นๆ ดังนั้นจึงมีโอกาสทำให้สตริปงานเกิดการเสียดสีกันในระหว่างการขนย้ายได้ ดังนั้นทีมจึงพิจารณาการแยกสตริปงานออกจากกัน เพราะจะสามารถแก้ปัญหาการเสียดสีกันระหว่างสตริปงานดังกล่าวได้ และเนื่องจากในส่วนการผลิตส่วนหน้ามีการใช้แมกกาซีนแบบร่องเพื่อแยกสตริปงานที่ยังไม่ถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติกอยู่ก่อนแล้ว ดังนั้นสมาชิกในทีมทุกคนจึงลงความเห็นว่าควรแก้ปัญหาการเสียดสีกันโดยการใช้แมกกาซีนแบบร่องแทนการใช้แมกกาซีนแบบซ้อน โดยให้มีการใช้แมกกาซีนต่อเนื่องจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามายังกระบวนการผลิตส่วนหลังด้วย ทั้งนี้เพื่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหาที่ไม่จำเป็นต้องมีการออกแบบใหม่ ซึ่งจะทำการพิจารณาการนำแมกกาซีนแบบร่องมาใช้โดยละเอียดอีกครั้งในหัวข้อถัดไป

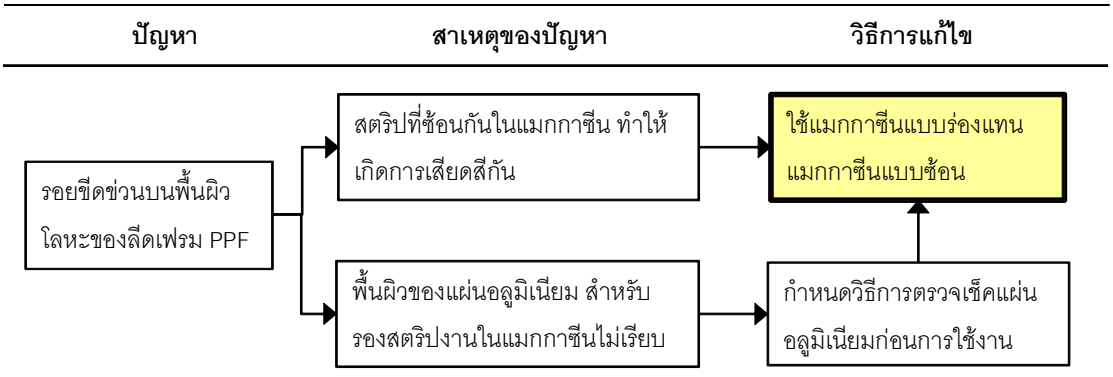
### 5.1.2 พื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานไม่เรียบ

สาเหตุที่ต้องใช้แผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อนเนื่องมาจากด้านล่างของแมกกาซีนแบบซ้อนเป็นแบบเปิดโล่ง มีเพียงขอบด้านข้างสำหรับวางแผ่นรองสตริปเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อลดน้ำหนักของแมกกาซีน และประหยัดต้นทุน เพราะวัสดุของแมกกาซีน

แบบซ้อนนั้นทำด้วย stainless เมื่อพิจารณาถึงการใช้งานแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงาน พบว่าก่อนหน้านี้ยังไม่เคยมีการกำหนดวิธีการตรวจสอบรอยขีดข่วนบนแผ่นอลูมิเนียมดังกล่าวมาก่อน แต่จะพิจารณาเฉพาะในกรณีที่บิดเบี้ยว ไม่สามารถนำแผ่นอลูมิเนียมมาใช้งานได้เท่านั้น ดังนั้นอาจต้องกำหนดวิธีการตรวจสอบแผ่นอลูมิเนียมก่อนการใช้งานใหม่ ให้ครอบคลุมถึงความเรียบและรอยขีดข่วนบนแผ่นอลูมิเนียมด้วย เพราะการที่พื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมไม่เรียบนั้น จะส่งผลให้เกิดรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรมได้ แต่อย่างไรก็ตามการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเป็นเพียงการลดโอกาสในการเกิดปัญหาลงเท่านั้น เพราะในความเป็นจริงแล้วการตรวจเช็คอาจทำได้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากจำนวนแผ่นอลูมิเนียมที่ใช้มีจำนวนมากและอาจหลุดรอดการตรวจเช็คได้

แต่เมื่อทีมพิจารณาการแก้ปัญหาด้วยวิธีการใช้แมกกาซีนแบบร่องแทนแมกกาซีนแบบซ้อน พบว่าการแก้ปัญหาด้วยการเปลี่ยนรูปแบบของแมกกาซีนนั้น จะสามารถช่วยแก้ปัญหาเรื่องพื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานไม่เรียบนี้ได้ด้วย เพราะแผ่นอลูมิเนียมดังกล่าวจะใช้สำหรับแมกกาซีนแบบซ้อนเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนมาใช้แมกกาซีนแบบร่องแล้ว ก็ไม่มีความจำเป็นต้องใช้แผ่นอลูมิเนียมอีกต่อไป ซึ่งถือเป็นการแก้ไขปัญหาพื้นผิวแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานไม่เรียบอย่างสิ้นเชิงด้วย

ทางทีมได้สรุปวิธีการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF ที่ได้จากการระดมสมอง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 5.1




ภาพที่ 5.1 วิธีการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF

ดังนั้นทางทีมจึงลงความเห็นว่าจะทำการพิจารณาแก้ปัญหาจากทั้ง 2 สาเหตุหลักโดยเลือกใช้วิธีการเปลี่ยนรูปแบบของแมกกาซีนจากแบบซ้อนเป็นแบบร่อง

## 5.2 การพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาที่จะนำไปปฏิบัติ

จากการพิจารณาสาเหตุหลักทั้ง 2 สาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาของแต่ละสาเหตุพบว่า การแก้ไขปัญหาโดยวิธีการเปลี่ยนรูปแบบของแมกกาซีนสำหรับใส่สตริปงานจากแมกกาซีนแบบซ้อนเป็นแบบร่องนั้น จะสามารถช่วยแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม จากทั้ง 2 สาเหตุหลักได้โดยสิ้นเชิง ซึ่งถ้าพิจารณาจากพาเรโตของสาเหตุของปัญหาที่ทีมได้ร่วมกันระดมสมองและประเมินไว้ในบทที่ 4 นั้น วิธีการแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนรูปแบบของแมกกาซีนสำหรับใส่สตริปงานจากแมกกาซีนแบบซ้อนเป็นแบบร่อง น่าจะสามารถลดสาเหตุของปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF ได้ถึง 80.70%

เมื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้และงบประมาณในการเปลี่ยนแมกกาซีนจากแบบซ้อนเป็นแบบร่องนั้น ทางทีมได้ทำการระดมสมองและพิจารณาแยกเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องโดยใช้หลัก 4M 1E ซึ่งสรุปในแต่ละประเด็นได้ดังนี้

- Man : จำนวนคนที่ใช้ปฏิบัติงานสามารถใช้เท่าเดิมได้ ไม่จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนพนักงาน

- Machine : เมื่อพิจารณาในแต่ละกระบวนการพบว่า มีเพียงกระบวนการ Laser marking เท่านั้นที่ต้องทำการปรับแก้เครื่องจักรบริเวณ Input และ Output ของเครื่อง เพราะในปัจจุบันใช้แมกกาซีนแบบซ้อนในการนำสตริปงานเข้าและออกจากเครื่อง ซึ่งไม่สามารถใช้ร่วมกับแมกกาซีนแบบร่องได้ทันที จึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้ และเมื่อทีมได้ปรึกษาปัญหานี้กับวิศวกรที่รับผิดชอบเครื่อง Laser marking พบว่าทีมช่างของโรงงานตัวอย่างสามารถดำเนินการได้เอง ดังนั้นจึงไม่ต้องจ้างผู้ผลิตเครื่องเข้ามาปรับแก้แต่อย่างใด ทำให้สามารถลดต้นทุนในส่วนนี้ได้ สำหรับกระบวนการอื่นนั้นไม่จำเป็นต้องปรับแก้เครื่องจักร เพราะกระบวนการ Detape และ Package cure เป็นกระบวนการที่ใช้คนในการปฏิบัติงานเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะในส่วนของ Input และ Output และสำหรับกระบวนการ Singulation, FVI และ QC FVI นั้นเป็นกระบวนการที่ไม่ต้องใช้แมกกาซีนกับเครื่องจักรแล้ว เนื่องจากสตริปงานจะถูกติดลงบนเทปที่ขั้นตอนการ Mounting ก่อนการ Singulation ดังนั้น จึงมีเพียงเครื่องจักรที่กระบวนการ Laser marking เท่านั้น ที่ต้องทำการปรับแก้

- Material : พิจารณาในเรื่องของแมกกาซีนแบบร่อง ซึ่งเป็นแมกกาซีนที่มีการใช้อยู่แล้วที่กระบวนการผลิตส่วนหน้า ซึ่งสามารถนำมาใส่สตริปงานที่กระบวนการผลิตส่วนหลังได้โดยไม่มีข้อจำกัดใดๆ ในเรื่องการใช้งาน ดังนั้นทางทีมจึงพิจารณาเห็นว่าไม่มีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงรูปแบบของแมกกาซีน และเมื่อพิจารณาจำนวนของสตริปงานที่สามารถใส่ในแมกกาซีนแบบร่องได้นั้นพบว่า จำนวนสตริปงานที่สามารถใส่ในแมกกาซีนแบบร่องได้นั้น มีจำนวนจำกัดอยู่ที่ 20 สตริปงาน แต่จำนวนสตริปงานที่สามารถใส่ในแมกกาซีนแบบซ้อนได้นั้นเป็นจำนวนสูงถึง 40 สตริปงาน (พิจารณาจากระยะสูงที่สุดที่ยังสามารถใส่ตุ้มน้ำหนักเพิ่มเติมที่กระบวนการ Package cure ได้) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในเรื่องของการวางแผนการผลิตโดยได้ปรึกษาพูดคุยกับหัวหน้าฝ่ายวางแผนการผลิตของโรงงานตัวอย่างพบว่า จำนวนชิ้นงานต่อล็อตที่ได้กำหนดไว้ให้ทำการผลิตสำหรับโรงงานตัวอย่างนั้น โดยปกติแล้วจะไม่เกิน 20,000 ชิ้นงานต่อล็อต และเมื่อพิจารณาเทียบจำนวนชิ้นงานต่อสตริปสำหรับแพคเกจขนาดใหญ่พบว่า จำนวนชิ้นงานต่อสตริปที่น้อยที่สุดนั้น คือ 1,120 ชิ้นงานต่อสตริป ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วพบว่าแมกกาซีนแบบร่อง 1 อันซึ่งสามารถใส่ได้ทั้งหมด 20 สตริปงานนั้น สามารถใช้ได้เพียงพอสำหรับล็อตงาน 1 ล็อต ดังนั้นจำนวนแมกกาซีนที่ต้องใช้จึงไม่ต้องเพิ่มจำนวนขึ้นจากจำนวนแมกกาซีนแบบซ้อนที่มีอยู่ แต่ต้องทำการสั่งซื้อแมกกาซีนแบบร่องใหม่เท่ากับจำนวนของแมกกาซีนแบบซ้อนที่เดิมมีอยู่เพื่อมาแทนที่เท่านั้น ซึ่งในปัจจุบันมีแมกกาซีนแบบซ้อนอยู่ทั้งหมด 1,800 อัน

  สำหรับราคาของแมกกาซีนแบบซ้อนนั้นอยู่ที่ประมาณ 1,600 บาทต่ออัน และราคาของแมกกาซีนแบบร่องนั้นอยู่ที่ประมาณ 800 บาทต่ออัน ซึ่งสาเหตุที่แมกกาซีนแบบร่องมีราคาถูกกว่า เนื่องมาจากวัสดุทำมาจากอลูมิเนียมและใช้การฉีดเข้าแม่พิมพ์ จึงสามารถทำได้ครั้งละมากๆ ในขณะที่แมกกาซีนแบบซ้อนนั้น วัสดุทำด้วย stainless และใช้การขึ้นรูป จึงมีราคาสูงกว่า ดังนั้นการใช้แมกกาซีนแบบร่องนั้นจึงมีต้นทุนที่ถูกกว่าในระยะยาว

- Method : วิธีการในการปฏิบัติงานมีการเปลี่ยนแปลงไป เพราะจะต้องใช้วิธีการเสียบสตริปงานทีละสตริปเข้าตามร่องของแมกกาซีน แทนการวางสตริปงานทีละสตริปลงในแมกกาซีนแบบซ้อน ซึ่งเมื่อได้ปรึกษาการเปลี่ยนรูปแบบนี้กับวิศวกรอุตสาหการของโรงงาน และทำการจับเวลาในการปฏิบัติงานใหม่พบว่า เวลารวมที่ใช้ต่อล็อตงานต่อ

กระบวนการผลิตไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแต่อย่างใด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงนี้จึงไม่มีผลกระทบกับเวลาในการผลิตโดยรวม

- Environment : ทางทีมได้พิจารณาถึงองค์ประกอบอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแยกพิจารณาได้เป็น 2 ส่วน คือ

    1) พื้นที่ที่ใช้ในการวางแมกกาซีนขณะรอขนย้าย เมื่อพิจารณาขนาดของแมกกาซีนแบบซ้อนและแบบร่อง พบว่าขนาดแมกกาซีนในแนวราบ (กว้างxยาว) ของแมกกาซีนทั้ง 2 แบบนั้น ไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากแมกกาซีนทั้ง 2 แบบนั้นถูกออกแบบมาโดยพิจารณาตามขนาดของสตริปงานเป็นหลัก ดังนั้นพื้นที่ในแนวราบที่ต้องใช้ในการวางแมกกาซีนแบบซ้อนนั้น จึงไม่จำเป็นต้องมีการขยายเพิ่มเติมขึ้น แต่ในส่วนของความสูงของแมกกาซีนนั้นพบว่า แมกกาซีนแบบร่องนั้นมีความสูงน้อยกว่าแมกกาซีนแบบซ้อนประมาณ 8 เซนติเมตร ทั้งนี้การที่แมกกาซีนแบบซ้อนมีความสูงมากกว่าเพื่อประโยชน์ในการใส่ตุ้มน้ำหนักเพื่อทับสตริปงานที่กระบวนการ Package cure ซึ่งเมื่อพิจารณาในส่วนของพื้นที่ด้านสูงทำให้ไม่ต้องมีการเพิ่มพื้นที่สำหรับวางแมกกาซีนแบบร่องแต่อย่างใด ทั้งยังช่วยประหยัดพื้นที่ได้อีกด้วย โดยอาจพิจารณาปรับระยะความสูงของพื้นที่วางแมกกาซีนใหม่ได้ต่อไป

    2) รถเข็นแมกกาซีนสำหรับขนย้ายงาน จากการพิจารณาขนาดของแมกกาซีนทั้งด้านกว้างxยาวxสูง ดังที่ได้พิจารณาไว้ในส่วนของพื้นที่ที่ใช้วางแมกกาซีนขณะรอขนย้ายนั้น พบว่าไม่จำเป็นต้องมีการเพิ่มเติมจำนวนรถเข็นงานหรือขยายขนาดของรถเข็นงานแต่อย่างใด โดยอาจพิจารณาปรับลดระยะความสูงของชั้นของรถเข็นแมกกาซีนใหม่ได้ต่อไป

จากการระดมสมองเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้และงบประมาณที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนแมกกาซีนเป็นแบบร่องนั้น สามารถนำมาสรุปเป็นตารางเพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบต้นทุนที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนจากแมกกาซีนแบบซ้อนมาเป็นแมกกาซีนแบบร่อง โดยแยกพิจารณาตามหลัก 4M 1E

| ประเด็นที่พิจารณา | ข้อพิจารณา | แมกกาซีนแบบซ้อน | แมกกาซีนแบบร่อง | สิ่งที่ต้องแก้ไข/เพิ่มเติม | ต้นทุนที่ต้องใช้ |
|---|---|---|---|---|---|
| Man | จำนวนพนักงาน | 200 คน | 200 คน | ไม่มี | 0 บาท |
| Machine | ปรับเครื่องจักรที่กระบวนการต่างๆ | | | | |
| | - Detape | ไม่ใช้ | ไม่ใช้ | ไม่มี | 0 บาท |
| | - Package cure | ไม่ใช้ | ไม่ใช้ | ไม่มี | 0 บาท |
| | - Laser marking | ใช้ | ต้องปรับแก้ | ต้องปรับแก้ที่ Input และ Output ของเครื่อง | ประมาณ 50,000 บาท |
| | - Singulation | ไม่ใช้ | ไม่ใช้ | ไม่มี | 0 บาท |
| | - FVI | ไม่ใช้ | ไม่ใช้ | ไม่มี | 0 บาท |
| | - QC FVI | ไม่ใช้ | ไม่ใช้ | ไม่มี | 0 บาท |
| Material | จำนวนแมกกาซีน | 1,800 อัน | ต้องซื้อเพิ่ม 1,800 อัน | ซื้อแมกกาซีนแบบร่องเพิ่ม 1,800 อัน | ประมาณ 1,440,000 บาท |
| | ราคาแมกกาซีน | 1,600 บาทต่ออัน | 800 บาทต่ออัน | (ราคาถูกลง 1 เท่า) | (ต้นทุนถูกกว่าในระยะยาว) |
| Method | วิธีการปฏิบัติงาน | มีอยู่แล้ว | ต้องจัดทำขึ้นใหม่ | ต้องจัดทำวิธีการปฏิบัติงานกับแมกกาซีนแบบร่องขึ้นใหม่ | 0 บาท |
| | เวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตส่วนหลัง | 1.5 วัน | 1.5 วัน | ไม่มี | 0 บาท |
| | การอบรมพนักงาน | ไม่ใช้ | ต้องอบรมพนักงานในการปฏิบัติงานกับแมกกาซีนแบบร่อง | สามารถอบรมในเวลางานได้ ไม่ใช้ OT | 0 บาท |
| Environment | พื้นที่ที่ใช้ในการวางแมกกาซีนขณะรอขนย้าย | ไม่เปลี่ยนแปลง | (พื้นที่ในแนวสูงสามารถลดลงได้ 8 เซนติเมตร) | (อาจทำการพิจารณาปรับพื้นที่แนวสูงให้ลดลงได้) | (สามารถประหยัดพื้นที่ในแนวสูงได้ในระยะยาว) |
| | รถเข็นแมกกาซีนสำหรับขนย้ายงาน | ไม่เปลี่ยนแปลง | (พื้นที่ในแนวสูงสามารถลดลงได้ 8 เซนติเมตร) | (อาจทำการพิจารณาปรับพื้นที่แนวสูงให้ลดลงได้) | (สามารถประหยัดพื้นที่ในแนวสูงได้ในระยะยาว) |
| | | | **รวมต้นทุนที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น** | | **ประมาณ 1,490,000 บาท** |

จากตารางการเปรียบเทียบต้นทุนข้างต้น พบว่ามีต้นทุนที่ต้องใช้เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแมกกาซีนแบบซ้อนเป็นแบบร่องประมาณ 1,490,000 บาท ซึ่งทางทีมจะนำไปเสนอเพื่อให้ผู้บริหารของโรงงานตัวอย่างพิจารณาถึงความเป็นไปได้ต่อไปหลังจากทีมทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้แมกกาซีนแบบร่องเรียบร้อยแล้ว

## 5.3 การวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหา

ก่อนดำเนินการแก้ปัญหาด้วยวิธีการเปลี่ยนรูปแบบของแมกกาซีนสำหรับใส่สตริปงานจากแมกกาซีนแบบซ้อนเป็นแบบร่องนั้น ทางทีมได้ทำการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการต่างๆ และจากการพิจารณาการเปลี่ยนแมกกาซีนแบบซ้อนเป็นแบบร่องโดยใช้หลัก 4M 1E นั้นทำให้พบว่า ที่กระบวนการ Package cure ซึ่งเป็นกระบวนการในการอบสตริปงานเพื่อให้พลาสติกสีดำที่ห่อหุ้มไดและลวดทองไว้นั้นคงตัว ซึ่งโดยวิธีการปกติแล้ว สตริปงานที่ถูกใส่อยู่ในแมกกาซีนแบบซ้อนนั้น จะต้องถูกทับด้านบนด้วยตุ้มน้ำหนักเพื่อลดการโก่งตัวของสตริปงาน เนื่องมาจากการขยายตัวที่ไม่เท่ากันของพลาสติกและลีดเฟรมโลหะระหว่างการอบงานที่อุณหภูมิสูง ดังแสดงในภาพที่ 5.2

ภาพที่ 5.2 สตริปงานที่ถูกใส่อยู่ในแมกกาซีนแบบซ้อน และถูกทับด้วยตุ้มน้ำหนักก่อนนำเข้าอบที่กระบวนการ Package cure

ดังนั้น การใช้แมกกาซีนแบบร่องอาจทำให้พบปัญหาในเรื่องของการโก่งตัวของสตริปงานได้ เพราะสตริปงานที่อยู่ในแมกกาซีนแบบร่องนั้น จะมีเพียงขอบสตริปที่ถูกวางอยู่ตามแนวร่องโดยบริเวณกลางสตริปจะลอยอยู่ ไม่สัมผัสและไม่ถูกกดทับจากน้ำหนักใดๆ จึงทำให้มีโอกาสเกิดปัญหาสตริปโก่งได้เป็นอย่างมาก ดังภาพที่ 5.3 ซึ่งทางทีมเห็นว่าปัญหาการโก่งตัวของสตริปจากการใช้แมกกาซีนแบบร่องนี้ควรถูกนำมาพิจารณาเพื่อหาทางแก้ไขต่อไป

ภาพที่ 5.3 ลักษณะการวางสตริปในแมกกาซีนแบบร่อง เมื่อมองจากด้านข้างของแมกกาซีน

## 5.4 ระยะการหาแนวทางแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค

จากขั้นตอนในการทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนั้น พบว่า เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น(TRIZ) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยในการแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค โดยพิจารณาจากคุณสมบัติความขัดแย้ง 39 อย่าง เพื่อมาช่วยในการพิจารณาปัญหา และจึงนำคู่ความขัดแย้งนั้นมาหาทางแก้ปัญหาความขัดแย้งจากหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (ณัฏฐ์ นิรินธน์ พันธุมจินดา, 2551) ซึ่งทางทีมเห็นว่าปัญหาที่พบในการแก้ปัญหารอยขีดข่วนด้วยวิธีการใช้แมกกาซีนแบบร่องนี้ ถือเป็นความขัดแย้งในเชิงเทคนิคอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถนำ TRIZ มาใช้ในการแก้ปัญหาได้

ทางทีมจึงทำการวิเคราะห์ถึงลักษณะความขัดแย้งของปัญหานี้ โดยมองว่าข้อบกพร่องเรื่องรอยขีดข่วน เป็นปัญหาที่ทางทีมต้องการจะทำการปรับปรุง ซึ่งสาเหตุของปัญหารอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นนั้น เกิดมาจากการเสียดสีกันระหว่างสตริปงาน หรือเกิดการเสียดสีกันระหว่างสตริปงานกับแผ่นคั่นสตริปในระหว่างการเคลื่อนย้าย ซึ่งเกี่ยวข้องกับความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ และสำหรับลักษณะที่ด้อยลง ที่พบจากการใช้แมกกาซีนแบบร่องนั้นคือปัญหาจากการโก่งตัวของสตริปงาน ซึ่งเกิดจากการที่รูปร่างของสตริปงานเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นเมื่อนำมาพิจารณาโดยใช้ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของคุณสมบัติ 39 อย่าง จะสามารถแสดงคู่ของความขัดแย้งได้ดังนี้

- ลักษณะที่ต้องการปรับปรุง คือ รอยขีดข่วน ซึ่งตรงกับคุณสมบัติลำดับที่ 15 ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่
- ลักษณะที่ด้อยลง คือ การโก่งตัวของสตริป ซึ่งตรงกับคุณสมบัติลำดับที่ 12 รูปร่าง

เมื่อนำคุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุงและคุณสมบัติที่ด้อยลงของคู่ปัญหานี้ไปพิจารณาโดยเปิดจากตารางหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น พบว่ามีทั้งหมด 4 หลักการที่ควรนำมาพิจารณาเพื่อแก้ปัญหานี้ ดังแสดงไว้ตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 หลักการที่ควรนำมาพิจารณาเพื่อแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF จากตารางความขัดแย้งจากหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น

| ลำดับที่ | หลักการ (principle) |
|---|---|
| 14 | ทรงกลม (spheroidality) |
| 26 | เลียนแบบ (copy) |
| 28 | แทนระบบเชิงกล (replacement of mechanical system) |
| 25 | บริการตัวเอง (self service) |

จากหลักการทั้ง 4 ข้อ ที่ได้มานั้น เมื่อทำการพิจารณาถึง สาระสำคัญ หลักการย่อย และตัวอย่างของหลักการ จากหนังสือการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดย TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) โดยไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์ และคณะ (2550) ซึ่งในที่นี้จะขออ้างถึงโดยแสดงไว้ในภาคผนวก จ

## 5.5 การพิจารณาเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิค

เมื่อทีมได้พิจารณาถึงหลักการย่อย สาระสำคัญ และตัวอย่างของหลักการทั้ง 4 ข้อแล้ว ทางทีมจึงได้ร่วมกันระดมสมองโดยใช้ความรู้และประสบการณ์จากสมาชิกในทีมเพื่อเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งดังกล่าว ได้ดังนี้

- ลำดับที่ 14 ทรงกลม (spheroidality)

จากหลักการย่อยและสาระสำคัญที่มีการกล่าวถึงการเปลี่ยนส่วนที่เป็นเส้นตรงให้เป็นเส้นโค้งนั้น ทางทีมได้พิจารณาลักษณะของสตริปงานและเห็นว่ามีลักษณะเป็นแผ่นเรียบและหากมองด้านข้างจะเห็นว่ามีลักษณะเป็นแนวเส้นตรง ซึ่งการที่สตริปเป็นแนวเส้นตรงนี้เองที่ทำให้ผิวหน้าสัมผัสของสตริปงานจะสามารถเสียดสีกับพื้นผิวของวัตถุอื่นได้เต็มที่ทั้งแผ่น ดังนั้นหากจะทำการปรับเปลี่ยนแนวเส้นตรงให้เป็นแนวเส้นโค้งนั้น อาจทำให้ลดพื้นผิวสัมผัสลงไปได้ ทางทีมจึงมองว่า

อาจเปลี่ยนแปลงลักษณะของสตริปงานให้เป็นลักษณะคล้ายลูกคลื่นเมื่อมองจากด้านข้าง เพื่อทำให้สตริปงานไม่เป็นแนวเส้นตรง ดังนั้นจึงได้มาซึ่งวิธีการ A

A) ทีมพิจารณาที่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสตริปงาน ให้มีลักษณะเป็นพื้นผิวแบบลูกคลื่นเพื่อลดพื้นที่การสัมผัสกันระหว่างสตริปงาน เพื่อให้ใส่สตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อนได้

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาเพิ่มเติมถึงหลักการย่อย และสาระสำคัญจะพบว่าวิธีการแก้ไขนั้นอาจทำได้โดยการเปลี่ยนผิวแบนให้เป็นทรงกลมได้ด้วย ซึ่งหากจะพิจารณาให้เปลี่ยนสตริปงานให้เป็นทรงกลมนั้น อาจจะเป็นไปได้ยากมาก แต่เมื่อทางทีมเห็นตัวอย่างของหลักการทรงกลมจากการนำแป้งข้าวเจ้าขนาดเล็กมาเกาะกลุ่มกันจนเป็นทรงกลมขนาดใหญ่ในกระบวนการผลิตเม็ดยานั้น จึงเห็นว่าทรงกลมที่ทำขึ้นนั้นอาจไม่จำเป็นต้องเป็นทรงกลมขนาดใหญ่ก็ได้ แต่อาจเป็นทรงกลมขนาดเล็กหลายๆ อัน ซึ่งถ้าหากทำเป็นทรงกลมขนาดเล็ก และติดอยู่ด้านล่างของสตริปงานก็อาจทำให้สามารถลดการสัมผัสเสียดสีกันของสตริปงานได้ โดยให้มีลักษณะของปุ่มทรงกลมเล็กๆ อยู่ในตำแหน่งพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้งาน เช่น บริเวณขอบสตริปและบริเวณตำแหน่งเชื่อมพาเนล เป็นต้น ซึ่งแนวคิดดังกล่าวจึงได้มาซึ่งวิธีการ B

B) ทีมพิจารณาที่จะเปลี่ยนแปลงการออกแบบพื้นที่ในบริเวณที่ไม่ใช้งานของสตริปใหม่ให้มีลักษณะเป็นปุ่มนูนขึ้นมา เพื่อให้ขณะที่สตริปงานซ้อนกันในแมกกาซีนแบบซ้อนนั้น จะไม่ทำให้ผิวของโลหะและพื้นที่อื่นที่ใช้งานมีการสัมผัสกัน

- ลำดับที่ 26 เลียนแบบ (copy)

จากสาระสำคัญของหลักการเลียนแบบ ซึ่งเป็นลักษณะของการเลียนแบบ ทำซ้ำ หรือจำลองระบบ หรือ รูปแบบการทำงานเพื่อลดต้นทุนนั้น ทำให้ทางทีมมองรูปแบบการทำงานของแมกกาซีนแบบร่อง ว่าเป็นลักษณะของการแยกสตริปงานออกจากกัน เพื่อทำให้สตริปงานไม่เสียดสีกัน ดังนั้นจึงพิจารณาในเรื่องของการแยกสตริปงานไม่ให้เสียดสีกันเป็นสำคัญ และเมื่อมองถึงหลักการย่อยของการเลียนแบบที่แนะนำให้ใช้วัตถุที่หาง่ายและราคาไม่แพงนั้น ทางทีมจึงมองเห็นว่า เทปที่ติดอยู่บนลีดเฟรมมาตั้งแต่ผู้ผลิตลีดเฟรมนั้น มีคุณสมบัติคล้ายการแยกสตริปงานออกจากกัน เพราะพื้นผิวในส่วนที่ใช้งานจะไม่สามารถสัมผัสเสียดสีกันได้ ถ้าหากมีเทปนี้ติดค้นอยู่

นอกจากนั้นยังถือเป็นวัตถุที่หาง่ายและราคาไม่แพง เพราะมีติดมากับลีดเฟรมอยู่แล้วด้วย ดังนั้นจึงได้มาซึ่งวิธีการ C

C) ทีมพิจารณาเรื่องการติดเทปบนลีดเฟรมต่อเนื่องไปจนจบกระบวนการ Laser marking โดยยังไม่ต้องมีการ Detape เพื่อเป็นการเลียนแบบคุณสมบัติของการแยกสตริปงานออกจากกัน แต่สามารถใช้กับแมกกาซีนแบบซ้อนได้

จากที่ทางทีมพิจารณาในเรื่องของการแยกสตริปงานไม่ให้เสียดสีกันเป็นสำคัญ เพื่อเลียนแบบคุณสมบัติของการเลือกใช้แมกกาซีนแบบร่องดังที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ทางทีมได้มองถึงการใช้วัสดุอื่นที่สามารถใช้กั้นเพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสีกันมาคั่นระหว่างสตริปด้วย เพราะยังไม่แน่ใจในคุณสมบัติของเทปติดลีดเฟรมมากนัก ดังนั้นจึงได้มาซึ่งวิธีการ D

D) ทีมพิจารณาที่การเลียนแบบคุณสมบัติของการเลือกใช้แมกกาซีนแบบร่อง ซึ่งจุดประสงค์ คือการแยกสตริปงานออกจากกัน ดังนั้น จึงพิจารณาที่การใช้แผ่นคั่นระหว่างสตริปงาน เพื่อเลียนแบบการใช้แมกกาซีนแบบร่อง ซึ่งสามารถตอบวัตถุประสงค์ของการแยกสตริปงานออกจากกันได้เหมือนกันแต่สามารถใช้กับแมกกาซีนแบบซ้อนได้

- ลำดับที่ 28 แทนระบบเชิงกล (replacement of mechanical system)

จากหลักการย่อยของหลักการแทนระบบเชิงกล ที่มีการกล่าวถึงการใช้อนุภาพแม่เหล็กมาเป็นวิธีการแก้ปัญหานั้น ทำให้ทางทีมพิจารณาถึงคุณสมบัติของเหล็ก ที่มีแรงดูดกับสารเคลือบแม่เหล็ก ดังนั้นหากใช้เหล็กเคลือบที่ขอบของสตริปงานโดยรอบ และใช้สารแม่เหล็กเคลือบที่ขอบของแมกกาซีนแบบร่อง จะทำให้เกิดแรงดูดที่ขอบของสตริปงานจากสารแม่เหล็กทั้งด้านบนและด้านล่างของสตริป ซึ่งแรงดังกล่าวจะสามารถดันให้สตริปลอยตัวอยู่ในอากาศได้โดยไม่มีการสัมผัสเสียดสีกัน นอกจากนั้นแรงดูดดังกล่าวหากมีมากพอ อาจสามารถต้านการโก่งตัวของสตริปงานระหว่างการอบงานที่กระบวนการ Package cure ได้อีกด้วย จากแนวคิดดังกล่าว จึงได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหา E

E) ทีมพิจารณาที่การใช้เหล็กเคลือบบริเวณขอบสตริปงานโดยรอบ และใช้สารเคลือบแม่เหล็กเคลือบที่ขอบของแมกกาซีนแบบร่องทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งจะทำให้

สตริปลอยอยู่ได้ระหว่างการเคลื่อนย้ายงาน รวมถึงแรงดังกล่าวจะต้านการโก่งตัวของสตริปงานระหว่างการอบที่ Package cure

จากการพิจารณาสาระสำคัญของหลักการแทนระบบเชิงกลข้างต้น ที่มีการกล่าวถึงการใช้รูปแบบการกระทำอื่นๆ มาแทนระบบเชิงกลนั้น ทางทีมได้มองในเรื่องของการใช้ความร้อนมาเป็นวิธีการแก้ปัญหาด้วย ซึ่งความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมและเป็นปัญหาอยู่นั้น ก็คือการอบพลาสติกที่อุณหภูมิสูงที่กระบวนการ Package cure ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาสตริปงานโก่งตัวในแมกกาซีนแบบร่อง เนื่องจากการขยาย/หดตัวที่ไม่พร้อมกันของวัสดุ ดังนั้น ทางทีมจึงมองว่าการปรับความร้อน ในช่วงเวลาที่เหมาะสม เช่น การลดความร้อนลงอย่างช้าๆ ในช่วงก่อนออกจากตู้อบ อาจสามารถช่วยแก้ปัญหาสตริปโก่งในแมกกาซีนแบบร่องได้ ดังนั้นจึงได้มาซึ่งวิธีการ F

F) ทีมพิจารณาที่การปรับพารามิเตอร์ที่กระบวนการ Package cure เพื่อลดการโก่งตัวของสตริปงานภายในแมกกาซีนแบบร่องระหว่างการอบที่ Package cure

- ลำดับที่ 25 บริการตัวเอง (self service)

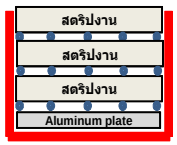
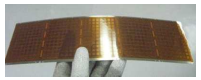
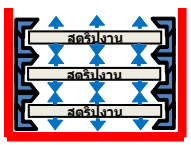
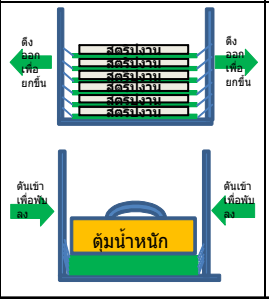
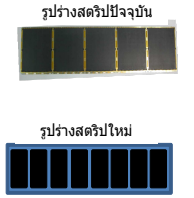
จากหลักการย่อยที่มีการกล่าวถึงว่า วัตถุสามารถให้บริการ ทำหน้าที่เสริมหรือซ่อมแซมตัวเองได้นั้น ทางทีมมองในเรื่องรูปแบบของแมกกาซีนว่า แมกกาซีนที่ใช้อยู่นั้นจะสามารถทำหน้าที่ได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น คือ จะสามารถแยกสตริปงานออกจากกันได้ถ้าใช้แมกกาซีนแบบร่อง และจะสามารถลดการโก่งตัวของสตริปงานได้หากใช้แมกกาซีนแบบซ้อนร่วมกับตุ้มน้ำหนัก ดังนั้น หากสามารถทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบของแมกกาซีนให้มีคุณสมบัติทั้งสองอย่างในแมกกาซีนเดียวกันได้ ก็น่าจะสอดคล้องกับหลักการดังกล่าว ซึ่งสามารถเสริมคุณสมบัติที่เหมาะสมให้ตรงกับความต้องการใช้งานขณะนั้นได้ ดังนั้น ทางทีมได้มองการปรับเปลี่ยนแมกกาซีนเป็นรูปแบบใหม่ที่สามารถใช้ได้ในทุกความต้องการใช้งาน โดยให้มีลักษณะของคันชัก ซึ่งหากต้องการให้สตริปงานแยกและยกลอยขึ้นจากกันระหว่างการขนย้ายงานก็ดึงคันชักออก แต่หากต้องการให้ใส่ตุ้มน้ำหนักทับที่กระบวนการ Package cure ได้ก็ดันคันชักเข้า เพื่อให้สตริปงานซ้อนทับกัน โดยมีส่วนสำหรับรองสตริปงานคั่นอยู่เพื่อไม่ให้สัมผัสเสียดสีกัน จากแนวคิดดังกล่าวจึงได้มาซึ่งวิธีการ G

G) ทีมพิจารณาที่การออกแบบแมกกาซีนใหม่ ให้มีลักษณะของฐานรองในแต่ละสตริป และมีกลไกที่สามารถสลับระหว่างแบบร่องและแบบซ้อนได้ เมื่อจะใช้งานที่ Package cure สามารถปรับเป็นแบบซ้อนและใช้ตุ้มน้ำหนักทับที่ด้านบนได้ แต่ที่ขั้นตอนการขนย้ายงานระหว่างกระบวนการจะสามารถยกสตริปขึ้น ไม่ให้สตริปเสียดสีกันได้

จากหลักการย่อยดังที่กล่าวไว้ในวิธีการ G นั้น หากพิจารณาถึงลักษณะของสตริปงานในปัจจุบัน ซึ่งเกิดการโก่งตัวได้ง่ายเมื่อถูกอบด้วยความร้อนสูง เพราะอาจจะมีสาเหตุมาจากพื้นที่ว่างในสตริปงานที่ค่อนข้างน้อย ทำให้เกิดแรงเครียดสะสมขึ้นมากในระหว่างที่วัสดุขยาย/หดตัว ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการโก่งตัวของสตริปงานได้ ดังนั้นหากมีการออกแบบสตริปงานใหม่ โดยทำให้มีช่องว่างในสตริปเพิ่มมากขึ้นนั้น ก็เท่ากับว่าสตริปงานสามารถซ่อมแซมตัวเองไม่ให้เกิดปัญหาสตริปงานโก่งได้ ไม่ว่าจะอยู่ในแมกกาซีนแบบซ้อนหรือแบบร่อง ซึ่งแนวคิดนี้จึงนำมาซึ่งวิธีการ H

H) ทีมพิจารณาที่การออกแบบรูปร่างของสตริปงานใหม่ เพื่อลดการโก่งตัวของสตริป เช่น การเพิ่มช่องว่างในสตริปเพื่อลดแรงเครียด (stress) จากการขยายตัวของวัสดุ 2 ชนิดที่ไม่พร้อมกัน ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถใส่สตริปงานแบบใหม่ลงในแมกกาซีนแบบร่องได้ในทุกกระบวนการผลิต รวมทั้งกระบวนการ Package cure

จากแนวคิดการออกแบบดังที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นนั้น จึงนำมาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด 8 วิธี ซึ่งได้แสดงวิธีการแก้ปัญหาพร้อมคำอธิบาย และรูปร่างลักษณะการแก้ปัญหา ไว้ดังภาพที่ 5.4

| หลักการ | ลำดับที่ 14 ทรงกลม (spheroidality) | | ลำดับที่ 26 เลียนแบบ (copy) | | ลำดับที่ 28 แทนระบบเชิงกล (replacement of mechanical system) | | ลำดับที่ 25 บริการตัวเอง (self service) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| รหัส | A | B | C | D | E | F | G | H |
| คำอธิบาย | เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสตริปงาน ให้มีลักษณะเป็นพื้นผิวแบบลูกคลื่นเพื่อลดพื้นที่การสัมผัสกันระหว่างสตริปงาน เพื่อให้ใส่สตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อน | ออกแบบพื้นที่ในบริเวณที่ไม่ใช้งานของสตริปใหม่ให้มีลักษณะเป็นปุ่มนูนขึ้นมา เพื่อให้ขณะที่สตริปงานซ้อนกันในแมกกาซีนแบบซ้อนนั้นจะไม่ทำให้ผิวของโลหะและพื้นที่อื่นที่ต้องใช้งานสัมผัสกัน | ติดเทปบนลีดเฟรมต่อเนื่องไปจนจบกระบวนการ Laser marking โดยยังไม่ต้องมีการ Detape | การใช้แผ่นคั่นระหว่างสตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อน | ใช้เหล็กเคลือบบริเวณขอบสตริปงานโดยรอบ และใช้สารเคลือบแม่เหล็กเคลือบที่ขอบของแมกกาซีนแบบร่องทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งจะทำให้สตริปลอยอยู่ได้ระหว่างการเคลื่อนย้ายงาน รวมถึงแรงดังกล่าวจะต้านการโก่งตัวของสตริปงานระหว่างการอบที่ Package cure | การปรับพารามิเตอร์ที่กระบวนการ Package cure เพื่อลดการโก่งตัวของสตริปงานภายในแมกกาซีนแบบร่องระหว่างการอบที่ Package cure | ออกแบบแมกกาซีนใหม่ ให้มีลักษณะของฐานรองแต่ละสตริป และมีกลไกที่สามารถสลับระหว่างแบบร่องและแบบซ้อนได้ เมื่อจะใช้งานที่ Package cure สามารถปรับเป็นแบบซ้อนและใช้ตุ้มน้ำหนักทับที่ด้านบนได้ แต่ที่ขั้นตอนการขนย้ายงานระหว่างกระบวนการจะสามารถยกสตริปขึ้น ไม่ให้สตริปเสียดสีกันได้ | ออกแบบรูปร่างของสตริปงานใหม่ เพื่อลดการโก่งตัวของสตริป เช่น การเพิ่มช่องว่างในสตริป เพื่อลดแรงเครียด (stress) จากการขยายตัวของวัสดุ 2 ชนิดที่ไม่พร้อมกัน ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถใส่สตริปงานแบบใหม่ลงในแมกกาซีนแบบร่องได้ในทุกกระบวนการผลิต รวมทั้งกระบวนการ Package cure |
| รูปร่าง/ลักษณะ | |  |  | |  | |  |  |

ภาพที่ 5.4 วิธีการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งโดยอ้างอิงจาก 4 หลักการที่ได้จากการเปิดตารางความขัดแย้งจากหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น

จากวิธีการแก้ไขปัญหาซึ่งเป็นไปได้หลายวิธีนั้น ทางทีมจึงได้คำนึงถึงหลักเกณฑ์ที่จะนำใช้ในการพิจารณาเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม จึงได้นำเทคนิคกลุ่มในนาม (Nominal Group Technique-NGT) มาใช้ในการพิจารณาเลือกเกณฑ์ โดยให้สมาชิกทุกคนทำการเขียนเกณฑ์ที่คิดได้ทั้งหมดออกมาก่อน หลังจากนั้นทางวิศวกรฝ่ายผลิตที่เป็นผู้นำประชุมจึงทำการเขียนเกณฑ์ที่ได้ของแต่ละคนลงบนกระดาน หลังจากนั้นทางทีมจึงร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อเกณฑ์ทั้งหมด ซึ่งทางทีมเห็นว่าในแต่ละเกณฑ์มีความซ้ำซ้อนกันอยู่ ดังนั้นจึงได้สรุปเกณฑ์ต่างๆ ทั้งหมด ออกมาได้เป็น 4 เกณฑ์ และจึงให้สมาชิกทุกคนทำการให้คะแนนเพื่อหาเกณฑ์ที่มีความสำคัญมากที่สุดของกลุ่ม ซึ่งเกณฑ์ที่ได้จากการประชุมกลุ่มประกอบไปด้วย 4 เกณฑ์ คือ ความเป็นไปได้ เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ ต้นทุน และคุณภาพ ซึ่งการให้คะแนนจะทำโดยให้ตามลำดับความสำคัญ ดังนี้

4 หมายถึง เป็นเกณฑ์ที่มีความสำคัญมากที่สุด เป็นอันดับที่ 1

3 หมายถึง เป็นเกณฑ์ที่มีความสำคัญมากเป็นอันดับที่ 2

2 หมายถึง เป็นเกณฑ์ที่มีความสำคัญเป็นอันดับที่ 3

1 หมายถึง เป็นเกณฑ์ที่มีความสำคัญเป็นอันดับที่ 4

ผลจากการประชุมกลุ่มเพื่อคัดเลือกเกณฑ์ที่เหมาะสม และผลคะแนนรวมของทุกคนในทีมแสดงได้ดังตารางที่ 5.3 (แบบประเมินคะแนนเพื่อหาเกณฑ์ที่เหมาะสม แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ)

ตารางที่ 5.3 ผลการประเมินเพื่อเลือกหลักเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการเลือกวิธีแก้ไขปัญหา

| หลักเกณฑ์ที่ได้ | เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ | ความเป็นไปได้ | คุณภาพ | ต้นทุน |
|---|---|---|---|---|
| 1) วิศวกรฝ่ายผลิต | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2) วิศวกรฝ่ายออกแบบ | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 3) ผู้จัดการฝ่ายผลิต | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 4) ช่างเทคนิค | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5) วิศวกรคุณภาพ | 4 | 3 | 2 | 1 |
| ผลรวม | 19 | 16 | 9 | 6 |
| **น้ำหนักคะแนน** | **38%** | **32%** | **18%** | **12%** |

จากตารางที่ 5.3 นั้นแสดงให้เห็นว่าสมาชิกในกลุ่มให้ความสำคัญกับเกณฑ์เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการมากที่สุด 19 คะแนน(คิดเป็น 38%) เป็นอันดับแรก โดยเกณฑ์ของความเป็นไปได้

นั้นมีคะแนนมากเป็นลำดับที่สอง คือ 16 คะแนน (คิดเป็น 32%) อันดับที่สาม คือ เกณฑ์คุณภาพ 9 คะแนน (คิดเป็น 18%) และสุดท้ายคือ เกณฑ์ต้นทุน 6 คะแนน (คิดเป็น 12%) ทั้งนี้ทางทีมจะนำน้ำหนักคะแนนในรูปของเปอร์เซ็นต์นี้ไปใช้ เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาในลำดับต่อไป

หลังจากได้หลักเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการพิจารณาวิธีแก้ปัญหาแล้ว ทางทีมได้ทำการระดมสมองเพื่อพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธีตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ 4 เกณฑ์ คือ เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ, ความเป็นไปได้, คุณภาพ และต้นทุน ซึ่งสามารถแสดงผลจากการระดมสมอง ได้ดังนี้

- ลำดับที่ 14 ทรงกลม (spheroidality)

A) ทีมพิจารณาที่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสตริปงาน ให้มีลักษณะเป็นพื้นผิวแบบลูกคลื่นเพื่อลดพื้นที่การสัมผัสกันระหว่างสตริปงาน เพื่อให้ใส่สตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อนได้

เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ : อย่างน้อย 12 เดือน

ความเป็นไปได้ : เป็นไปได้ยาก เพราะเป็นข้อจำกัดในด้านการออกแบบ อาจต้องเปลี่ยนแปลงในส่วนของรูปแบบชิ้นงานใหม่ทั้งหมด ซึ่งมีผลกระทบต่อลูกค้าและการใช้งาน

คุณภาพ : อาจไม่สามารถลดปัญหาของรอยขีดข่วนได้ เพราะสตริปงานแต่ละสตริปจะโค้งเป็นคลื่นและอาจซ้อนกันได้เหมือนเดิม ซึ่งก็อาจทำให้มีปัญหาการเสียดสีกันระหว่างขนย้ายได้อยู่ นอกจากนั้นยังไม่สามารถใช้ตุ้มน้ำหนักทับที่กระบวนการ Package cure ได้ เพราะสตริปงานจะแตกหักเสียหาย

ต้นทุน : มีต้นทุนเพิ่มจากการสั่งทำลีดเฟรมใหม่ทั้งหมด, การออกแบบกระบวนการใหม่ทั้งหมด และต้องทดสอบผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งหมดเพื่อแจ้งลูกค้า รวมทั้งต้องทำการสั่งซื้อหน้าโมลด์ใหม่ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่มีราคาสูงมาก

B) ทีมพิจารณาที่จะเปลี่ยนแปลงการออกแบบพื้นที่ในบริเวณที่ไม่ใช้งานของสตริปใหม่ ให้มีลักษณะเป็นปุ่มนูนขึ้นมา เพื่อให้ขณะที่สตริปงานซ้อนกันในแมกกาซีนแบบซ้อนนั้น จะไม่ทำให้ผิวของโลหะและพื้นที่อื่นที่ใช้งานมีการสัมผัสกัน

เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ : อย่างน้อย 6 เดือน

ความเป็นไปได้ : เป็นไปได้ แต่ต้องต้องเปลี่ยนแปลงรูปแบบของลีดเฟรมใหม่ทั้งหมด ให้มีลักษณะที่ต้องการ

คุณภาพ : ในกระบวนการอื่นๆ อาจไม่พบปัญหาคุณภาพ แต่ที่กระบวนการ Package cure อาจมีปัญหาสตริปงานแตกหักได้ เพราะตุ้มน้ำหนักที่กดทับบนสตริปงานที่ซ้อนกันอยู่นั้น จะมีเพียงปุ่มในบริเวณที่ไม่ใช้งานเท่านั้นที่ใช้รับน้ำหนักไว้ ซึ่งจะทำให้ส่วนที่ลอยอยู่ ซึ่งเป็นบริเวณที่ใช้งานโดนน้ำหนักกดทับ อาจทำให้แตกหักได้

ต้นทุน : มีต้นทุนเพิ่มจากการสั่งทำลีดเฟรมใหม่ทั้งหมด นอกจากนั้นปุ่มที่เพิ่มขึ้นมาอาจทำให้ผู้ผลิตลีดเฟรมปรับราคาของลีดเฟรมให้สูงขึ้น รวมทั้งต้องทำการสั่งซื้อหน้าโมลด์ใหม่ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่มีราคาสูงมาก

- ลำดับที่ 26 เลียนแบบ (copy)

C) ทีมพิจารณาเรื่องการติดเทปบนลีดเฟรมต่อเนื่องไปจนจบกระบวนการ Laser marking โดยยังไม่ต้องมีการ Detape เพื่อเป็นการเลียนแบบคุณสมบัติของการแยกสตริปงานออกจากกัน แต่สามารถใช้กับแมกกาซีนแบบซ้อนได้

เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ : อย่างน้อย 2 เดือน

ความเป็นไปได้ : มีโอกาสเป็นไปได้มาก เพราะมีการติดเทปบนลีดเฟรมอยู่แล้ว

คุณภาพ : สามารถลดปัญหาเรื่องรอยขีดข่วนได้ แต่ต้องทำการพิจารณาเรื่องความเหนียวของเทปที่อาจติดค้างบนชิ้นงาน หรือชิ้นงานไม่หลุดออกจากเทป เพราะหลังจากผ่านกระบวนการ Package cure แล้ว ซึ่งเทปจะยิ่งมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นอาจพบปัญหาอื่นแทน เช่น คราบกาวติดค้างบนตัวชิ้นงาน ชิ้นงานติดกันเป็นต้น

ต้นทุน : อาจมีต้นทุนเพิ่ม หากพิจารณาแล้วเห็นว่าจะต้องแจ้งผู้ผลิตลีดเฟรมให้ทำการปรับปรุงคุณสมบัติของเทปให้เป็นไปตามที่ต้องการ หรืออาจต้องปรับกระบวนการในการ Detape ภายในโรงงานตัวอย่าง

D) ทีมพิจารณาที่การเลียนแบบคุณสมบัติของการเลือกใช้แมกกาซีนแบบร่อง ซึ่งจุดประสงค์ คือการแยกสตริปงานออกจากกัน ดังนั้น จึงพิจารณาที่การใช้แผ่นคั่นระหว่างสตริปงาน เพื่อเลียนแบบการใช้แมกกาซีนแบบร่อง ซึ่งสามารถตอบวัตถุประสงค์ของการแยกสตริปงานออกจากกันได้เหมือนกันแต่สามารถใช้กับแมกกาซีนแบบซ้อนได้

เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ : อย่างน้อย 1 เดือน

ความเป็นไปได้ : มีโอกาสเป็นไปได้ เพราะการใช้แผ่นคั่นระหว่างสตริปในแมกกาซีนแบบซ้อน สามารถใช้ได้ทุกกระบวนการ ซึ่งรวมไปถึงกระบวนการ Package cure แต่จำเป็นต้องหาแผ่นวัสดุที่เหมาะสมและทนความร้อนสูงได้

คุณภาพ : สามารถลดปัญหารอยขีดข่วน และปัญหาสตริปโก่งได้ เพราะสามารถใช้ร่วมกับตุ้มน้ำหนักและซ้อนทับในแมกกาซีนแบบซ้อนด้วยวิธีการปกติได้

ต้นทุน : มีต้นทุนเพิ่มจากการสั่งซื้อแผ่นคั่นสตริป

- ลำดับที่ 28 แทนระบบเชิงกล (replacement of mechanical system)

E) ทีมพิจารณาที่การใช้เหล็กเคลือบบริเวณขอบสตริปงานโดยรอบ และใช้สารเคลือบแม่เหล็กเคลือบที่ขอบของแมกกาซีนแบบร่องทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งจะทำให้สตริปลอยอยู่ได้ระหว่างการเคลื่อนย้ายงาน รวมถึงแรงดังกล่าวจะต้านการโก่งตัวของสตริปงานระหว่างการอบที่ Package cure

เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ : อย่างน้อย 24 เดือน

ความเป็นไปได้ : เป็นไปได้ยาก เพราะต้องมีการคำนวณที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนเพื่อให้มีความหนาของสารเคลือบแม่เหล็กที่เหมาะสมเพื่อให้สตริปลอยตัว และต้าน

การโก่งตัวของสตริปที่ Package cure ได้ รวมทั้งต้องมีการใช้เหล็กเคลือบทับบนขอบของสตริปงานโดยรอบ ซึ่งต้องทำการเปลี่ยนแปลงที่ขั้นตอนการทำลีดเฟรมจากผู้ผลิต

คุณภาพ : ถ้าสามารถทำได้จริง น่าจะช่วยลดปัญหารอยขีดข่วนได้ แต่อาจไม่สามารถช่วยลดการโก่งตัวของสตริปงานได้ เพราะต้องมีการคำนวณความหนาของสารเคลือบแม่เหล็กที่เหมาะสม ซึ่งน่าจะมีความยุ่งยากซับซ้อนมาก

ต้นทุน : มีค่าใช้จ่ายสูงมาก จากการเคลือบเหล็กที่ขอบของสตริปงาน และเคลือบสารแม่เหล็กที่ขอบของแมกกาซีนแบบร่อง นอกจากนั้นยังมีค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อแมกกาซีนแบบร่องอีกด้วย

F) ทีมพิจารณาที่การปรับพารามิเตอร์ที่กระบวนการ Package cure เพื่อลดการโก่งตัวของสตริปงานภายในแมกกาซีนแบบร่องระหว่างการอบที่ Package cure

เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ : อย่างน้อย 3 เดือน

ความเป็นไปได้ : มีความเป็นไปได้ แต่อาจต้องใช้เวลาในการทดลองนาน เนื่องจากเครื่องอบที่กระบวนการ Package cure ของโรงงานตัวอย่างมีเพียง 5 เครื่อง และในการอบแต่ละครั้งต้องใช้เวลานานประมาณ 8 ชั่วโมง จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องในการอบงานในกระบวนการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งอาจจะไม่สามารถใช้งานเพื่อการทดลองได้บ่อยครั้ง เพราะอาจกระทบกับกำลังการผลิตของโรงงานตัวอย่าง

คุณภาพ : สามารถช่วยเรื่องของรอยขีดข่วนได้ เพราะเป็นการใช้แมกกาซีนแบบร่อง แต่ยังไม่แน่ใจในคุณภาพเรื่องการโก่งตัวของสตริปงานหลังจากการปรับพารามิเตอร์ว่าจะสามารถให้ผลได้ดีแค่ไหน

ต้นทุน : อาจมีต้นทุนในเรื่องของเวลาในการอบที่อาจต้องปรับเพิ่ม หากผลการทดลองออกมาว่าจำเป็นต้องเพิ่มเวลาในการอบเพื่อลดการโก่งตัวของสตริป

- ลำดับที่ 25 บริการตัวเอง (self service)

G) ทีมพิจารณาที่การออกแบบแมกกาซีนใหม่ ให้มีลักษณะของฐานรองในแต่ละสตริปและมีกลไกที่สามารถสลับระหว่างแบบร่องและแบบซ้อนได้ เมื่อจะใช้งานที่ Package

cure สามารถปรับเป็นแบบซ้อนและใช้ตุ้มน้ำหนักทับที่ด้านบนได้ แต่ที่ขั้นตอนการขนย้ายงานระหว่างกระบวนการจะสามารถยกสตริปขึ้น ไม่ให้สตริปเสียดสีกันได้

เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ : อย่างน้อย 6 เดือน

ความเป็นไปได้ : มีโอกาสเป็นไปได้ เพราะแมกกาซีนแบบมีกลไกนี้น่าจะสามารถทำได้จริง แต่อาจต้องมีการพิจารณาเรื่องของการออกแบบที่เหมาะสม

คุณภาพ : สามารถช่วยแก้ปัญหาทั้งเรื่องของรอยขีดข่วนและสตริปโก่งได้ แต่อาจต้องพิจารณาในเรื่องของวัสดุที่ใช้ทำฐานรองสตริปงาน ซึ่งต้องไม่ทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนเพิ่มเติมได้

ต้นทุน : มีต้นทุนที่ต้องเพิ่มขึ้น เพราะแมกกาซีนที่สามารถปรับรูปแบบได้น่าจะมีราคาสูง และต้องเสียค่าใช้จ่ายจากการเปลี่ยนแมกกาซีนใหม่ทั้งหมด นอกจากนั้นอาจต้องมีการปรับเปลี่ยน Input/Output ของเครื่อง Laser marking เพื่อให้เหมาะสมกับแมกกาซีนแบบใหม่ด้วย

H) ทีมพิจารณาที่การออกแบบรูปร่างของสตริปงานใหม่ เพื่อลดการโก่งตัวของสตริป เช่น การเพิ่มช่องว่างในสตริปเพื่อลดแรงเครียด (stress) จากการขยายตัวของวัสดุ 2 ชนิดที่ไม่พร้อมกัน ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถใส่สตริปงานแบบใหม่ลงในแมกกาซีนแบบร่องได้ในทุกกระบวนการผลิต รวมทั้งกระบวนการ Package cure

เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ : อย่างน้อย 12 เดือน

ความเป็นไปได้ : มีโอกาสเป็นไปได้ แต่ต้องใช้เวลาเพื่อพิจารณาเรื่องของการออกแบบที่เหมาะสม และต้องไม่ให้กระทบกับจำนวนชิ้นงานต่อสตริปเพื่อไม่ให้กระทบกับกำลังการผลิตโดยรวม

คุณภาพ : น่าจะสามารถช่วยแก้ปัญหาทั้งเรื่องของรอยขีดข่วนและสตริปโก่งได้

ต้นทุน : มีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก จากการสั่งซื้อลีดเฟรมใหม่ทั้งหมด, ปรับเปลี่ยนเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของกระบวนการผลิตส่วนหน้าและการผลิตส่วนหลัง รวมทั้งต้องทำการสั่งซื้อหน้าโมลด์ใหม่ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่มีราคาสูงมาก

จากการประเมินวิธีการแก้ปัญหาตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้โดยใช้การระดมสมองนั้น อาจยังไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ ดังนั้นทางทีมจึงได้นำเทคนิค Pugh Method มาใช้เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยนำน้ำหนักความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ตามที่ทีมได้กำหนดไว้ข้างต้นมาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งในการพิจารณาโดยใช้เทคนิค Pugh Method นั้นจะเป็นการประเมินร่วมกันจากสมาชิกในทีมทั้งหมดซึ่งประกอบไปด้วย วิศวกรฝ่ายผลิต 1 คน วิศวกรฝ่ายออกแบบ 1 คน ผู้จัดการฝ่ายผลิต 1 คน ช่างเทคนิค 1 คน และวิศวกรคุณภาพ 1 คน โดยทางทีมกำหนดให้การใช้แมกกาซีนแบบร่องเป็นวิธีการพื้นฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Datum) ในขั้นเริ่มต้น และได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ในการประเมิน ดังนี้

สัญลักษณ์ + แสดงว่าวิธีการที่พิจารณาอยู่นั้นดีกว่าวิธีการ Datum

สัญลักษณ์ - แสดงว่าวิธีการที่พิจารณาอยู่นั้นแย่กว่าวิธีการ Datum

สัญลักษณ์ 0 แสดงว่าวิธีการที่พิจารณาอยู่นั้นไม่ต่างกับวิธีการ Datum

สำหรับรหัสของวิธีการแต่ละวิธีนั้นสามารถอ้างอิงได้จากภาพที่ 5.4 และสำหรับผลการประเมินในรอบแรก แสดงได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการประเมินด้วย Pugh Method รอบที่1

| รหัส | น้ำหนักความสำคัญ (%) | แมกกาซีนแบบร่อง | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ | 38 | DATUM | - | - | 0 | + | - | - | - | - |
| ความเป็นไปได้ | 32 | | - | 0 | + | + | - | + | 0 | 0 |
| คุณภาพ | 18 | | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ต้นทุน | 12 | | - | - | + | 0 | - | + | - | - |
| Sum + | 100 | | 0 | 0 | 50 | 88 | 0 | 44 | 0 | 0 |
| Sum 0 | | | 18 | 50 | 50 | 12 | 18 | 18 | 50 | 50 |
| Sum - | | | 82 | 50 | 0 | 0 | 82 | 38 | 50 | 50 |

หลังจากการประเมินด้วย Pugh Method รอบที่ 1 แล้วนั้น สมาชิกในทีมได้มีการเสนอวิธีการใหม่ โดยได้รวมวิธีการของรหัส D การใช้แผ่นคั่นระหว่างสตริปงาน และการใช้แมกกาซีนแบบร่อง (Datum) เข้าด้วยกัน ซึ่งได้เป็นวิธีใหม่อีกหนึ่งวิธี คือ รหัส I ซึ่งเป็นการใช้แผ่นคั่นสตริปร่วมกับแมกกาซีนแบบซ้อนที่กระบวนการผลิต Package cure และใช้แมกกาซีนแบบร่องกับกระบวนการผลิตส่วนหลังกระบวนการอื่น หลังจากนั้นจึงให้ทีมทำการประเมินใหม่ โดยกำหนดให้วิธีการในรหัส D เป็นวิธีการพื้นฐานที่ใช้ในการพิจารณาใหม่ เพราะมีค่าผลรวมคะแนน+ มากที่สุด

นอกจากนั้นยังนำวิธีการในรหัส C และ F มาประเมินร่วมด้วยอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งได้ผลการประเมินรอบที่ 2 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการประเมินด้วย Pugh Method รอบที่ 2

| รหัส | น้ำหนักความสำคัญ (%) | D | C | F | I |
|---|---|---|---|---|---|
| เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ | 38 | DATUM | - | - | 0 |
| ความเป็นไปได้ | 32 | | + | + | + |
| คุณภาพ | 18 | | - | - | 0 |
| ต้นทุน | 12 | | + | + | + |
| Sum + | 100 | | 44 | 44 | 44 |
| Sum 0 | | | 0 | 0 | 56 |
| Sum - | | | 56 | 56 | 0 |

จากการประเมินด้วย Pugh Method รอบที่ 2 นั้น ทางทีมพบว่าวิธีการทั้ง 3 วิธีนั้นมีผลรวมคะแนน+ ไม่แตกต่างกัน แต่วิธีการรหัส C การติดเทปบนลีดเฟรมต่อเนื่องไปจนจบกระบวนการ Laser marking โดยยังไม่ต้องมีการ Detape และ รหัส F การปรับพารามิเตอร์ที่กระบวนการ Package cure เพื่อลดการโก่งตัวของสตริปงานภายในแมกกาซีนแบบร่องระหว่างการอบที่ Package cure นั้นเป็นวิธีที่อาจต้องใช้เวลาในการดำเนินการนาน ประกอบกับยังไม่แน่ใจในคุณภาพที่ได้จากการแก้ไขปัญหาว่าจะมีผลกระทบอื่นตามมาหรือไม่ เช่น เรื่องของคราบกาวที่อาจตกค้างบนชิ้นงาน หรือ คุณภาพในการแก้ปัญหาสตริปโก่งจากการปรับพารามิเตอร์ ว่าจะสามารถแก้ปัญหาการโก่งตัวของสตริปได้มากน้อยแค่ไหน ดังนั้น ทางทีมจึงพิจารณาเลือกวิธีการรหัส I คือการใช้แผ่นคั่นสตริปร่วมกับแมกกาซีนแบบซ้อนที่กระบวนการ Package cure และให้ใช้แมกกาซีนแบบร่องกับกระบวนการผลิตส่วนหลังกระบวนการอื่น และวิธีการรหัส D คือการใช้แผ่นคั่นระหว่างสตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อนในทุกกระบวนการผลิตส่วนหลัง มาพิจารณาเป็นวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งทางทีมจะทำการพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนโดยละเอียดและความเหมาะสมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องของ 2 วิธีดังกล่าวต่อไป

เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนโดยละเอียดที่ต้องใช้ของทั้ง 2 วิธี โดยใช้หลัก 4M 1E พบว่า การใช้แผ่นคั่นสตริปเฉพาะที่กระบวนการ Package cure และใช้แมกกาซีนแบบร่องที่กระบวนการผลิต

ส่วนหลังกระบวนการอื่นนั้นจะต้องสั่งซื้อแมกกาซีนแบบร่องทั้งหมด 1,800 อัน(เท่ากับจำนวนแมกกาซีนแบบซ้อนที่มีอยู่), สั่งซื้อแผ่นคั่นสตริป 4,000 แผ่น (เทียบจากจำนวนตู้อบและจำนวนล็อตที่เข้าอบได้ที่กระบวนการ Package cure) และต้องปรับแก้เครื่อง Laser mark ให้สามารถรองรับแมกกาซีนแบบร่องได้ และสำหรับการใช้แผ่นคั่นสตริปร่วมกับแมกกาซีนแบบซ้อนในทุกกระบวนการผลิตส่วนหลังนั้น จะต้องสั่งซื้อแผ่นคั่นสตริปทั้งหมด 36,000 แผ่น เพื่อให้เพียงพอกับการใช้งานทุกกระบวนการผลิตส่วนหลัง (เทียบจากจำนวนแมกกาซีนทั้งหมดที่มีในกระบวนการผลิตส่วนหลัง) และจะต้องทำการปรับแก้เครื่อง Laser mark ให้สามารถแยกแผ่นคั่นสตริปที่ซ้อนกับสตริปจริงอยู่ออกจากกันได้ก่อนทำการมาร์ค และต้องทำให้เครื่องสามารถหยิบแผ่นคั่นสตริปให้ซ้อนสลับกับสตริปงานจริงก่อนออกจากเครื่องได้ ซึ่งพบว่าการใช้แผ่นคั่นสตริปเฉพาะที่กระบวนการ Package cure และใช้แมกกาซีนแบบร่องที่กระบวนการอื่นนั้นมีต้นทุนถูกกว่าการใช้แผ่นคั่นสตริปกับแมกกาซีนแบบซ้อนที่กระบวนการผลิตส่วนหลังทั้งหมด ประมาณ 150,000 บาท ดังแสดงการเปรียบเทียบในแต่ละหัวข้อได้ดังตารางที่ 5.6 นอกจากนั้นการใช้แมกกาซีนแบบร่องที่กระบวนการผลิตส่วนอื่นยกเว้นกระบวนการ Package cure นั้น ยังเป็นการช่วยลดปัญหาจากคน เช่น ความผิดพลาดหลงลืมจากการใช้คนในการคั่นสตริปในทุกกระบวนการอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาด้วย 2 วิธีดังกล่าวอาจทำให้เวลาในการปฏิบัติงานที่กระบวนการผลิตส่วนหลังเพิ่มขึ้นประมาณ 5 นาทีต่อล็อต ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของการแก้ปัญหานี้

ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบต้นทุนจากการใช้แผ่นคั่นสตริปเฉพาะที่กระบวนการ Package cure และการใช้แผ่นคั่นสตริปทุกกระบวนการผลิตส่วนหลัง

| ประเด็นที่พิจารณา | ข้อพิจารณา | ใช้แมกกาซีนแบบร่อง+ใช้แผ่นคั่นสตริปกับแมกกาซีนแบบซ้อนเฉพาะที่ Package cure | | ใช้แผ่นคั่นสตริปกับแมกกาซีนแบบซ้อนตลอดกระบวนการผลิตส่วนหลัง | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **สิ่งที่ต้องแก้ไข/เพิ่มเติม** | **ต้นทุนที่ต้องใช้** | **สิ่งที่ต้องแก้ไข/เพิ่มเติม** | **ต้นทุนที่ต้องใช้** |
| Man | จำนวนพนักงาน | ไม่มี | 0 บาท | ไม่มี | 0 บาท |
| Machine | ปรับเครื่องจักรที่กระบวนการต่างๆ | | | | |
| | - Detape | ไม่มี | 0 บาท | ไม่มี | 0 บาท |
| | - Package cure | ไม่มี | 0 บาท | ไม่มี | 0 บาท |
| | - Laser marking | **ต้องปรับแก้ที่ Input และ Output ของเครื่อง** | **ประมาณ 50,000 บาท** | **ต้องปรับแก้ให้เครื่องสามารถแยกแผ่นคั่นสตริปออกและใส่กลับเข้าที่ได้** | **40,000 บาท** |
| | - Singulation | ไม่มี | 0 บาท | ไม่มี | 0 บาท |
| | - FVI | ไม่มี | 0 บาท | ไม่มี | 0 บาท |
| | - QC FVI | ไม่มี | 0 บาท | ไม่มี | 0 บาท |
| Material | **จำนวนแมกกาซีน** | **ซื้อแมกกาซีนแบบร่องเพิ่ม 1,800 อัน** | **ประมาณ 1,440,000 บาท** | **ไม่มี** | **0 บาท** |
| | ราคาแมกกาซีน | (ราคาถูกลง 1 เท่า) | (ต้นทุนถูกกว่าในระยะยาว) | ไม่มี | 0 บาท |
| | **แผ่นคั่นสตริป** | **ซื้อแผ่นคั่นสตริป 4,000 แผ่น** | **ประมาณ 200,000 บาท** | **ซื้อแผ่นคั่นสตริป 36,000 แผ่น** | **ประมาณ 1,800,000 บาท** |
| Method | วิธีการปฏิบัติงาน | ต้องจัดทำวิธีการปฏิบัติงานกับแมกกาซีนแบบร่องขึ้นใหม่ และต้องจัดทำวิธีการดูแลรักษาแผ่นคั่นสตริป | 0 บาท | ต้องจัดทำวิธีการดูแลรักษาแผ่นคั่นสตริป | 0 บาท |
| | เวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตส่วนหลัง | เพิ่มขึ้น 5 นาที/ล็อตงาน | 0 บาท | เพิ่มขึ้น 5 นาที/ล็อตงาน | 0 บาท |
| | การอบรมพนักงาน | สามารถอบรมในเวลางานได้ ไม่ใช้ OT | 0 บาท | สามารถอบรมในเวลางานได้ ไม่ใช้ OT | 0 บาท |
| Environment | พื้นที่ที่ใช้ในการวางแมกกาซีนขณะรอขนย้าย | (อาจทำการพิจารณาปรับพื้นที่แนวสูงให้ลดลงได้) | (สามารถประหยัดพื้นที่ในแนวสูงได้ในระยะยาว) | ไม่เปลี่ยนแปลง | 0 บาท |
| | รถเข็นแมกกาซีนสำหรับขนย้ายงาน | (อาจทำการพิจารณาปรับพื้นที่แนวสูงให้ลดลงได้) | (สามารถประหยัดพื้นที่ในแนวสูงได้ในระยะยาว) | ไม่เปลี่ยนแปลง | 0 บาท |
| **รวมต้นทุนที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น** | | **ประมาณ 1,690,000 บาท** | | **ประมาณ 1,840,000 บาท** | |

จากตารางการเปรียบเทียบและข้อสรุปข้างต้น ทางทีมจึงตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาด้วยการเปลี่ยนแมกกาซีนจากแบบซ้อนเป็นแบบร่องที่กระบวนการผลิตส่วนหลัง ร่วมกับการใช้

แผ่นคั่นสตริปคู่กับแมกกาซีนแบบซ้อนที่กระบวนการ Package cure เพื่อแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรมประเภท PPF

เนื่องจากวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เลือกไว้นั้น มีต้นทุนที่ต้องใช้ค่อนข้างสูง ทางทีมจึงทำการพิจารณาในส่วนของต้นทุนคุณภาพเพื่อร่วมประกอบการตัดสินใจด้วย ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงหลักเกณฑ์ในการคำนวณต้นทุนคุณภาพนั้น พบว่าต้นทุนคุณภาพจะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ต้นทุนด้านการป้องกัน (Prevention) ต้นทุนด้านการตรวจสอบประเมินผล (Appraisal) ต้นทุนด้านความเสียหายภายใน (Internal Failure) และต้นทุนด้านความเสียหายภายนอก (External Failure) และนอกจากนั้นทางทีมยังได้พิจารณาในส่วนของค่าเสียโอกาสที่อาจเกิดขึ้นจากการเสียรายได้เนื่องจากลูกค้าไม่พอใจในผลิตภัณฑ์ และลดปริมาณคำสั่งซื้อลงควบคู่กันไปด้วย

ซึ่งในการพิจารณาในที่นี้จะทำการเปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพระหว่างวิธีการเดิม หากไม่ทำการแก้ไขปัญหา เทียบกับวิธีการแก้ปัญหาใหม่ที่ได้เลือกไว้ ซึ่งจากการพิจารณาต้นทุนแต่ละประเภทจะพบว่าต้นทุนด้านการตรวจสอบประเมินผล (Appraisal) ของทั้งสองวิธีนั้นเท่าเดิม ดังนั้น จึงจะไม่นำต้นทุนด้านการตรวจสอบประเมินผลมาพิจารณาในที่นี้ และในการพิจารณานั้นจะทำการพิจารณาจากต้นทุนความเสียหายที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและต้นทุนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งการคำนวณต้นทุนความเสียหายภายในซึ่งคิดจากของเสียที่เกิดขึ้นจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพแสดงวิธีการคิดได้ดังนี้

ปริมาณของเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นโดยเทียบจากปริมาณคำสั่งซื้อโดยเฉลี่ยเป็นรายปี

x (คูณกับ)

ต้นทุนของชิ้นงานต่อหน่วย

สำหรับการคำนวณต้นทุนความเสียหายภายนอกนั้นจะคิดจากจำนวนล็อตงานที่ลูกค้าทำการร้องเรียนและทำการสั่งทิ้งล็อตงานนั้น โดยคำนวณจาก

ปริมาณชิ้นงานทั้งหมดในล็อตงานที่ลูกค้าร้องเรียนและสั่งให้ทิ้งล็อตงานโดยคิดจากจำนวนข้อร้องเรียนเป็นรายปี

x (คูณกับ)

ต้นทุนของชิ้นงานต่อหน่วย

และจากที่ทางโรงงานตัวอย่างได้รับการร้องเรียนจากลูกค้าในปัญหาคุณภาพเกี่ยวกับรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF มาอย่างต่อเนื่องนั้น ทำให้ลูกค้าเริ่มลดปริมาณคำสั่งซื้อลงเรื่อยๆ และอ้างว่าจะลดปริมาณคำสั่งซื้อลง 10% หากไม่สามารถแก้ปัญหาคุณภาพที่เกิดซ้ำๆ นี้ได้ ดังนั้นทางทีมจึงได้ทำการคำนวณค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้ตามที่ลูกค้ากล่าวอ้างนี้ และรวมอยู่ในค่าเสียโอกาสที่อาจเกิดขึ้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.7 ซึ่งจากตารางการเปรียบเทียบนั้นแสดงให้เห็นว่าค่าเสียโอกาสที่อาจเกิดขึ้นจากการที่ลูกค้าไม่พอใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการเกิดปัญหาซ้ำ และลดปริมาณคำสั่งซื้อลงนั้น เป็นส่วนที่อาจทำให้บริษัทสูญเสียรายได้ถึง 602,250,000 บาทต่อปี ซึ่งคำนวณจาก

10% ของปริมาณคำสั่งซื้อทั้งหมดของลูกค้าโดยเฉลี่ยเป็นรายปี

x (คูณกับ)

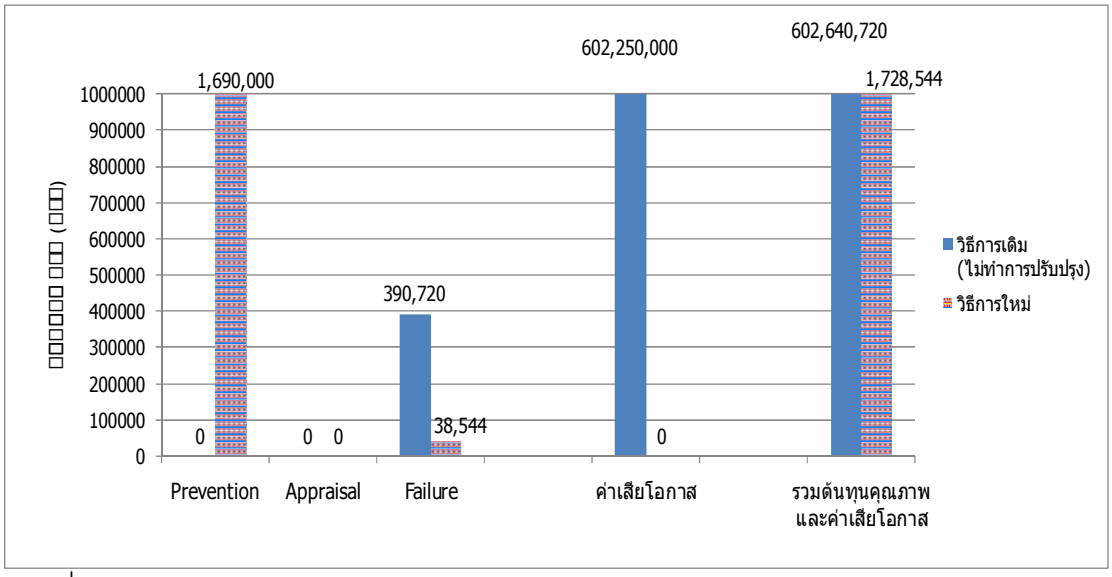
ราคาขายชิ้นงานต่อหน่วย

ดังนั้นเมื่อเทียบต้นทุนคุณภาพและค่าเสียโอกาสทั้งหมดพบว่า วิธีการแก้ปัญหาใหม่นี้มีต้นทุนคุณภาพและค่าเสียโอกาสโดยรวมต่ำกว่าการปล่อยปัญหาทิ้งไว้ โดยไม่ทำการแก้ไขเป็นจำนวนเงินถึง 600,912,176 บาท

ตารางที่ 5.7 เปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพและค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นจากวิธีการเดิม และวิธีการแก้ปัญหาใหม่

| วิธีการ | ต้นทุนคุณภาพทางตรง (Direct quality costs) | | | | **รวมต้นทุนคุณภาพทั้งหมด** | **ค่าเสียโอกาส** | **รวมต้นทุนคุณภาพทั้งหมดและค่าเสียโอกาส** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ต้นทุนด้านการป้องกัน (Prevention) | ต้นทุนด้านการตรวจสอบประเมินผล (Appraisal) | ต้นทุนด้านความเสียหาย(Failure) | | | | |
| | | | ความเสียหายภายใน (Internal Failure) | ความเสียหายภายนอก (External Failure) | | | |
| วิธีการเดิม : ใช้แมกกาซีนแบบซ้อน (ไม่ทำการแก้ไขปัญหา) | เท่าเดิม | ไม่นำมาพิจารณา | - ต้นทุนจากของเสียที่เกิดขึ้นจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ 192,720 บาทต่อปี | ลูกค้าสั่งให้ทิ้งล็อตงานเสีย 198,000 บาทต่อปี | **390,720 บาท** | **สูญเสียรายได้จากลูกค้าสั่งผลิตลดลง 10% เนื่องจากไม่พอใจในคุณภาพสินค้า 602,250,000 บาทต่อปี** | 602,640,720 **บาท** |
| วิธีการใหม่ : แมกกาซีนจากแบบซ้อนเป็นแบบร่อง และการใช้แผ่นคั่นสตริปกับแมกกาซีนแบบซ้อนที่กระบวนการ Package cure | - ต้นทุนในการแก้ไขปัญหา เพิ่มขึ้น 1,690,000 บาท | ไม่นำมาพิจารณา | - ต้นทุนจากของเสียที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ 38,544 บาทต่อปี (คาดว่าลดลงจากเดิม 80%) | ลูกค้าสั่งให้ทิ้งงานเสีย 0 บาท (คาดว่าลูกค้าจะไม่พบปัญหา) | **1,728,544 บาท** | **ไม่สูญเสียรายได้** | 1,728,544 **บาท** |
| ความแตกต่างของต้นทุนคุณภาพและค่าเสียโอกาสที่คาดว่าจะเกิดขึ้น | | | | | | | **วิธีการใหม่มีต้นทุนคุณภาพและค่าเสียโอกาสที่ต่ำกว่าวิธีการเดิม 600,912,176 บาท** |

จากการพิจารณาต้นทุนคุณภาพที่เกิดขึ้นนั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบในรูปแบบกราฟแท่ง จะแสดงได้ดังภาพที่ 5.5




ภาพที่ 5.5 กราฟแท่งเปรียบเทียบต้นทุนคุณภาพแต่ละประเภท และค่าเสียโอกาสระหว่างวิธีการเดิม และวิธีการใหม่

จากกราฟจะเห็นได้ว่าวิธีการแก้ปัญหาใหม่แม้ว่าจะมีต้นทุนคุณภาพด้านการป้องกันที่เพิ่มขึ้นมากในครั้งแรก แต่จะสามารถช่วยลดต้นทุนคุณภาพด้านความเสียหายและค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นในระยะยาวได้ โดยเฉพาะค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้ ซึ่งเกิดจากการที่ลูกค้าไม่พอใจในคุณภาพจึงลดปริมาณการสั่งซื้อลง และอาจเปลี่ยนไปสั่งซื้อจากผู้ผลิตรายอื่น ซึ่งอาจกระทบกับโรงงานตัวอย่างในระยะยาวได้ ดังนั้นทางทีมผู้บริหารจึงพิจารณาอนุมัติงบประมาณและเห็นชอบให้ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยวิธีการดังกล่าวต่อไป

## 5.6 สรุประยะการหาวิธีการแก้ไขปัญหา

ในระหว่างการพิจารณาแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรมประเภท PPF ด้วยการใช้แมกกาซีนแบบร่องแทนแบบซ้อนนั้น ทีมพบว่ามีข้อขัดแย้งเชิงเทคนิคเกิดขึ้นที่กระบวนการ Package cure ระหว่าง คุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุง คือ ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (รอยขีดข่วน) และคุณสมบัติที่ด้อยลง คือ รูปร่าง (สตริปโก่ง) ซึ่งเมื่อนำคู่คุณสมบัติดังกล่าว ไปทำการพิจารณาหาวิธีแก้ปัญหาจากหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น และประกอบกับทางทีมได้ระดมความคิดเห็นเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาจาก 4 หลักการ

แก้ปัญหาที่ได้มานั้น พบว่ามีวิธีแก้ปัญหาที่ทีมสามารถระดมสมองได้ทั้งหมด 8 วิธี แต่เมื่อพิจารณาถึงเกณฑ์ของเวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ, ความเป็นไปได้, คุณภาพ และต้นทุน โดยการใช้เทคนิค Pugh Method ร่วมกับการพิจารณาเพิ่มเติมถึงต้นทุนที่ต้องใช้โดยใช้หลัก 4M 1E นั้น พบว่าการใช้แผ่นคั่นสตริป เฉพาะที่กระบวนการ Package cure และให้ใช้แมกกาซีนแบบร่องที่กระบวนการอื่นที่เกี่ยวข้องนั้น น่าจะมีความเป็นไปได้ และเสียค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาน้อยที่สุด นอกจากนั้นยังพบว่าต้นทุนคุณภาพและค่าเสียโอกาสที่อาจเกิดขึ้นจากการไม่ทำการแก้ไขปัญหานั้น จะสูงกว่าการลงทุนในการแก้ปัญหาในครั้งนี้เป็นอย่างมาก ดังนั้นทางทีมจึงจะนำวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวไปดำเนินการปฏิบัติต่อไป

# บทที่ 6

# ระยะการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

ในบทนี้จะเป็นการนำวิธีการแก้ปัญหาดังที่ได้เลือกไว้ในบทที่ผ่านมาไปปฏิบัติ โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนของการวางแผนการปฏิบัติไปจนถึงการดำเนินการปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ โดยมีการติดตามผลเป็นระยะๆ ซึ่งทางทีมได้ทำการวางแผนและดำเนินการดังต่อไปนี้

## 6.1 วางแผนการดำเนินการแก้ปัญหา

ทางทีมได้ร่วมกันประชุมหารือเพื่อจัดทำแผนการดำเนินการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรมประเภท PPF โดยการเปลี่ยนไปใช้แมกกาซีนแบบร่องที่กระบวนการผลิตส่วนหลัง ซึ่งกระบวนการที่เกี่ยวข้องคือระหว่างกระบวนการ Detape จนถึง Laser marking และใช้แผ่นคั่นสตริปร่วมกับการใช้แมกกาซีนแบบซ้อนที่กระบวนการ Package cure ซึ่งพบว่ามี 3 ส่วนงานที่สามารถดำเนินการไปพร้อมกันได้ เพื่อความรวดเร็วในการดำเนินงาน เนื่องจากผู้ดูแลรับผิดชอบเป็นคนละส่วนกัน คือ ส่วนของการจัดเตรียมแผ่นคั่นสตริป, การจัดเตรียมแมกกาซีนแบบร่อง และปรับแต่งเครื่อง Laser mark ซึ่งแผนการดำเนินการแก้ปัญหา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แผนการดำเนินการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรมประเภท PPF

| ลำดับที่ | ส่วนงาน | ขั้นตอน | ผู้รับผิดชอบ | ระยะเวลาในการดำเนินการ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. |
| 1 | แผ่นคั่นสตริป | หาวัสดุและสั่งซื้อแผ่นคั่นสตริป | วิศวกรฝ่ายออกแบบ | 2-25 พ.ค. | | | |
| 2 | | ทดลองใช้แผ่นคั่นสตริป | วิศวกรฝ่ายผลิต Package cure | 26-27 พ.ค. | | | |
| 3 | | จัดทำขั้นตอนการใช้งาน รวมทั้งการดูแลตรวจสอบแผ่นคั่นสตริป | วิศวกรฝ่ายผลิต Package cure | 26-27 พ.ค. | | | |
| 4 | แมกกาซีนแบบร่อง | สั่งซื้อแมกกาซีนแบบร่อง | ผู้จัดการฝ่ายผลิต | 2-20 พ.ค. | | | |
| 5 | ปรับแก้เครื่อง Laser mark | ปรับเปลี่ยน Input-Output ของเครื่อง Laser mark | วิศวกรฝ่ายผลิตและช่างเทคนิค Laser mark | 2-22 พ.ค. | | | |
| 6 | | ทดลองใช้แมกกาซีนแบบร่องกับเครื่อง Laser mark | วิศวกรฝ่ายผลิต Laser mark | 23-27 พ.ค. | | | |
| 7 | | ปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานเครื่อง Laser mark | วิศวกรฝ่ายผลิต Laser mark | 26-27 พ.ค. | | | |
| 8 | ฝึกอบรมพนักงาน | | หัวหน้าฝ่ายผลิต | 28-31 พ.ค. | | | |
| 9 | ทดลองใช้งานจริง | | วิศวกรฝ่ายผลิต | | 1 มิ.ย. - 24 ส.ค. | | |
| 10 | ประเมินผลการใช้งาน | | ทีมงาน | | | | 25-31 ส.ค. |

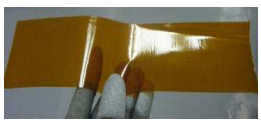
## 6.2 การจัดเตรียมแผ่นคั่นสตริป

เนื่องจากแผ่นคั่นสตริปเป็นวัสดุใหม่ที่โรงงานตัวอย่างยังไม่เคยมีใช้มาก่อน ดังนั้นทางทีมจึงทำการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ต้องการ เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานที่กระบวนการ Package cure ซึ่งเป็นกระบวนการอบงานที่อุณหภูมิสูงถึง 180 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาในเรื่องของความยืดหยุ่นของพื้นผิว เพื่อไม่ให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนเพิ่มเติมจากกระบวนการนี้ ซึ่งสามารถนำมาสรุปเป็นคุณสมบัติด้านต่างๆ ของวัสดุได้ดังนี้

- สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส (กำหนดไว้เกินกว่าอุณหภูมิที่ใช้งานจริง)
- มีความยืดหยุ่น เพื่อจะได้ไม่ทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนเพิ่มเติม
- มีความทนทาน เพื่อให้สามารถนำมาใช้ซ้ำได้อย่างน้อย 100 รอบ
- ราคาไม่ควรเกิน 50 บาทต่อแผ่น

จากคุณสมบัติของแผ่นคั่นสตริปข้างต้น ทีมได้นำคุณสมบัติที่ต้องการเหล่านี้ไปให้ผู้ผลิตเทปพิจารณาเพื่อหาวัสดุที่เหมาะสมให้ เพื่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหา ซึ่งทางผู้ผลิตได้ทำการส่งตัวอย่างวัสดุมาให้ทดลองทั้งหมด 3 ชนิด ซึ่งในที่นี้จะขอเรียกว่าเป็นวัสดุ A, วัสดุB และวัสดุC ซึ่งเมื่อทางทีมทำการสอบถามคุณสมบัติจากผู้ผลิต รวมทั้งประเมินในเบื้องต้น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 วัสดุที่นำมาพิจารณาเพื่อเป็นแผ่นคั่นสตริปในแมกกาซีนแบบซ้อน

| เกณฑ์ในการพิจารณา | วัสดุ A | วัสดุ B | วัสดุ C |
|---|---|---|---|
| |  | | |
| ความสามารถในการทนความร้อน | ทนความร้อนได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส | ทนความร้อนได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส | ทนความร้อนได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส |
| ความยืดหยุ่น | มีความยืดหยุ่นพอสมควร | มีความยืดหยุ่นน้อย | มีความยืดหยุ่นดี |
| ความทนทาน | ความทนทานต่ำ | ความทนทานสูง | ความทนทานพอสมควร |
| ราคา | 20 บาทต่อแผ่น | 40 บาทต่อแผ่น | 50 บาทต่อแผ่น |

ซึ่งจากการพิจารณาในเบื้องต้นพบว่าวัสดุทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการทนความร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสได้ตามที่ต้องการ โดยวัสดุ C เป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงที่สุด และวัสดุ B เป็นวัสดุที่มีความทนทานสูงที่สุด และสำหรับในเรื่องราคานั้นวัสดุ A เป็นวัสดุที่มีราคาถูกที่สุด ซึ่งจากการประเมินในเบื้องต้นดังกล่าว ทางทีมยังไม่สามารถพิจารณาเลือกวัสดุใดวัสดุหนึ่งได้ จึงจะนำวัสดุทั้ง 3 ชนิดไปทำการทดสอบต่อไป

สำหรับในส่วนของการทดสอบนั้น ทางทีมเห็นว่าควรนำวัสดุทั้ง 3 ชนิดไปใช้กับกระบวนการอบจริง โดยทดลองใช้กับงานตัวอย่าง (dummy) จำนวน 20 สตริปงาน และใส่แผ่นคั่นระหว่างสตริปงานทุกสตริป (20 แผ่น) โดยใส่ไว้ในแมกกาซีนแบบซ้อน และนำเข้าไปทำการอบร่วมกับงานจริงในเครื่องอบ โดยจะทำซ้ำทั้งหมด 30 รอบ ด้วยวัสดุชุดเดิมทั้งหมด แต่เมื่อนำไปทดลองจริงนั้นพบว่า การนำงานทดลองไปเข้าเครื่องอบจริงนั้น จะทำให้เสียพื้นที่ในการใช้อบงานจริง ซึ่งกระทบกับกำลังการผลิตของโรงงานตัวอย่าง ดังนั้นในที่นี้จะแสดงผลการทดลองโดยการทำซ้ำทั้งหมด 10 รอบเท่านั้น ซึ่งผลการทดลองจะพิจารณาจากเกณฑ์ความสามารถในการทนความร้อน, ความยืดหยุ่น และความทนทานเป็นหลัก ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 6.3

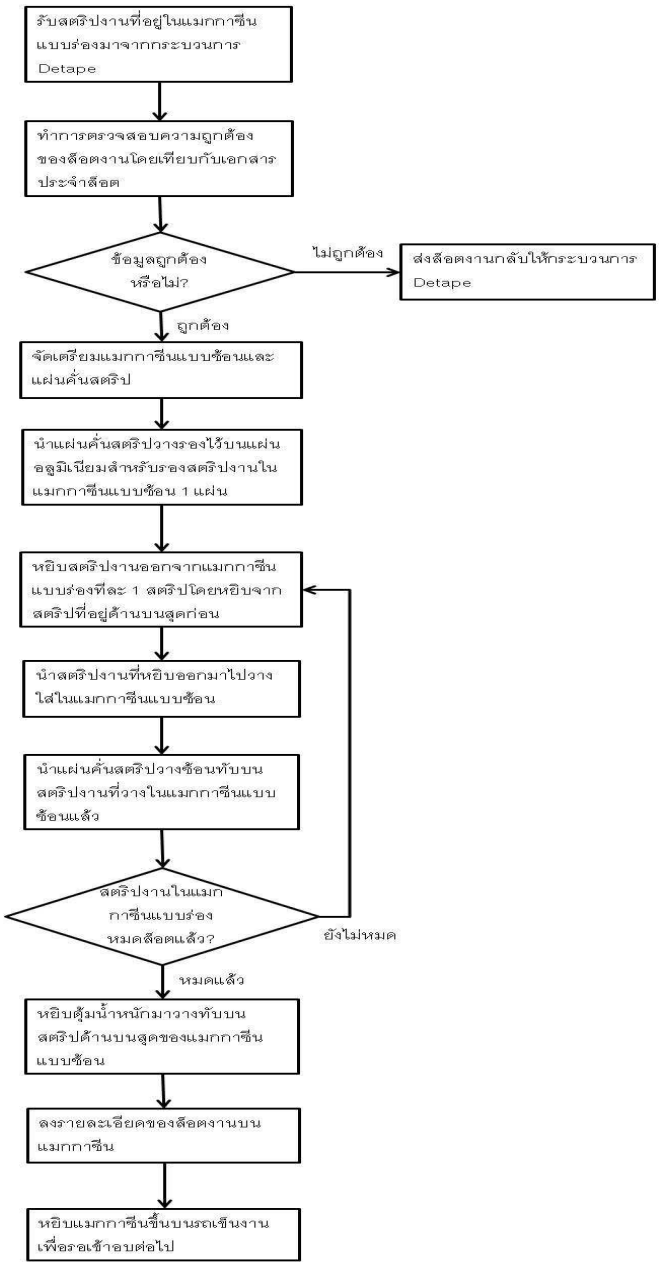
ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองเพื่อเลือกวัสดุสำหรับทำแผ่นคั่นสตริป 3 ชนิด โดยทำการอบซ้ำ 10 รอบที่กระบวนการ Package cure

| เกณฑ์ในการพิจารณา | วัสดุ A | วัสดุ B | วัสดุ C |
|---|---|---|---|
| ความสามารถในการทนความร้อน | ทนความร้อนที่ 180 องศาเซลเซียสได้ | ทนความร้อนที่ 180 องศาเซลเซียสได้ | ทนความร้อนที่ 180 องศาเซลเซียสได้ |
| ความยืดหยุ่น | ไม่พบปัญหารอยขีดข่วน | พบปัญหารอยขีดข่วนในการอบครั้งที่ 8 จำนวน 1 ชิ้นงาน | ไม่พบปัญหารอยขีดข่วน |
| ความทนทาน | วัสดุเริ่มมีรอยฉีกขาดที่ด้านข้างในการอบครั้งที่ 10 จำนวน 2 แผ่น | วัสดุอยู่ในสภาพสมบูรณ์ | วัสดุอยู่ในสภาพสมบูรณ์ |

จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า วัสดุ A มีปัญหาเรื่องความทนทานของวัสดุ ดังที่เริ่มพบรอยฉีกขาดในการทดลองครั้งที่ 10 ในส่วนของวัสดุ B นั้น พบปัญหาเรื่องความยืดหยุ่น ทำให้เกิดการเสียดสีกับสตริปงานและพบปัญหาเรื่องรอยขีดข่วนบนชิ้นงานในระหว่างการทดลอง แต่สำหรับวัสดุ C นั้นยังไม่พบปัญหาตามเกณฑ์ต่างๆ แต่อย่างใด ดังนั้นทางทีมจึงสรุปว่า วัสดุ C คือวัสดุที่มีความเหมาะสมสำหรับทำแผ่นคั่นสตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อน เพราะมีความสามารถในการทนความร้อน, มีความยืดหยุ่น รวมทั้งมีความทนทานต่อการใช้งาน

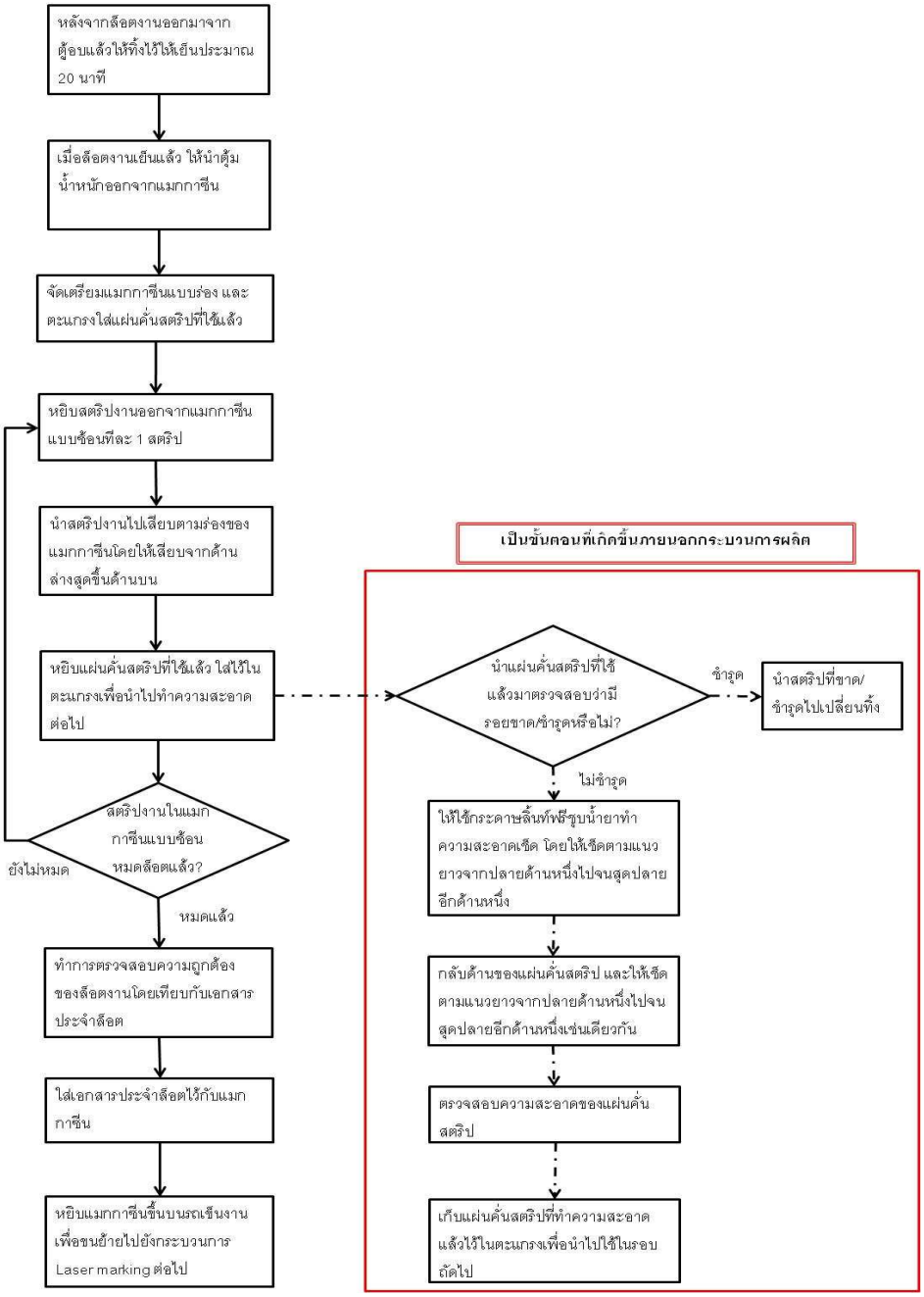
หลังจากที่ทีมได้เลือกวัสดุ C เป็นวัสดุที่จะนำมาใช้งานแล้วนั้น ทางทีมจึงได้ดำเนินการสั่งซื้อวัสดุดังกล่าวจากทางผู้ผลิต เพื่อนำมาใช้งานต่อไป

หลังจากได้แผ่นคั่นสติปมาใช้งานแล้วนั้น ทางทีมได้กำหนดขั้นตอนการเปลี่ยนถ่ายสติปจากแมกกาซีนแบบร่องเป็นแบบซ้อนร่วมกับการใช้แผ่นคั่นสติปที่กระบวนการ Package cure ดังภาพที่ 6.1




ภาพที่ 6.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อเปลี่ยนถ่ายแมกกาซีน และใช้แผ่นคั่นสติปที่กระบวนการ Package cure

สำหรับในส่วนของการดูแลรักษาแผ่นคั่นสตริปงานนั้น จะมีการกำหนดให้ทำความสะอาดในทุกรอบการใช้งาน ซึ่งจะเป็นขั้นตอนที่เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนถ่ายสตริปงานกลับ หลังงานออกจากตู้อบที่กระบวนการ Package cure โดยที่ขั้นตอนในการทำความสะอาดแผ่นคั่นสตริปงานนั้นจะเป็นขั้นตอนที่ทำอยู่ภายนอกกระบวนการผลิต สำหรับขั้นตอนการปฏิบัติงานแสดงในภาพที่ 6.2




ภาพที่ 6.2 ขั้นตอนการเปลี่ยนถ่ายสตริปงานกลับ หลังจากล็อตงานออกจากตู้อบที่กระบวนการ Package cure และขั้นตอนการทำความสะอาดแผ่นคั่นสตริป

### 6.3 การจัดเตรียมแมกกาซีนแบบร่อง

สำหรับแมกกาซีนแบบร่องนั้น เป็นแมกกาซีนที่มีใช้อยู่แล้วในกระบวนการผลิตส่วนหน้า ดังนั้นจึงสามารถสั่งผลิตได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการออกแบบใหม่ ซึ่งจำนวนแมกกาซีนแบบร่องที่ต้องใช้นี้ จะเท่ากับจำนวนแมกกาซีนแบบซ้อนเดิมที่มีอยู่คือ 1,800 อัน ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานจากที่ได้คำนวณไว้ในบทที่ 5 โดยผู้จัดการฝ่ายผลิตเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินการสั่งซื้อ

ในส่วนของขั้นตอนการดูแลรักษาแมกกาซีนแบบร่องนั้น ไม่จำเป็นต้องจัดทำขึ้นใหม่ เพราะได้มีการจัดทำไว้แล้วที่กระบวนการผลิตส่วนหน้า จึงสามารถนำมาใช้ปฏิบัติเช่นเดียวกันได้

สำหรับขั้นตอนการปฏิบัติงานกับแมกกาซีนแบบร่องโดยทั่วไปนั้น ไม่มีความซับซ้อน แต่ต้องเข้าใจว่าการปฏิบัติงานกับแมกกาซีนแบบร่องนั้นต้องทำทีละ 1 สตริปงาน เพราะจะต้องขยับสตริปงานให้เข้าร่องโดยต้องสังเกตให้สตริปงานอยู่ในแนวร่องเดียวกันทั้งด้านซ้ายและด้านขวา จึงจะทำให้สามารถเสียบสตริปงานเข้าร่องได้อย่างถูกต้อง และในการหยิบจับสตริปงานนั้นควรทำด้วยความระมัดระวัง (ขั้นตอนการปฏิบัติงานโดยทั่วไปกับแมกกาซีนแบบร่อง แสดงไว้ในภาคผนวก ช)

### 6.4 การปรับแต่งเครื่อง Laser mark

สำหรับการปรับแต่งเครื่อง Laser mark นั้น จะต้องทำที่ตำแหน่ง Input-Output ของเครื่อง ซึ่งเป็นส่วนที่นำสตริปเข้าเครื่องเพื่อทำการมาร์คและออกจากเครื่องหลังจากมาร์คเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องใส่แมกกาซีนเข้าไปในเครื่อง เพื่อให้เครื่องหยิบสตริปงานออกจากแมกกาซีนและวางลงในรางก่อนเข้ากระบวนการมาร์คต่อไป และสำหรับในส่วนท้ายของกระบวนการมาร์คนั้น เครื่องต้องทำการหยิบสตริปงานที่มาร์คเรียบร้อยแล้วใส่กลับเข้าไปในแมกกาซีนก่อนที่พนักงานจะทำการหยิบแมกกาซีนที่บรรจุสตริปงานที่มาร์คแล้วออกจากเครื่อง เพื่อนำไปเข้าในกระบวนการถัดไป ซึ่งทางทีมได้มีการประชุมปรึกษากับวิศวกรที่ดูแลเครื่อง Laser mark นั้นพบว่าทางวิศวกรและช่างเทคนิคประจำโรงงานสามารถดำเนินการปรับเปลี่ยนเครื่อง Laser mark เพื่อรองรับกับแมกกาซีนแบบร่องได้เอง ไม่จำเป็นต้องให้ผู้ผลิตเครื่องเข้ามาดำเนินการ ดังนั้น จึงสามารถดำเนินการได้ตามแผนที่ทางทีมกำหนด

หลังจากทำการปรับแต่งเครื่อง Laser mark เรียบร้อยแล้วนั้น ทางวิศวกรผู้ดูแลเครื่องได้ทดลองใช้งานจริง ซึ่งพบว่าเครื่องสามารถใช้งานได้ตามที่ต้องการ แม้ว่าในเบื้องต้นนั้นอาจพบ

ปัญหาการติดขัดที่ขั้นตอนการหยิบสตริปงานที่ Input อยู่บ้าง แต่ทางทีมช่างและวิศวกรก็สามารถแก้ปัญหาได้ และทันตามแผนงานที่กำหนด

## 6.5 การฝึกอบรมพนักงาน

ในส่วนของการฝึกอบรมพนักงานนั้น จะแยกได้เป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ

1) พนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่อง Laser mark ต้องเข้าใจการปฏิบัติงานกับส่วนการ Input และ Output ของเครื่อง หลังจากที่เครื่องถูกปรับแต่งไป

2) การใช้แมกกาซีนแบบร่อง ซึ่งต้องทำการฝึกอบรมกับพนักงานระดับปฏิบัติการของกระบวนการ Detape และ Laser marking เพราะต้องใช้แมกกาซีนที่ก่อนและหลังออกจากกระบวนการ รวมทั้งในช่วงการขนย้ายงานในระหว่างกระบวนการด้วย

3) ส่วนของการใช้แผ่นคั่นสตริปที่กระบวนการ Package cure เพราะต้องมีการกำหนดให้พนักงานเปลี่ยนถ่ายสตริปงานจากที่อยู่ในแมกกาซีนแบบร่องจากกระบวนการ Detape มาเปลี่ยนเข้าแมกกาซีนแบบซ้อน โดยต้องใช้แผ่นคั่นสตริปงานทุกสตริปก่อนใช้ตุ้มน้ำหนักทับบนแมกกาซีนแบบซ้อน และจึงนำแมกกาซีนเข้าตู้อบต่อไป หลังจากนั้นต้องเปลี่ยนถ่ายสตริปงานกลับเป็นแมกกาซีนแบบร่องเพื่อส่งงานต่อไปยังกระบวนการ Laser marking

4) การทำความสะอาดแผ่นคั่นสตริปหลังจากผ่านการใช้งานแล้ว ซึ่งเป็นการปฏิบัติงานภายนอกกระบวนการผลิต

ซึ่งก่อนที่จะทำการฝึกอบรมนั้น ทางวิศวกรที่รับผิดชอบในกระบวนการนั้นๆ ได้ดำเนินการจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงานไว้เรียบร้อยแล้ว (ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ช) และจึงทำการอบรมให้แก่หัวหน้าฝ่ายผลิต ก่อนที่หัวหน้าฝ่ายผลิตจะทำการอบรมต่อให้กับพนักงานในระดับปฏิบัติการต่อไป โดยมีวิศวกรที่รับผิดชอบในกระบวนการนั้นๆ คอยควบคุมและให้คำปรึกษา

## 6.6 การดำเนินการตามวิธีการแก้ปัญหารอยขีดข่วน

หลังจากได้รับแผ่นคั่นสตริป, แมกกาซีนแบบร่องและปรับแก้ Input-Output ของเครื่อง Laser mark รวมทั้งได้ทำการอบรมพนักงานให้สามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอนการ

ปฏิบัติงานที่ได้กำหนดไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทางทีมจึงได้ทำการทดลองใช้งานจริงเป็นระยะเวลา 85 วัน ก่อนที่จะทำการประเมินและสรุปผลที่ได้รับจากการปฏิบัติงานตามวิธีการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF

## 6.7 การติดตามผล

ในระหว่างการทดลองใช้งานจริงนั้น ทางทีมมีการเรียกประชุมทุกๆ 2 อาทิตย์ เพื่อเป็นการติดตามผลความคืบหน้าในการดำเนินงาน และหากมีปัญหาหรืออุปสรรคเกิดขึ้นจึงจะสามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ทันท่วงที ซึ่งปัญหาและอุปสรรคที่พบในระหว่างการดำเนินงานนั้นจะขอกล่าวถึงในบทที่ 8 ต่อไป

## 6.8 การประเมินผลการใช้งาน

ในระหว่างที่ได้มีการทดลองใช้งานจริงนั้น ทางทีมได้มีการเก็บข้อมูลปริมาณของเสียประเภทรอยขีดข่วนที่พบในกระบวนการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ รวมถึงปัญหาคุณภาพที่ลูกค้าร้องเรียนในช่วงเวลาที่ผ่านมา ตลอดจนปัญหาจากการใช้งานต่างๆ เพื่อนำมาสรุปผลการใช้งาน ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อไป

## 6.9 สรุปผลระยะการนำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

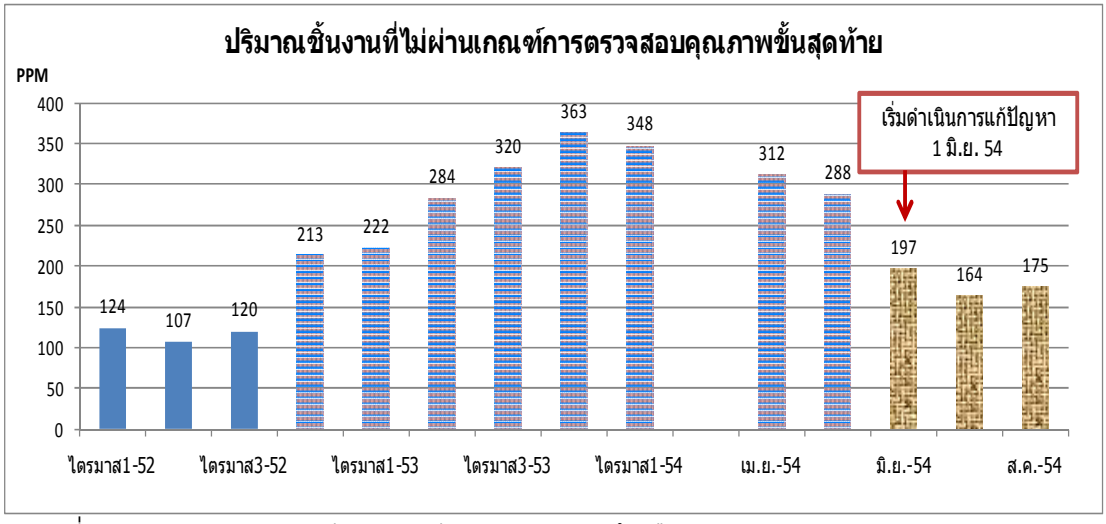
ในแผนการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF นั้นประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ คือ การจัดเตรียมแผ่นคั่นสตริป การสั่งซื้อแมกกาซีนแบบร่อง และการปรับแก้เครื่อง Laser mark ซึ่งในการดำเนินการนั้น สามารถแยกงานออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ ทำให้สามารถปฏิบัติงานไปพร้อมๆกันได้ เพื่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหา ซึ่งหลังจากที่ได้ดำเนินการตามแผนงานแล้วนั้น จึงได้ทำการทดลองใช้งานจริงในช่วงระยะเวลาหนึ่งเพื่อประเมินผลจากการแก้ปัญหา ซึ่งจะได้กล่าวถึงการประเมินผลการใช้งานในบทที่ 7 ต่อไป

# บทที่ 7
# ระยะการประเมินผล

ในระยะของการประเมินผลนี้ จะกล่าวถึงผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพของโรงงานตัวอย่าง รวมไปถึงข้อร้องเรียนจากลูกค้าในเรื่องของคุณภาพที่เกี่ยวกับของเสียประเภทรอยขีดข่วนหลังจากที่ได้ดำเนินการแก้ปัญหาประเภทรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF ไป และทำการเปรียบเทียบผลกับในช่วงก่อนดำเนินการแก้ปัญหา ทั้งนี้เพื่อประเมินผลการใช้งานและสรุปผลต่อไป

## 7.1 ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพขั้นสุดท้ายหลังจากนำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

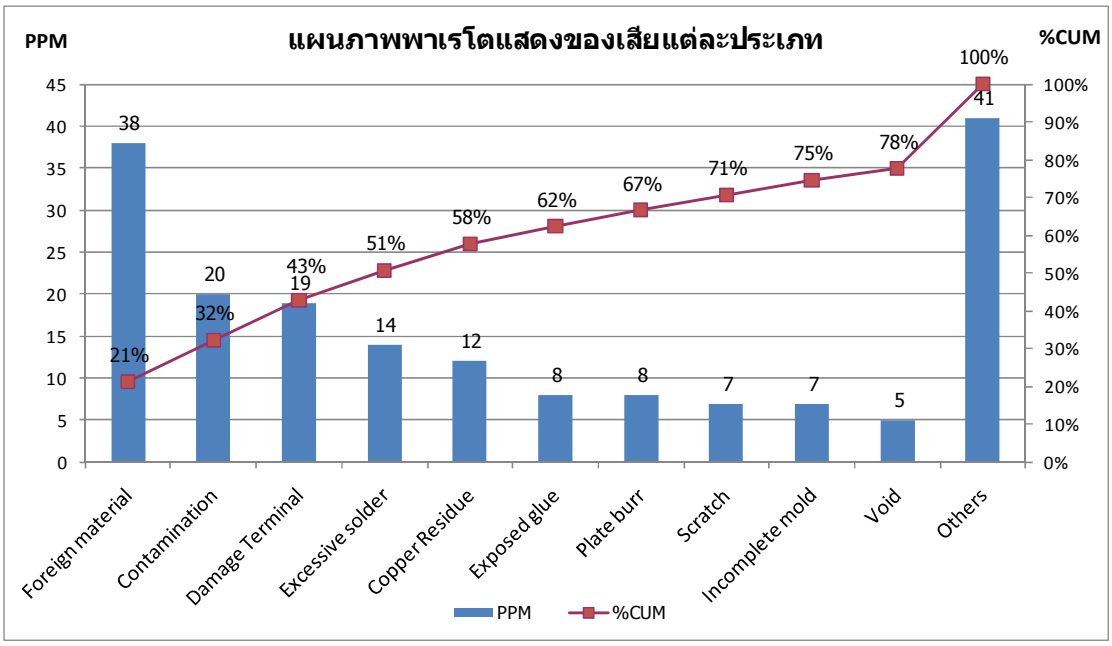
ในการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพขั้นสุดท้ายระหว่างที่ทีมดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุ และหาวิธีแก้ปัญหานั้น ทางโรงงานตัวอย่างได้กำหนดให้ทำการตรวจสอบคุณภาพโดยใช้เกณฑ์การยอมรับใหม่ของลูกค้าอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด ซึ่งผลการตรวจสอบรายไตรมาสและรายเดือน สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 7.1




ภาพที่ 7.1 กราฟแสดงของเสียในช่วงปี 2552-2554 (ถึงเดือนสิงหาคม) จากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ

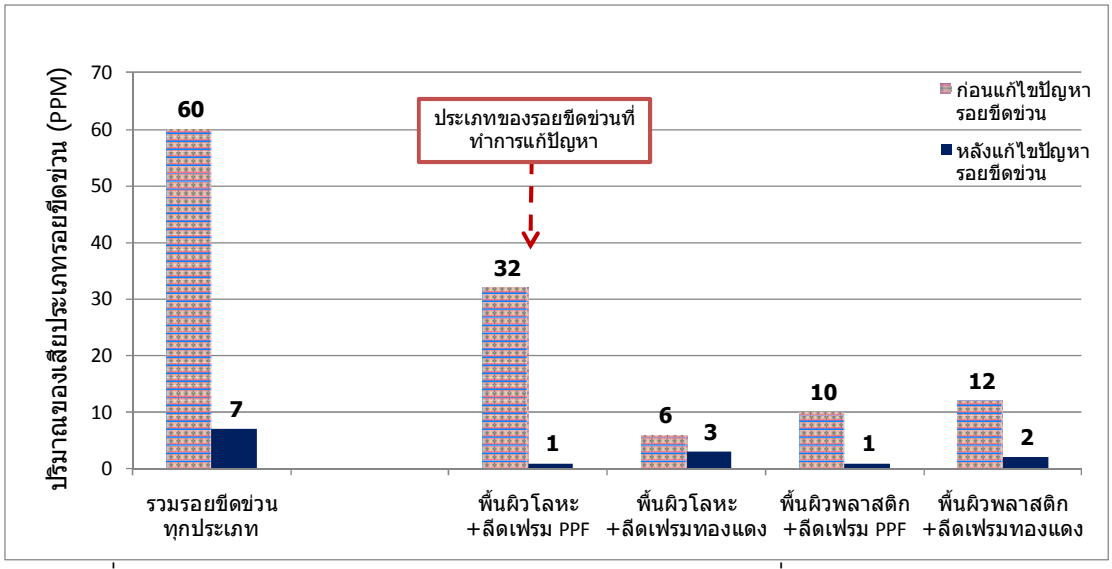
จากกราฟพบว่าปริมาณของเสียที่พบจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายในช่วงไตรมาสที่ 2 ของปี 2554 มีปริมาณลดลงจากไตรมาสที่ 1 ของปี 2554 จาก 348 PPM เหลือ 266 PPM ซึ่งคิดเป็น 23.56% และเมื่อพิจารณาปริมาณของเสียเป็นรายเดือนในไตรมาสที่ 2 พบว่า

ปริมาณของเสียในเดือนมิถุนายนลดลงจากเดือนพฤษภาคมจาก 288 PPM เหลือ 197 PPM ซึ่งคิดเป็น 31.60% ซึ่งสอดคล้องกับเป็นช่วงที่เริ่มดำเนินการปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF ดังนั้นทีมจึงได้ทำการแยกพิจารณาของเสียแต่ละประเภท จากปริมาณของเสียทั้งหมดในช่วงหลังการปรับปรุงตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งพบว่าหลังจากทำการปรับปรุงปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรม PPF แล้วนั้น มีปริมาณของเสียรวมทั้งหมด 179 PPM ซึ่งถ้าแยกตามประเภทของเสีย จะแสดงปริมาณของเสียแต่ละประเภทได้ดังภาพที่ 7.2




ภาพที่ 7.2 แผนผังพาเรโตแสดงของเสียแต่ละประเภทจากการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพหลังการแก้ไขปัญหารอยขีดข่วน

จากแผนภาพพาเรโตข้างต้นแสดงให้เห็นว่าปัญหารอยขีดข่วน (Scratch) ที่พบที่การสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพอยู่ที่ 7 PPM คิดเป็นของเสียลำดับที่ 8 จากประเภทของของเสียทั้งหมด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของเสียในช่วงก่อนทำการแก้ไขปัญหารอยขีดข่วนซึ่งอยู่เป็นลำดับที่ 2 มีปริมาณของเสียที่ 60 PPM นั้น จะสามารถสรุปได้ว่าปัญหารอยขีดข่วนลดลงเป็นจำนวนทั้งสิ้น 53 PPM หรือคิดเป็น 88% และเมื่อพิจารณาโดยแยกประเภทของรอยขีดข่วนตามลักษณะต่างๆ โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขปัญหารอยขีดข่วน จะแสดงได้ดังภาพที่ 7.3



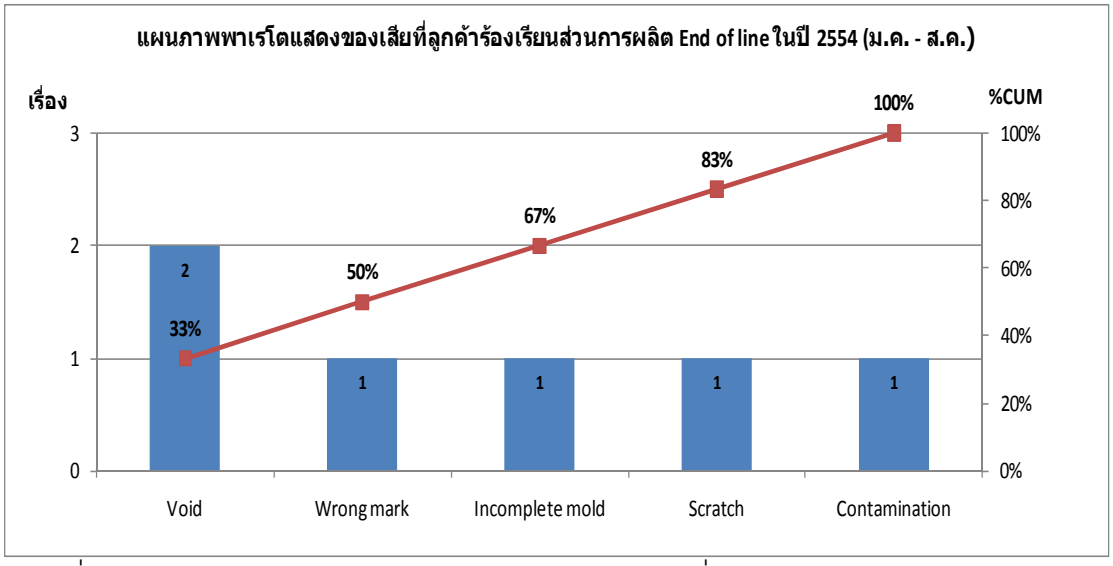

ภาพที่ 7.3 กราฟแสดงปริมาณของเสียรอยขีดข่วนประเภทต่างๆ ที่พบจากการสุ่มตรวจสอบลักษณะภายนอกขั้นสุดท้าย โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการแก้ไขปัญหา

เมื่อพิจารณาแยกตามประเภทของปัญหารอยขีดข่วนแล้วพบว่าลักษณะปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF นั้นลดลงมากที่สุด จาก 32 PPM เหลือ 1 PPM คิดเป็น 97% ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่าปริมาณของเสียประเภทรอยขีดข่วนบนพื้นผิวพลาสติกของทั้งลีดเฟรมทองแดงและ PPF ต่างก็ลดลงด้วยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ทางทีมได้พิจารณาเห็นว่าการลดลงดังกล่าว เป็นผลพลอยได้จากการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF เนื่องจากการแก้ไขที่ได้ดำเนินการไปนั้น ใช้กับลีดเฟรมทั้ง 2 ประเภท เพราะมีการใช้แมกกาซีนและเครื่องจักรร่วมกัน ซึ่งทำให้สามารถลดการสัมผัสและเสียดสีกันระหว่างสตริปในด้านพื้นผิวพลาสติกได้ด้วย แต่สำหรับรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรมประเภททองแดงนั้น อาจมีสาเหตุของปัญหามาจากกระบวนการอื่นร่วมด้วย เช่น กระบวนการ Strip plating ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่เกี่ยวข้องกับลีดเฟรม PPF ดังนั้นปริมาณของเสียที่พบจึงไม่แตกต่างจากก่อนทำการแก้ไขปัญหามากนัก (จาก 6 PPM เหลือ 3 PPM) ซึ่งทางทีมเห็นสมควรให้ทำการวิเคราะห์เพื่อทำการแก้ปัญหาในอนาคตต่อไป

## 7.2 ข้อร้องเรียนด้านคุณภาพจากลูกค้าหลังจากนำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

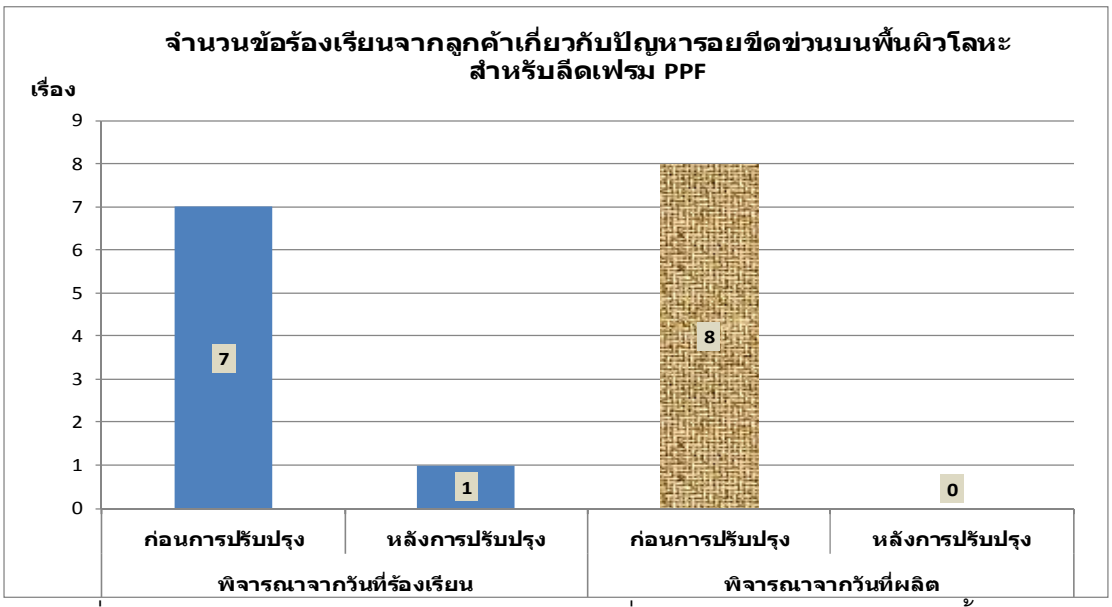
เมื่อทำการพิจารณาปัญหาด้านคุณภาพที่ลูกค้าร้องเรียนในปี 2554 (ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม) นั้นพบว่า มีข้อร้องเรียนจากลูกค้ามายังส่วนการผลิตหลังทั้งหมด 6 ข้อร้องเรียน

โดยเป็นข้อร้องเรียนเกี่ยวกับข้อบกพร่องประเภทรูบนผิวชิ้นงาน (Void) มากที่สุด เป็นจำนวน 2 เรื่อง คิดเป็น 33% นอกจากนั้นจะแบ่งเป็นข้อบกพร่องประเภทอื่นๆ ข้อบกพร่องละ 1 เรื่อง ซึ่งพบว่ามีข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วนรวมอยู่ด้วย 1 เรื่อง ดังแสดงในภาพที่ 7.4




ภาพที่ 7.4 แผนผังพาเรโตแสดงข้อบกพร่องในแต่ละประเภทที่ลูกค้าร้องเรียนยังส่วนการผลิตหลัง (End of line) ในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม ปี 2554

เมื่อพิจารณาลักษณะของรอยขีดข่วนซึ่งลูกค้าทำการร้องเรียนมานั้นพบว่า ข้อบกพร่องที่ลูกค้าพบนั้น เป็นประเภทของรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF ซึ่งในช่วงเวลาที่ลูกค้าทำการร้องเรียนมานั้น คือเดือนมิถุนายน ซึ่งอยู่ในช่วงติดตามผลหลังจากทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาแล้ว แต่โดยปกติ ลูกค้าจะนำชิ้นงานไปทำการทดสอบ(Testing) หรือใช้งานภายใน 1 เดือนนับจากวันที่ผลิต ดังนั้น เมื่อทำการตรวจสอบกลับเพื่อตรวจสอบวันที่ทำการผลิต พบว่าล็อตงานที่ลูกค้าพบข้อบกพร่องดังกล่าวเป็นล็อตงานที่ผลิตในช่วงเดือนพฤษภาคม 2554 ซึ่งเป็นช่วงก่อนดำเนินการแก้ปัญหารอยขีดข่วนในกระบวนการผลิต ซึ่งจะสามารถแสดงจำนวนข้อร้องเรียนของลูกค้าในช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง โดยพิจารณาจากวันที่ลูกค้าร้องเรียน และวันที่ผลิต ได้ดังแสดงในภาพที่ 7.5




ภาพที่ 7.5 กราฟเปรียบเทียบข้อร้องเรียนจากลูกค้าเกี่ยวกับปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF โดยพิจารณาจากวันที่ร้องเรียนและวันที่ผลิต

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า มีจำนวนข้อร้องเรียนจากลูกค้าเกี่ยวกับข้อบกพร่องบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF จากล็อตงานที่ผลิตก่อนทำการแก้ไขปัญหาทั้งหมด 8 ข้อร้องเรียน และยังไม่พบปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าในเรื่องข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วนจากล็อตงานที่ได้ทำการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิตไป

## 7.3 สรุประยะการประเมินผล

หลังจากดำเนินการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF นั้นพบว่าของเสียประเภทรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF ที่ถูกตรวจพบที่กระบวนการตรวจสอบลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพลดลงจาก 32 PPM เหลือ 1 PPM ซึ่งคิดเป็น 97% ซึ่งเมื่อพิจารณาของเสียรวมจากปัญหารอยขีดข่วนทุกประเภทพบว่ามีจำนวนของเสียที่พบลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งคิดเป็น 88% ทั้งนี้เนื่องมาจากผลพลอยได้จากการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF เพราะเนื่องจากการใช้แมกกาซีนแบบร่อง และเครื่อง Laser marking ร่วมกัน นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาปัญหาข้อร้องเรียนด้านคุณภาพจากลูกค้าพบว่าหลังจากดำเนินการแก้ปัญหารอยขีดข่วนในกระบวนการผลิตไปแล้วนั้น ทางโรงงานตัวอย่างยังไม่พบข้อร้องเรียนจากลูกค้าในเรื่องปัญหารอยขีดข่วนจากล็อตงานที่ผลิตหลังจากดำเนินการแก้ปัญหา

# บทที่ 8
# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยตามขั้นตอนต่างๆ ที่ได้กล่าวมานั้น สามารถนำมาสรุปผล ตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ในตอนต้น และให้ข้อเสนอแนะได้ดังนี้

## 8.1 สรุปผลการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ได้แบ่งออกเป็น 5 ระยะ ซึ่งสามารถสรุปผลในระยะต่างๆ ได้ดังนี้

1) ระยะกำหนดปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพ รวมทั้งเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) และร่วมกับทีมในการพิจารณาปัญหาคุณภาพของโรงงานตัวอย่าง โดยเฉพาะในส่วนของการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพขั้นสุดท้ายในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมโดยแผนกควบคุมคุณภาพ และข้อร้องเรียนจากลูกค้าเป็นหลัก โดยใช้กราฟ, แผนผังพาเรโต และการระดมสมอง ซึ่งทำให้สามารถเลือกปัญหาคุณภาพที่จะทำการปรับปรุง คือ ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรม PPF โดยมีเป้าหมายว่าจะลดปริมาณของเสียดังกล่าวลง 80% จากปริมาณของเสียทั้งหมดก่อนทำการแก้ไข ที่กระบวนการสุ่มตรวจลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ ภายในระยะเวลา 6 เดือน หลังจากทำการกำหนดปัญหา

2) ระยะการหาสาเหตุหลักของปัญหา

ระยะนี้เป็นการใช้เทคนิคการระดมสมอง เพื่อจัดทำแผนผังก้างปลา ร่วมกับการพิจารณาการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) ของโรงงานตัวอย่าง นอกจากนั้นยังใช้การประเมินสาเหตุจากสมาชิกในทีม เพื่อหาสาเหตุหลักที่จะนำไปทำการแก้ปัญหาต่อไป โดยสาเหตุหลักที่ได้ คือ สาเหตุของสตริปที่ซ้อนกันในแมกกาซีน ทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างสตริปงานและพื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อนไม่เรียบ

3) ระยะการหาวิธีแก้ปัญหา

เนื่องจากวิธีแก้ปัญหาโดยการแยกสตริปงานออกจากกันระหว่างการขนย้าย โดยใช้แมกกาซีนแบบร่องแทนแบบซ้อนนั้น จะทำให้สามารถแก้ปัญหาจาก 2 สาเหตุหลักได้โดยสิ้นเชิง

ประกอบกับมีการใช้แมกกาซีนดังกล่าวอยู่แล้วที่กระบวนการผลิตส่วนหน้า ทางทีมจึงเลือกวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวมาใช้ ทำให้ไม่ต้องสิ้นเปลืองเวลาในการออกแบบใหม่ ทั้งนี้ทีมได้พิจารณาในส่วนของความเป็นไปได้และงบประมาณไว้ประกอบด้วย แต่เมื่อทีมทำการพิจารณาการนำไปใช้ที่กระบวนการ Package cure กลับพบความขัดแย้งในเชิงเทคนิคที่ว่า สตริปงานจะโก่งตัว หากมีการใช้แมกกาซีนแบบร่อง เพราะโดยปกติแล้วในการปฏิบัติงานที่กระบวนการนี้ จะต้องมีการใช้ตุ้มน้ำหนักทับสตริปในแมกกาซีแบบซ้อนไว้ในระหว่างการอบ เพื่อป้องกันการโก่งตัวของสตริป ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) มาใช้เพื่อแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคดังกล่าว

ในการนำเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) มาใช้นี้ ทางทีมได้พิจารณาเห็นว่า ลักษณะที่ต้องการปรับปรุง คือ รอยขีดข่วน ซึ่งตรงกับคุณสมบัติลำดับที่ 15 ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ และลักษณะที่ด้อยลง คือ การโก่งตัวของสตริป ซึ่งตรงกับคุณสมบัติลำดับที่ 12 รูปร่าง ซึ่งเมื่อพิจารณาคู่ความขัดแย้งนี้ โดยเปิดจากตารางความขัดแย้งจากหลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น พบว่ามีทั้งหมด 4 หลักการที่ควรนำมาพิจารณาเพื่อแก้ปัญหา คือ ลำดับที่ 14 ทรงกลม (spheroidality), ลำดับที่ 26 เลียนแบบ (copy), ลำดับที่ 28 แทนระบบเชิงกล (replacement of mechanical system) และลำดับที่ 25 บริการตัวเอง (self service) ซึ่งหลังจากที่ทางทีมได้ทำการระดมสมองเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหาจากหลักการทั้งหมด 4 ข้อดังกล่าวแล้ว จึงได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด 8 วิธี และเมื่อทำการประเมินจากเกณฑ์เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ, ความเป็นไปได้, คุณภาพ และต้นทุน โดยการใช้เทคนิค Pugh Method ร่วมกับการพิจารณาเพิ่มเติมถึงต้นทุนที่ต้องใช้โดยใช้หลัก 4M 1E นั้น พบว่าการใช้แผ่นคั่นสตริปเฉพาะที่กระบวนการ Package cure และให้ใช้แมกกาซีนแบบร่องที่กระบวนผลิตส่วนหลังกระบวนการอื่นนั้น น่าจะมีความเป็นไปได้ และเสียค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาน้อยที่สุด นอกจากนั้นยังพบว่าต้นทุนคุณภาพและค่าเสียโอกาสที่อาจเกิดขึ้นจากการไม่ทำการแก้ไขปัญหานั้น จะสูงกว่าการลงทุนในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เลือกไว้นี้เป็นอย่างมาก ดังนั้นทางทีมจึงจะนำวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวไปดำเนินการปฏิบัติต่อไป

4) ระยะการนำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ

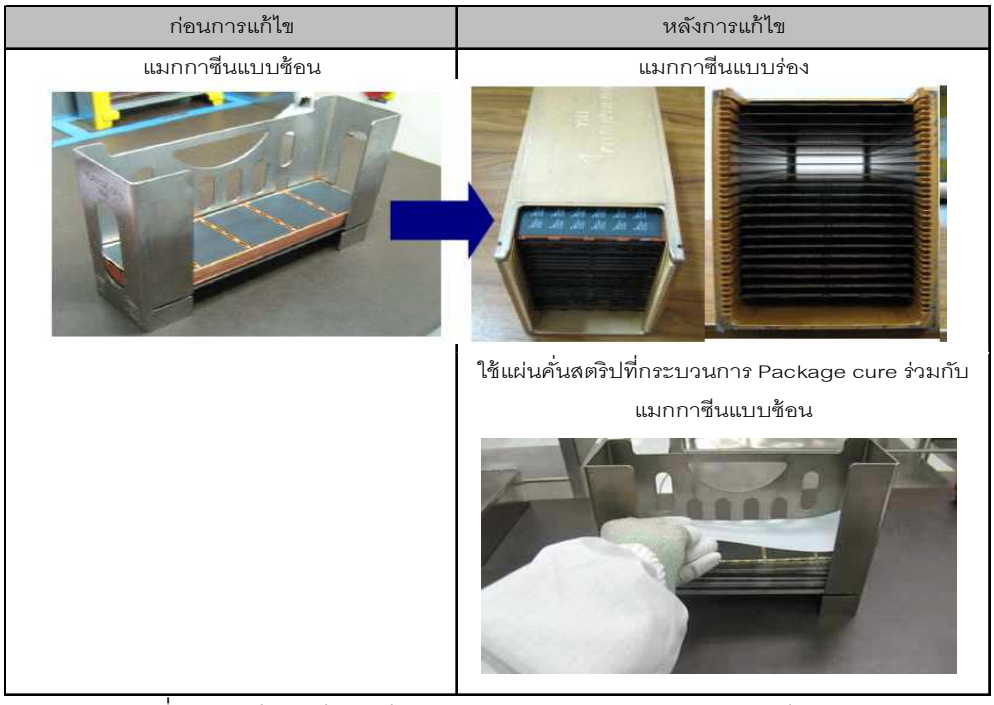
ในระยะนี้ทางทีมได้วางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ การจัดเตรียมแผ่นคั่นสตริป การสั่งซื้อแมกกาซีนแบบร่อง และการปรับแก้เครื่อง Laser mark ซึ่งในการดำเนินการนั้น สามารถแยกงานออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ ทำให้

สามารถปฏิบัติงานไปพร้อมๆกันได้ เพื่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหา โดยในส่วนของการจัดเตรียมแผ่นคั่นสตริปนั้น ทางทีมได้ทำการทดลองเพื่อคัดเลือกวัสดุที่เหมาะสม และจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงานในการเปลี่ยนถ่ายสตริปที่กระบวนการ Package cure รวมไปถึงขั้นตอนการทำความสะอาดแผ่นคั่นสตริป สำหรับส่วนการจัดเตรียมแมกกาซีนแบบร่องนั้น ทางทีมได้พิจารณาสั่งซื้อใหม่เท่ากับจำนวนแมกกาซีนแบบซ้อนเดิมเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน และสำหรับในส่วนของการปรับแก้เครื่อง Laser mark นั้น ทางทีมช่างและวิศวกรที่ดูแลเครื่อง Laser mark เป็นผู้ดำเนินการ ซึ่งหลังจากที่ได้ปรับแก้เครื่องเรียบร้อยแล้วนั้น จึงได้จัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงานกับเครื่อง Laser mark ใหม่ ทั้งนี้ขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ทุกขั้นตอนได้ถูกจัดอบรมให้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องก่อนเริ่มใช้งาน หลังจากนั้นจึงทำการใช้งานจริงเป็นเวลา 85 วัน โดยมีการประชุมติดตามผลทุกๆ 2 อาทิตย์ ก่อนทำการประเมินและสรุปผล

5) ระยะการประเมินผล

ในระยะการประเมินผลนั้น จะพิจารณาจากจำนวนของเสียประเภทรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF ที่ถูกตรวจพบที่กระบวนการตรวจสอบลักษณะภายนอกขั้นสุดท้ายโดยแผนกควบคุมคุณภาพ ซึ่งพบว่ามีจำนวนลดลงจาก 32 PPM เหลือ 1 PPM ซึ่งคิดเป็น 97% และเมื่อพิจารณาของเสียรวมจากปัญหารอยขีดข่วนทุกประเภทพบว่ามีจำนวนของเสียที่พบลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งคิดเป็น 88% ทั้งนี้เนื่องมาจากผลพลอยได้จากการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะสำหรับลีดเฟรม PPF เพราะเนื่องจากการใช้แมกกาซีนแบบร่องและเครื่อง Laser marking ร่วมกัน นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาปัญหาข้อร้องเรียนด้านคุณภาพจากลูกค้าพบว่า หลังจากดำเนินการแก้ปัญหารอยขีดข่วนในกระบวนการผลิตไป ทางโรงงานตัวอย่างยังไม่พบข้อร้องเรียนจากลูกค้าในเรื่องปัญหารอยขีดข่วนจากล็อตงานที่ผลิตหลังจากดำเนินการแก้ปัญหา ซึ่งโดยปกติลูกค้าจะนำชิ้นงานไปทำการทดสอบ(Testing) หรือใช้งานภายใน 1 เดือนนับจากวันที่ผลิต

สำหรับวิธีการแก้ไขปัญหาดังที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถนำมาสรุปด้วยภาพได้ดังภาพที่ 8.1




ภาพที่ 8.1 เปรียบเทียบวิธีการปฏิบัติงานก่อนและหลังการแก้ไขปัญหา

จากข้อสรุปดังกล่าว สามารถนำมาสรุปเป็นตารางโดยเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ได้จัดทำไว้ในตอนต้น เพื่อให้เห็นภาพรวมได้ชัดเจนขึ้น ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยโดยเปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์การวิจัยที่ได้กำหนดไว้

| **วัตถุประสงค์งานวิจัย** | **ระยะการดำเนินงานวิจัย** | **ผลลัพธ์ที่ได้** |
|---|---|---|
| 1) เพื่อวิเคราะห์ถึงลักษณะ และสาเหตุของการเกิดของเสียประเภทรอยขีดข่วนที่พบในการตรวจสอบขั้นสุดท้ายของกระบวนการผลิตวงจรไฟฟ้ารวมในโรงงานตัวอย่าง | ระยะที่ 2 : การหาสาเหตุหลักของปัญหา | - สาเหตุหลักที่ได้ คือ สาเหตุของสตริปที่ซ้อนกันในแมกกาซีน ทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างสตริปงาน และพื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียมสำหรับรองสตริปงานในแมกกาซีนแบบซ้อนไม่เรียบ |
| 2) เพื่อเสนอแนะวิธีแก้ปัญหาที่สาเหตุของของเสียประเภทรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้น โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เพื่อแก้ปัญหาข้อขัดแย้งเชิงเทคนิคที่เกิดขึ้นในระหว่างการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต | ระยะที่ 3 : การหาวิธีแก้ปัญหา | - เลือกวิธีการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรม PPF โดยวิธีการใช้แผ่นคั่นสตริปกับแมกกาซีนแบบซ้อนเฉพาะที่กระบวนการ Package cure และเปลี่ยนแมกกาซีนจากแบบซ้อนเป็นแบบร่องที่กระบวนการผลิตส่วนหลังกระบวนการอื่น |
| 3) เพื่อลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนที่พบในการตรวจสอบขั้นสุดท้ายของกระบวนการผลิตวงจรไฟฟ้ารวมของโรงงานตัวอย่าง | ระยะที่ 5 : การประเมินผล | - จำนวนของเสียประเภทรอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรม PPF ลดลงจาก 32 PPM เหลือ 1 PPM ซึ่งคิดเป็น 97%<br>- จำนวนของเสียรวมจากปัญหารอยขีดข่วนทุกประเภทพบว่ามีจำนวนของเสียที่พบลดลงจาก 60 PPM เหลือ 7 PPM ซึ่งคิดเป็น 88%<br>- ยังไม่พบข้อร้องเรียนจากลูกค้าในเรื่องปัญหารอยขีดข่วนจากล็อตงานที่ผลิตหลังจากดำเนินการแก้ปัญหา |

## 8.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้มีการดำเนินงานภายใต้ข้อจำกัด ดังนี้

1) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรมประเภท PPF เท่านั้น
2) กระบวนการผลิตที่ได้ทำการศึกษา คือ กระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภท Quad Flat No Lead (QFN) ของโรงงานตัวอย่างเท่านั้น
3) เวลาที่ต้องใช้ในกระบวนการ Package cure อาจเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนถ่ายสตริประหว่างแมกกาซีนแบบร่องและแบบซ้อน

## 8.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

ในระหว่างดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้พบปัญหาและอุปสรรคดังนี้

1) ในระหว่างการระดมสมองนั้น ไม่ควรปิดกั้นความคิดเห็นระหว่างสมาชิกในทีม เพราะอาจจะทำให้สมาชิกในทีมแสดงความคิดเห็นได้ไม่เต็มที่
2) เนื่องจากข้อจำกัดของตู้อบงานที่กระบวนการ Package cure ทำให้การทดลองอบวัสดุเพื่อคัดเลือกสำหรับทำแผ่นคั่นสตริปงานนั้น ไม่สามารถทำซ้ำได้ครบ 30 ครั้ง ตามที่ทีมกำหนด เนื่องจากกระทบกับกำลังการผลิตของโรงงานตัวอย่าง
3) ด้วยเวลาในการแก้ปัญหาที่จำกัดทำให้การคัดเลือกวัสดุสำหรับทำแผ่นคั่นสตริป ทำโดยการปรึกษาจากผู้ผลิตเพียงรายเดียวเท่านั้น
4) สมาชิกในทีมมีเวลาว่างในการเข้าประชุมที่ไม่ตรงกัน ทำให้การจัดตารางเวลาในการนัดประชุมค่อนข้างยาก
5) การปรับแต่งเครื่อง Laser mark พบปัญหาการติดขัดที่ขั้นตอนการหยิบสตริปงานที่ตำแหน่ง Input อยู่บ้าง แต่เนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวมประเภทอื่นด้วย ทำให้มีการแลกเปลี่ยนความรู้กันระหว่างทีมช่างและวิศวกร จึงทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ และเสร็จทันตามแผนงานที่กำหนด

## 8.4 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยที่ผ่านมา สามารถทำการสรุปเป็นข้อเสนอแนะ โดยแยกเป็นข้อเสนอแนะในส่วนของโรงงานตัวอย่าง และข้อเสนอแนะในส่วนของการประยุกต์ใช้งานวิจัยได้

ดังนี้

1) ข้อเสนอแนะต่อโรงงานตัวอย่าง

- เนื่องจากขนาดของแมกกาซีนแบบร่องที่โรงงานตัวอย่างใช้อยู่นั้น มีระยะความสูงที่สั้นกว่าความสูงของแมกกาซีนแบบซ้อน ดังนั้นอาจพิจารณาปรับระยะความสูงของพื้นที่วางแมกกาซีน และความสูงของชั้นของรถเข็นงานที่กระบวนการผลิตส่วนหลังใหม่ เพื่อประโยชน์ในการใช้พื้นที่ได้คุ้มค่ามากขึ้น
- อาจสามารถหาวัสดุที่ใช้สำหรับทำแผ่นคั่นสตริปงาน ที่เหมาะสมกว่าที่เลือกไว้ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ โดยใช้เทคนิควิธีการคัดเลือกวัสดุก่อน แล้วจึงทำการเปรียบเทียบเพื่อหาผู้ผลิตที่เหมาะสม
- ทางโรงงานตัวอย่างอาจพิจารณาวิธีการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคโดยวิธีการติดเทปบนลีดเฟรมต่อเนื่องไปจนจบกระบวนการ Laser marking หรือการปรับพารามิเตอร์ที่กระบวนการ Package cure ร่วมไปในระยะยาวด้วย เพราะถ้าสามารถทำได้จะสามารถลดต้นทุนจากการสั่งซื้อแผ่นคั่นสตริปลงได้
- ทางโรงงานตัวอย่างควรทำการพิจารณาเพื่อแก้ปัญหาคุณภาพอื่นๆ ต่อไป โดยนำเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) มาใช้ในการแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการแก้ปัญหาคุณภาพ

2) ข้อเสนอแนะต่อการประยุกต์ใช้งานวิจัย

- การแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคโดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) นั้น สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาในกระบวนการผลิตได้ ซึ่งทำให้เกิดมีมุมมองใหม่ๆ ในการแก้ปัญหา แต่ทั้งนี้ต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้ใช้เป็นสำคัญ ดังนั้นจึงควรมีผู้เชี่ยวชาญในหัวข้อที่จะทำการแก้ปัญหาอยู่ในทีมแก้ปัญหาด้วย
- ผู้วิจัยแนะนำให้นำเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) มาใช้ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบกระบวนการผลิต เพราะหากมีปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคเกิดขึ้น จะสามารถออกแบบกระบวนการ อุปกรณ์ หรือปรับแก้เครื่องจักรได้ง่ายและมีต้นทุนที่ถูกกว่าการแก้ปัญหาในระหว่างการผลิต

# รายการอ้างอิง

**ภาษาไทย**

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล. 2545. การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฑาทิพย์ ทะประสพ. 2551. การลดของเสียในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาญวิทย์ ศิรประภากุล. 2550. การลดของเสียด้วยวิธีการการวิเคราะห์พีเอ็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์, พงศ์ศักดิ์ วิวรรธนะเดช และพันธพงศ์ ตั้งธีระสุนันท์. 2550. การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดย TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving). 4000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ณัฏฐ์นิรินธน์ พันธุมจินดา. 2551. การพัฒนาโปรแกรมสำหรับทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย. 2553. Concept Screening & Scoring: Pugh Matrix, WSM, AHP. เอกสารประกอบการสอนวิชา Technology and Innovation Management.

ธีรพร เสนพรหม. 2550. การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นภาพร ขันธนภา. 2554. เอกสารประกอบการเรียนวิชาการจัดองค์การและการบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยรามคำแหง[ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://e-book.ram.edu/e-book/g/GM203/gm203_15.pdf [14 กันยายน 2554]

ประสิทธิ์ เขียวศรี. 2554. เทคนิคการระดมสมอง. สถาบันพัฒนาผู้บริหารการศึกษา[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.moe.go.th/wijai/brainstroming.htm. [11 มีนาคม 2554]

มานะพงศ์ โชติวิรัตน์. 2550. การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในการผลิตชิ้นงานพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัลภา เตชะสุข. 2552. การปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ชนิดมีขา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิธร สาดแสงจันทร์. 2547. การวิเคราะห์เพื่อลดระดับสินค้าคงคลังประเภทชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องมือในโรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย อาชีวระงับโรค. 2547. Practical PDCA : แก้ปัญหาและปรับปรุงงานเพื่อความสำเร็จ. 3000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ซีโน ดีไซน์.

ศูลิน ศรีสุชาติ. 2548. การพัฒนาระบบการวิเคราะห์งานเสียของการผลิตวงจรรวม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว. 2545. การลดการสูญเสียจากกระบวนการผลิตกระป๋อง โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

**ภาษาอังกฤษ**

Florida Department of Health. Nominal Group Technique[Online]. Available from: http://www.doh.state.fl.us/hpi/pdf/NominalGroupTechnique.pdf [2011, September 14]

Kang, Y. J. 2004. The method for uncoupling design by contradiction matrix of TRIZ, and case study. Proceedings of ICAD2004 The Third International Conference on Axiomatic Design Seoul – June 21-24, 2004 : pp.1-7

Lee, J., and Roh, B. 2008. Using TRIZ to Improve Pem-nut Production[Online]. Available from: http://www.triz-journal.com/archives/2008/12/02/ [2011, April 3]

Mirage Solutions. 2008. Pugh analysis[Online]. Available from: http://www.trizsigma.com/pugh.html [2011, September 14]

Royzen, Z. 1996. Solving contradictions on development of new generation products using Triz[Online]. Available from: http://www.triz-journal.com/archives/1997/02/b/ [2011, March 20]

Saunders, J. H. 1994. A Comparison of Decision Accuracy in the Analytic Hierarchy Process and Point Allocation[Online]. Available from: http://www.johnsaunders.com/papers/ahpvpa/ahpvpa.htm [2011, September 28]

Turner, S. 2002. Tools For Success A Manager's Guide. Singapore: McGraw-Hill.

Yeoh, T. J., Yeoh, T. S., and Song, C. L. 2008. TRIZ: Systematic Innovation Towards Factory Operational Efficiency. 33rd International Electronics Manufacturing Technology Conference 2008 : pp.1-4

Wikipedia. 2011. Decision-matrix method[Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Decision-matrix_method [2011, September 14]

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# คุณสมบัติ 39 อย่าง, หลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น และ ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของคุณสมบัติ 39 อย่าง

## คุณสมบัติ 39 อย่างของเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น

| ลำดับที่ | หลักการ (principle) |
|---|---|
| 1 | น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ |
| 2 | น้ำหนักของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ |
| 3 | ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ |
| 4 | ความยาวของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ |
| 5 | พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ |
| 6 | พื้นที่ของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ |
| 7 | ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ |
| 8 | ปริมาตรของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ |
| 9 | ความเร็ว |
| 10 | แรง |
| 11 | แรงดึง แรงดัน |
| 12 | รูปร่าง |
| 13 | เสถียรภาพของวัตถุ |
| 14 | ความแข็งแรง |
| 15 | ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ |
| 16 | ความทนทานของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ |
| 17 | อุณหภูมิ |
| 18 | ความสว่าง |
| 19 | พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ |
| 20 | พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ |
| 21 | กำลัง |
| 22 | การสูญเสียไปของพลังงาน |
| 23 | การสูญเสียไปของสสาร |
| 24 | การสูญเสียไปของข้อมูล |
| 25 | การสูญเสียไปของเวลา |
| 26 | จำนวนของสสาร |
| 27 | ความน่าเชื่อถือ |
| 28 | ความแม่นยำของการวัด |
| 29 | ความแม่นยำของการผลิต |
| 30 | ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ |
| 31 | ปัจจัยอันตรายที่ตามมา |
| 32 | ความสามารถในการผลิต |
| 33 | ความสะดวกในการใช้ |
| 34 | ความสะดวกในการเก็บรักษา |
| 35 | ความสามารถในการปรับตัวได้ |
| 36 | ความซับซ้อนของอุปกรณ์ |
| 37 | ความซับซ้อนของการควบคุม |
| 38 | ระดับของความอัตโนมัติ |
| 39 | ผลิตภาพ |

## หลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น

| ลำดับที่ | หลักการ (principle) | สาระสำคัญ |
|---|---|---|
| 1 | แบ่งส่วน (segmentation) | เป็นการแยกระบบออกเป็นส่วนๆ โดยออกแบบระบบให้ชิ้นส่วนต่างๆ สามารถประกอบเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน หรือแยกออกเป็นชิ้นๆได้ ทั้งนี้เพื่อให้ระบบง่ายต่อการผลิต เกิดความราบรื่นของระบบ ง่ายต่อการถอดบำรุงรักษาและเคลื่อนย้ายระบบยังรวมถึงการแยกในระดับโมเลกุลและอะตอมด้วย |
| 2 | สกัดออก (extraction) | เป็นการใช้กระบวนการเพื่อดึงหรือแยกออก เพื่อนำลักษณะสมบัติที่เป็นประโยชน์มาใช้หรือส่วนที่เป็นโทษกำจัดทิ้ง โดยรูปแบบของการสกัดสามารถใช้กระบวนการสกัดจริงหรือการกระทำเสมือนการสกัด เช่น การถลุงแร่ทองด้วยกระบวนการทางเคมี |
| 3 | ลักษณะเฉพาะ (local quality) | เป็นการเลือกเฉพาะส่วนที่มีลักษณะสมบัติพิเศษมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และสามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนวัตถุ หรือการกำหนดตำแหน่งลักษณะเฉพาะในสภาพแวดล้อมต่างๆ |
| 4 | ไม่สมมาตร (asymmetry) | ลักษณะการออกแบบชิ้นส่วนที่สมมาตรค่อนข้างง่ายแต่ไม่สามารถใช้งานได้หลากหลาย ซึ่งการออกแบบชิ้นงานด้วยความไม่สมมาตรนี้มีส่วนในการสร้างความสมดุลให้ระบบ โดยเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนลักษณะสมบัติที่เป็นอิสระหรือไม่คำนึงถึงการจัดการระบบมาเป็นลักษณะสมบัติที่ขึ้นอยู่กับหรือต้องอาศัยการออกแบบ |
| 5 | รวมกัน (consolidation) | เป็นการนำหน้าที่การใช้งาน ลักษณะสมบัติ และส่วนต่างๆของระบบที่มีประโยชน์มารวมกันและสร้างความสัมพันธ์จนสามารถรังสรรค์นวัตกรรมและได้ผลลัพธ์ที่เป็นลักษณะพิเศษ โดยหน้าที่การใช้งานใหม่สามารถสร้างจากการรวมหน้าที่การใช้งานระบบอื่นๆได้ เช่น เครื่องซักผ้าที่มีระบบการซักที่รวมระบบการอบแห้งเข้าด้วยกัน |
| 6 | อเนกประสงค์ (universality) | เป็นการสร้างระบบที่มีรูปแบบเดียวกันที่ทำให้เกิดหน้าที่การใช้งานที่หลากหลายที่เกิดประโยชน์ และสามารถใช้งานได้ครอบคลุม เช่น โซฟาที่แปลงเป็นเตียงนอนได้ |
| 7 | ซ้อนกัน (nesting) | การซ้อนกันเป็นการนำประโยชน์ของการวางวัตถุหนึ่งเข้าไปในอีกวัตถุหนึ่งซ้อนกันหลายชั้น โดยทำให้แน่นกระชับ เช่น แนวคิดของตุ๊กตารัสเซียที่มีตุ๊กตาตัวเล็กกว่าซ้อนเป็นชั้นๆ อยู่ในตุ๊กตาตัวใหญ่กว่า และเก้าอี้พลาสติกที่สามารถจับซ้อนกันได้อย่างเหมาะสมขณะที่ไม่มีการใช้งาน |

## หลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (ต่อ)

| ลำดับที่ | หลักการ (principle) | สาระสำคัญ |
|---|---|---|
| 8 | คานน้ำหนัก (counterweight) | ขณะที่ระบบเกิดความไม่สมดุลด้วยแรงกระทำในทิศทางหนึ่ง การคานน้ำหนักในทิศตรงข้ามจะช่วยให้เกิดการชดเชย และทำการเปลี่ยนสมดุล หรือปรับสภาพระบบให้ดีขึ้น |
| 9 | กระทำการต้านทานก่อน (prior counter-action) | เมื่อทราบว่าจะเกิดสภาวะการณ์หรือปัญหาที่ไม่ต้องการหรือไม่เหมาะสมขึ้น การนำแนวคิดที่จะขจัดปัญหาก่อนเกิดภาวะการณ์ที่ไม่พึงประสงค์นั้น เพื่อป้องกันหรือต้านทานก่อนเกิดปัญหา และลดผลกระทบที่อาจจะเป็นโทษกับระบบ |
| 10 | กระทำก่อน (prior action) | เป็นการเตรียมการกระทำบางอย่างไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การทำงานตามกลไกที่ต้องการเป็นไปอย่างราบรื่น เช่นเดียวกับการจองไว้ล่วงหน้าหรือการตั้งเวลาไว้ |
| 11 | ป้องกันไว้ก่อน (cushion in advance) | เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นก่อนเกิดความเสียหาย ทั้งยังเป็นการลดความผิดพลาดที่ส่งผลต่อระบบ เช่น สินค้าในร้านที่ติดแม่เหล็กส่งสัญญาณกันการขโมย |
| 12 | ศักย์เท่ากัน (equipotentiality) | การเคลื่อนย้ายชิ้นงานส่วนใหญ่นั้นต้องทำการยกวัตถุขึ้นลง หากมีการเปลี่ยนเงื่อนไขหรือสภาวะการทำงานใหม่โดยได้ผลลัพธ์ที่มีประโยชน์หรือมีศักยภาพการทำงานเท่ากัน |
| 13 | ทำกลับทาง (do it in reverse) | เป็นการกระทำตรงข้ามหรือกลับทางจากแนวคิดเดิมๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานและสะดวกมากขึ้น |
| 14 | ทรงกลม (spheroidality) | การปรับเปลี่ยนวัตถุจากแนวราบหรือเส้นตรง มาเป็นวัตถุทรงกลมหรือส่วนโค้ง เพื่อทำให้เกิดประโยชน์ในด้านการรองรับ ลดแรงเสียดทาน เกิดความราบเรียบของการใช้งาน เช่น ใช้โครงสร้างที่เป็นโดมหรือส่วนโค้งเพื่อเพิ่มความแข็งแรงทางสถาปัตยกรรม |
| 15 | พลวัต (dynamicity) | เป็นการสร้างระบบที่สามารถจัดการกับการเปลี่ยนแปลงและการกระทำจากภายนอกโดยสร้างระบบการเคลื่อนไหว การสั่นสะเทือน |
| 16 | กระทำบางส่วนหรือมากกว่า (partial or excessive action) | เป็นการกระทำหรือใช้ประโยชน์จากระบบให้มากกว่า หรือน้อยกว่าที่ออกแบบไว้ |
| 17 | แปลงสู่มิติใหม่ (transition into a new dimension) | เป็นการเปลี่ยนเป้าหมายในมิติปกติจากระบบเชิงเส้น จากหนึ่งมิติสู่หลายมิติ จากแนวตั้งสู่แนวนอน จากแนวนอนสู่แนวทแยง จากแนวนอนสู่แนวตั้ง |
| 18 | สั่นเชิงกล (mechanical vibration) | ระบบการสั่นสะเทือน หรือการแกว่งไปมาเป็นการนำพลังงานใส่เข้าไปในวัตถุ เพื่อให้ได้รับผลประโยชน์หรือผลกระทบที่แตกต่างจากการสั่น แหล่งกำเนิดพลังงานอาจเกิดคลื่นเสียงหรือคลื่นความถี่สูง เช่น การใช้เตาหลอมที่สามารถแกว่งหรือสั่นได้ ช่วยให้โลหะไหลได้ดีในงานหล่อโลหะ |

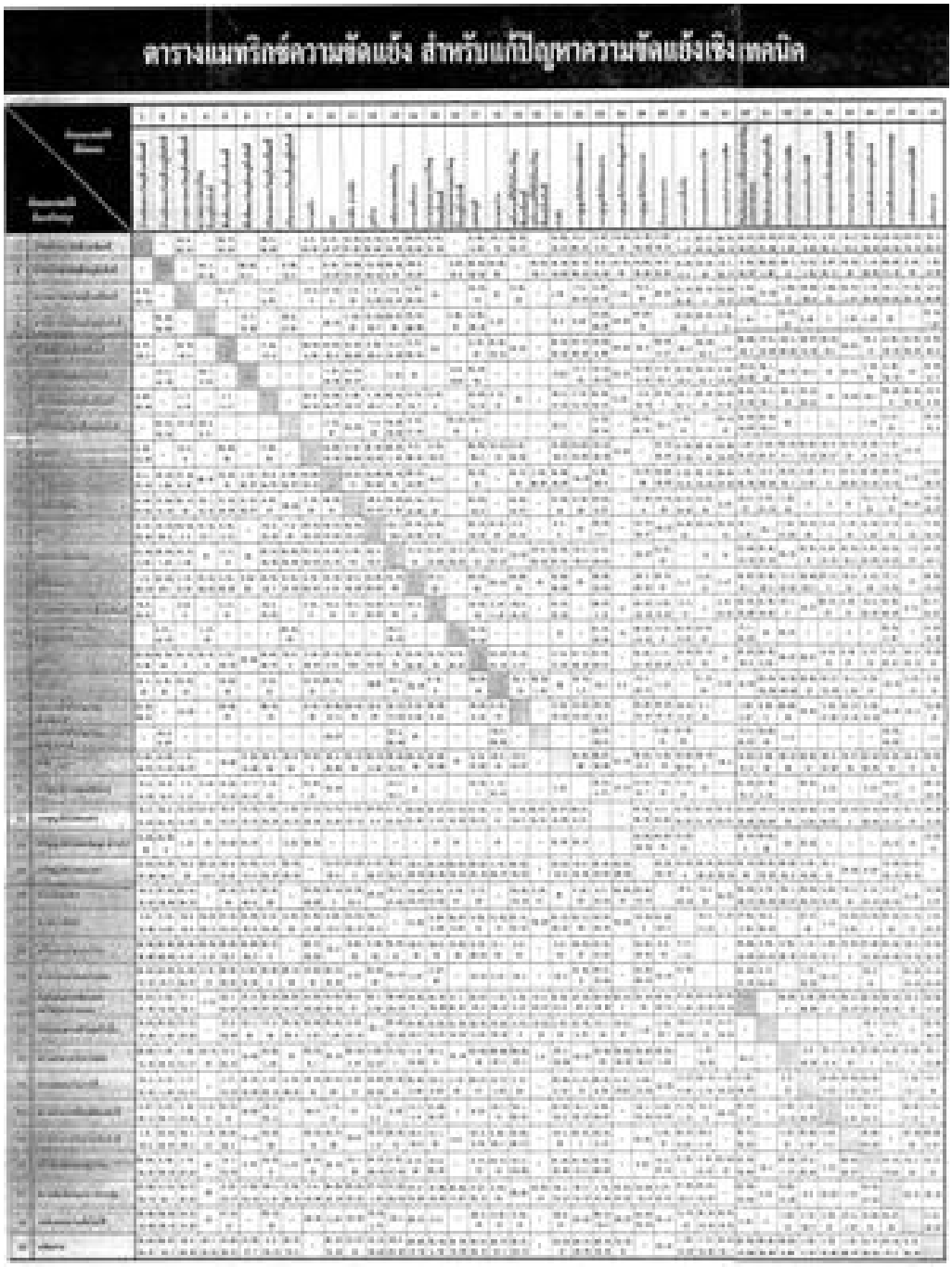
## หลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (ต่อ)

| ลำดับที่ | หลักการ (principle) | สาระสำคัญ |
|---|---|---|
| 19 | กระทำเป็นจังหวะ (periodic action) | เป็นการเปลี่ยนจังหวะการกระทำออกเป็นช่วงๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในงาน |
| 20 | กระทำต่อเนื่องที่เป็นประโยชน์ (continuity of useful action) | สร้างการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ โดยใช้การเคลื่อนที่เป็นตัวกลางเพื่อเพิ่มประโยชน์และประสิทธิภาพในงานนนั้นๆ หรือจำกัดและลดภาวะการเคลื่อนที่ที่สูญเปล่าออกไป เช่น การสร้างเครื่องมือตัดที่สามารถตัดชิ้นงานได้ทั้งไปและกลับ |
| 21 | กระทำอย่างว่องไว (rushing through) | เป็นการกระทำที่อาศัยการเพิ่มความเร็วในระดับหนึ่งเพื่อลดการเกิดอันตราย หรือเลี่ยงภัยที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น การหั่นขนมปังหรือมะเขือเทศสุกอย่างช้าๆ จะทำให้หั่นได้ไม่สวย ต้องหั่นอย่างรวดเร็วจึงจะได้ผลออกมาสวยงาม เช่น การตัดผนังพลาสติกแบบไม่ให้เกิดการเปลี่ยนรูปโดยใช้ความเร็วสูง |
| 22 | เปลี่ยนวิกฤติให้เป็นโอกาส (convert harm into benefit | ปรับเปลี่ยนส่วนที่เป็นโทษหรือไม่ต้องการออก และหากระบวนการที่สามารถสร้างให้เกิดประโยชน์จากส่วนเหล่านี้ เช่น การใช้ประโยชน์จากเชื้อโรคที่มีพิษภัยมาสร้างเป็นวัคซีน การใช้สารที่มีพิษของไนโตรกลีเซอรีนเป็นยารักษาโรคหัวใจ |
| 23 | ป้อนกลับ (feedback) | เป็นการนำหรือวัดค่าผลลัพธ์ของระบบก่อนและนำมาเปรียบเทียบค่ามาตรฐานเพื่อหาค่าตัวแปรปรับเพื่อป้อนกลับไปควบคุมระบบให้ได้ผลลัพธ์ตามที่กำหนดไว้ เช่น ระบบควบคุมระดับน้ำ ระบบวัดระดับน้ำก่อนและส่งข้อมูลกลับไปยังส่วนประมวลผล เพื่อคำนวณการปรับอัตราการไหลของน้ำให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำในถัง |
| 24 | ตัวกลาง (mediator) | อาศัยสื่อกลางเป็นตัวเชื่อมเพื่อถ่ายเทหน้าที่การทำงาน ผลลัพธ์และเงื่อนไขของระบบ |
| 25 | บริการตัวเอง (self service) | เป็นการสร้างระบบให้สามารถทำตามหน้าที่หรือดำเนินการได้เองแบบอัตโนมัติ โดยสามารถสร้างผลประโยชน์ให้กับระบบโดยรวม |
| 26 | เลียนแบบ (copying) | เป็นการเลียนแบบ ทำซ้ำ หรือจำลองระบบ หรือรูปแบบการทำงานเพื่อลดต้นทุน |
| 27 | ใช้แล้วทิ้ง (dispose) | เป็นการทดแทนผลิตภัณฑ์เดิมโดยใช้วัสดุที่ถูกกว่า ง่ายต่อการใช้งานกว่า สามารถกำจัดได้สะดวกเพื่อลดต้นทุน |
| 28 | แทนระบบเชิงกล (replacement of mechanical system) | แทนที่การทำงานด้วยระบบเชิงกล ปฏิสัมพันธ์เชิงกล เครื่องมือกลไกด้วยลักษณะทางกายภาพอื่นๆ หรือรูปแบบ การกระทำอื่นๆ เช่น ใช้แรงดันลม ใช้สนามแม่เหล็ก ใช้คลื่นเสียง แสง ความร้อน เป็นต้น |
| 29 | ใช้ระบบนิวเมติคหรือไฮดรอลิค (pneumatic or hydraulic construction) | เป็นการใช้ระบบนิวเมติคหรือไฮดรอลิคแทนหน้าที่การใช้งานเดิม |

## หลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (ต่อ)

| ลำดับที่ | หลักการ (principle) | สาระสำคัญ |
|---|---|---|
| 30 | เยื่อยืดหยุ่นหรือฟิล์มบาง (flexible membranes or thin films) | การแยกวัตถุออกจากสภาพแวดล้อมภายนอก โดยการใช้เยื่อยืดหยุ่นหรือฟิล์มบาง สำหรับสร้างชั้นเพื่อเคลือบผิวชิ้นงาน จนได้ประสิทธิภาพความทนทานของชิ้นงาน หรือเป็นการนำวัตถุที่ยืดหยุ่นได้มาใช้แบ่งส่วน หรือการเปลี่ยนโครงสร้างเดิม |
| 31 | วัสดุรูพรุน (porous material) | วัสดุรูพรุนเป็นวัสดุที่สามารถให้สสารผ่าน เพื่อแยกหรือกรององค์ประกอบที่ต้องการหรือไม่ต้องการได้ ทั้งนี้ยังสามารถใช้สำหรับการดูดซึม หรือกักเก็บของเหลวหรือก๊าซในรูพรุนนั้นได้ |
| 32 | เปลี่ยนสี (changing of colour) | สีเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สามารถบ่งบอก โดยใช้การเปลี่ยนสีมาเป็นกลไกในการตรวจวัด เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจจับปัญหา |
| 33 | เนื้อเดียว (homogeneity) | วัตถุหรือสสารที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งอื่นๆ ควรปรับเปลี่ยนมาใช้วัสดุพลังงานหรือข้อมูลเดียวกัน |
| 34 | ใช้ชิ้นส่วนที่สลายและเกิดใหม่ (rejecting and regenerating part) | เป็นการใช้วัสดุหรือชิ้นงานที่สามารถสลายตัวได้เองเมื่อผ่านการใช้งานแล้ว ทั้งนี้ยังรวมถึงการใช้วัสดุ หรือชิ้นส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ |
| 35 | เปลี่ยนลักษณะสมบัติ (transformation of the properties) | เป็นการแปลงลักษณะสมบัติวัตถุหรือระบบเพื่อให้ได้คุณลักษณะที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นการเปดลี่ยนแปลงของรูปทรงเรขาคณิตหรือแปลงความยืดหยุ่นเชิงกล ผลลัพธ์จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อวัตถุหรือระบบหรือเป็นการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติจากการเพิ่มสารเคมี |
| 36 | แปลงสถานะ (phase transition) | เป็นการใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนสถานะของวัสดุ หรือสภาวะเพื่อสร้างความได้เปรียบให้กับระบบ เช่น การเปลี่ยนแปลงของปริมาตร การปล่อยหรือดูดความร้อน หรือการเปลี่ยนรูปทรงของวัสดุ |
| 37 | ขยายตัวด้วยความร้อน (thermal expansion) | เป็นการใช้ประโยชน์จากการขยายตัวด้วยพลังงานความร้อนเพื่อเปลี่ยนให้เป็นการกระทำเชิงกล หรือการเคลื่อนที่ |
| 38 | เติมอากาศอย่างรวดเร็ว (accelerated oxidation) | หลักการเติมออกซิเจนด้วยความเร่งประกอบด้วยกระบวนการทางกล ในการเติมหรือขับเคลื่อนออกซิเจนจากภายนอกเข้าไปในระบบหรือกระบวนการทางเคมีที่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทั้งนี้ยังรวมถึงการใช้ออกซิเจนในรูปของก๊าซไอออนหรือโมเลกุลก็ได้ |
| 39 | สภาพแวดล้อมเฉื่อย (inert environment) | การเกิดปฏิกิริยาในสภาพแวดล้อมอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบได้ แนวทางการแก้ปัญหา คือการสร้างสภาวะเป็นกลางสุญญากาศหรือสภาพแวดล้อมเฉื่อย หรือลดการเกิดปฏิกิริยา เช่น การเติมก๊าซอาร์กอนแทนอากาศในหลอดไฟฟ้าเพื่อป้องกันไม่ให้ไส้หลอดไฟขาดง่าย |
| 40 | วัสดุคอมโพสิท (composite materials) | เป็นแนวคิดของการใช้วัสดุคอมโพสิทเนื่องจากต้องการลดปัญหาด้านน้ำหนัก ทั้งนี้ยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและทนแรงบิด แรงหักงอต่างๆได้มากขึ้นด้วย |

**ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของคุณสมบัติ 39 อย่าง**



# ภาคผนวก ข
# การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) สำหรับปัญหารอยขีดข่วน ในกระบวนการผลิตส่วนหลังของโรงงานตัวอย่าง

# การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) สำหรับปัญหารอยขีดข่วนในกระบวนการ Detape

**PROCESS FMEA**

Process Failure Mode and Effects Analysis
(PFMEA)

PFMEA No. : FMEA-STD-001/QFN
วันเริ่มต้น PFMEA : 30 ตุลาคม 2550
วันที่ทบทวนล่าสุด PFMEA : 18 สิงหาคม 2554

กระบวนการ : การผลิตวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN
แผนก : วิศวกรรม

หัวหน้าโครงการ : หัวหน้าส่วนวิศวกรรม จัดเตรียมโดย : ทีมงาน FMEA
คณะทำงาน : หัวหน้าส่วนออกแบบ, หัวหน้าส่วนการผลิต, หัวหน้าส่วนการควบคุมคุณภาพ, หัวหน้าส่วนวิศวกรรม, หัวหน้าส่วนการวางแผนการผลิต

| ขั้นตอน | สภาพความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | ผลกระทบที่เป็นไปได้ | S | สาเหตุของความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | O | สถานะการป้องกันในปัจจุบัน | สถานะการตรวจสอบในปัจจุบัน | | D | RPN | ข้อแนะนำวิธีการแก้ไข | ผู้รับผิดชอบ | วันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ | ผลการแก้ไข | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ด้วยเครื่องจักร | ด้วยคน | | | | | | การแก้ไข | S | O | D | RPN |
| Detape | รอยขีดข่วน | - เกิดของเสีย<br>- ไม่ผ่านการทดสอบการต่อเชื่อมระหว่าง IC และ PCB<br>- มีปัญหาด้าน Functional ที่ Test และที่ลูกค้า<br>- ลูกค้าขาดความเชื่อมั่น | 7 | - ขั้นตอนการนับและตรวจสอบสตริปงานไม่เหมาะสม | 3 | กำหนดวิธีการนับสตริปงาน | | - มีการตรวจสอบสตริปงาน จำนวนสุ่ม : 100%<br>ความถี่ : ทุกล็อต | 7 | 147 | -ออกแบบ jig เพื่อช่วยในการเคลื่อนย้ายและขณะที่ทำการตรวจสอบสตริปงาน | วิศวกรฝ่ายผลิต | ก.พ.-54 | ใช้ jig ในการเคลื่อนย้ายและขณะตรวจสอบสตริปงาน | 7 | 2 | 7 | 98 |

# การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) สำหรับปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะในกระบวนการ Laser marking

**PROCESS FMEA**

Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA)

PFMEA No. : FMEA-STD-001/QFN
วันเริ่มต้น PFMEA : 30 ตุลาคม 2550
วันที่ทบทวนล่าสุด PFMEA : 18 สิงหาคม 2554

กระบวนการ : การผลิตวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN
แผนก : วิศวกรรม

หัวหน้าโครงการ : หัวหน้าส่วนวิศวกรรม จัดเตรียมโดย : ทีมงาน FMEA
คณะทำงาน : หัวหน้าส่วนออกแบบ, หัวหน้าส่วนการผลิต, หัวหน้าส่วนการควบคุมคุณภาพ, หัวหน้าส่วนวิศวกรรม, หัวหน้าส่วนการวางแผนการผลิต

| ขั้นตอน | สภาพความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | ผลกระทบที่เป็นไปได้ | S | สาเหตุของความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | O | สถานะการป้องกันในปัจจุบัน | สถานะการตรวจสอบในปัจจุบัน | | D | RPN | ข้อแนะนำวิธีการแก้ไข | ผู้รับผิดชอบ | วันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ | ผลการแก้ไข | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ด้วยเครื่องจักร | ด้วยคน | | | | | | การแก้ไข | S | O | D | RPN |
| Laser marking | รอยขีดข่วน | - เกิดของเสีย<br>- ไม่ผ่านการทดสอบการต่อเชื่อมระหว่าง IC และ PCB<br>- มีปัญหาด้าน Functional ที่ Test และที่ลูกค้า<br>- ลูกค้าขาดความเชื่อมั่น | 7 | - ขั้นตอนการนับและตรวจสอบสตริปงานไม่เหมาะสม | 2 | - กำหนดวิธีการนับสตริปงาน<br>- ใช้ jig เพื่อช่วยในการเคลื่อนย้ายและขณะที่ทำการตรวจสอบสตริปงาน | | - มีการสุ่มตรวจสอบสตริปงาน<br>จำนวนสุ่ม : 3 สตริป/ครั้ง<br>ความถี่ : ทุกแมกกาซีน<br><br>- มีการสุ่มตรวจสอบสตริปงานโดย QC<br>จำนวนสุ่ม : 1 สตริปแรก/ล็อต<br>ความถี่ : ทุกล็อต | 9 | 126 | - ติดตั้งกล้องสำหรับตรวจสอบคุณภาพของสตริปงาน และมีเซนเซอร์ตรวจนับสตริปงานที่เครื่อง | วิศวกรฝ่ายผลิต | เม.ย.-54 | ใช้กล้องในการตรวจสอบคุณภาพและใช้เซนเซอร์นับสตริปงาน | 7 | 2 | 5 | 70 |

# การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) สำหรับปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะในกระบวนการ Singulation

**PROCESS FMEA**

Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA)

PFMEA No. : FMEA-STD-001/QFN
วันเริ่มต้น PFMEA : 30 ตุลาคม 2550
วันที่ทบทวนล่าสุด PFMEA : 18 สิงหาคม 2554

กระบวนการ : การผลิตวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN
แผนก : วิศวกรรม

หัวหน้าโครงการ : หัวหน้าส่วนวิศวกรรม จัดเตรียมโดย : ทีมงาน FMEA
คณะทำงาน : หัวหน้าส่วนออกแบบ, หัวหน้าส่วนการผลิต, หัวหน้าส่วนการควบคุมคุณภาพ, หัวหน้าส่วนวิศวกรรม, หัวหน้าส่วนการวางแผนการผลิต

| ขั้นตอน | สภาพความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | ผลกระทบที่เป็นไปได้ | S | สาเหตุของความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | O | สถานะการป้องกันในปัจจุบัน | สถานะการตรวจสอบในปัจจุบัน | | D | RPN | ข้อแนะนำวิธีการแก้ไข | ผู้รับผิดชอบ | วันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ | ผลการแก้ไข | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ด้วยเครื่องจักร | ด้วยคน | | | | | | การแก้ไข | S | O | D | RPN |
| Singulation | รอยขีดข่วน | - เกิดของเสีย<br>- ไม่ผ่านการทดสอบการต่อเชื่อมระหว่าง IC และ PCB<br>- มีปัญหาด้าน Functional ที่ Test และที่ลูกค้า<br>- ลูกค้าขาดความเชื่อมั่น | 7 | -เกิดรอยขีดข่วนบนขาลีดเนื่องจากชนกับ locate pin ระหว่างการดีดสตริปงานที่ Mounting machine | 2 | - เปลี่ยนเป็นใช้สปริงกับ locate pin | | - มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน จำนวนสุ่ม : 5 ยูนิต/พาแนลของสตริปแรก ความถี่ : ทุกล็อต<br>-ตรวจสอบ 100% ด้วยเครื่อง auto inspection กับทุกล็อตงานที่ FVI | 9 | 126 | -เปลี่ยนฐานรองสตริปที่ Mounting machine เป็นแบบไม่ใช้ locate pin | วิศวกรฝ่ายผลิต | ม.ค.-54 | ใช้ฐานรองสตริปแบบไม่ใช้ locate pin | 7 | 1 | 9 | 63 |
| | | | | -เกิดรอยขีดข่วนบนขาลีดเนื่องจาก flange | 2 | - มีสัญญาณเอ้ดโนมัติในการตรวจจับระยะที่เหลืออยู่ของใบมีดตัด (EAS) | - มีสัญญาณเอ้ดโนมัติในการตรวจจับระยะที่เหลืออยู่ของใบมีดตัด (EAS) | - มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน จำนวนสุ่ม : 5 ยูนิต/พาแนลของสตริปแรก ความถี่ : ทุกล็อต<br>-ตรวจสอบ 100% ด้วยเครื่อง auto inspection กับทุกล็อตงานที่ FVI | 1 | 14 | | | | | | | | |

# การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) สำหรับปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะในกระบวนการ FVI

**PROCESS FMEA**

Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA)

PFMEA No. : FMEA-STD-001/QFN
วันเริ่มต้น PFMEA : 30 ตุลาคม 2550
วันที่ทบทวนล่าสุด PFMEA : 18 สิงหาคม 2554

กระบวนการ : การผลิตวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN
แผนก : วิศวกรรม

หัวหน้าโครงการ : หัวหน้าส่วนวิศวกรรม จัดเตรียมโดย : ทีมงาน FMEA
คณะทำงาน : หัวหน้าส่วนออกแบบ, หัวหน้าส่วนการผลิต, หัวหน้าส่วนการควบคุมคุณภาพ, หัวหน้าส่วนวิศวกรรม, หัวหน้าส่วนการวางแผนการผลิต

| ขั้นตอน | สภาพความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | ผลกระทบที่เป็นไปได้ | S | สาเหตุของความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | O | สถานะการป้องกันในปัจจุบัน | สถานะการตรวจสอบในปัจจุบัน | | D | RPN | ข้อแนะนำวิธีการแก้ไข | ผู้รับผิดชอบ | วันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ | ผลการแก้ไข | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ด้วยเครื่องจักร | ด้วยคน | | | | | | การแก้ไข | S | O | D | RPN |
| FVI | รอยขีดข่วน | - เกิดของเสีย<br>- ไม่ผ่านการทดสอบการต่อเชื่อมระหว่าง IC และ PCB<br>- มีปัญหาด้าน Functional ที่ Test และที่ลูกค้า<br>- ลูกค้าขาดความเชื่อมั่น | 7 | - ผิว Flip flop ที่ใช้รองเพื่อตรวจชิ้นงานมีรอยขีดข่วน | 2 | มีการทำความสะอาดและตรวจสอบ Flip flop (ทุกกะ) | | -ตรวจสอบ 100% ด้วยเครื่อง auto inspection กับทุกล็อตงานที่ FVI<br>- มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน จำนวนสุ่ม : 315 ยูนิต/ล็อต ความถี่ : ทุกล็อต | 3 | 42 | | | | | | | | |
| | | | | - พนักงานใช้ทวิสเซอร์แบบ stainless ในการหยิบยูนิต | 2 | -เปลี่ยนไปใช้ทวิสเซอร์แบบ teflon แทนการใช้ทวิสเซอร์แบบ stainless | | -ตรวจสอบ 100% ด้วยเครื่อง auto inspection กับทุกล็อตงานที่ FVI<br>- มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน จำนวนสุ่ม : 315 ยูนิต/ล็อต ความถี่ : ทุกล็อต | 3 | 42 | | | | | | | | |
| | | | | - แรงดันลมสูงเกินไปที่ทางออกของเครื่อง | 2 | - ใช้มาตรวัดลมเพื่อควบคุมวาล์วลมที่ทางออกของเครื่อง | | -ตรวจสอบ 100% ด้วยเครื่อง auto inspection กับทุกล็อตงานที่ FVI<br>- มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน จำนวนสุ่ม : 315 ยูนิต/ล็อต ความถี่ : ทุกล็อต | 3 | 42 | | | | | | | | |
| | | | | - Bowl feeder สึก | 2 | - มีขั้นตอนการตรวจเช็คส่วนของ Bowl feeder (รายเดือน) | | -ตรวจสอบ 100% ด้วยเครื่อง auto inspection กับทุกล็อตงานที่ FVI<br>- มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน จำนวนสุ่ม : 315 ยูนิต/ล็อต ความถี่ : ทุกล็อต | 3 | 42 | | | | | | | | |
| | | | | - Input/Output track สึก | 2 | - มีขั้นตอนการตรวจเช็คส่วนของ Input/Output track (รายเดือน) | | -ตรวจสอบ 100% ด้วยเครื่อง auto inspection กับทุกล็อตงานที่ FVI<br>- มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน จำนวนสุ่ม : 315 ยูนิต/ล็อต ความถี่ : ทุกล็อต | 3 | 42 | | | | | | | | |

# การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) สำหรับปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะในกระบวนการ QC FVI

**PROCESS FMEA**

Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA)

PFMEA No. : FMEA-STD-001/QFN
วันเริ่มต้น PFMEA : 30 ตุลาคม 2550
วันที่ทบทวนล่าสุด PFMEA : 18 สิงหาคม 2554

กระบวนการ : การผลิตวงจรไฟฟ้ารวมประเภท QFN
แผนก : วิศวกรรม

หัวหน้าโครงการ : หัวหน้าส่วนวิศวกรรม จัดเตรียมโดย : ทีมงาน FMEA
คณะทำงาน : หัวหน้าส่วนออกแบบ, หัวหน้าส่วนการผลิต, หัวหน้าส่วนการควบคุมคุณภาพ, หัวหน้าส่วนวิศวกรรม, หัวหน้าส่วนการวางแผนการผลิต

| ขั้นตอน | สภาพความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | ผลกระทบที่เป็นไปได้ | S | สาเหตุของความล้มเหลวที่เป็นไปได้ | O | สถานะการป้องกันในปัจจุบัน | สถานะการตรวจสอบในปัจจุบัน | | D | RPN | ข้อแนะนำวิธีการแก้ไข | ผู้รับผิดชอบ | วันที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ | ผลการแก้ไข | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ด้วยเครื่องจักร | ด้วยคน | | | | | | การแก้ไข | S | O | D | RPN |
| QC FVI | รอยขีดข่วน | - เกิดของเสีย<br>- ไม่ผ่านการทดสอบการต่อเชื่อมระหว่าง IC และ PCB<br>- มีปัญหาด้าน Functional ที่ Test และที่ลูกค้า<br>- ลูกค้าขาดความเชื่อมั่น | 7 | - ผิว Flip flop ที่ใช้รองเพื่อตรวจชิ้นงานมีรอยขีดข่วน | 2 | มีการทำความสะอาดและตรวจสอบ Flip flop (ทุกกะ) | | - มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน<br>จำนวนสุ่ม : 300 ยูนิต/ล็อต<br>ความถี่ : ทุกล็อต | 7 | 98 | | | | | | | | |
| | | | | - พนักงานใช้ทวิสเซอร์แบบ stainless ในการหยิบยูนิต | 2 | -เปลี่ยนไปใช้ทวิสเซอร์แบบ teflon แทนการใช้ทวิสเซอร์แบบ stainless | | - มีการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน<br>จำนวนสุ่ม : 300 ยูนิต/ล็อต<br>ความถี่ : ทุกล็อต | 7 | 98 | | | | | | | | |

# ภาคผนวก ค
# ตารางแนวทางการประเมินค่าความรุนแรง การเกิดข้อบกพร่อง และการตรวจจับใน FMEA ของโรงงานตัวอย่าง

## ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าความรุนแรงสำหรับ PFMEA/DFMEA

| ผลกระทบ | ไครทีเรีย : ความรุนแรงของผลกระทบ<br>การประเมินค่าความรุนแรงจะมีผลเมื่อข้อบกพร่องที่เป็นไปได้มีผลต่อลูกค้าสุดท้าย และ/หรือ ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตในแพลนท์ จะต้องพิจารณาลูกค้าสุดท้ายก่อนเสมอ ถ้ามีผลต่อทั้งคู่ ให้ใช้ค่าความรุนแรงที่สูงกว่า | | | | | | การประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผลกระทบ | ผลกระทบต่อลูกค้า (PFMEA/DFMEA) | ผลกระทบต่อผู้ใช้งานขั้นสุดท้าย : DFMEA | ผลกระทบ | ผลกระทบต่อกระบวนการผลิต (PFMEA) | ผลกระทบต่อกระบวนการผลิต (DFMEA) | |
| อันตราย โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า | ข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและ/หรือ กฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล | ข้อบกพร่องที่เป็นไปได้มีผลกระทบต่อระบบการทำงาน/ความปลอดภัยหรือความเสียหายเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน หรือก่อให้เกิดสภาวะความไม่ปลอดภัยในการใช้งาน หรือ ต่อลูกค้าและ/หรือเกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาลโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า | ข้อบกพร่องที่น่าจะเป็นไปได้อาจมีผลกระทบต่อการบาดเจ็บของคน และ/หรือ เกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมาย โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า | ข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและ/หรือ กฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล | อาจเป็นอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักร/กระบวนการผลิต) โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า | ข้อบกพร่องที่น่าจะเป็นไปได้มีผลกระทบต่อความปลอดภัยในสายการผลิตและ/หรือเกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า | 10 |
| อันตรายโดยมีการเตือนล่วงหน้า | ข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและ/หรือ กฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล | ข้อบกพร่องที่เป็นไปได้มีผลกระทบต่อระบบการทำงาน/ความปลอดภัย หรือความเสียหายเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน หรือก่อให้เกิดสภาวะความไม่ปลอดภัยในการใช้งาน หรือ ต่อลูกค้าและ/หรือเกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาลโดยมีการเตือนล่วงหน้า | ข้อบกพร่องที่น่าจะเป็นไปได้อาจมีผลกระทบต่อการบาดเจ็บของคน และ/หรือ เกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมาย โดยมีการเตือนล่วงหน้า | ข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและ/หรือ กฎหมาย/ข้อบังคับของรัฐบาล | อาจเป็นอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักร/กระบวนการผลิต) โดยมีการเตือนล่วงหน้า | ข้อบกพร่องที่น่าจะเป็นไปได้มีผลกระทบต่อความปลอดภัยในสายการผลิตและ/หรือเกี่ยวข้องกับการไม่เป็นไปตามกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า | 9 |
| สูงมาก | สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานหลัก | ผลิตภัณฑ์สูญเสียหน้าที่การทำงานหลักไม่สามารถใช้งานได้แต่ไม่มีผลกระทบต่อด้านความปลอดภัยของระบบการทำงาน หรือกระทบต่อความคงทนของผลิตภัณฑ์ หรือ ยิวด์ยูนิตทุกตัวทั้ง 100% ไม่สามารถใช้งานที่ลูกค้าได้ | การใช้งานหลักไม่ทำงานและ/หรือทำให้ OEM หยุดสายการผลิต | รบกวนอย่างรุนแรง | 100% ของผลิตภัณฑ์อาจจะต้องทิ้งหรือ สายการผลิตหยุดหรือ หยุดส่งผลิตภัณฑ์ | ไม่สามารถทำการผลิตได้การออกแบบไม่เหมาะกับการผลิต 100% ของการผลิตจะถูกทิ้งเนื่องจากการออกแบบ | 8 |

## ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าความรุนแรงสำหรับ PFMEA/DFMEA (ต่อ)

| ผลกระทบ | ไครทีเรีย : ความรุนแรงของผลกระทบ<br>การประเมินค่าความรุนแรงจะมีผลเมื่อข้อบกพร่องที่เป็นไปได้มีผลต่อลูกค้าสุดท้าย และ/หรือ ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตในแพลันท์ จะต้องพิจารณาลูกค้าสุดท้ายก่อนเสมอ ถ้ามีผลต่อทั้งคู่ ให้ใช้ค่าความรุนแรงที่สูงกว่า | | | | | | การประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผลกระทบ | ผลกระทบต่อลูกค้า (PFMEA/DFMEA) | ผลกระทบต่อผู้ใช้งานขั้นสุดท้าย : DFMEA | ผลกระทบ | ผลกระทบต่อกระบวนการผลิต (PFMEA) | ผลกระทบต่อกระบวนการผลิต (DFMEA) | |
| สูง | สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานหลัก | ผลิตภัณฑ์ มีความเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานหลักแต่ยังสามารถใช้งานได้แต่ประสิทธิภาพลดลง (ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก) | ลูกค้าไม่พึงพอใจอย่างมาก ทำให้สายการผลิตของโมดูล ชัพพลายเออร์หยุด สูญเสียการควบคุมการทำงานของยานยนต์ ผลิตภัณฑ์ | รบกวนอย่างมาก | ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ต้องทิ้ง มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตจากเดิม รวมถึงการลดอัตราการผลิต หรือต้องเพิ่มพนักงานเข้าไป หรือ ทำให้ความคงทนของผลิตภัณฑ์และยิวด์ต่ำ, ต้องมีการซอตที่พิเศษขึ้น | ไม่สามารถทำการผลิตได้เนื่องจากยิวด์ต่ำ มีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะผลิตได้ล่าช้า หรือจะจัดส่งได้ช้า | 7 |
| ผลกระทบปานกลาง | สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานรอง | ผลิตภัณฑ์สูญเสียหน้าที่การทำงานรองแต่ยังสามารถใช้งานได้แต่ลูกค้าพบว่าไม่สะดวกในการใช้งานฟังก์ชั่นด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน หรืออาจก่อให้เกิดการร้องเรียนจากลูกค้า ลูกค้าไม่พอใจ | ลูกค้าไม่พอใจลดฟังก์ชั่นการทำงานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องทำการคัดแยกของเสีย ไม่สะดวกสบายในการใช้งาน | รบกวนปานกลาง | 100% ของผลิตภัณฑ์ อาจต้องถูกแก้ไข/รีสกรีนนอกกระบวนการผลิตและยอมรับได้ หรือของเสียเกิดในระบบย่อย หรือ บางส่วนของผลิตภัณฑ์ไม่ทำงาน, ต้องมีการเซ็ตอัพพิเศษ | ยิวด์ในการผลิตไม่สามารถยอมรับได้ ซึ่งมีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะผลิตได้ล่าช้า หรือจะจัดส่งได้ช้า | 6 |
| ผลกระทบต่ำ | สูญเสียหรือเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานรอง | ผลิตภัณฑ์มีความเสื่อมลงของหน้าที่การทำงานรองแต่ยังสามารถใช้งานได้ แต่ฟังก์ชั่นการทำงานรองและ ฟังก์ชั่นด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน มีประสิทธิภาพลดลง หรืออาจก่อให้เกิดการร้องเรียนจากลูกค้า ลูกค้าไม่พอใจ | ลูกค้าบางส่วนไม่พอใจ ส่วนการใช้งานด้านความสะดวกสบายลดประสิทธิภาพลง | รบกวนปานกลาง | บางส่วนของผลิตภัณฑ์อาจต้องถูกแก้ไข/รีสกรีนนอกกระบวนการผลิตและยอมรับได้ หรือ ปัญหามีผลกระทบต่อยิวด์โดยรวม | ยิวด์ในการผลิตไม่สามารถยอมรับได้ ซึ่งรวมถึงเกิดดาวน์ไทม์ในสายการผลิต, ผลิตภัณฑ์ต้องถูกซอตและรีเทส | 5 |

## ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าความรุนแรงสำหรับ PFMEA/DFMEA (ต่อ)

| ผลกระทบ | ไครทีเรีย : ความรุนแรงของผลกระทบ<br>การประเมินค่าความรุนแรงจะมีผลเมื่อข้อบกพร่องที่เป็นไปได้มีผลต่อลูกค้าสุดท้าย และ/หรือ ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตในแพลนท์ จะต้องพิจารณาลูกค้าสุดท้ายก่อนเสมอ ถ้ามีผลต่อทั้งคู่ ให้ใช้ค่าความรุนแรงที่สูงกว่า | | | | | | การประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผลกระทบ | ผลกระทบต่อลูกค้า (PFMEA/DFMEA) | ผลกระทบต่อผู้ใช้งานขั้นสุดท้าย : DFMEA | ผลกระทบ | ผลกระทบต่อกระบวนการผลิต (PFMEA) | ผลกระทบต่อกระบวนการผลิต (DFMEA) | |
| ผลกระทบต่ำมาก | ทำให้เกิดความรำคาญ | รูปลักษณ์ภายนอกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด(อาจเกี่ยวข้องกับขนาด/มิติ/รูปร่างเสียงของผลิตภัณฑ์) และข้อบกพร่องสามารถถูกสังเกตโดยลูกค้าส่วนใหญ่ (>75%) | ผลิตภัณฑ์ใช้งานได้ไม่ค่อยสะดวกสบาย เล็กน้อย อัตราของเสียจะถูกพบโดยลูกค้าส่วนใหญ่ (>75%) | รบกวนปานกลาง | 100% ของผลิตภัณฑ์อาจจะต้องถูกแก้ไข/รีสกรีนในกระบวนการผลิตก่อนที่จะดำเนินการผลิตขั้นต่อไป หรือ ข้อบกพร่องจะต้องโดนกำจัดโดยต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งผลต่อการสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์เล็กน้อย | สูญเสียยิวด์แต่ยังสูงกว่าเป้าหมาย | 4 |
| ผลกระทบเล็กน้อย | ทำให้เกิดความรำคาญ | รูปลักษณ์ภายนอกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (อาจเกี่ยวข้องกับขนาด/มิติ/รูปร่างเสียงของผลิตภัณฑ์) และข้อบกพร่องสามารถถูกสังเกตโดยลูกค้าปานกลาง (ประมาณ 50%) | ผลิตภัณฑ์ใช้งานได้ไม่ค่อยสะดวกสบาย เล็กน้อย ของเสียจะถูกพบโดยลูกค้าส่วนใหญ่ (>50%) | รบกวนปานกลาง | ข้อบกพร่องมีผลต่อการสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์บางส่วนของผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจต้องถูกแก้ไข/รีสกรีน ในสายการผลิตในกระบวนการผลิตก่อนที่จะดำเนินการผลิตขั้นต่อไป แต่ไม่มีการทิ้ง | สูญเสียยิวด์แต่ยังสูงกว่าเป้าหมาย | 3 |
| ผลกระทบเล็กน้อยมาก | ทำให้เกิดความรำคาญ | รูปลักษณ์ภายนอกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (อาจเกี่ยวข้องกับขนาด/มิติ/รูปร่างของเสียงผลิตภัณฑ์) และข้อบกพร่องสามารถถูกสังเกตได้โดยลูกค้าทั่วไป บางครั้ง (<25%) | ของเสียอาจไม่ถูกพบโดยลูกค้า (ทั้งภายในหรือภายนอก) เพราะมีผลกระทบน้อยมากจนเหมือนเป็นเรื่องปกติ | รบกวนเล็กน้อย | มีความไม่สะดวกเล็กน้อยในการทำงานหรือกับพนักงาน หรือไม่มีผลกระทบเลย ข้อบกพร่องไม่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ | ของเสียอาจไม่ถูกพบโดยลูกค้า (ทั้งภายในหรือภายนอก) เพราะมีผลกระทบน้อยมากจนเหมือนเป็นเรื่องปกติ | 2 |
| ไม่มีผลกระทบ | ไม่มีผลกระทบ | ไม่มีผลกระทบ | ไม่มีผลกระทบ | ไม่มีผลกระทบ | ไม่มีผลกระทบ | ไม่มีผลกระทบ | 1 |

**ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าการเกิดข้อบกพร่อง: PFMEA**

| ความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง | คะแนน | PFMEA ความถี่ในการเกิดสาเหตุ | PFMEA จำนวนครั้งที่เกิดต่อผลิตภัณฑ์/ระบบ | PFMEA CPK / PPK |
|---|---|---|---|---|
| สูงมาก | 10 | >/=100 ในพันส่วน (100,000 DPM) | >/= 1 ใน 10 | < 0.55 |
| สูง | 9 | 50 ในพันส่วน (50,000 DPM) | 1 ใน 20 | 0.55-0.77 |
| สูง | 8 | 20 ในพันส่วน (20,000 DPM) | 1 ใน 50 | 0.78-0.85 |
| สูง | 7 | 10 ในพันส่วน (10,000 DPM) | 1 ใน 100 | 0.86-0.99 |
| ปานกลาง | 6 | 2 ในพันส่วน (2,000 DPM) | 1 ใน 500 | 1.00-1.19 |
| ปานกลาง | 5 | 0.5 ในพันส่วน (500 DPM) | 1 ใน 2,000 | 1.20-1.24 |
| ปานกลาง | 4 | 0.1 ในพันส่วน (100 DPM) | 1 ใน 10,000 | 1.25-1.29 |
| ต่ำ | 3 | 0.01 ในพันส่วน (10 DPM) | 1 ใน 100,000 | 1.30-1.66 |
| ต่ำ | 2 | </= 0.001 ในพันส่วน (1 DPM) | 1 ใน 1,000,000 | 1.67-1.99 |
| ต่ำมาก | 1 | ข้อบกพร่องสามารถถูกกำจัดได้โดยการควบคุมเชิงป้องกัน | ข้อบกพร่องสามารถถูกกำจัดได้โดยการควบคุมเชิงป้องกัน | >/=2.00 |

หมายเหตุ : การคำนวณของเสียต่อล้านส่วน (DPM) = ยูนิตที่รีเจ็ค/จำนวนยูนิตที่ตรวจ X 1,000,000

## ตารางแนะแนวทางการประเมินค่าการตรวจจับ : PFMEA

| ความสามารถในการตรวจจับ | โอกาสในการตรวจจับ | โอกาสของการตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการผลิต | การประเมิน |
|---|---|---|---|
| เกือบจะเป็นไปไม่ได้ | ไม่มีโอกาสในการตรวจจับเลย | - ไม่มีการควบคุมปัจจุบันของกระบวนการผลิต : ไม่สามารถตรวจจับ หรือไม่ถูกวิเคราะห์เลย ของเสียจะไปเจอเมื่อลูกค้านำไปใช้งาน | 10 |
| ตรวจจับแทบจะไม่ได้ | ไม่สามารถตรวจจับได้ไม่ว่าที่ใด | - ข้อบกพร่องและ/หรือ ข้อผิดพลาด (สาเหตุ) ไม่สามารถตรวจจับได้โดยง่าย (เช่น การสุ่มตรวจ) หรือของเสียจะไปตรวจจับได้ที่อินคัมมิ่ง หรือการทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้า | 9 |
| ตรวจจับได้น้อย | ปัญหาถูกตรวจจับได้หลังกระบวนการผลิต | - การตรวจจับข้อบกพร่องโดยพนักงานเกิดขึ้นหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ หรือ ที่กระบวนการผลิตท้ายสุด โดยการตรวจโดยสายตา หรือฟังเสียง เป็นต้น | 8 |
| ตรวจจับได้ต่ำมาก | ปัญหาถูกตรวจจับได้ที่กระบวนการผลิต | - การตรวจจับข้อบกพร่องโดยพนักงานเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยการตรวจโดยสายตา หรือฟังเสียง<br>- หรือตรวจจับหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือนับ เช่น Go/No Go เกจ การทดสอบทางไฟฟ้า เป็นต้น | 7 |
| ตรวจจับได้ต่ำ | ปัญหาถูกตรวจจับได้หลังกระบวนการผลิต | - การตรวจจับข้อบกพร่องโดยพนักงานเกิดขึ้นหลังกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือวัด<br>- หรือ การตรวจจับในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยพนักงานโดยใช้เครื่องมือนับ เช่น Go/No Go เกจ เป็นต้น | 6 |
| ตรวจจับได้ปานกลาง | ปัญหาถูกตรวจจับได้หลังกระบวนการผลิต | - การตรวจจับข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาด (สาเหตุ) โดยพนักงานในกระบวนการผลิตนั้น ๆ โดยใช้เครื่องมือวัด<br>- หรือ โดยการควบคุมอัตโนมัติในสายการผลิตนั้น ๆ ซึ่งจะตรวจจับของเสียและบอกเตือนพนักงานได้ (เช่น แสง, สัญญาณ เป็นต้น)<br>- 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 หรือการออกแบบชิ้นส่วนทำให้ของเสียไม่สามารถถูกผลิตออกมาได้ เพราะเครื่องจักร/อุปกรณ์/เครื่องมือ/ชิ้นส่วน ได้ถูกออกแบบให้ป้องกันการผิดพลาดแล้วโดยการออกแบบกระบวนการผลิต/ผลิตภัณฑ์แล้ว | 1 |

# ภาคผนวก ง
# ตัวอย่างแบบประเมินที่ใช้ในการหาสาเหตุหลักของปัญหา

**<u>แบบประเมินคะแนนเพื่อหาสาเหตุหลักของปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะของลีดเฟรม PPF</u>**

ชื่อผู้ทำการประเมิน_____ วันที่ทำการประเมิน _____

จงพิจารณาสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรม PPFและให้คะแนนโอกาสที่ทำให้เกิดปัญหา โดยให้ทำการวงกลมล้อมรอบตัวเลข โดยพิจารณาตามลำดับคะแนนดังนี้

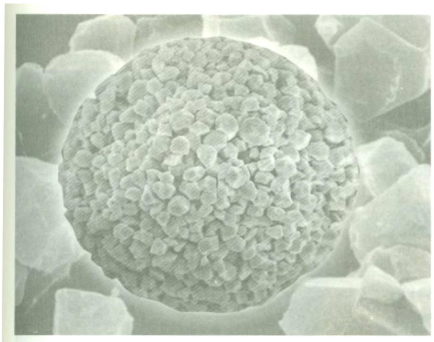
0 หมายถึง สาเหตุดังกล่าวไม่มีโอกาสที่จะทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนได้
10 หมายถึง สาเหตุดังกล่าวมีโอกาสที่จะทำให้เกิดปัญหารอยขีดข่วนได้มากที่สุด

| รหัส | สาเหตุหลักที่เป็นไปได้ของการเกิดปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะ สำหรับลีดเฟรม PPF | คะแนน | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | สตริปงานที่ซ้อนกันในแมกกาซีน ทำให้เกิดการเสียดสีกัน | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| B | พื้นผิวของแผ่นอลูมิเนียม สำหรับรองสตริปงานในแมกกาซีนไม่เรียบ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| C | ลีดเฟรมมีรอยขีดข่วนมาจากผู้ผลิตลีดเฟรม | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| D | ผิว PPF ไม่ทนทานต่อการขีดข่วน | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

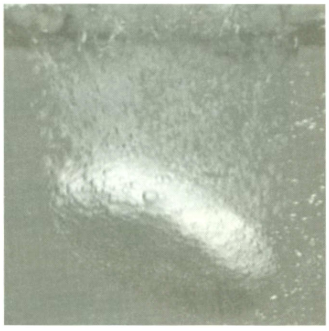
# ภาคผนวก จ
# ตัวอย่างของหลักการ 4 ข้อที่ใช้เป็นแนวคิดในการแก้ปัญหา ซึ่งได้จากการเปิดตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของคุณสมบัติ 39 อย่าง

## ตัวอย่างหลักการที่ 14 ทรงกลม (spheroidality)

| 14. ทรงกลม | |
|---|---|
| **หลักการย่อย**: | - เปลี่ยนส่วนที่เป็นเส้นตรงให้เป็นส่วนที่เป็นเส้นโค้ง เปลี่ยนผิวแบนให้เป็นผิวทรงกลม เปลี่ยนรูปลูกบาศก์ให้เป็นรูปบอล |
| **สาระสำคัญ**: | การปรับเปลี่ยนวัตถุจากแนวราบหรือเส้นตรงมาเป็นวัตถุทรงกลมหรือส่วนโค้ง เพื่อทำให้เกิดประโยชน์ในด้านการรองรับ ลดแรงเสียดทาน เกิดความราบเรียบของการใช้งาน เช่น ใช้โครงสร้างที่เป็นโดม หรือส่วนโค้ง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทางสถาปัตยกรรม |
| **ตัวอย่าง/ภาพประกอบ**: | กระบวนการผลิตยาเม็ดนั้นประกอบด้วย สารตัวยาสำคัญ สารเพิ่มปริมาณยา สารหล่อลื่นและสารแต่งกลิ่น เป็นต้น สารเพิ่มปริมาณยาที่ใช้ในปัจจุบันได้แก่แป้งข้าวโพด แล็คโตสซึ่งโมเลกุลไม่สามารถเกาะกลุ่มเป็นทรงกลมได้ แต่แป้งข้าวเจ้าดัดแปรสามารถผลิตออกมาให้เป็นลักษณะทรงกลมที่สามารถทำหน้าที่ของการไหลที่ดี (free flowing) และสามารถตอกเม็ดยาได้สม่ำเสมอ ตัวยาไม่แยกชั้น เม็ดยามีความแข็งแรงสูง สามารถแตกตัวและปลดปล่อยตัวยาได้อย่างรวดเร็ว การผลิตแป้งข้าวเจ้าเกาะกลุ่มลักษณะทรงกลมนั้น สามารถนำแป้งข้าวเจ้าที่มีขนาดเล็กจำนวนมากมาเกาะกันจนเป็นทรงกลมขนาดใหญ่ ซึ่งทำได้โดยผ่านการแปรสภาพด้วยกระบวนการทางกายภาพและเคมี แล้วทำแห้งด้วยวิธี spray dry โดยความเป็นทรงกลมของเม็ดแป้งข้าวเจ้านี้จะส่งผลให้สามารถผลิตผ่านทางกระบวนการผลิตชีวเภสัชกรรม ความคงตัวทางเคมีและฟิสิกส์ได้ง่ายขึ้น |



รูปแสดงการเกาะกลุ่มของแป้งข้าวเจ้าที่มีลักษณะทรงกลม

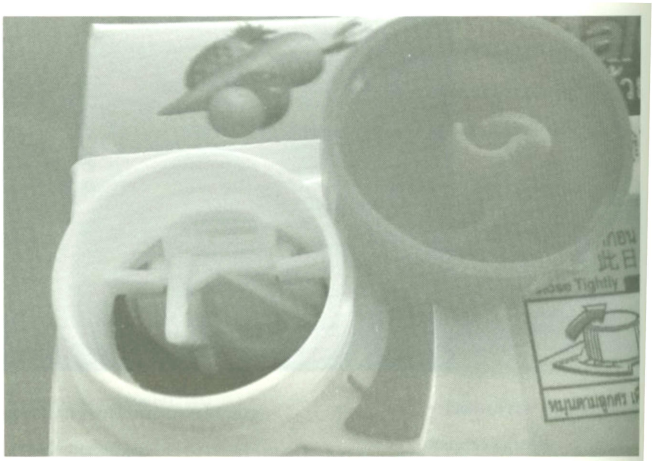


รูปแสดงลักษณะการแตกตัวในน้ำของเม็ดยา

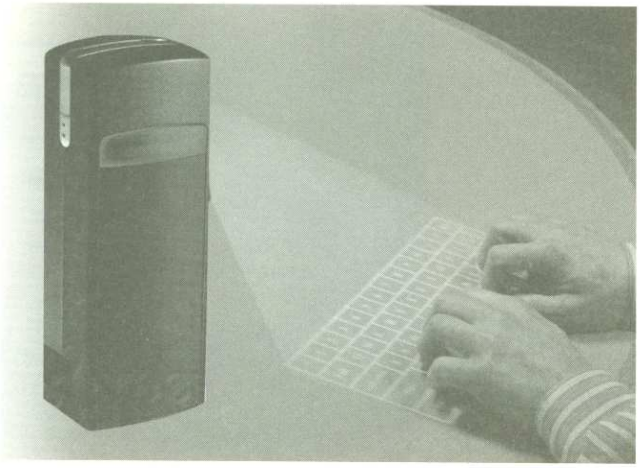
นวัตกรรมเม็ดแป้งเกาะกลุ่มลักษณะทรงกลมได้รับรางวัลชนะเลิศจากการประกวดผลงานรางวัลนวัตกรรมแห่งชาติ ด้านเศรษฐกิจ ในปี 2548 จากสำนักนวัตกรรมแห่งชาติ ซึ่งก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ โดยสามารถลดการนำเข้าสารเพิ่มปริมาณในการผลิตยาเม็ด เช่นแป้งข้าวโพด เซลลูโลส และแล็กโตส ทั้งนี้ยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับแป้งข้าวเจ้า

| | |
|---|---|
| **ตัวอย่างอื่น ๆ**: | - หลังคารูปโดมของสนามกีฬา |

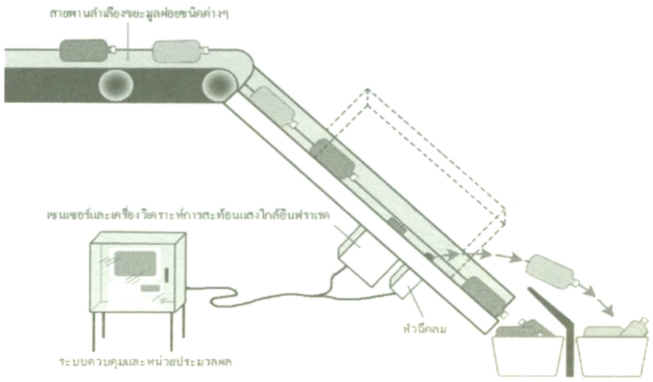
## ตัวอย่างหลักการที่ 25 บริการตัวเอง (self service)

| 25. บริการตัวเอง (self service) | |
|---|---|
| **หลักการย่อย**: | - วัตถุสามารถให้บริการ ทำหน้าที่เสริมหรือซ่อมแซมตัวเองได้<br>- ใช้ประโยชน์จากวัสดุและพลังงานที่เป็นของเสีย |
| **สาระสำคัญ**: | เป็นการสร้างระบบให้สามารถทำหน้าที่หรือดำเนินการได้เองแบบอัตโนมัติ โดยสามารถสร้างผลประโยชน์ให้กับระบบโดยรวม |
| **ตัวอย่าง/ภาพประกอบ**: | สังเกตไหมว่าฝากล่องน้ำผลไม้ส่วนใหญ่เป็นแบบหมุน ซึ่งบ่อยครั้งต้องบิดฝาก่อนแล้วจึงทำการเจาะหรือเปิดฝาภายในได้ ซึ่งต้องทำงาน 2 ขั้นตอน ซึ่งบางครั้งเกิดความไม่สะดวกในการใช้งาน จึงได้มีผู้คิดค้นฝากล่องที่สามารถเปิดฝาภายในได้ทันที ซึ่งเป็นการอาศัยความขัดแย้งของความต้องการความสะดวกในการใช้งาน การลดเวลาในการทำงานและเป็นการนำประโยชน์จากการบิดฝามาสร้างสภาวะที่ได้เปรียบผ่านกลไกของฝาแบบใหม่ที่มีแกนกลางเป็นเกลียวคล้ายสกรู ทำให้ขณะบิดฝาออกเกลียวนี้จะทำหน้าที่ดันและเจาะฝาภายในทะลุและเปิดออกอย่างอัตโนมัติ ซึ่งลดขั้นตอนการทำงานได้และสะดวกต่อการใช้งานอีกด้วย<br>  <br>รูปแสดงฝากล่องที่ทำหน้าที่ดันและเจาะฝากระดาษภายในให้ทะลุและเปิดออก |
| **ตัวอย่างอื่น ๆ**: | - กระสอบทรายซ้อนเรียงกันโดยทรายสามารถทำการอุดรูรั่วได้ |

## ตัวอย่างหลักการที่ 26 เลียนแบบ (copying)

| 26. **เลียนแบบ** (copying) | |
|---|---|
| **หลักการย่อย**: | - ควรใช้วัตถุที่ง่ายและราคาไม่แพง แทนที่จะใช้ของเดิมที่เปราะบาง หรือวัตถุที่ใช้งานยาก<br>- ถ้าใช้ภาพถ่ายที่มองเห็นได้ด้วยสายตา ให้เปลี่ยนเป็นภาพจากรังสีอินฟราเรด หรืออุลตร้าไวโอเลต<br>- แทนที่วัตถุด้วยภาพถ่าย สามารถย่อยหรือขยายภาพลักษณ์ของวัตถุนั้นได้ |
| **สาระสำคัญ**: | เป็นการเลียนแบบ ทำซ้ำ หรือจำลองระบบหรือรูปแบบการทำงานเพื่อลดต้นทุน |
| **ตัวอย่าง/ภาพประกอบ**: | การสร้างภาพและอุปกรณ์เสมือนเริ่มมีบทบาทมากขึ้นในยุคดิจิตอล ไม่ว่าจะเป็นการจำลองภาพเสมือน 3 มิติ (holographic) ฮาร์ดไดร์ฟเสมือน (virtual hard drive) คีย์บอร์ดเสมือน (virtual keyboard) ในที่นี้ขอกล่าวเฉพาะคีย์บอร์ดเสมือนที่ทำงานโดยใช้เทคโนโลยีแสงอินฟราเรดเพื่อสร้างวงจรเลียนแบบคีย์บอร์ดสำหรับการจดจำรูปแบบแสงขณะรับข้อมูลการพิมพ์จากคีย์บอร์ดที่สร้างจากภาพฉายด้วยแสงเลเซอร์บนพื้นผิวราบ คีย์บอร์ดเสมือนนี้สามารถพกพาและเคลื่อนย้ายได้อย่างสะดวก จึงเหมาะสำหรับพีดีเอสสมาร์ทโฟน โน๊ตบุ๊กหรือคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ<br>  <br>รูปแสดงผลิตภัณฑ์คีย์บอร์ดเสมือน ของบริษัท ไอเทคไดนามิ |
| **ตัวอย่างอื่น ๆ**: | - การวัดระยะทางจากภาพถ่ายดาวเทียม |

## ตัวอย่างหลักการที่ 28 แทนระบบเชิงกล (replacement of mechanical system)

| 28. **แทนระบบเชิงกล** (replacement of mechanical system) | |
|---|---|
| **หลักการย่อย**: | - แทนระบบเชิงกลด้วยระบบแสง ระบบเสียง ระบบความร้อน หรือระบบสัมผัสด้วยกลิ่น<br>- ใช้สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก หรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ให้มีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ<br>- เปลี่ยนสภาพแวดล้อม<br>- ใช้อนุภาคแม่เหล็ก |
| **สาระสำคัญ**: | แทนที่การทำงานด้วยระบบเชิงกล ปฏิสัมพันธ์เชิงกล เครื่องมือ กลไก ด้วยลักษณะทางกายภาพอื่นๆ หรือรูปแบบ การกระทำอื่นๆ เช่น การใช้แรงดันลม สนามแม่เหล็ก คลื่นเสียง แสง ความร้อน เป็นต้น |
| **ตัวอย่าง/ภาพประกอบ**: | ขยะพลาสติก กระดาษ ปัจจุบันก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นการคัดแยกขยะเหล่านี้ก่อนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เดิมมีการคัดแยกด้วยการถ่วงน้ำหนัก หรือระบบทางกล ซึ่งค่อนข้างยุ่งยาก การนำระบบการคัดแยกด้วยเทคโนโลยีแสงใกล้อินฟราเรด (near infrared technology) มาช่วยประเมินค่าความร้อนของขยะแต่ละประเภท เพื่อนำมาประมวลผล เพื่อระบุว่าสิ่งที่ตรวจสอบพบเป็นขยะชนิดไหน ระบบการคัดแยกขยะมูลฝอยแบบมีประสิทธิภาพในการแยกขยะอย่างถูกต้องมากกว่าร้อยละ 85 ทั้งนี้เพื่อลดการใช้แรงงานและระบบทางกลสำหรับการคัดแยก<br>  <br>รูปแสดงเทคโนโลยีการคัดแยกด้วยแสงใกล้อินฟราเรด |
| เทคโนโลยีการคัดแยกขยะพลาสติก กระดาษด้วยแสงใกล้อินฟราเรด ของบริษัท อีจีเอ็น ประเทศเยอรมนี เป็นโรงงานที่ทำหน้าที่คัดแยกและกำจัดขยะมูลฝอยปริมาณ 200 ล้านตันต่อปี ในประเทศเยอรมนีมีการรณรงค์การคัดแยกขยะมูลฝอยมากว่า 10 ปี เนื่องจากเห็นถึงคุณค่าของขยะเหล่านี้ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และบางส่วนยังสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานได้ | |
| **ตัวอย่างอื่น ๆ**: | - เครื่องวัดระยะทางด้วยเลเซอร์แทนการวัดด้วยอุปกรณ์วัดแบบเดิม |

# ภาคผนวก ฉ
# ตัวอย่างแบบประเมินหลักเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการเลือกวิธีแก้ไขปัญหา

**<u>แบบประเมินคะแนนเพื่อเลือกหลักเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการเลือกวิธีแก้ไขปัญหา</u>**

ชื่อผู้ทำการประเมิน_____ วันที่ทำการประเมิน _____

จงพิจารณาหลักเกณฑ์ที่ได้จากการประชุมกลุ่มในเรื่องของความเป็นไปได้, เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ, ต้นทุน และคุณภาพ แล้ววงกลมให้คะแนนตามลำดับความสำคัญ ดังนี้

4 หมายถึง เป็นเกณฑ์ที่มีความสำคัญมากที่สุด เป็นอันดับที่ 1

3 หมายถึง เป็นเกณฑ์ที่มีความสำคัญมากเป็นอันดับที่ 2

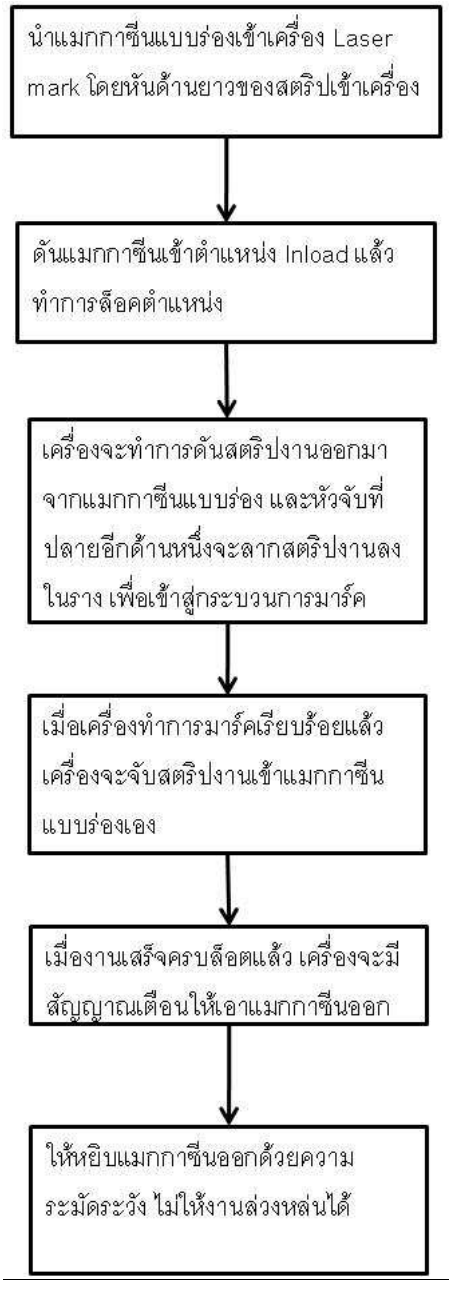
2 หมายถึง เป็นเกณฑ์ที่มีความสำคัญเป็นอันดับที่ 3

1 หมายถึง เป็นเกณฑ์ที่มีความสำคัญเป็นอันดับที่ 4

| **เกณฑ์ที่ต้องพิจารณา** | **คะแนน** | | | |
|---|---|---|---|---|
| ความเป็นไปได้ | 1 | 2 | 3 | 4 |
| เวลาที่ต้องใช้ในการดำเนินการ | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ต้นทุน | 1 | 2 | 3 | 4 |
| คุณภาพ | 1 | 2 | 3 | 4 |

# ภาคผนวก ช
# ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และการดูแลรักษา

**ขั้นตอนการปฏิบัติงานกับเครื่อง Laser mark สำหรับแมกกาซีนแบบร่อง**

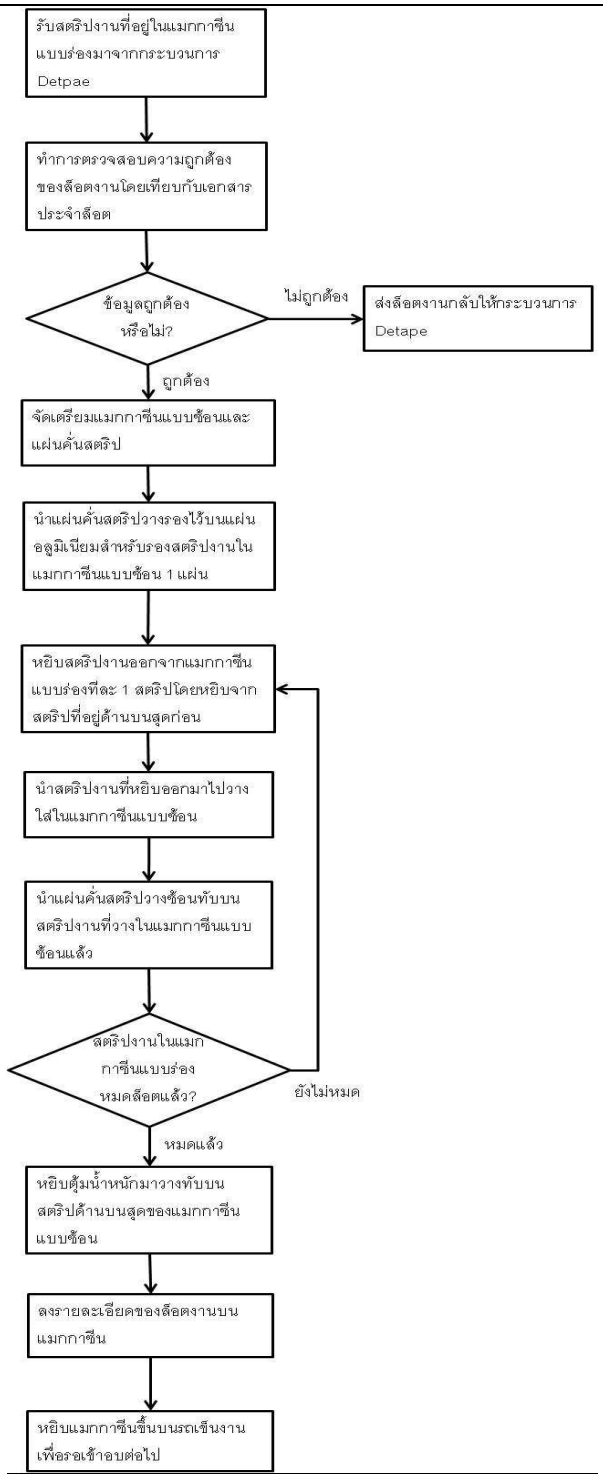
| ขั้นตอนการปฏิบัติงาน | ผู้รับผิดชอบ |
|---|---|
|  | พนักงานประจำเครื่อง Laser mark |

| เอกสารเลขที่ : WI-MRK-001 | ผู้ทำการแก้ไขเอกสาร : วิศวกรฝ่ายผลิต | วันที่ประกาศใช้ : 26 พ.ค. 54 |
|---|---|---|

## ขั้นตอนการปฏิบัติงานโดยทั่วไปกับแมกกาซีนแบบร่อง

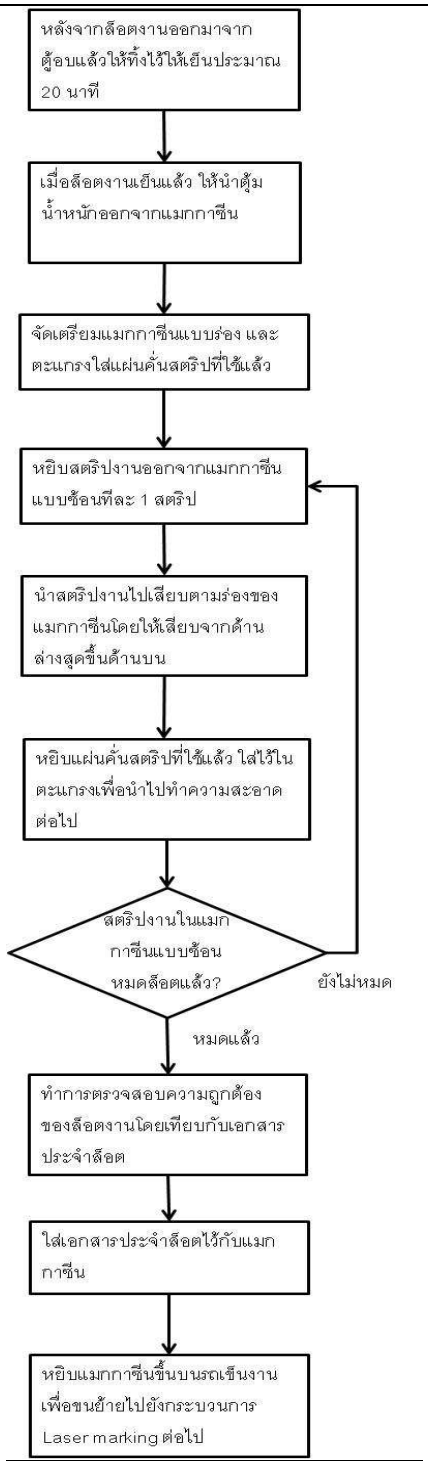
| ขั้นตอนการปฏิบัติงาน | ผู้รับผิดชอบ |
|---|---|
| 1) การใช้งานแมกกาซีนแบบร่องต้องทำทีละ 1 สตริปงาน<br>2) ในการเสียบสตริปงานเข้าแมกกาซีนแบบร่องนั้น ให้ทำจากด้านล่างสุดขึ้นด้านบน เพื่อให้สามารถมองเห็นร่องที่ยังไม่มีการใส่สตริปงานได้ชัดเจน<br>3) สังเกตให้สตริปงานอยู่ในแนวร่องเดียวกันทั้งซ้ายและขวาก่อน จึงจะทำการเสียบสตริปงานเข้าร่อง เพื่อให้สามารถเสียบสตริปงานเข้าร่องเดียวกันได้อย่างถูกต้อง<br>4) ในการดึงสตริปงานออกจากแมกกาซีน ให้ทำจากด้านบนสุดลงด้านล่าง เพื่อให้ดึงสตริปงานที่กำลังดึงออกไม่ชนกับสตริปที่อยู่ด้านบน<br>5) ในการหยิบจับสตริปงานนั้นควรทำด้วยความระมัดระวัง | พนักงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแมกกาซีนแบบร่อง |

# ขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อเปลี่ยนถ่ายแมกกาซีนจากแบบร่องเป็นแบบซ้อนที่กระบวนการ Package cure

| ขั้นตอนการปฏิบัติงาน | ผู้รับผิดชอบ |
|---|---|
|  | พนักงานประจำกระบวนการ package cure |

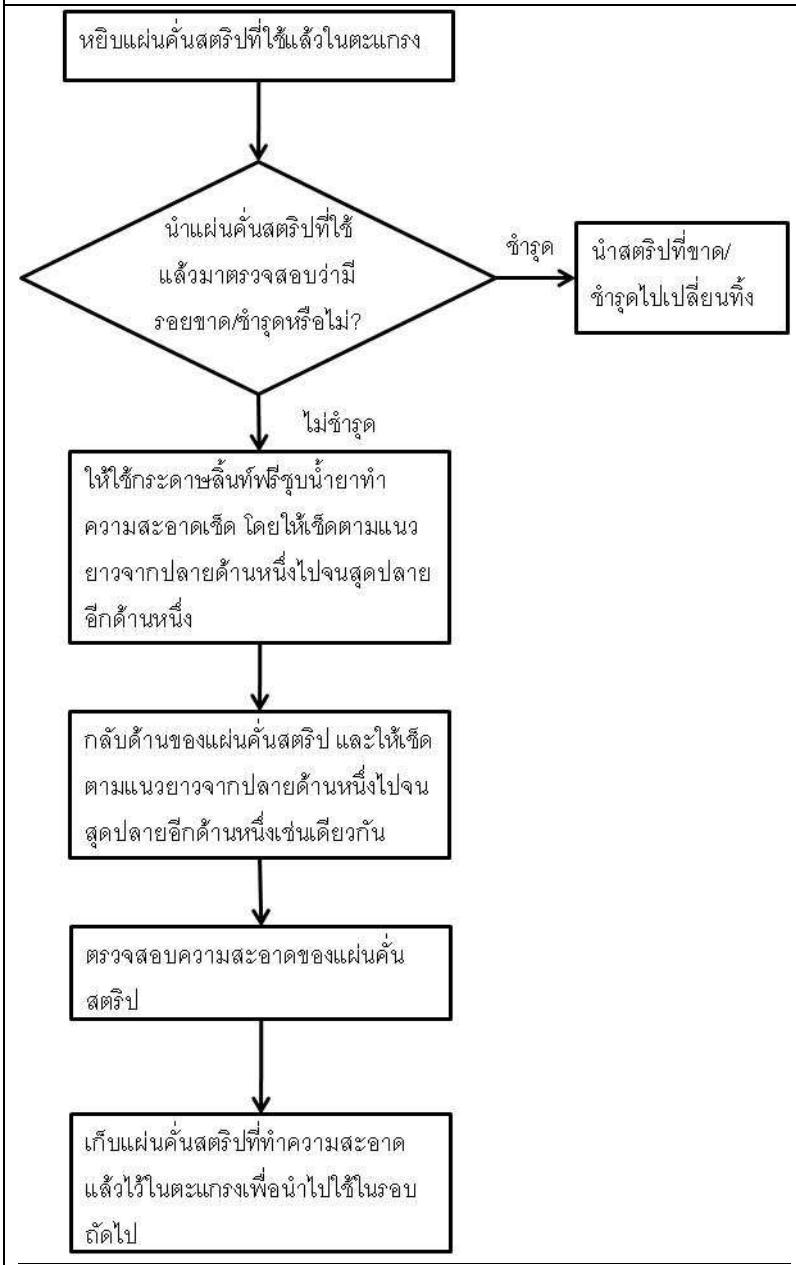
| เอกสารเลขที่ : WI-PMC-001 | ผู้ทำการแก้ไขเอกสาร : วิศวกรฝ่ายผลิต | วันที่ประกาศใช้ : 27 พ.ค. 54 |
|---|---|---|

**ขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อเปลี่ยนถ่ายแมกกาซีนกลับ จากแบบซ้อนเป็นแบบร่องที่ กระบวนการ Package cure**

| ขั้นตอนการปฏิบัติงาน | ผู้รับผิดชอบ |
|---|---|
|  | พนักงานประจำกระบวนการ package cure |

| เอกสารเลขที่ : WI-PMC-001 | ผู้ทำการแก้ไขเอกสาร : วิศวกรฝ่ายผลิต | วันที่ประกาศใช้ : 27 พ.ค. 54 |
|---|---|---|

## ขั้นตอนการทำความสะอาดแผ่นคั่นสตริปงาน

| ขั้นตอนการปฏิบัติงาน | ผู้รับผิดชอบ |
|---|---|
|  | พนักงานทำความสะอาดแผ่นคั่นสตริป |

| เอกสารเลขที่ : WI-EOL-001 | ผู้ทำการแก้ไขเอกสาร : วิศวกรฝ่ายผลิต | วันที่ประกาศใช้ : 27 พ.ค. 54 |
|---|---|---|

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุตันตรา แซ่จิว เกิดวันที่ 12 กรกฎาคม 2523 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี 2545 หลังจบการศึกษาได้เข้าทำงานกับบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ และบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และจึงได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2552