การปรับปรุงกระบวนการผลิตแผงวงจรรวมชนิด PPF (Pre-Plated Frame)

จักรชัย น้ำผึ้ง

DPU

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2555

INTEGRATED CIRCUIT ASSEMBLY PROCESS IMPROVEMENT

FOR PPF (Pre-Plated Frame)

Jakchai Namphueng

DPU

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Integrated Engineering Management

Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

2012

กิตติกรรมประกาศ

โครงการปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาเสียสละให้คำปรึกษาแนะนำระหว่างการศึกษาค้นคว้าตลอดจนช่วยในการตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดและอนุมัติโครงการปัญหาพิเศษนี้ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงการปัญหาพิเศษทุกท่านที่ได้กรุณาแนะนำและให้ข้อมูลต่างๆ จนกระทั่งโครงการปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

การศึกษาโครงการปัญหาพิเศษนี้จะสำเร็จไปไม่ได้เลย หากไม่ได้รับความร่วมมือจากพนักงานบริษัท วิจิแลนท์ เทคโนโลยี จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ที่ทำให้โครงการปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของการจัดทำ

สุดท้ายขอขอบพระคุณครอบครัว ผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน และเพื่อนนักศึกษาที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจจนสามารถทำให้โครงการสำเร็จ

จักรชัย น้ำผึ้ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1
   - 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
   - 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 7
   - 1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดของงานวิจัย..... 7
   - 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 8
   - 1.5 แผนการดำเนินการ..... 8
2. ทฤษฎี เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9
   - 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 9
   - 2.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง..... 28
   - 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 38
3. ระเบียบและวิธีวิจัย..... 42
   - 3.1 ศึกษากระบวนการผลิตที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบัน..... 42
   - 3.2 ศึกษาข้อกำหนดของลูกค้าที่เกี่ยวกับ I.C. ที่ผลิต จาก Lead Frame ชนิด PPF..... 43
   - 3.3 ทดลองผลิต I.C. จาก Lead Frame PPF ด้วยกระบวนการปกติและสรุปผล..... 46
   - 3.4 วิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับกระบวนการผลิต อุปกรณ์ และเครื่องจักร..... 46
   - 3.5 ปรับปรุงกระบวนการผลิต เครื่องมือ เครื่องจักร..... 47
   - 3.6 การทดลองผลิต I.C. จาก Lead Frame ชนิด PPF..... 48
4. ผลการวิจัย..... 52
   - 4.1 ผลิตงานตัวอย่างด้วยวิธีการปกติ..... 52
   - 4.2 วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 55

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4.3 ปรับปรุงกระบวนการ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรด้วยเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง..... 60
4.4 ทำการทดลองผลิตงานหลังจากทำการปรับปรุง..... 62
4.5 วัดขนาดต่างๆ ตามข้อกำหนดลูกค้าทั้ง 8 รายการ..... 62
5. สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 72
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย..... 72
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 73
บรรณานุกรม..... 75
ประวัติผู้เขียน..... 78

DPU

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	8
2.1	เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S) สำหรับ Process FMEA	11
2.2	เกณฑ์ประเมินความถี่ในการเกิด (O) สำหรับ Process FMEA	14
2.3	เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) สำหรับ Process FMEA	14
2.4	แบบฟอร์มสำหรับ Process FMEA16	16
2.5	ผลการทดสอบการความสามารถของการยึดติด (Adhesive Strength)	32
2.6	ผลการทดสอบแรงเสียดทานของผิว (Coefficient of sliding friction)	35
3.1	ข้อกำหนดของลูกค้า Visual Mechanical Requirement 3WI7201	44
3.2	ข้อกำหนดของลูกค้า Trim & Form Work Instruction 3WI7101	45
3.3	ค่าที่ต้องวัดตามข้อกำหนดของลูกค้า	49
3.4	Data check sheet record I	50
3.5	Data check sheet record II	51
4.1	การวิเคราะห์ผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis: PFMEA	58
4.2	อุปกรณ์และวิธีการขึ้นรูปก่อนและหลังการปรับปรุง	61
4.3	ข้อกำหนดของลูกค้า	62
4.4	ผลการวัดขนาดตามข้อกำหนด Data check sheet record I	63
4.5	ผลการวัดขนาดตามข้อกำหนด Data check sheet record II	64
4.6	แสดงผลการตรวจใต้กล้อง 30 เท่า	65
4.7	ผลการควบคุมการผลิตขนาดของ Foot Angle	67
4.8	ผลการควบคุมการผลิตขนาดของ Lead co planarity	68
4.9	เปรียบเทียบอายุการใช้งานของอุปกรณ์ขึ้นรูปขางาน	70
4.10	Tool life monitoring	71
5.1	งบประมาณที่ประหยัดได้	72

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการผลิต I.C	1
1.2	ขั้นตอนการทำ Wafer saw	2
1.3	ขั้นตอนการ Die attached	2
1.4	ขั้นตอนการ Wire Bonder	3
1.5	แผงวงจรก่อนและหลังการฉีดพลาสติก Mold	3
1.6	ขั้นตอนการ Marking	4
1.7	แผงวงจรก่อนและหลังการชุบ	4
1.8	การขึ้นรูปขางานและบรรจุงานใส่	5
1.9	ลักษณะของงานชนิด Surface Mount และ Thru Hole	5
1.10	ผิวของแผงวงจรที่ผ่านการชุบด้วยดีบุก และ PPF	6
1.11	สัดส่วนของงานแต่ละชนิด	6
1.12	ลักษณะงาน 8Lead Small Outline gull-wing package (SOIC)	7
2.1	ขั้นตอนการใช้หลักการ FMEA	10
2.2	ผังแสดงการวิเคราะห์ด้วยคำถามทำไม	17
2.3	ผังตัวอย่างการตั้งคำถามทำไมโบลท์ไม่หมุน	19
2.4	ปัญหาแท็งค์น้ำบุบเข้าข้างในขณะปั๊มน้ำออก	19
2.5	ผังก้างปลาหรือผังเหตุและผล	22
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์โดยผังก้างปลากับลา	24
2.7	กราฟแสดงเส้นควบคุมต่างๆ	26
2.8	กราฟแสดงจุดที่ออกนอกเส้นควบคุม	27
2.9	กราฟแสดงจุดที่อยู่ด้านบนเส้นควบคุม	27
2.10	กราฟแดงจุดที่อยู่ใต้เส้นควบคุม	27
2.11	กราฟแสดงจุดที่วิ่งแบบปกติ	27
2.12	แสดงชั้นของดีบุกและลักษณะผิวบนแผงวงจร (Lead Frame Copper)	29
2.13	แสดงชั้นและลักษณะผิวของ PPF (Pre-Plated Lead Frame)	29
2.14	แสดงการเคลือบผิวด้วย DF Coating	30
2.15	แสดงความหนาและขนาด (Grain Size)	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.16 เครื่องทดสอบ Scratch Test unit ของผิว DF Coating..... 32
2.17 กราฟแสดงผลการทดสอบ Critical Loading ของ DF Coating..... 33
2.18 เปรียบเทียบความเสียหายของผิว DF Coating กับ DLC..... 33
2.19 กราฟเปรียบเทียบความแข็งของ DFC..... 34
2.20 เครื่องทดสอบแรงเสียดทาน..... 34
2.21 ความเรียบของผิวจากกล้อง Atomic Force Microscope..... 35
2.22 การขึ้นรูปแบบ Solid form..... 36
2.23 การขึ้นรูปแบบ Incline form..... 36
2.24 สูตรของแรงกดและตำแหน่งต่างๆ ของการขึ้นรูปขางาน..... 37
2.25 แสดงระยะ L ของ Solid form และ Incline form..... 38
3.1 กระบวนการผลิต I.C. หลัก 7 ขั้นตอน..... 43
3.2 Profile Projector..... 45
3.3 ลักษณะและวิธีการวัดขนาด 8 รายการ..... 46
3.4 การขึ้นรูปด้วยวิธีเอียง 45°..... 48
3.5 เทคโนโลยีการเคลือบผิวด้วย Diamond Coating..... 48
3.6 ลักษณะและจำนวนงานบน Lead Frame..... 48
3.7 จำนวนงาน 1 ชุดต่อการเข้ารูป 1 ครั้งเท่ากับ 10 ชิ้น..... 49
4.1 กราฟ Pareto แสดงรายละเอียดงานเสียทั้งหมด..... 52
4.2 ขางานเป็นรอยขีดข่วน Scratch on lead..... 53
4.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปขางาน..... 53
4.4 ขั้นตอน Dam bar cut..... 54
4.5 ขั้นตอน Lead Pre-Form..... 54
4.6 ขั้นตอน Final Form..... 54
4.7 ขั้นตอน Singulate..... 55
4.8 ผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาขางานเป็นรอยขีดข่วน..... 55
4.9 Why-Why Analysis วิเคราะห์ปัญหาเป็นรอยขีดข่วน..... 59
4.10 เครื่อง Trim & Form LT#08 ใช้ขึ้นรูปขางาน..... 61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.11 การลงข้อมูลในแบบฟอร์มตรวจขางาน 4CL0094..... 69
4.12 แสดงข้อมูลการนับของเครื่องจักร..... 70
5.1 รูปกราฟแสดงยอดการสั่งผลิตงาน 8SOIC (PPF Type)..... 73
5.2 งานชนิด Plastic Dual Inline Package (PDIP)..... 73
5.3 แม่พิมพ์แบบลูกกลิ้ง (Roller Forming) ในสายการผลิตขึ้นรูปแผ่นโลหะ..... 74
5.4 แม่พิมพ์แบบลูกกลิ้ง (Roller Forming)..... 74

DPU

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงกระบวนการผลิตแผงวงจรรวมชนิด PPF (Pre-Plated Frame)
ชื่อผู้เขียน จักรชัย น้ำผึ้ง
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

การผลิต I.C. Integrated Circuit ที่ผ่านมานั้นมีการแข่งขันกันทั้งด้านคุณภาพ และราคา การลดต้นทุนการผลิต การลดจำนวนของเสีย ทำให้บริษัทมีผลกำไรเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีไปมากทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ มีการลดขั้นตอนการผลิต การเปลี่ยนวัตถุดิบ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการพัฒนาเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และกระบวนการผลิตเพื่อที่จะสามารถผลิตงานนั้นได้ ในกรณีศึกษาบริษัทผลิต I.C แห่งหนึ่งต้องการผลิต I.C. จาก Lead Frame ที่ผ่านการชุบ Ni Pd Au หรือเรียกว่า Pre-Plate Frame (PPF) ทางบริษัทต้องการให้พัฒนาปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีอยู่มาทำการผลิตงานประเภท PPF ให้ได้และผ่านตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานของลูกค้า เนื่องจากงานประเภท PPF นั้นจะมีผิวที่ผ่านการชุบมาบางกว่างานปกติมาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้แนวทางที่จะพัฒนา ปรับปรุงเครื่องจักร อุปกรณ์และวิธีการ โดยใช้เทคนิคและทฤษฎีต่างๆ มาใช้ได้แก่ ทฤษฎีการวิเคราะห์ภาวะล้มเหลวและผลกระทบ FMEA (Failure Mode and Effected Analysis) ทฤษฎีวิเคราะห์สาเหตุผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) เพื่อหาสาเหตุ และทฤษฎีการตั้งคำถามทำไม ทำไม (Why-Why Analysis) เพื่อระบุถึงปัญหา หลังจากที่ทราบสาเหตุของปัญหาแล้ววิศวกรผู้วิจัยจึงเลือกใช้เทคนิคต่างมาแก้ปัญหาได้แก่ เทคนิค การขึ้นรูปขางานแบบเอียง 45 องศา (Incline Form) และเทคนิคการเคลือบผิวแบบ DF Coating ผลของการพัฒนาทำให้บริษัทสามารถผลิตงานได้ตามข้อกำหนดมาตรฐานของลูกค้าทำให้มีใบสั่งซื้องานประเภท PPF มาตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2554 เพิ่มขึ้น 20% หรือคิดเป็น 10 ล้านชิ้นต่อเดือน โดยมีการติดตามผลและควบคุมการผลิตด้วยทฤษฎีทางสถิติ SPC (Statistical Process Control) มีการติดตามผลของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นจนถึงปัจจุบัน

คำหลัก การลดจำนวนของเสีย ศึกษาความเป็นไปได้ แผงวงจร ควบคุมการผลิต

Thesis Title	Integrated Circuit Assembly Process improvement For PPF (Pre-Plated Frame)
Author	Jakchai Namphueng
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Suparatchai Vorarat
Department	Engineering Management
Academic Year	2012

ABSTRACT

Integrated Circuit (I.C.), a technological development and environmental product, is mainly used in the assembly manufacturing that is a highly competitive industry. This industry should focus on high quality, exceptional customer service, defect reduction, yield, cycle time, and low material cost. This type of business is better known as semiconductor business, and also mainly depends on innovative design of tools, machines and production process which is an integrated circuit (I.C.) product. The new requirements for new products occur, when the samples are sent by customers to their sub-contractors for a feasibility study for qualifications. In this case, the new product is PPF (Pre-Plated Frame), which is a type of plating surface skin through the coat. Any subcontractor who can run with PPF will get a 20% increase in revenue or about 1.2 million Baht per month, before coming to 20% increase of revenue, the engineering team has to develop all equipment involved in this process to improve the machinery, the equipment and the process. The theoretical analysis such as FMEA (Failure Mode and Effected Analysis), Fish Bone Diagram and Why – Why Analysis were used to identify the root cause and how to eliminate the production problems. The researcher use problem-solving techniques as DF Coating techniques and Incline form techniques. Base on the findings, the manufacturing companies, mass production of I.C has increase 2 percent to build mass production since May 2011

Keywords: defect reduction feasibility study lead frame process control

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

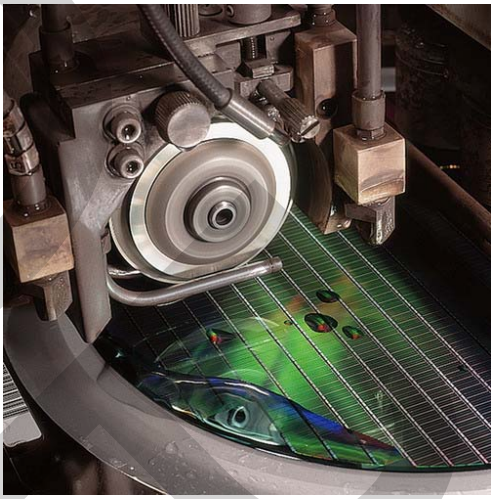
ปัจจุบันมีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ประเภทชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ Integrated Circuit (I.C.) ซึ่งก็จะเป็นข้อกำหนดใหม่ๆ ของลูกค้าที่ผู้ผลิตต่างๆ จำเป็นต้องผลิตสินค้าให้ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าถ้าผู้ผลิตหรือ โรงงานใดไม่สามารถทำตามข้อกำหนดที่ลูกค้าต้องการก็จะเสียโอกาสที่จะได้ส่วนแบ่งทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นไป เพราะผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทอนิกส์จะเป็นส่วนประกอบหนึ่งในผลิตภัณฑ์หลายประเภทที่เราใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวัน เช่น แอร์ ทีวี I PHONE I PAD 2 หรือ ECU ของรถยนต์ ซึ่งมีจำนวนนับล้านล้านชิ้น และเพื่อรองรับผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีการผลิตด้วย เช่น เครื่องมือ เครื่องจักร หรือการคิดค้นกระบวนการ เพื่อเพิ่มผลผลิต เพิ่มผลิตภาพ ลดต้นทุนการผลิต หรือลดของเสียระหว่างการผลิตได้ ซึ่งถ้าโรงงานใดมีการพัฒนาทางด้านนี้ก็จะได้เปรียบคู่แข่ง

สรุปคือโรงงานหรือบริษัทใดที่สามารถผลิตสินค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการ ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากกว่า ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า จำนวนงานเสียน้อยกว่า โรงงานนั้นก็จะได้ผลกำไรมากกว่าเมื่อบริษัทมีผลกำไรมากพนักงานก็จะได้รับผลประโยชน์มากขึ้นตามไปด้วย

งานวิจัยนี้ได้ใช้โรงงานผลิต IC (Integrated Circuit) แห่งหนึ่งซึ่งลูกค้าของบริษัทนี้ได้ส่งงานตัวอย่างชนิด PPF (Pre-Plated Frame) มาให้เพื่อให้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะผลิตงานชนิด PPF นี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ ศึกษาผลกระทบ และทำการพัฒนาปรับปรุงเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และกระบวนการที่มีอยู่ทำการผลิตงานชนิด PPF (Pre-Plated Frame) ให้ได้ตามข้อกำหนดที่ลูกค้าต้องการ

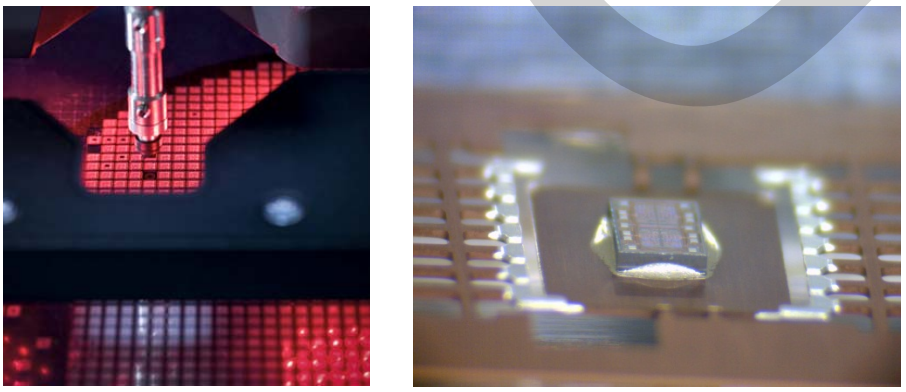
ผลิตภัณฑ์ I.C. ที่บริษัทนี้ทำการผลิตอยู่จะต้องผ่านกระบวนการผลิตทั้งหมด 7 ขั้นตอนหลักๆ แสดงดังภาพที่ 1.1 ได้แก่

1. Wafer Saw เป็นขั้นตอนการนำแผ่น Wafer มีลักษณะเป็นแผ่นวงกลมซึ่งจะมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์เล็กๆ เป็นจำนวนนับหมื่นวงจรในหนึ่งแผ่นและในแต่ละแผ่นจะมีความหนาประมาณ 8-11 ไมโครอินช มาติดลงบนเทป (Mount Tape) แล้วนำเข้าตู้อบในอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นนำออกมาตัด (Saw) แผ่นวงจรแต่ละวงจรออกจากกันโดยจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมเท่าๆ กันดังแสดงในภาพที่ 1.2 โดยเครื่องจักรที่มีความละเอียดและแม่นยำสูงมากๆ



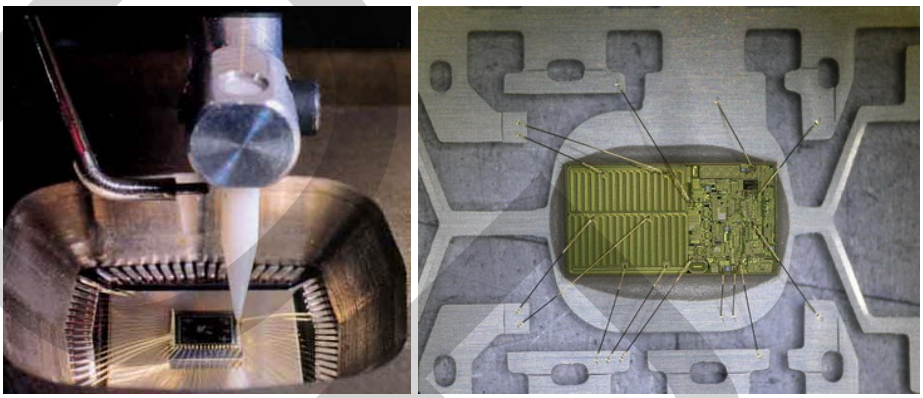
ภาพที่ 1.2 ขั้นตอนการทำ Wafer Saw

2. Die attached เป็นขั้นตอนการหยิบแผ่นวงจรหรือ Die ที่ผ่านการ Saw มาแล้วมาติดลงบนแผงวงจรหรือ Lead Frame ที่ผลิตจากทองแดงด้วยกาวชนิดพิเศษ (Epoxy) ดังแสดงในภาพที่ 1.3 และใน 1 แผงวงจรสามารถติดแผ่นวงจรได้ 140 แผ่น โดย Lead Frame แต่ละชนิดสามารถติดแผ่นวงจรได้ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับชนิดของงาน หรือ Lead Type



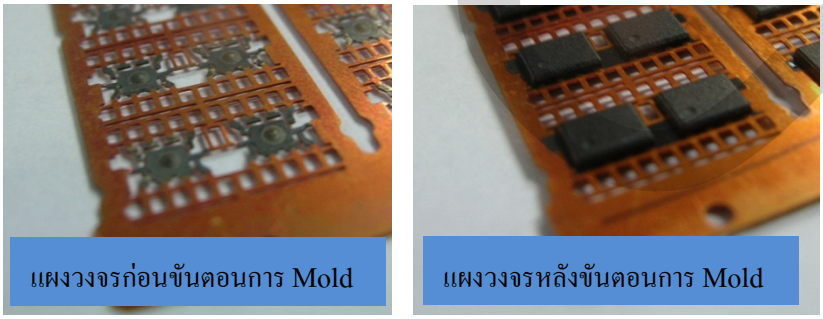
ภาพที่ 1.3 ขั้นตอนการ Die attached

3. Wire Bond เป็นขั้นตอนการเชื่อมวงจรระหว่างแผ่นวงจร (Die) กับแผงวงจร (Lead Frame) ด้วยลวดทองคำ 99.9% แสดงดังภาพที่ 1.4 ด้วยเครื่องจักรที่มีความละเอียดและแม่นยำสูงมากเช่นกัน ในปัจจุบันบางบริษัทมีการเชื่อมแผ่นวงจรด้วยลวดทองแดงแต่ต้องใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีขั้นตอนการปรับค่าต่างๆ ของเครื่องจักรที่ยุ่งยากกว่า แต่ต้นทุนของลวดทองแดงจะต่ำกว่าลวดทองคำ



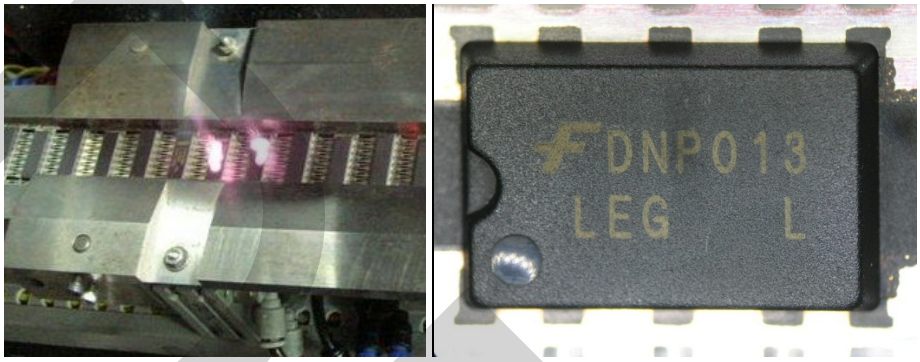
ภาพที่ 1.4 ขั้นตอนการ Wire Bonder

4. Mold or Encapsulate เป็นขั้นตอนการฉีดพลาสติกเพื่อปิดแผ่นวงจรและการเชื่อมแผงวงจรแสดงดังภาพที่ 1.5 แต่ก่อนที่จะฉีดพลาสติกจะต้องอบให้กาว Epoxy แห้งก่อนด้วยความร้อน 175 องศาเซลเซียส



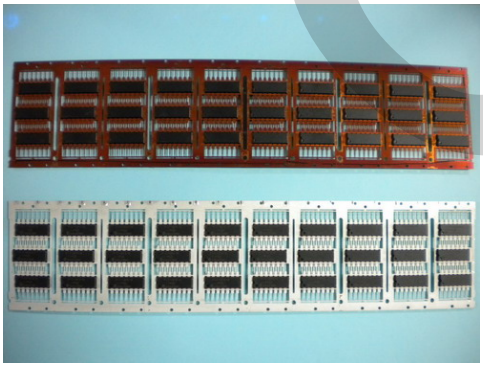
ภาพที่ 1.5 แผงวงจรก่อนและหลังการฉีดพลาสติก Mold or Encapsulate

5. Marking เป็นขั้นตอนการระบุรหัสของตัวงานด้วยแสงเลเซอร์ (Laser) ทำให้เกิดความร้อนจนผิวของตัวงานไหม้เป็นตัวเลขหรืออักษรแสดงดังภาพที่ 1.6 ซึ่งงานแต่ละชนิดจะกำหนดรหัสบนตัวต่างๆ กันไปบางลูกค้าก็ให้รหัสเป็น วัน เดือน ปี ที่ผลิต



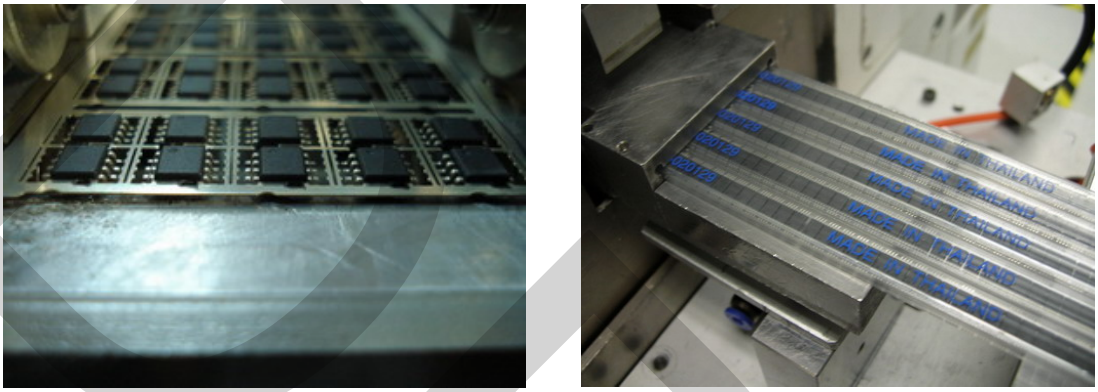
ภาพที่ 1.6 ขั้นตอนการ marking

6. Plating เป็นขั้นตอนการชุบผิวแผงวงจรด้วยดีบุกแสดงดังภาพที่ 1.7 แผงวงจรทั้งหมดจะถูกเคลือบผิวด้วยดีบุก ซึ่งในอดีตจะเป็นการชุบด้วยตะกั่วแต่หลังจากได้มีการกำหนดมาตรฐานใหม่และเพื่อกำจัดผลกระทบจากสารตะกั่วกระบวนการ Plating จึงได้เปลี่ยนมาเป็นชุบด้วยดีบุกแทน ในโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่และมีกำลังการผลิตมาก ก็จะลงทุนซื้อและติดตั้งเครื่องจักรที่ทำการชุบผิวนี้เอง แต่บริษัทที่มีขนาดเล็กมีข้อจำกัดทางพื้นที่และบุคลากรโดยตรงก็จะจ้างโรงงานที่รับชุบผิวผลิตภัณฑ์ทางอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะซึ่งก็มีไม่มากนักและที่สำคัญต้องผ่านมาตรฐานหรือข้อกำหนดต่างๆ



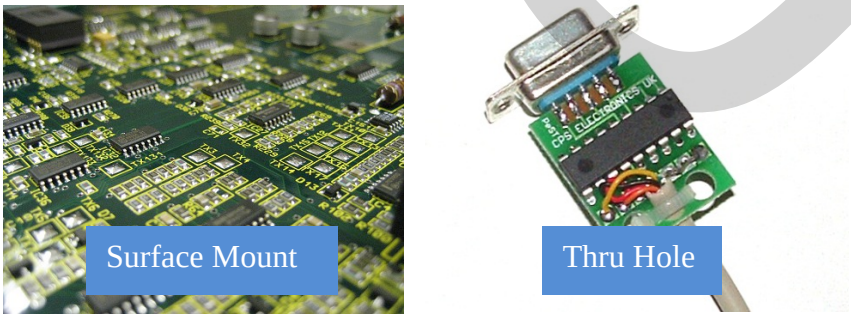
ภาพที่ 1.7 แผงวงจรก่อนและหลังการ Plating

7. Trim & Form ขั้นตอนนี้จะทำการขึ้นรูปขางาน ตัดงานออกจากแผงวงจรและบรรจุตัวงานใส่หลอดพลาสติกแสดงดังภาพที่ 1.8 ลักษณะของการขึ้นรูปขางานของ I.C. นั้นมีหลักๆ อยู่ 2 ชนิดคือ Surface mount และ Thru Hole ในขั้นตอนนี้ขาของตัวงานจะต้องสัมผัสกับแม่พิมพ์โดยตรงในขณะที่ขึ้นรูป



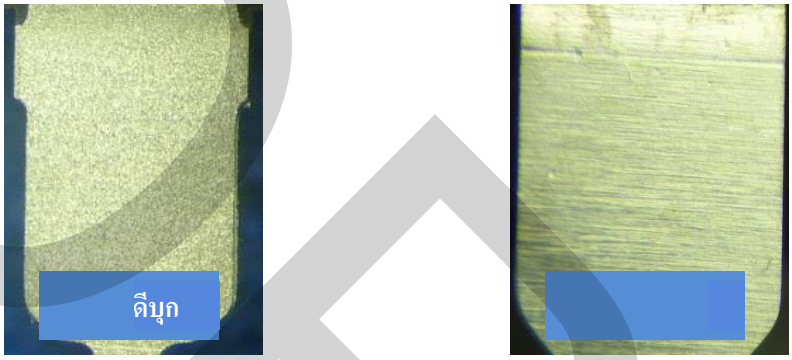
ภาพที่ 1.8 การขึ้นรูปขางานและบรรจุงานใส่หลอด

I.C. ชนิดที่เป็น Surface mount นั้นจะมีลักษณะเหมือนปีกนกหรือเรียกว่า Gull wing เวลาใช้งานก็จะนำไปวางบนแผ่น PCB (Print Circuit Board) แสดงดังภาพที่ 1.9 ส่วนงานชนิด Thru Hole นาของงานจะเสียบทะลุผ่านรูของแผ่น PCB หรือเสียบลงในช่องเสียบ (Socket) แสดงดังภาพที่ 1.9 โดยที่ขนาดหรือระยะต่างๆของตัวงาน I.C. กับแผ่น PCB จะมีมาตรฐานเดียวกันถึงแม้จะผลิตจากคนละโรงงานกันก็สามารถประกอบเข้ากันได้โดยมาตรฐานที่ใช้กันทั่วโลกคือ JEDEC STANDARD



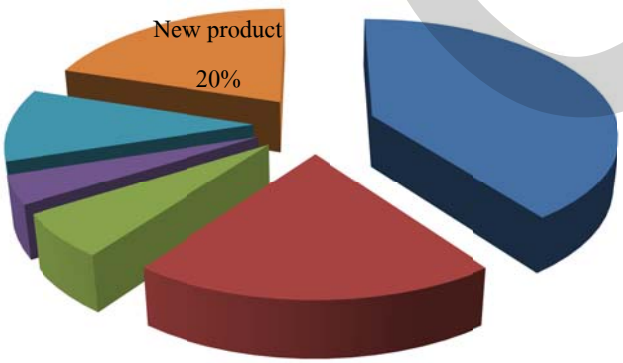
ภาพที่ 1.9 ลักษณะของงานชนิด Surface mount และ Thru Hole

จากงานตัวอย่างที่ลูกค้าส่งมาให้ทำการศึกษาความเป็นไปได้และผลกระทบที่จะผลิตงานจากแผงวงจร Lead frame ชนิด PPF คือแผงวงจรที่ผ่านการชุบผิวมาแล้วเรียกว่า Pre-Plated Frame แผงวงจร PPF นี้จะผ่านการชุบด้วย นิเกิล พาราเดียม และทอง มาก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต I.C.แล้วลักษณะผิวของแผงวงจรชนิด PPF แสดงดังภาพที่ 1.10 เปรียบเทียบกับผิวที่ผ่านการชุบดีบุก การเปลี่ยนชนิดของแผงวงจรนี้ถือว่าเป็นการเปลี่ยนวัตถุดิบหลักหรือ Direct Material และสามารถยกเลิกกระบวนการที่ 6 คือขั้นตอนการชุบผิวด้วยดีบุก Pure Tin Plating



ภาพที่ 1.10 ผิวของแผงวงจรที่ผ่านการชุบด้วย ดีบุก และ PPF

ถ้าโรงงานนี้สามารถผลิตงานชนิดนี้ได้จะทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น 20% หรือประมาณ 1.2 ล้านบาทต่อเดือน ดังที่แสดงในภาพที่ 1.11 แสดงสัดส่วนของงานชนิดใหม่ที่จะเพิ่มขึ้นจากเดิม



ภาพที่ 1.11 สัดส่วนของงานแต่ละชนิด

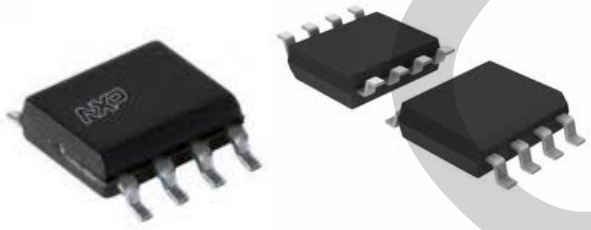
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงความสามารถของเครื่องจักร ให้สามารถผลิตสินค้าจากแผงวงจรชนิด PPF (Pre- Plated Frame) ได้อย่างมีคุณภาพตามข้อกำหนดของลูกค้า

1.3 ขอบเขตและข้อจำกัดงานวิจัย

1. การศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องมือ เครื่องจักร และ วิธีการครั้งนี้จัดทำขึ้นเฉพาะโรงงานในกรณีศึกษาเท่านั้นเนื่องจากแต่ละโรงงานจะมีเทคโนโลยี หรือเครื่องมือ เครื่องจักรที่ไม่เหมือนกัน โดยผู้วิจัยจะใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์ผลกระทบ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) การหาสาเหตุ Cause and Effect Diagram การควบคุมการผลิตด้วยหลักทางสถิติ Statistical Process Control การนำเทคโนโลยี Diamond Film Coating (DFC) การเคลือบผิวเครื่องมือ และการขึ้นรูปแบบเอียงเข้ามุม (Incline Form) มาใช้ในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบ หาสาเหตุ และปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องมือ เครื่องจักร ในกระบวนการขึ้นรูปขางานเนื่องจากข้อกำหนดของลูกค้าไม่อนุญาตให้มีรอยขูด ขีดใดๆ บนขางาน (Scratch on Lead) และขึ้นรูปขางานให้ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า

2. การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องมือ เครื่องจักร และวิธีการ ครั้งนี้จัดทำขึ้นเฉพาะงานชนิด 8Leads Small-outline gull-wing package (SOIC: Small outline Integrated Circuit) แสดงดังภาพที่ 1.12



ภาพที่ 1.12 ลักษณะงานชนิด 8Leads Small-outline gull-wing package (SOIC)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถปรับปรุงเครื่องมือ เครื่องจักร และวิธีการมาผลิต I.C. จากแผงวงจร PPF ได้
2. ประหยัดงบประมาณที่จะต้องซื้อเครื่องจักรใหม่
3. เพิ่มยอดการผลิตของบริษัท

1.5 แผนการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	ขั้นตอนการทำวิจัย	ระยะเวลา (เดือน)																หมายเหตุ
		ปี พ.ศ. 2553					ปี พ.ศ. 2554											
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1	ศึกษาข้อมูลของ Lead Frame PPF (NiPd Au)																	
2	ศึกษาข้อกำหนดลูกค้าสำหรับงาน Lead Frame PPF (NiPd Au)																	
3	ศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักรและกระบวนการผลิตด้วยหลักการ FMEA, Fish Bone Diagram และทฤษฎี Why - Why Analysis																	
4	ศึกษาเทคโนโลยี DF Coating (Dimond Film Coating)																	
5	ศึกษาหลักการขึ้นรูปชางานแบบ เอียง (Incline Form)																	
6	แก้ไขปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้ขึ้นรูปชางานให้เป็นแบบ Incline Form และเคลือบผิวด้วยกรรมวิธี DF Coating																	
7	ออกแบบการทดลอง																	
8	ติดตั้งอุปกรณ์ขึ้นรูปชางานและทำการทดลอง																	
9	สรุปผลการทดลอง																	
10	ผลิตงานจริงและติดตามผล																	

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวข้อง

การทำวิจัยเรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิต I.C. (Integrated Circuit) แผงวงจรรวมที่ผ่านการชุบผิวแบบ PPF (Pre-Plate Frame) นี้ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลงานวิจัย ทฤษฎี และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีภาวะล้มเหลวและการวิเคราะห์ผลกระทบ Failure Mode and Effects Analysis

หลักการ FMEA ได้ถูกพัฒนาโดยหน่วยงานอากาศยานทางทหารของอเมริกา (ได้แก่ กองทัพอากาศ กองทัพเรือ องค์การ NASA) ตั้งแต่ทศวรรษที่ 60 จากนั้นได้มีการประยุกต์ใช้กับบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำของโลก ได้แก่ Ford GM และ Chrysler หรือที่รู้จักกรดีว่า BIG TREE โดยเป็นข้อกำหนดที่สำคัญของระบบมาตรฐาน QS-9000 และในปัจจุบันได้เปลี่ยนมาเป็น TS-16949 ใช้กับบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบต่างและบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทอนิกส์หรือ I.C

FMEA จะมุ่งเน้นให้เห็นถึงคุณลักษณะของความเสียหายหรือสาเหตุที่จะนำไปสู่ความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) อันเนื่องมาจาก การออกแบบ การผลิต หรือ การบริการ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลกระทบของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Effect Analysis) และสุดท้ายก็เพื่อการนำไปสู่การหาวิธีป้องกันการเกิดความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Problems Prevention)

FMEA แบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. Design FMEA (DFMEA) คือการปรับปรุงออกแบบโดยวิธีการ FMEA
2. Process FMEA (PFMEA) คือการปรับปรุงการผลิตโดยวิธีการ FMEA
3. Service FMEA (SFMEA) คือการปรับปรุงการบริการโดยวิธีการ FMEA

1) คำจำกัดความ

1. ความเสียหาย (Failure) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามหน้าที่ที่กำหนดไว้

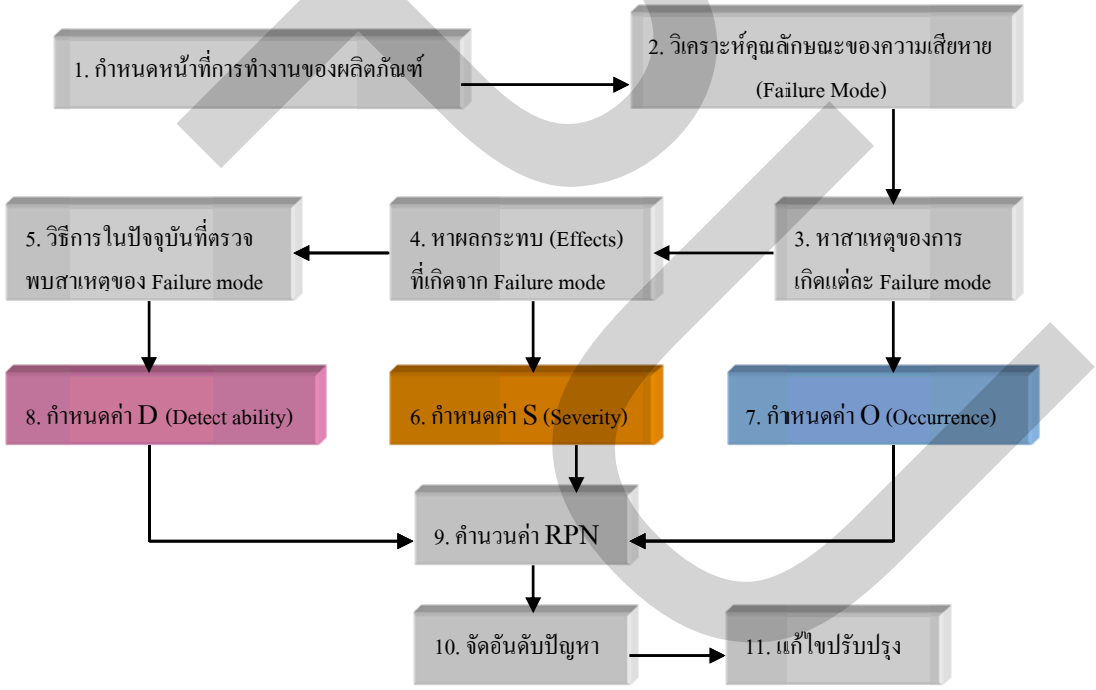
2. คุณลักษณะของความเสียหาย (Failure Mode) หมายถึง สภาวการณ์ หรืออาการที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายที่ตามมา (Failure) ซึ่งอาการผิดปกติส่วนใหญ่แล้วจะเป็นคุณลักษณะ

ทางกายภาพ (Physical characteristics) ได้แก่ การแตกร้าว ความร้อน กลิ่นไหม้ การบิดเบี้ยว การรั่ว สีเพี้ยน รอบร้าว เป็นต้น และสังเกตได้โดยการใช้ประสาทสัมผัส เช่น สายตา (รั่ว สีเพี้ยน รอยร้าว) หู (การสั่น) การสัมผัส (ความร้อน) และการได้กลิ่นผิดปกติ (กลิ่นไหม้) ถ้าอาการเหล่านี้ (Symptom) ไม่ได้รับการแก้ไขจะส่งผลกระทบไปยังชิ้นส่วน หรือ ระบบอื่นๆ และทำให้เกิดการขัดข้อง หรือเสียหายได้ในที่สุด

3. ผลกระทบจากความเสียหาย (Effect) หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากความเสียหาย และส่งผลโดยตรงต่อผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต และการบริการในที่สุด โดยส่วนใหญ่จะยึดจากผลกระทบที่เกิดกับลูกค้าเป็นหลัก ซึ่งอาจจะหมายถึงหน่วยงานที่รับผิดชอบถัดไป เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายประกอบ หรือบริการ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์อย่างเป็นระบบเพื่อหาทางป้องกันการเกิดความเสียหายขึ้นในอนาคต

2) ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพโดยหลักการ FMEA แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการใช้หลักการ FMEA

3) กำหนดผังการดำเนินงาน (Process Flow) เช่น การออกแบบ การผลิต

4) กำหนดหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์

5) วิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหาย (Failure Mode) ที่อาจจะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์

6) หาสาเหตุของการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย (Cause of Failure Mode)

7) พิจารณาว่าลูกค่าจะรู้ได้อย่างไรถ้าเกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ (Effect)

8) กำหนดระดับของความรุนแรงของความเสียหายที่จะเกิดขึ้น (S = Severity) แสดงในตารางที่ 2.1 เป็นเกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S) สำหรับ Process FMEA

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S) สำหรับ Process FMEA

ผลกระทบ	**เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบการจัดการระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าสุดท้าย/หรือในการผลิต/ประกอบ ลูกค้าสุดท้ายควรจะถูกพิจารณาก่อนเสมอกรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อลูกค้า)**	**เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบการจัดการระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าสุดท้าย/หรือในการผลิต/ประกอบ ลูกค้าสุดท้ายควรจะถูกพิจารณาก่อนเสมอกรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อการผลิต/ประกอบ)**	ระดับ
อันตรายร้ายแรงโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย,การทำงานของยานยนต์ และ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยไม่มีการเตือน	หรืออาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร, การประกอบ) โดยไม่มีการเตือน	10
อันตรายร้ายแรงโดยมีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย, การทำงานของยานยนต์ และ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยมีการเตือน	หรืออาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร, การประกอบ) โดยมีการเตือน	9
สูงมาก	ความบกพร่องซึ่งทำให้ยานยนต์/ส่วนประกอบไม่สามารถใช้งานได้ (สูญเสียความสามารถในการทำงานตามจุดประสงค์พื้นฐาน)	หรือผลิตภัณฑ์ต้องถูกจำกัดทิ้ง (100%) หรือยานยนต์/ส่วนประกอบ ต้องถูกซ่อมในหน่วยงานซ่อมด้วยระยะเวลาเกิน 1 ชั่วโมง	8

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลกระทบ	**เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบการจัดการระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าสุดท้าย/หรือในการผลิต/ประกอบ ลูกค้าสุดท้ายควรจะถูกพิจารณาก่อนเสมอกรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อลูกค้า)**	**เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบการจัดการระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าสุดท้าย/หรือในการผลิต/ประกอบ ลูกค้าสุดท้ายควรจะถูกพิจารณาก่อนเสมอกรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อการผลิต/ประกอบ)**	ระดับ
สูง	ความบกพร่องซึ่งทำให้ยานยนต์/ส่วนประกอบมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลงแต่ยังใช้งานได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก	หรืออาจต้องมีการคัดแยกผลิตภัณฑ์และบางส่วนต้องถูกกำจัดทิ้ง (น้อยกว้า 100%) หรือยานยนต์/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมในหน่วยงานซ่อม ด้วยระยะเวลาระหว่างครึ่งถึง 1 ชั่วโมง	7
ปานกลาง	ความบกพร่องซึ่งยานยนต์/ส่วนประกอบได้แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสะดวกสบายไม่สามารถใช้งานได้ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	หรือส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจต้องถูกกำจัดทิ้ง โดยไม่ต้องคัดแยก หรือยานยนต์/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมในหน่วยงานซ่อม ด้วยระยะเวลาไม่เกินครึ่งชั่วโมง	6
ต่ำ	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านพอดี, การตกแต่, เสียงสั่นดังลูกค้า	หรือผลิตภัณฑ์ (100%) อาจถูกแก้ไข้, หรือยานยนต์/ส่วนประกอบ ต้องถูกซ่อมนอกสายการผลิตโดยไม่ต้องส่งไปยังหน่วยงานซ่อม	5
ต่ำมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านพอดี, การตกแต่, เสียงสั่นดังลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สังเกตได้	หรือผลิตภัณฑ์อาจถูกคัดแยก และบางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไข้โดยไม่มีการกำจัดทิ้ง , โดยการแก้ไขกระทำในสายการผลิตแต่นอกหน่วยผลิต	4

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลกระทบ	**เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบการจัดการระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าสุดท้าย/หรือในการผลิต/ประกอบ ลูกค้าสุดท้ายควรจะถูกพิจารณาก่อนเสมอกรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อลูกค้า)**	**เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบการจัดการระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าสุดท้าย/หรือในการผลิต/ประกอบ ลูกค้าสุดท้ายควรจะถูกพิจารณาก่อนเสมอกรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อการผลิต/ประกอบ)**	ระดับ
เล็กน้อย	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านพอดี, การตกแต่, เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 50%) สังเกตได้	หรือผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไข้โดยไม่มีการกำจัดทิ้ง, โดยการแก้ไขการกระทำสายการผลิตแต่นอกหน่วยผลิต	3
เล็กน้อยมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านพอดี, การตกแต่, เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 25%) สังเกตได้	หรือผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไข้โดยไม่มีการกำจัดทิ้ง, โดยการแก้ไขการกระทำสายการผลิตแต่นอกหน่วยผลิต	2
ไม่มีเลย	ไม่มีผลใดๆ	หรือ เกิดความไม่สะดวกต่อกระบวนการ, ผู้ปฏิบัติงาน หรือไม่มีผลกระทบ	1

ที่มา: © Robere & Associates (Thailand) Ltd. Version 2.01; สมภพ ตลับแก้ว (2551)

9) พิจารณาถึงความถี่ของสาเหตุของการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย (O = Occurrence of Cause of Failure Mode) ในตารางที่ 2.2 แสดงเกณฑ์การประเมินความถี่ (O) สำหรับ Process FMEA

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิด (O) สำหรับ Process FMEA

ความน่าจะเป็นในการเกิดความล้มเหลว	อัตราความล้มเหลวที่น่าจะเกิดขึ้น	ระดับ
สูงมาก : เกิดความล้มเหลวบ่อยมาก	≥ 100 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้น	10
	50 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้น	9
สูง : เกิดความล้มเหลวถี่	20 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้น	8
	10 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้น	7
ปานกลาง : เกิดความล้มเหลวเป็นครั้งคาว	5 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้น	6
	2 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้น	5
	1 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้น	4
ต่ำ : เกิดความล้มเหลวน้อยครั้ง	0.5 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้น	3
	0.1 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้น	2

ที่มา: © Robere & Associates (Thailand) Ltd. Version 2.01; สมภพ ตลับแก้ว (2551)

10) พิจารณาวิธีการปัจจุบันที่ทำการตรวจสอบการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย (D = Detect ability of Cause of Failure Mode) ในตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) สำหรับ Process FMEA

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) สำหรับ Process FMEA

การตรวจสอบ	เกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			การควบคุมที่ใช้เพื่อให้ตรวจพบ	ระดับ
		A	B	C		
แทบเป็นไปไม่ได้	ไม่สามารถตรวจพบได้			×	ไม่สามารถตรวจทบหรือไม่มีการตรวจ	10
เป็นไปได้ยากมา	เป็นไปได้ยากที่จะควบคุมจะตรวจพบ			×	การควบคุมมีเพียงการตรวจสอบทางอ้อม หรือการสุ่มตรวจสอบเท่านั้น	9

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

การตรวจสอบ	เกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			การควบคุมที่ใช้เพื่อให้ตรวจพบ	ระดับ
		A	B	C		
เป็นไปได้ยาก	เป็นไปได้ยากที่จะควบคุมจะตรวจพบ			×	การควบคุมมีเพียงการตรวจสอบด้วยสายตาเท่านั้น	8
ต่ำมาก	เป็นไปได้ยากที่การควบคุมจะตรวจพบ			×	การควบคุมมีการการตรวจสอบด้วยสายตา 2 ครั้งเท่านั้น	7
ต่ำ	การควบคุมอาจตรวจพบได้		×	×	การควบคุมมีการการใช้ผังควบคุม เช่น SPC (การควบคุมกระบวนการด้วยกลวิธีทางสถิติ)	6
ปานกลาง	การควบคุมอาจตรวจพบได้		×		มีการใช้เกจต่างๆ ตรวจสอบหลังจากชิ้นงานออกจากหน่วยผลิต หรือมีการใช้ GO/No Go เกจตรวจสอบ 100% สำหรับชิ้นงานที่ออกจากหน่วยผลิต	5
ปานกลางถึงค่อนข้างสูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบ	×	×		ตรวจพบข้อบกพร่องในกระบวนการย่อยต่างๆ ได้หรือเกจตรวจสอบการตั้งเครื่องและชิ้นงานแรก (สำหรับการตั้งเครื่องเท่านั้น)	4
สูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบ	×	×		ตรวจพบข้อบกพร่องในจุดปฏิบัติงาน หรือตรวจพบในหลายๆ ระดับ : การจัดหาร , คัดเลือก, ติดตั้ง , ทวนสอบ โดยไม่มีการยอมรับชิ้นงานบกพร่อง	3
สูงมาก	การควบคุมมีโอกาสค่อนข้างแน่นอนที่จะตรวจพบ	×	×		ตรวจพบข้อบกพร่องในจุดปฏิบัติงาน (มีการใช้เกจอัตโนมัติร่วมกับการหยุดอัตโนมัติ) สามารถที่จะส่งต่อชิ้นเสียได้	2
สูงมาก	การควบคุมแน่นอนที่จะตรวจพบ	×			ไม่สามารถเกิดชิ้นงานที่บกพร่องได้ เนื่องจากมีการป้องกันความผิดพลาดโดยกระบวนการและการออกแบบ	1

ชนิดของการตรวจสอบ

A = ตัวป้องกันความผิดพลาด

B = ใช้เครื่องมือตรวจสอบ

C = การตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงาน

ที่มา: © Robere & Associates (Thailand) Ltd. Version 2.01; สมภพ ตลับแก้ว (2551)

11) คำนวณค่า Risk Priority Number (RPN) = S x O x D แบบฟอร์มการคำนวณอยู่ในตารางที่ 2.4 ค่า RPN นี้ต้องไม่เกิน 125 ถ้าคำนวณออกมาแล้วเกิน 125 ขึ้นไปจะต้องทำตามข้อแนะนำ (Recommend action) ทั้งหมด และถ้าค่านี้ต่ำกว่า 125 ก็จะทำหรือไม่ทำตามข้อแนะนำก็ได้แล้วแต่ข้อกำหนดของโรงงาน

ตารางที่ 2.4 แบบฟอร์มสำหรับ Process FMEA

Process Function Require	Potential Failure Mode	Potential Effect (S) of Failure	S E V	C l a s s	Potential Cause (S) Mechanism (S) of Failure	O c c u r	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	D e t e c	R. P. N.	Recommended Action (S)	Responsibility & Target Completions Date	Action Results				
													Action Taken	S E V	O c c	D e t	R. P. N.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)

ความหมายของแต่ละช่องในฟอร์ม Process FMEA ตารางที่ 2.4

1) กระบวนการ/หน้าที่

2) ข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้น

3) ผลกระทบของข้อบกพร่อง

4) ระดับความรุนแรง (S = Severity)

5) การจัดลำดับความสำคัญ

6) สาเหตุของข้อบกพร่อง

7) ความถี่ในการเกิด (O = Occurrence of Cause of Failure Mode)

8) การป้องกันในปัจจุบัน

9) การตรวจจับในปัจจุบัน

10) ความสามารถในการตรวจจับ (D = Detect ability of Cause of Failure Mode)

11) ตัวเลขแสดงความเสี่ยง Risk Priority Number (RPN)

12) กิจกรรมข้อเสนอแนะ

13) ผู้รับผิดชอบ, เป้าหมาย, กำหนดเสร็จ

14) ผลการดำเนินการ

15) ระดับความรุนแรงหลังจากการปรับปรุง (S = Severity)

16) ความถี่ในการเกิดหลังจากการปรับปรุง (O = Occurrence of Cause of Failure Mode)

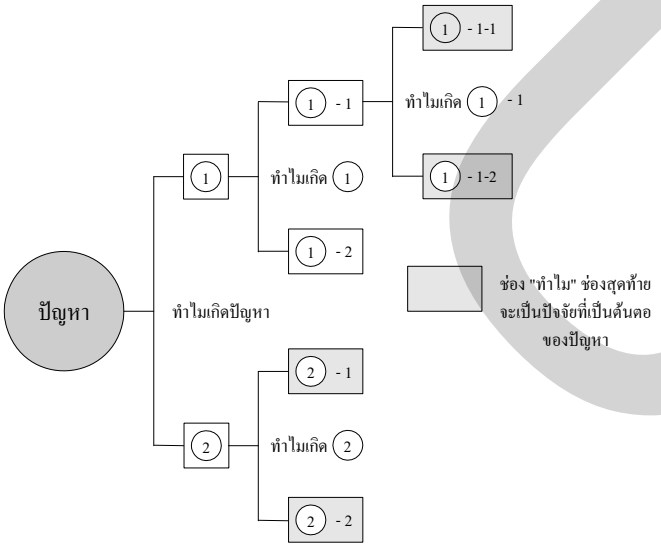
17) ความสามารถในการตรวจจับหลังจากการปรับปรุง (D = Detect ability of Cause of Failure Mode)

18) ตัวเลขแสดงความเสี่ยงหลังจากการปรับปรุง Risk Priority Number (RPN)

ที่มา: FMEA Reference Manual, Fourth Edition June (2008); © Robere & Associates (Thailand) Ltd. Version 2.01; สมภพ ตลับแก้ว (2551)

2.1.2 ใช้ทฤษฎี WHY-WHY Analysis เพื่อหารากของปัญหา (Root Cause)

Why-Why Analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ มีขั้นมีตอน ไม่เกิดการตกหล่น ซึ่งไม่ใช่การคิดแบบคาดเดา



ภาพที่ 2.2 ผังแสดงการวิเคราะห์ด้วยคำถามทำไม

ที่มา: บัญญัต นิยมวาส (2512) และ Moody International (Thailand) Co., Ltd. (2550)

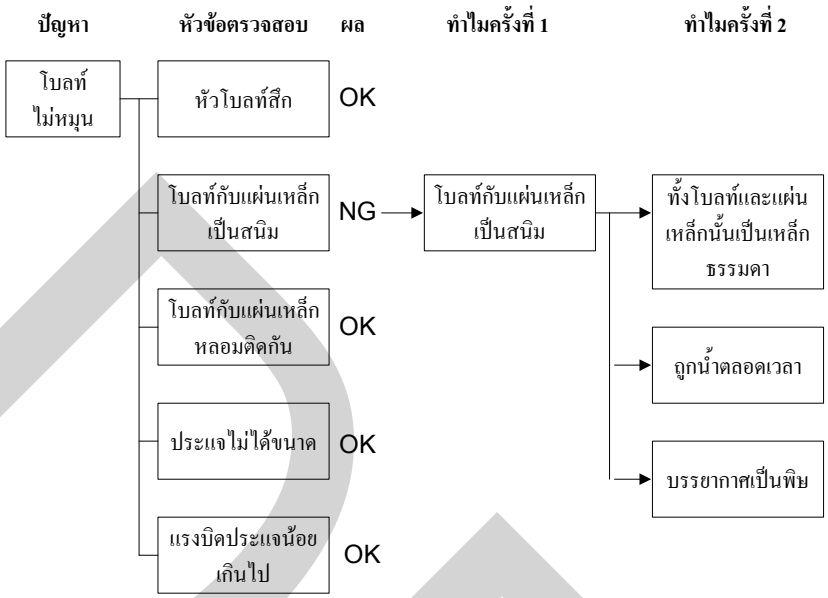
จากภาพที่ 2.2 เมื่อเรามีปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น เราจะมาคิดกันดูว่าอะไรเป็นปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้มันเกิดโดยการตั้งคำถามว่า “ทำไม” โดยตั้งคำถามไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ปัจจัยที่เป็นต้นตอของปัญหาในช่องสุดท้าย ปัจจัยที่อยู่หลังสุด จะต้องเป็นปัจจัยที่สามารถพลิกกลับกลายเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพ (เป็นมาตรการป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นซ้ำอีก)

2.1.2.1 สะสางปัญหาให้ชัดเจนยึดกุมข้อเท็จจริงให้มั่นก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วย Why-Why Analysis จะต้องไปตรวจสอบสถานที่จริง และดูสภาพของจริง อันเป็นที่มาของปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน ถ้าไม่สะสางให้ดี จะทำให้การวิเคราะห์กินวงกว้างเกินไป และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากเกินไป ถึงแม้ได้ผลการวิเคราะห์ออกมาก็ตาม มาตรการที่ตามมาจะมีมากเกินกว่าที่จะนำมาปฏิบัติได้

2.1.2.2 ทำความเข้าใจในโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหาจะต้องทำการแจกแจงส่วนงานที่เป็นปัญหา ให้ออกมาเป็นไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน แสดงความสัมพันธ์ของหน้าที่ แสดงค่าที่ควรจะเป็นของชิ้นส่วนนั้นๆ กับสภาพที่ใช้งานจริง หรือกล่าวได้ว่าเป็นการเปรียบเทียบ basic condition กับ working condition ฯลฯ ในกรณีของงานทั่วๆ ไป ให้เขียนภาพขั้นตอนหรือการไหลของงาน และทำความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ของงานนั้นๆ

2.1.2.3 การมองปัญหาของ Why-Why Analysis

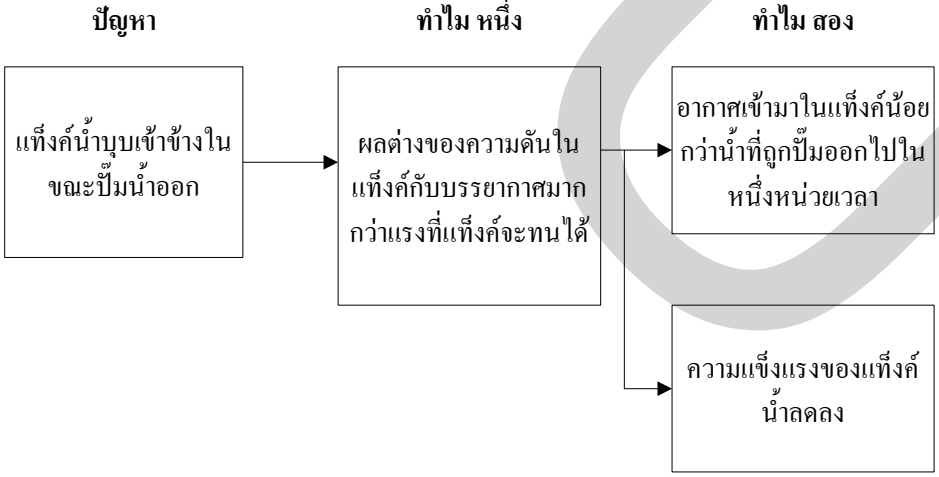
1) การมองจากสภาพที่ควรจะเป็นแนวทางแรกนั้นเป็นการค้นหาสาเหตุโดยการนึกภาพขึ้นมาในหัวว่าการจะทำให้ดีนั้น จะต้องมีรูปแบบ ลักษณะ และเงื่อนไขอย่างไร การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็นคือ การเปรียบเทียบวิธีการของตนเองกับสิ่งที่เป็นมาตรฐานหรือเป็นที่ยอมรับของคนทั่วไป “การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น” เป็นการกำหนดแนวทางในการค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดกับสภาพที่ควรจะเป็น หลังจากกำหนดแนวทางได้แล้วก็จะตั้งคำถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อยๆ แสดงดังตัวอย่างในภาพที่ 2.3 เพื่อค้นหาปัจจัยหรือสาเหตุออกมา



ภาพที่ 2.3 ผังตัวอย่างการตั้งคำถามทำไมโบลท์ไม่หมุน

ที่มา: บัญญัต นิยมวาส (2512) และ Moody International (Thailand) Co., Ltd. (2550)

2.1.2.4 การมองจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีแสดงดังภาพที่ 2.4 เป็นการมองปัญหาจากการทำความเข้าใจกับหลักเกณฑ์หรือจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องจักรนั้นๆ



ภาพที่ 2.4 ปัญหาแท็งค์น้ำบุบเข้าข้างในขณะปั๊มน้ำออก

ที่มา: บัญญัต นิยมวาส (2512) และ Moody International (Thailand) Co., Ltd. (2550)

2.1.2.5 การมองปัญหาทั้งสองแบบมีข้อแตกต่างหรือข้อควรระมัดระวังดังนี้

1) ในกรณีที่ปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเข้าใจได้ไม่ยากนัก หรือมีต้นเหตุของปัญหาเพียง หนึ่งสาเหตุ ควรใช้วิธีการมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น

2) ในกรณีที่ปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่สนใจ เกี่ยวข้องกับกลไกที่ค่อนข้างเข้าใจยาก หรือมีต้นเหตุของปัญหาหลายสาเหตุ ควรเลือกใช้วิธีการมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี หากมีความเข้าใจมากพอแล้วอาจจะใช้ทั้งสองวิธีพร้อมๆ กันก็ได้

2.1.2.6 ข้อควรระวังในการทำ Why-Why Analysis

1) ข้อความที่ใช้เขียนตรงช่อง “ปัญหา” และช่อง “ทำไม” ต้องให้สั้นและกระชับ

2) หลังจากที่ทำ Why-Why Analysis แล้ว จะต้องยืนยันความถูกต้องตามหลักตรรกวิทยา โดยอ่านย้อนจาก “ทำไม” ช่องสุดท้ายกลับมายังช่อง “ปัญหา”

3) ให้ถามว่า“ทำไม” ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบปัจจัยหรือสาเหตุที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การวางมาตรการป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นซ้ำอีก

2.1.2.7 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขด้วย Why-Why Analysis

1) กำหนดหัวข้อเรื่องที่จะนำมาปรับปรุงแก้ไข

2) สำรวจความจริงของสภาพที่เป็นอยู่ของปัญหา ทั้งในด้านสถิติ และการไปสำรวจพื้นที่จริง ที่เกิดปัญหา

3) ตั้งเป้าหมายที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นให้กลายเป็นศูนย์

4) กำหนดแผนของกิจกรรม

1. สำรวจความจริง
2. วิเคราะห์ด้วย Why-Why
3. เสนอแนวทางแก้ไข
4. ทำการแก้ไขตามแนวทางที่ได้เสนอไว้
5. ตรวจสอบผลลัพธ์ พร้อมเขียน OPL หากจำเป็น

2.1.3 ใช้ทฤษฎีแผนผังก้างปลาหรือเรียกเป็นทางการว่า แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) เราอาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผล ในชื่อของ "ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)" เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลายๆ คนอาจรู้ จักในชื่อของแผนผังอิชิกาว่า (Ishikawa Diagram) ซึ่ง

ได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว

2.1.3.1 เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังก้างปลา

1) เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา

2) เมื่อต้องการทำการศึกษา ทำความเข้าใจ หรือทำความรู้จักกับกระบวนการอื่นๆ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของตนเท่านั้น แต่เมื่อมีการทำผังก้างปลาแล้ว จะทำให้เราสามารถรู้กระบวนการของแผนกอื่นได้ง่ายขึ้น

3) เมื่อต้องการให้เป็นแนวทางในการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกๆ คนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

2.1.3.2 วิธีการสร้างแผนผังสาเหตุและผลหรือผังก้างปลาสิ่งสำคัญในการสร้างแผนผังคือ ต้องทำเป็นทีม เป็นกลุ่ม โดยใช้ขั้นตอน 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา

2) กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ

3) ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย

4) หาสาเหตุหลักของปัญหา

5) จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ

6) ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

2.1.3.3 การกำหนดปัจจัยบนก้างปลาเราสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยอะไรก็ได้ แต่ต้องมั่นใจว่ากลุ่มที่เรากำหนดไว้เป็นปัจจัยนั้นสามารถที่จะช่วยให้เราแยกแยะและกำหนดสาเหตุต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ และเป็นเหตุเป็นผลแสดงดังภาพที่ 2.5 โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

1) M-Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร

2) M - Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก

3) M - Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

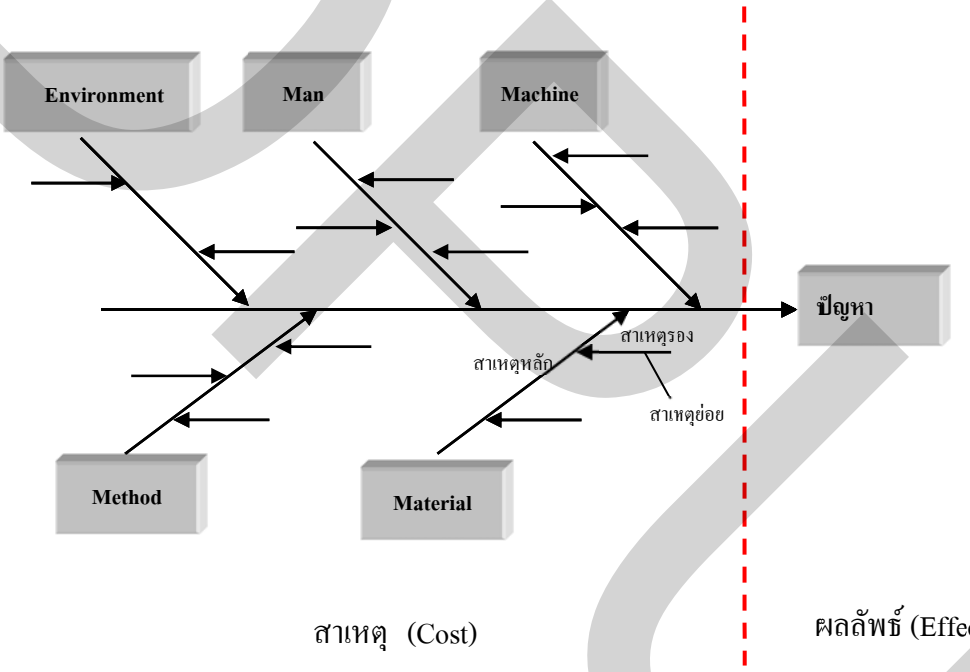
4) M - Method กระบวนการทำงาน

5) E - Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการ – ทำงาน

แต่ไม่ได้หมายความว่า การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E เสมอไป เพราะหากเราไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำเข้าเป็น 4P ได้แก่ Place Procedure People และ Policy หรือเป็น 4S Surrounding Supplier System

และ Skill ก็ได้ นอกจากนั้น หากกลุ่มที่ใช้ก้างปลามีประสบการณ์ในปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่แล้วก็สามารถที่จะกำหนดกลุ่ม ปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาตั้งแต่แรกเลยก็ได้เช่นกัน

2.1.3.4 การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลาการกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้แสดงดังภาพที่ 2.5 ซึ่งหากเรากำหนดประโยคปัญหานี้ไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้ว จะทำให้เราใช้เวลามากในการค้นหา สาเหตุ และจะใช้เวลานานในการทำผังก้างปลาการกำหนดปัญหาที่หัวปลา เช่น อัตราของเสีย อัตราชั่วโมงการทำงานของคนที่ไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ หรืออัตราต้นทุนต่อสินค้าหนึ่งชิ้น เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ควรกำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบเทคนิคการระดมความคิดเพื่อจะได้ก้างปลาที่ละเอียดสวยงาม คือ การถาม ทำไม ทำไม ทำไม ในการเขียนแต่ละก้าง



ภาพที่ 2.5 ผังก้างปลาหรือผังเหตุและผล

2.1.3.5 ผังก้างปลาประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา

2) ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็น

1. ปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา)
2. สาเหตุหลัก
3. สาเหตุย่อย

ซึ่งสาเหตุของปัญหา จะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรอง และก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก เป็นต้น

หลักการเบื้องต้นของแผนภูมิก้างปลา (fishbone diagram) คือการใส่ชื่อของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ ลงทางด้านขวาสุดหรือซ้ายสุดของแผนภูมิ โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3-6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา (sub-bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก ถ้าปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไปอีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4-5 ระดับ เมื่อมีข้อมูลในแผนภูมิที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมด ที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

2.1.3.6 ข้อดี

1) ไม่ต้องเสียเวลาแยกความคิดต่างๆ ที่กระจัดกระจายของแต่ละสมาชิก แผนภูมิก้างปลาจะช่วยรวบรวมความคิดของสมาชิกในทีม

2) ทำให้ทราบสาเหตุหลักๆ และสาเหตุย่อยๆ ของปัญหา ทำให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งทำให้เราสามารถแก้ปัญหาได้ถูกวิธี

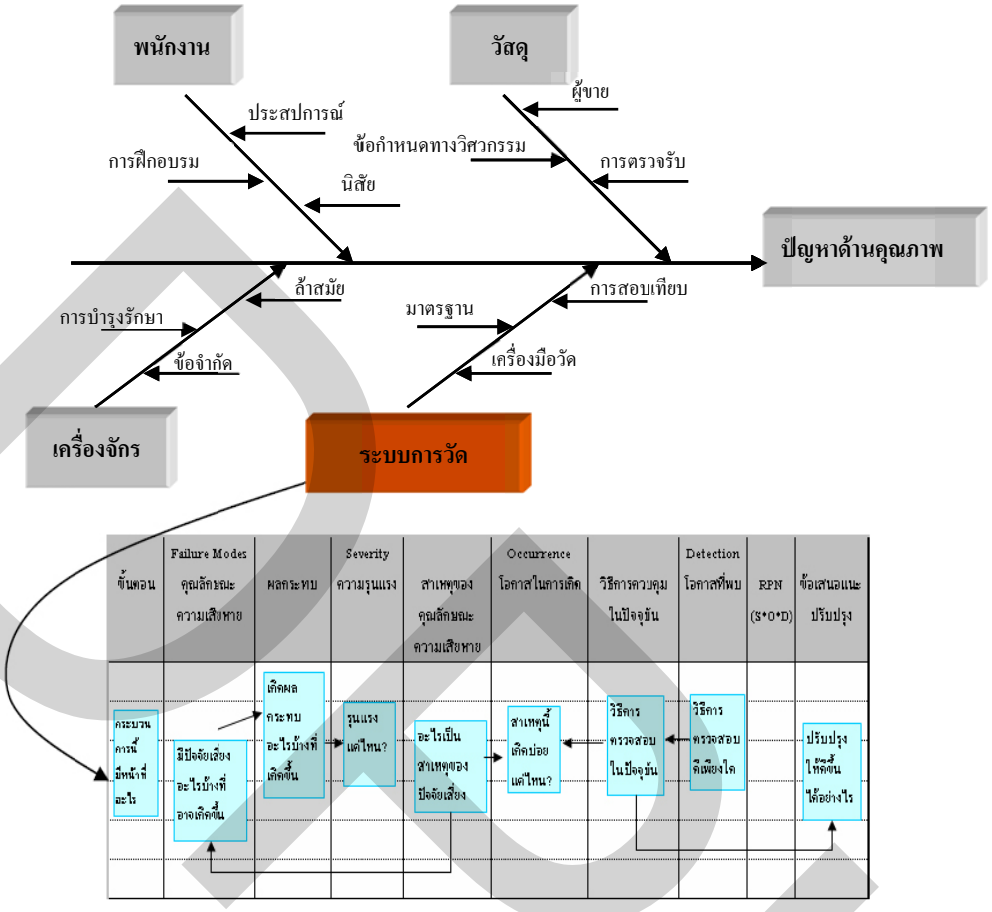
2.1.3.7 ข้อเสีย

1) ความคิดไม่อิสระเนื่องจากมีแผนภูมิก้างปลาเป็นตัวกำหนดซึ่งความคิดของสมาชิกในทีมจะมารวมอยู่ที่แผนภูมิก้างปลา

2) ต้องอาศัยผู้ที่มีความสามารถสูง จึงจะสามารถใช้แผนภูมิก้างปลาในการระดมความคิด

2.1.4 ทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลากับ FMEA

การวิเคราะห์ปัญหาในการปับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการใช้แผนภูมิแสดงสาเหตุและผล (แผนภูมิก้างปลา) จะมีการกำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ (Possible Cause) ไว้เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการแก้ปัญหา เพื่อนำไปสู่การเริ่มต้นการแก้ไขรากของปัญหาด้วยวิธี FMEA แสดงดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภูมิก้างปลาและ FMEA

ที่มา: สมภพ ตลับแก้ว (2551)

2.1.5 ทฤษฎีการควบคุมการผลิตโดยข้อมูลทางสถิติ SPC (Statistical Process Control)

2.1.5.1 ความหมาย:

1) S: Statistical โดยอาศัยตัวเลขหรือข้อมูล

2) P: Process กระบวนการผลิต

3) C: Control เพื่อที่จะให้กระบวนการผลิตเป็นไปตามความต้องการ Statistical Process Control: การควบคุมกระบวนการโดยสถิติคือการผสมผสานการใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆ เพื่อผลลัพธ์ในการคงสภาพของกระบวนการและลดความแปรปรวนในการผลิต

2.1.5.2 วัตถุประสงค์สำคัญของ SPC

1) เฝ้าติดตามดูความเป็นไปของกระบวนการผลิต

2) เพื่อควบคุมการผลิตให้เป็นไปตามความต้องการ

3) ช่วยสะท้อนถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อนำไปสู่การหาสาเหตุและการแก้ปัญหา

2.1.5.3 ประโยชน์ในการทำ SPC

1) ทำให้การผลิตทันต่อเหตุการณ์

2) รู้ถึงความสามรถของขบวนการ (Process Capability) โดยใช้ค่า Cp หรือ Cpk เป็นตัวแสดงถึงความสามารถของขวนการ

3) ช่วยเพิ่มผลผลิตหรือเป็นการลดของเสีย

4) ช่วยป้องกันปัญหาด้านคุณภาพ

5) ใช้ข้อมูลเพื่อการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต

2.1.5.4 การแบ่งข้อมูลตามคุณลักษณะของคุณภาพ มี 2 ชนิด

1) เชิงผันแปร (Variable Data) หมายถึงข้อมูลที่ได้จากการใช้เครื่องมือวัดเช่น น้ำหนัก ขนาดผลจากการตรวจวัดอยู่ในรูปจำนวนจริงได้ทุกค่าอย่างต่อเนื่องตัวอย่างเช่น การวัด Saw curve width Wire loop height Die shear strength, Bond pull test Lead co planarity เป็นต้น

2) เชิงคุณภาพ (Attribute Data) หมายถึงข้อมูลที่ได้จากการตรวจนับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน ผลการวัดอยู่ในรูปจำนวนเต็มหรือ เป็นการแบ่งประเภทเช่นใช้ระบุว่าผลิตภัณฑ์ว่า ดี หรือ เสีย หรือนับจำนวนของเสียเช่นจำนวน Reject ยอมรับ/ไม่ยอมรับ ผ่าน/ไม่ผ่าน ค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ PPM เป็นต้น

2.1.5.5 ค่าสถิติที่ใช้แสดงลักษณะข้อมูลที่ได้จากการวัด

จากสูตร

$$\text{ค่าเฉลี่ย (X)} = \frac{\text{ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด}}{\text{จำนวนข้อมูล}} \qquad [1]$$

$$\text{ค่าพิสัย (R)} = \text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด} \qquad [2]$$

2.1.5.6 ค่าสถิติที่ใช้แสดงลักษณะข้อมูลที่ได้จากการนับ

จากสูตร

$$\text{ค่าสัดส่วนของเสีย (P)} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่เสีย}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \qquad [3]$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของสัดส่วนของเสีย} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่เสีย x 100}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \quad [4]$$

$$\text{PPM ของของเสีย} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่เสีย x 1,000,000}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \quad [5]$$

2.1.5.7 สาเหตุของความแปรปรวนในคุณภาพ

1) ความแตกต่างกันของเครื่องจักร
2) ความแตกต่างกันของวัสดุที่ใช้
3) ความแตกต่างกันของคน
4) ความแตกต่างกันในวิธีการทำงาน

2.1.5.8 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เป็นเครื่องมือทางสถิติอย่างหนึ่งส่วนใหญ่จะนำมาใช้สำหรับศึกษาและควบคุมกระบวนการผลิตที่ทำซ้ำๆ กัน Dr.Walter A. She what เป็นผู้คิดค้นขึ้นมา 1924 เขาได้แนะนำว่าแผนการควบคุมสามารถสนองหน้าที่พื้นฐานได้ 3 ประการคือ

1) กำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการดำเนินงานได้ชัดเจน
2) ช่วยในการดำเนินงานบรรลุเป้าหมาย
3) ใช้ในการปรับปรุงเป้าหมาย

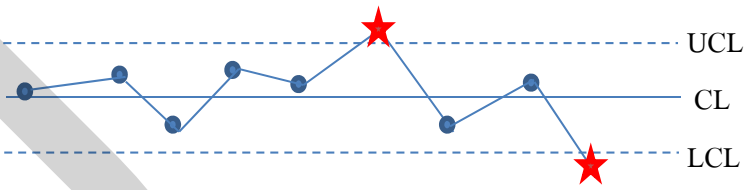
2.1.5.9 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เป็นแผนภูมิกราฟเส้น เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตโดยประกอบด้วยเส้นควบคุม 3 เส้นคือ

1) UCL: Upper Control Limit (เส้นควบคุมด้านบน)
2) CL: Control Limit (เส้นกลางหรือเส้นควบคุม)
3) LCL: Lower Control Limit (เส้นควบคุมด้านล่าง)

ภาพที่ 2.7 แสดงเส้นควบคุมต่างๆ

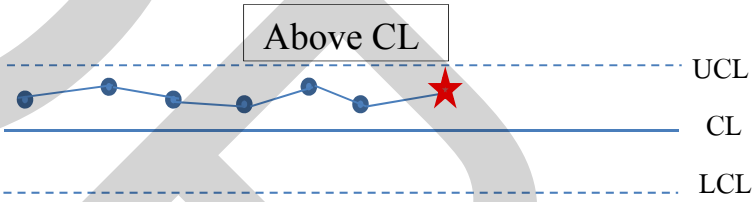
2.1.5.10 การพิจารณาว่ากราฟผิดปกติหรือไม่พิจารณาจาก

1) มีจุดใดจุดหนึ่งออกนอกเขตควบคุม (Out of control)

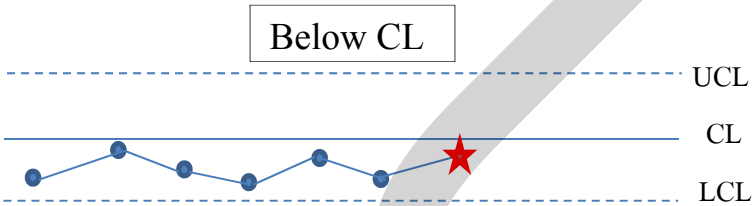


ภาพที่ 2.8 กราฟแสดงจุดที่ออกนอกเส้นควบคุม

2) มี 7 จุดติดต่อกันวิ่งอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลาง (Run)

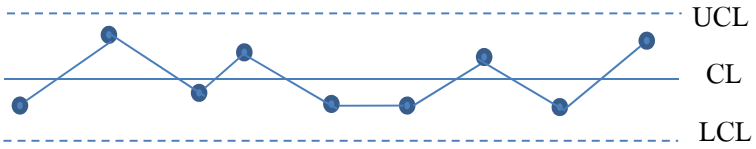


ภาพที่ 2.9 กราฟแสดงจุดที่อยู่บนเส้นควบคุม



ภาพที่ 2.10 กราฟแสดงจุดที่อยู่ใต้เส้นควบคุม

3) กราฟที่ปกติ



ภาพที่ 2.11 กราฟแสดงจุดที่วิ่งแบบปกติ

ที่มา: SPC Reference Manual, Second Edition July 2005, Copyright © 2005

2.1.5.11 กระบวนการที่อยู่นอกการควบคุม (Out of Control)

1) ปัจจัยพื้นฐานในการผลิต

1. Man พนักงาน ทักษะและวิธีการทำงาน
2. Machine เครื่องจักรและอุปกรณ์
3. Material วัสดุ หรือวัตถุดิบ
4. Measurement การตรวจวัด

2.1.5.12 สภาพแวดล้อมของกระบวนการผลิต

2.1.5.13 การคำนวณ และ Plot ค่าในแผนภูมิควบคุม

2.1.5.14 การพิจารณาแก้ปัญหา Out of control

2.1.5.15 การสอบกลับ (Traceability)

2.1.5.16 การตรวจสอบบันทึก สัมภาษณ์ สังเกต

2.1.5.17 การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

2.1.5.18 การใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ประการ

2.1.5.19 Sense & Experience

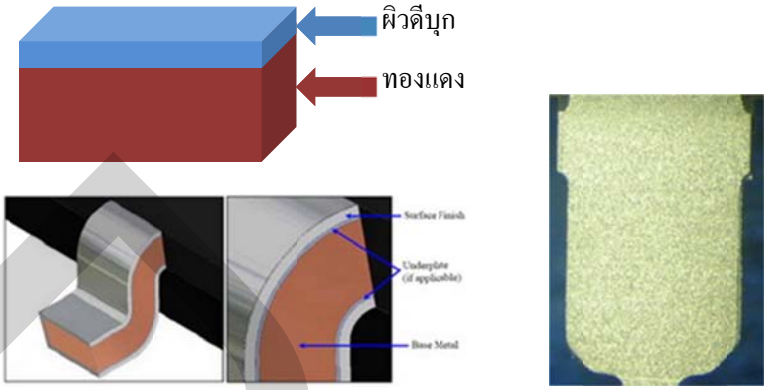
2.1.5.20 Fortune

ที่มา: SPC Reference Manual, Second Edition July 2005, Copyright © 2005

2.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 เทคโนโลยีการชุบแผงวงจรด้วย ดีบุก (Pure Tin Plate) และ การชุบผิวแผงวงจรด้วย นิเกิล พาราเดียม ทอง (Ni Pd Au) โดยจะมีวัสดุหลักเป็นทองแดง

2.2.1.1 การชุบผิวแผงวงจรด้วยดีบุก (Pure Tin Plate)นั้นจะทำการชุบด้วยวิธี Electro Plating ลักษณะผิวที่ผ่านการชุบแผงวงจรด้วยดีบุกแสดงดังภาพที่ 2.12 และความหนาของดีบุกบนแผงวงจร (Lead Frame) ประมาณ 300-800 μ"



ภาพที่ 2.12 แสดงชั้นของดีบุกและลักษณะผิวบนแผงวงจร (Lead frame Copper)

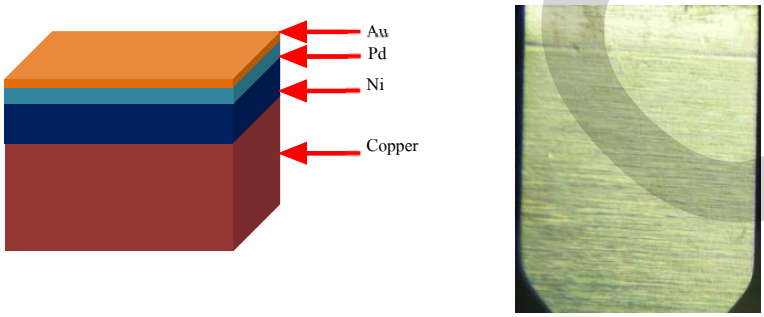
ที่มา: Lentus Technology (Thai) VG-PQC-001 (2008)

2.2.2 เทคโนโลยีการชุบแผงวงจรด้วย นิเกิล พาราเดียม และทอง (Ni Pd A u) หรือเรียกว่า PPF Lead Frame แสดงดังภาพที่ 2.13 จะมีวัสดุหลักที่เป็นทองแดงที่ผ่านการชุบ 3 ชั้นด้วย นิคเกิล พาราเดียม และทอง โดยที่รวมความหนาทั้งหมดไม่เกิน 70 ไมโครอินช โดยมีความหนาแต่ละชั้นดังนี้

นิเกิล (Ni) ความหนา 20 – 60 ไมโครอินช

พาราเดียม (Pd) ความหนา 0.3 – 2.4 ไมโครอินช

ทอง (Au) ความหนา 0.12 – 0.4 ไมโครอินช



ภาพที่ 2.13 แสดงชั้นและลักษณะผิวของ PPF (Pre-Plated Lead frame)

ที่มา: SAMSUNG TECHWIN Co., Ltd. (2007). Ultra-Thin u-PPF Technology Application

โดยสรุป PPF (Pre-Plate Frame) หรือ Lead Frame ที่ผ่านการชุบด้วย Ni Pd Au จะมีความหนาน้อยกว่า Lead Frame ที่ผ่านการชุบด้วยดีบุกหลายเท่าตัวคือ 300-800 ไมโครอินช กับ 70 ไมโครอินช

2.2.3 เทคโนโลยีของการเคลือบผิวแม่พิมพ์แบบ DF Coating (Diamond Film Coating)

1) DF Coating จะมีความแข็งรองจากเพชรและมีโครงสร้างเหมือน คริสตัลจึงเรียกอีกอย่างว่า Diamond-Like Carbon/DLC จะมีโครงสร้างทางกายภาพที่ไม่แน่นอนผิวจะมีความราบเรียบมากแต่ DLC Coating จะเคลือบผิวแค่ชั้นเดียวและจะเกิดปัญหาของการยึดติดกับวัสดุแม่พิมพ์ทำให้อายุการใช้งานสั้นกว่า จึงได้มีการพัฒนาการเคลือบผิวด้วยการเคลือบผิวมาเป็น DFC (Diamond Film Coating).แสดงดังภาพที่ 2.14 โดยฟิล์มชนิดนี้ก็คือฟิล์ม DLC ชนิดหนึ่งในเนื้อฟิล์มจะมีชั้นของทังสเตนคาร์ไบต์ (WC) แทรกอยู่ในชั้นของฟิล์ม DLC ด้วย

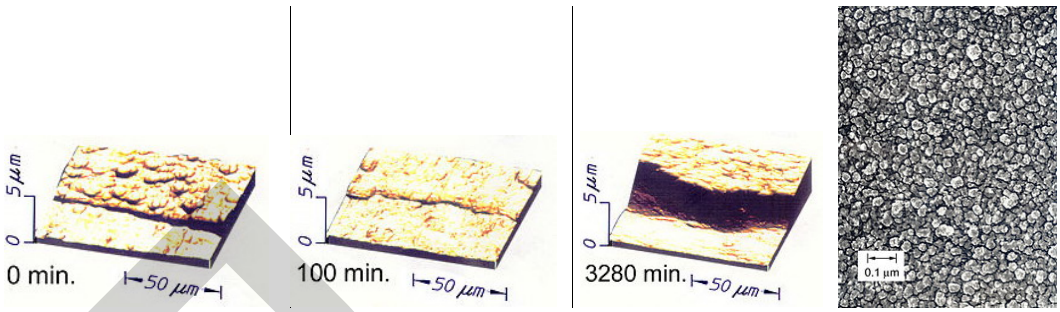
ภาพที่ 2.14 แสดงการเคลือบผิวด้วย DF Coating

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Diamond-like_carbon

2) การเคลือบผิวด้วยฟิล์มทังสเตนคาร์ไบต์/คาร์บอน (Diamond Film Coating) จะทำการเคลือบผิวทั้งหมด 3 ชั้นด้วย (Ti-Si-DLC) ไทเทเนียม ซิลิคอน Carbide รวมความหนาประมาณ 1.3 ~ 1.5 µm แสดงดังภาพที่ 2.15 โดยแต่ละชั้นมีความหนาดังนี้

DLC Coating thickness: 1.0 ~ 1.1 µm

Under Coating (Ti + Si): 0.3 ~ 0.4 µm



ภาพที่ 2.15 แสดงความหนาและขนาด (Grain Size) ของผิว DF Coating

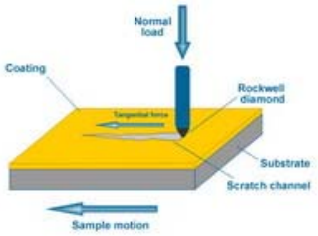
ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Diamond-like_carbon

3) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผิวเคลือบจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการเคลือบขึ้น จากเดิมจะใช้วิธี PVD (Physical Vapor Deposition) การทำปฏิกิริยาให้เกิดเป็นไอมาเกาะที่ตัวชิ้นงานหรือแม่พิมพ์ และได้พัฒนาเทคโนโลยีการเคลือบมาเป็น PACVD (Plasma-Assisted Chemical Vapor) การใช้ความร้อนช่วยเร่งปฏิกิริยาทางเคมีเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการยึดเกาะได้ดีขึ้น

4) เครื่องมือหรือแม่พิมพ์ที่ใช้ขึ้นรูปขางานเป็นเหล็กกล้า เกรด SKD-11 ที่ผ่านการชุบแข็งจะมีความแข็งอยู่ที่ 58-62 HRC และ AF-1 ที่มีความแข็งอยู่ที่ 90-92 HRC สำหรับการปรับสภาพและเคลือบผิวด้วยฟิล์มทังสเตนคาร์ไบต์/คาร์บอน (WC/C-PVD) ด้วยกระบวนการ PACVD (Plasma-Assisted Chemical Vapor) ด้วยเงื่อนไขทางเทคนิคของผู้ผลิตก่อนการเคลือบผิวแม่พิมพ์ต้องผ่านการขัดละเอียด (Lapping) โดยมีค่าความหยาบเฉลี่ย Ra ประมาณ 0.02 ไมโครมิลลิเมตร

5) คุณสมบัติของแม่พิมพ์ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย DF Coating ที่เพิ่มประสิทธิภาพของแม่พิมพ์คือ ความแข็ง คุณสมบัติการยึดติด และความบางของผิวที่เคลือบที่มีผลการทดลองจากห้องทดลอง

ในภาพที่ 2.16 เป็นเครื่องมือในห้องทดลองชื่อว่า Laboratories Suisse de Recherché Horlogères (LSRH) Neuchâtel ประเทศเยอรมันได้ใช้เครื่องมือทำการทดลองคือ Scratch Test Unit จะใช้หัว Diamond Rockwell C 120° ทรงกลมขนาด 200 ไมโครอินช

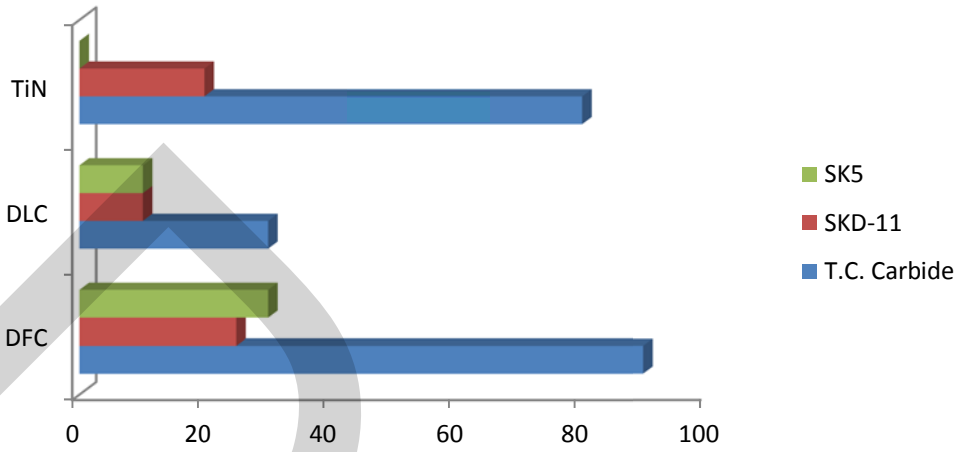


ที่มา: MICRO-TECH OVERSEAS LTD. (μTECH) < PATENT > DF Coating (2539); Integrated Semiconductor Infra Technology ISIT (2003)

6) จากการทดสอบจะได้ความแตกต่างของคุณสมบัติของการยึดติด ระหว่าง DLC/DF Coating/Ti ไทเทเนียม เมื่อความหนาของผิวที่เคลือบเท่ากันประมาณ 1~ 2 ไมโครอินช หัว Test Rockwell จะลากผ่านชิ้นงานที่เคลือบขณะที่ลากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มน้ำหนัก (Load) และลากไปจนกระทั้งผิวที่เคลือบหลุด ปริ หรือถลอก ออกจากชิ้นงานเรียกว่า Critical Loading และเป็นค่าความสามารถในการยึดติด (Adhesive Strength).แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ผลการทดสอบความสามารถของการยึดติด (Adhesive Strength)

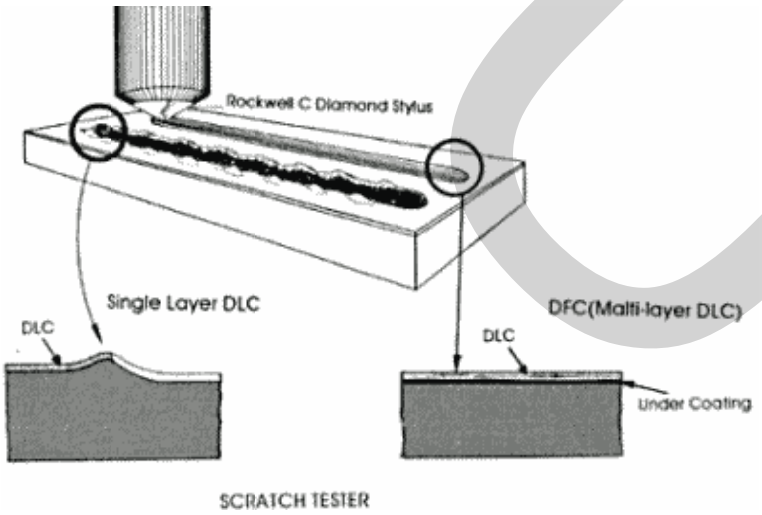
Material	Critical load with Coating Process (N)		
	DFC	DLC	TiN
T.C. Carbide	85-100	30	80
SKD-11	25	10	20
SK5	30	10	N/A



ภาพที่ 2.17 กราฟผลการทดสอบ Critical Loading ของผิว DF Coating

ที่มา: Integrated Semiconductor Infra Technology ISIT (2003)

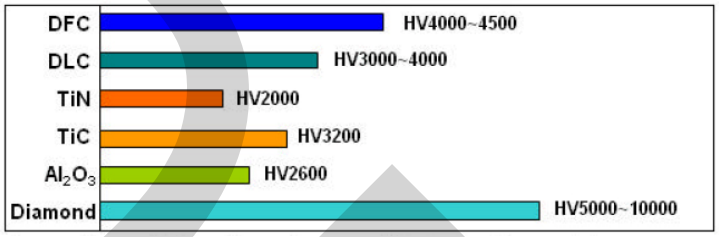
7) จากภาพที่ 2.17 กราฟแสดงว่าการเคลือบผิวด้วย DFC จะสามารถรับแรงกระทำได้มากที่สุดและภาพที่ 2.18 แสดงลักษณะของผิวเคลือบหลังการทดสอบ ผิวของชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบด้วย DF Coating จะเกิดความเสียหายน้อยกว่า DLC



ภาพที่ 2.18 เปรียบเทียบความเสียหายของผิว DF Coating กับ DLC

ที่มา: MICRO-TECH OVERSEAS LTD. (μTECH) < PATENT > DF Coating (2539);

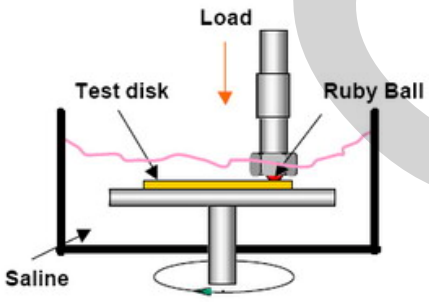
8) จากการทดสอบในห้องทดลองความแข็งของผิวเคลือบแบบ DF Coating จะอยู่ที่ HV4000*HV5000 จึงได้การเปรียบเทียบความแข็งกับวัสดุอื่น เช่น Aluminum oxide nitride เพชร (Diamond) และเปรียบเทียบกับการเคลือบแบบ TiN, TiC หรือ Al2O3 แสดงดังภาพที่ 2.19 ผลที่ได้วัสดุที่มีความแข็งมากที่สุดคือเพชร (Diamond) ซึ่งมีความแข็งอยู่ที่ HV5000 – 10000 รองลงมาคือ DF Coating.



ภาพที่ 2.19 กราฟเปรียบเทียบความแข็งของ DF Coating กับเพชร และอื่นๆ

ที่มา: MICRO-TECH OVERSEAS LTD. (μTECH) < PATENT > DF Coating (2539); Integrated Semiconductor Infra Technology ISIT (2003)

9) จากห้องทดลองความเสียดทาน Coefficient of sliding friction ของผิวที่เคลือบด้วย Sphere-on-disc tester จากตารางที่ 2.6 สรุปได้ว่า DF Coating มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานน้อยที่สุด



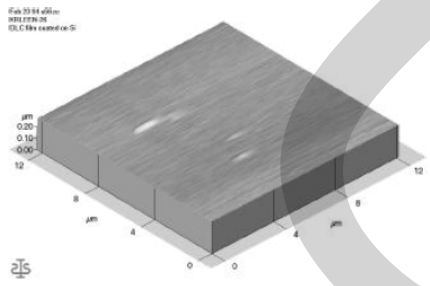
ภาพที่ 2.20 เครื่องทดสอบแรงเสียดทาน

ตารางที่ 2.6 ผลการทดสอบแรงเสียดทานของผิว (Coefficient of sliding friction)

ผิวเคลือบ	ความเร็วของจานหมุน (mm./sec)	ระยะที่จานหมุนได้ (M)	Coefficient of sliding friction
DF Coating	10	10	0.2
TiN (ไทเทเนียม)	10	10	0.7
CrN (โครเมียมไนไตร)	10	10	0.4
Carbide	10	10	0.65

ที่มา: MICRO-TECH OVERSEAS LTD. (μTECH) < PATENT > DF Coating (2539); Integrated Semiconductor Infra Technology ISIT (2003)

10) จากการทดลองความเรียบผิวของ DF Coating ด้วยเครื่อง Atomic Force Microscope แสดงดังภาพที่ 2.21 ค่าความเรียบเป็น Ra มีหน่วยเป็น Angstroms (Â) และค่าที่วัดได้จาก DF Coating = 7.5 (Â)



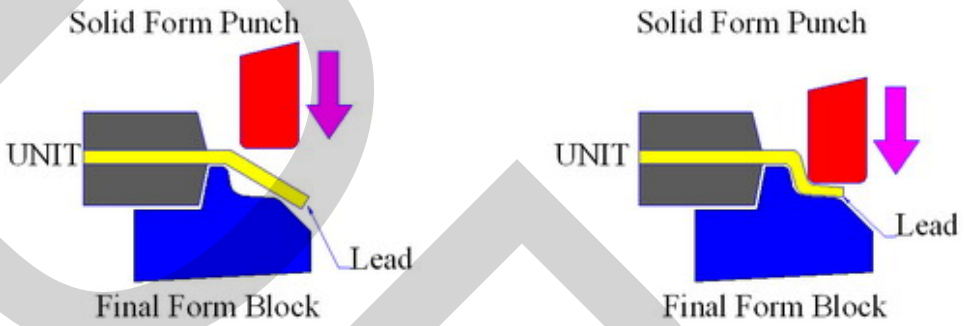
AFM Image of DFC coating

ภาพที่ 2.21 ความเรียบของผิวที่ถ่ายจาก Atomic Force Microscope

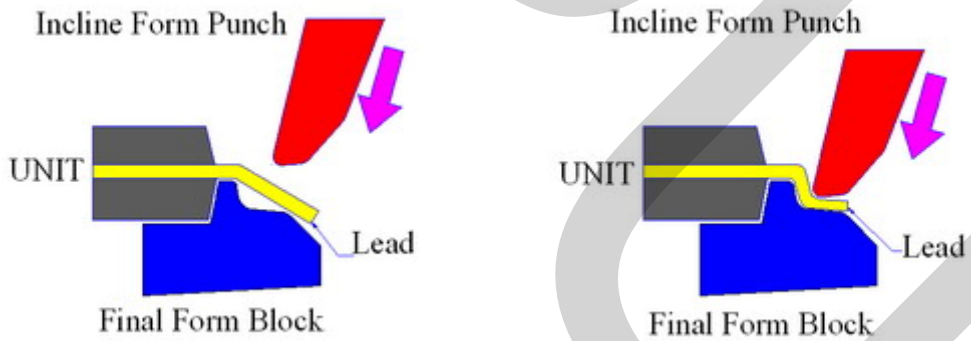
ที่มา: MICRO-TECH OVERSEAS LTD. (μTECH) < PATENT > DF Coating (2539); Integrated Semiconductor Infra Technology ISIT (2003)

2.2.4 เทคโนโลยีการขึ้นรูปขางานแบบเอียงเข้ามุม Incline form

การขึ้นรูปแบบกดลงแนวดิ่ง (Solid Form) แสดงในภาพที่ 2.22 เป็นวิธีการขึ้นรูปโดยใช้ Solid Form Punch กดขางานลงบนแม่พิมพ์ Final Form Block ในแนวดิ่งทำให้แรงเสียดทานบนผิวมากและพื้นที่สัมผัสมาก แต่การขึ้นรูปขางานแบบเอียงเข้ามุม (Incline Form) ที่มีการสัมผัสกับขางานน้อยกว่าแสดงในภาพที่ 2.23 เป็นการเปรียบเทียบการขึ้นรูปขางานทั้งสองแบบ



ภาพที่ 2.22 การขึ้นรูปแบบ Solid form



ภาพที่ 2.23 การขึ้นรูปแบบ Incline form

ที่มา: ASM Pacific Technology Ltd © (2011)

2.2.4.1 แรงที่จะทำให้ขางานโค้งขึ้นรูปจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุทองแดง (Moment of bending is depend on the Material properly)

จากสูตร

$$M = n(UTS)\ \frac{[bT^2]}{4} \qquad [6]$$

n = Correction coefficient hardening of material (Copper: n= 1.6 – 1.8)

UTS = Ultimate tensile strength of the material.

b = Width of beam (length of bending)

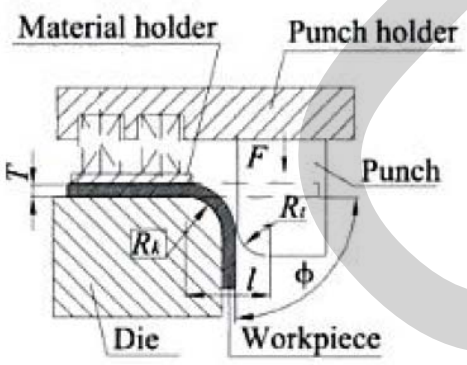
T = Material thickness

ที่มา: ASM Pacific Technology Ltd © (2011)

2.2.4.2 แรงที่กดลงบนขางานขณะขึ้นรูปขางานที่ขึ้นอยู่กับ มุมของขางานและความเปลี่ยนแปลงของระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับ forming punch จากสูตรที่ [7] และภาพที่ 2.24 แสดงค่าและระยะต่างๆ

จากสูตร

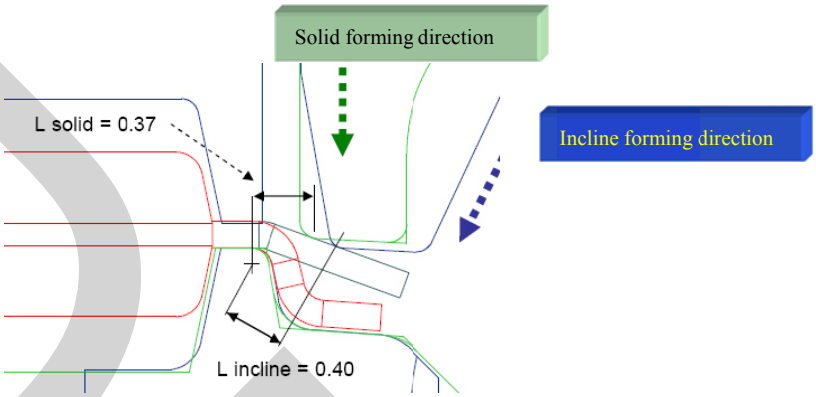
$$F = \frac{M}{l}(1 + sin\emptyset) \qquad [7]$$



ภาพที่ 2.24 สูตรของแรงกดและตำแหน่งต่างๆ ของการขึ้นรูปขางาน

ที่มา: ASM Pacific Technology Ltd © (2011)

การเปรียบเทียบแรงของวิธีกดลงแนวดิ่ง (Solid Form) แทนด้วยสีเขียว กับวิธีเอียงเข้ามุม (Incline Form) แทนด้วยสีน้ำเงินดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.25 แสดงระยะ L ของ Solid form และ Incline Form

ที่มา: ASM Pacific Technology Ltd © (2011)

แทนค่าต่างๆ ลงในสูตรที่ [7] หาค่า F (Bending Force)

F Solid = M x (1 + sin§)/L
= M x (1 + sin§)/0.
= 2.703 [M x (1 + sin§)]

F Incline = M x (1 + sin§)/L
= M x (1 + sin§)/0.4
= 2.5 [M x (1 + sin§)]

ที่มา: ASM Pacific Technology Ltd © (2011)

จากการแทนค่าลงในสูตรที่ [7] สรุปได้ว่าแรงกด bending force (F) ของ Incline Form จะน้อยกว่า Solid Form 8 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นการขึ้นรูปขางานแบบเอียงเข้ามุมจะมีโอกาสทำให้ขางานเป็นรอยขูด (Scratch) น้อยกว่า

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุพัฒตรา เกษราพงศ์ (2550) ได้ดำเนินการพัฒนาคุณภาพของการผลิตถุงเท้านักเรียนยี่ห้อ XYZ มีของเสียเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต 5.26 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เทคนิค FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) มาช่วยวิเคราะห์เพื่อประเมินความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity: S) การเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: C) และ การควบคุมกระบวนการ (Detection: D)

พบว่าสามารถลดปัญหาของเสียจากด้ายขาดในกระบวนการกรอด้ายซึ่งเป็นปัญหาหลัก จากการประเมินค่า RPN ก่อนการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 400 เมื่อทำการปรับปรุงโดยแก้สาเหตุของปัญหาด้ายขาดทำให้ค่า RPN ลดลงเป็น 280

เกษมสันต์ สาลีโภชน์ (2548) ทำการวิเคราะห์ปัญหาของเสียของชิ้นส่วนเบาะยานยนต์ที่ขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ และทำการควบคุม กระบวนการผลิตเพื่อลดและป้องกันการเกิดซ้ำของปัญหา และได้นำเครื่องมือด้านการควบคุมคุณภาพ (QC Tool) ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลแล้วดำเนินการแก้ไขปัญหาตามกระบวนการของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพของกระบวนการ (Process Failure Mode and Effect Analysis: PFMEA) โดยพิจารณาจากค่า RPN (Risk Priority Number) ว่าค่า RPN ของปัญหาใดมีค่าสูงกว่าจะถูกนำมาแก้ปัญหาก่อน หลังจากการแก้ปัญหาแล้วสามารถลดชิ้นส่วนเบาะยานยนต์ที่เสียลงได้ จำแนกเป็นแต่ละกระบวนการได้ดังนี้ กระบวนการเตรียมแม่พิมพ์การผลิตปริมาณของเสียลดลงจาก 245.39 PPM เหลือ 1.29 PPM กระบวนการตั้งสภาวะเครื่องจักร จาก 720.3 PPM เหลือ 47.83 PPM, กระบวนการผสมน้ำยาที่หัวฉีดจาก 734.19 PPM ลดลงเหลือ 19.39 PPM, กระบวนการฉีดน้ำยาลดลงจาก 74.74 PPM จนไม่มีของเสียเลย, กระบวนการซ่อมแต่งชิ้นงานลดลงจาก 219.60 เหลือ 11.63 PPM

วิทย์ วรรณวิจิต (2547) ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มาประยุกต์ใช้ ทั้งนี้ได้คำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) เพื่อนำมาจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่องในการแก้ไข พบว่า จำนวนการผลิตแม่พิมพ์ล่าช้า มีค่าลดลงจาก 12.50 เปอร์เซ็นต์ในหนึ่งเดือนลดลง จนเหลือ 0 เปอร์เซ็นต์ จำนวนชิ้นส่วนประกอบแม่พิมพ์เสียในกระบวนการผลิตมีสัดส่วนลดลงจาก 7.69 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ เปอร์เซ็นต์ ในหนึ่งเดือนและภายในสองเดือนเหลือ 0.78 เปอร์เซ็นต์ และ 1.02 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จำนวนการซ่อมแซมแม่พิมพ์ระหว่างใช้งาน มีจำนวนลดลงเหลือ 2 ถึง 4 ครั้งในแต่ละเดือนและค่าความเสี่ยงชี้นำหลักการแก้ไขปรับปรุง พบว่ามีค่าลดลงโดยเฉลี่ย 55.19 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเสี่ยงชี้นำก่อนปรับปรุง ดังนั้นหลักการปรับปรุงกระบวนการผลิตดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นผลดีต่อองค์กรและสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไปได้อีก

สุชาติ แซ่แต้ (2548) ได้ทำการการปรับปรุงกระบวนการผลิตของกล่องกระดาษลูกฟูกเพื่อปรับปรุงแรงเสียดทานของกล่องกระดาษลูกฟูกให้ดีขึ้นและลดการสูญเสียแรงเสียดทานให้น้อยที่สุด ได้มีการนำหลักการทางสถิติ Statistical Process Control และการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ก่อนการปรับปรุงมีปริมาณของเสียเกิดขึ้น 889 X 10^3 DPPM (Defect Part per Million) และมีความสามารถของกระบวนการการผลิต (Cpk) เป็น (-0.51)

ผลหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต มีปริมาณของเสียเกิดขึ้น เพียง 11.20 DPPM และความสามารถของกระบวนการ (Cpk) มีค่าเท่ากับ 1.34

สุพิเชษฐ์ สุจารีรัตน์ (2546) ทำการเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งได้แบ่งเป็นสองหมวด คือ 1 รูปธรรมซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์สระว่ายน้ำและ 2 นามธรรมซึ่งหมายถึงการบริการลูกค้า ใช้แบบสอบถามและอ้างอิงฐานข้อมูลเก่า หลังจากนั้นก็ใช้หลักการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มาช่วยในการวิเคราะห์หารากของปัญหาเพื่อที่จะได้แก้ไขและป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดอีกในอนาคต อาทิ เช่นทฤษฎี 80:20 ของ Pareto ที่มาช่วยในการตัดสินใจว่าปัญหาใดที่ควรได้รับการแก้ไขก่อนซึ่งผู้วิจัยได้เลือกมา 3 ปัญหา นอกเหนือจากนี้ยังมีการใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ (Relationship diagram) แผนภูมิแสดงเหตุและผล ผังก้างปลา (Cause and Effect /Fishbone diagram) แผนภูมิต้นไม้ในการตัดสินใจ (Decision Tree diagram) และการวิเคราะห์แบบตั้งคำถามทำไม ทำไม หลังจากปัญหาได้รับการปรับปรุงคำร้องเรียนจากลูกค้าในช่วงเวลา 2 เดือน คือ เดือนตุลาคมและพฤศจิกายนที่ทำการทดลองลดลง คำร้องของลูกค้าต่อปัญหาที่เกี่ยวกับน้ำในสระขุ่นและไม่ใส จากจำนวนร้องเรียนรวมของเดือน 6 กับ เดือน 7 และ 5 ครั้งในปี พ.ศ. 2544 ถึง 2546 ตามลำดับ ลดลงเป็นไม่มีคำร้องเรียน เช่นเดียวกับปัญหาเครื่องปั๊มน้ำเสียจากจำนวนร้องเรียนรวมของทั้งเดือน 4 กับเดือน 5 และ 6 ครั้งในปี พ.ศ. 2544 ถึง 2546 ลดลงจนไม่มีคำร้องเรียน

อนิรุท พัฒนธีระ (2545) ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการหยุดสายการประกอบรถยนต์กระบะ และลดอัตราเฉลี่ยร้อยละของการหยุดของสายการประกอบต่อปีลงเพื่อเพิ่มผลการผลิต จากการศึกษาพบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการหยุดของสายการประกอบมาจากชิ้นส่วนประกอบที่ไม่ได้คุณภาพ และลักษณะวิธีการทำงานของพนักงานที่บกพร่อง มาตรการที่ใช้ในการปรับปรุงสายการผลิต โดยลดการหยุดของสายการประกอบ ได้แก่ การจัดทำเอกสารทางเทคนิคเพื่อใช้เป็นเอกสารในการตรวจสอบชิ้นงาน การใช้ why-why analysis เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและเทคนิค poka yoke เพื่อลดความผิดพลาดในการทำงานของพนักงาน และ การใช้เทคนิค kaizen เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมในสายการประกอบ หลังจากที่ได้นำมาตรการต่างๆ มาประยุกต์ใช้ ทำให้สามารถลดเวลาการหยุดของสายการประกอบลงได้ จากมีอัตราเฉลี่ยร้อยละของการหยุดสายการประกอบก่อนการปรับปรุงเท่ากับ ร้อยละ 3.08 ซึ่งทางบริษัทอนุญาตให้มีการหยุดสายการประกอบได้ เท่ากับร้อยละ 2.5 เท่านั้น หลังจากการปรับปรุง ทำให้ผลการผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 74 คันต่อเดือนและมีอัตราเฉลี่ยร้อยละของการหยุดสายการประกอบลดลง คือ ลดลงมาถึง ร้อยละ 1.83

สุภาวดี บุญชนะวิวัฒน์ (2541) ได้จัดสร้างระบบแผนคุณภาพล่วงหน้า (Advanced Product Quality Planning) สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์อะลูมิเนียม และจัดทำแผนคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและ

ผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis; FMEA) รวมทั้งแผนภาพแสดงเหตุและผล แผนภาพต้นไม้ และแผนภาพความสัมพันธ์เป็นเครื่องมือช่วยในการค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะบกพร่อง จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินค่าความรุนแรงของลักษณะบกพร่อง โอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และโอกาสการตรวจพบข้อบกพร่องจากการควบคุมกระบวนการ เพื่อทำการคำนวณหาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number หรือ RPN) พบว่าของเสียในกระบวนการผลิตลดลงจาก 8.420 เปอร์เซ็นต์เหลือ 5.594 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปัญหาของเสียที่ลูกค้าส่งคืนลดลงจาก 6.913 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 4.351 เปอร์เซ็นต์และมีแนวโน้มในการลดลงอย่างต่อเนื่อง สำหรับค่าคะแนน RPN ที่ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินใหม่สำหรับกระบวนการผลิตกรณีที่ได้มีการนำปฏิบัติการเสนอแนะไปใช้ได้จริงทั้งหมด พบว่า RPN ลดลง 40-90 เปอร์เซ็นต์ จากค่า RPN ของกระบวนการผลิต เดิมก่อนการปรับปรุง

DPU

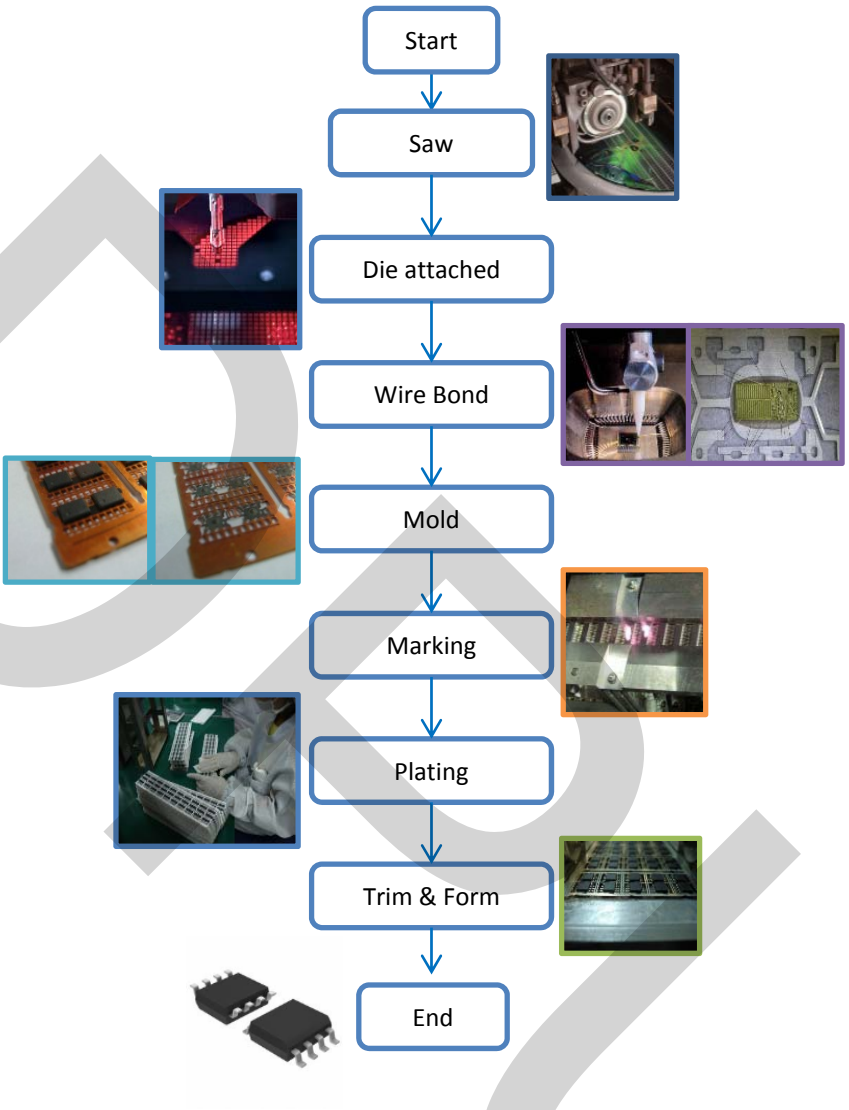
บทที่ 3
ระเบียบและวิธีวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะปรับปรุงเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่ซึ่งเป็นเครื่องจักรรุ่นเก่ามีอายุการใช้งานมาแล้วไม่ต่ำกว่า 10 ปีให้มาผลิต I.C. (Integrated Circuit) ที่ผลิตจากแผงวงจร (Lead Frame) ที่ผ่านการชุบผิวด้วย Ni Pd Au หรือเรียกว่า PPF (Pre-Plated Frame) โดยมีขั้นตอนและวิธีวิจัยดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบัน
2. ศึกษาข้อกำหนดของลูกค้าที่เกี่ยวกับ I.C. ที่ผลิตจาก Lead Frame ชนิด PPF
3. ทดลองผลิต I.C. จาก Lead Frame PPF ด้วยกระบวนการปกติและสรุปผลการทดลอง
4. วิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับกระบวนการผลิต อุปกรณ์ และ เครื่องจักรและวิเคราะห์สาเหตุของผลกระทบหรือปัญหาที่จะเกิดขึ้น
5. ปรับปรุงกระบวนการ อุปกรณ์ และ เครื่องจักร
6. การทดลองผลิต I.C. จาก Lead Frame ชนิด PPF

3.1 ศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบัน

เพื่อให้ทราบกระบวนการและขั้นตอนการผลิต I.C. ว่ามีขั้นตอนอะไรบ้างและกระบวนการที่ผู้ทำวิจัยนี้ให้ความสำคัญมากเพราะมีผลกระทบโดยตรงถ้ามีการเปลี่ยนชนิดของ Lead Frame จากบทที่ 1 ว่าด้วยความเป็นมาของปัญหาก็ได้ทราบถึงการผลิต I.C. นั้นมีอยู่ 7 ขั้นตอนหลักๆ และขั้นตอนที่จะมีการนำ Lead Frame มาเป็นส่วนประกอบจะเริ่มที่กระบวนการที่ Die attached ไปจนจบกระบวนการสุดท้ายแสดงดังภาพที่ 3.1 แต่หลังจากกระบวนการ Mold or Encapsulate แผงวงจร (Lead Frame) จะถูกปิดด้วย Compound จะเหลือเพียงส่วนที่เป็นขางานที่อยู่ด้านนอกตัวงาน (Package) และกระบวนการที่ 7 เป็นกระบวนการสุดท้ายจะตัดส่วนที่ยึดติดระหว่างตัว I.C. ออกจากแผงวงจรสุดท้ายจะเหลือเพียงส่วนที่เป็นขางาน (Leads)

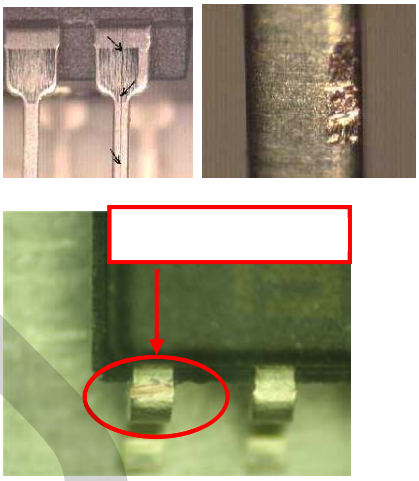


ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิต I.C. หลัก 7 ขั้นตอน

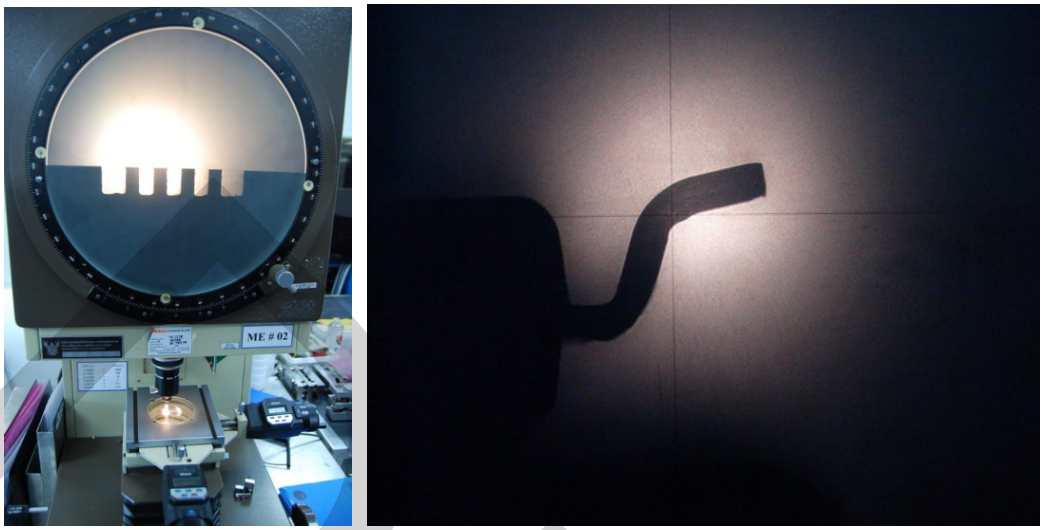
3.2 ศึกษาข้อกำหนดของลูกค้าที่เกี่ยวกับ I.C. ที่ผลิตจาก Lead Frame ชนิด PPF

3.2.1 จากข้อกำหนดของลูกค้า Customer Specification: 3WI7201 เป็นการตรวจดูใต้กล้องขยาย 30 เท่าระบุไว้ในหัวข้อที่ 7.2.9 (Code: 8P) Scratch on lead แสดงในตารางที่ 3.1 ไม่อนุญาตให้มีรอยขีดข่วนบนผิวของขางานขนาดเกิน 20 mils (0.020 นิ้ว) วัดจากด้านที่ใหญ่ที่สุด และไม่อนุญาตให้มีรอยขีดข่วนใดใดบนขางานส่วนที่ใช้งานคือ ปลายขางาน (Seating of lead)

ตารางที่ 3.1 ข้อกำหนดของลูกค้า Visual Mechanical Requirement 3WI7201
หัวข้อที่ 7.2.9 Criteria Code: 8P Scratch on lead คำจำกัดความ: รอยขีดขวนบนผิวของขางาน

Customer	Pkg. Type	Criteria	
Vigilant std.	All packages	Refer Exposed base metal criteria.	
For PPF lead frame	PDIP SOIC	> 20 mils in largest dimension on major lead or reject on minor lead > 20 mils in largest dimension or reject on seating of lead	
Microchip	SOIC,TSSOP, PDIP	Any scratch that exposes underlying metal	
Catalyst	PDIP,SOIC, TSSOP	Reject if more than >50 mils in largest dimension or exposing the base metal by more than 5% of lead surface area.	

3.2.2 จากข้อกำหนดของลูกค้า Customer Specification: 3WI7101 เป็นการวัดขนาดด้วยกล้อง Profile Projector แสดงในภาพที่ 3.2 ข้อกำหนดขนาดต่างๆของขางานตามข้อกำหนดที่ 10.2 Lead Dimension Specification สำหรับงาน 8LD SOIC จะมีค่าที่จะต้องทำการวัด 8 รายการดังแสดงในตารางที่ 3.2 และค่าที่มีความสำคัญเป็นพิเศษ < S > Special Characteristics ได้แก่ Lead co-planarity และ Foot angle



ภาพที่ 3.2 Profile Projector

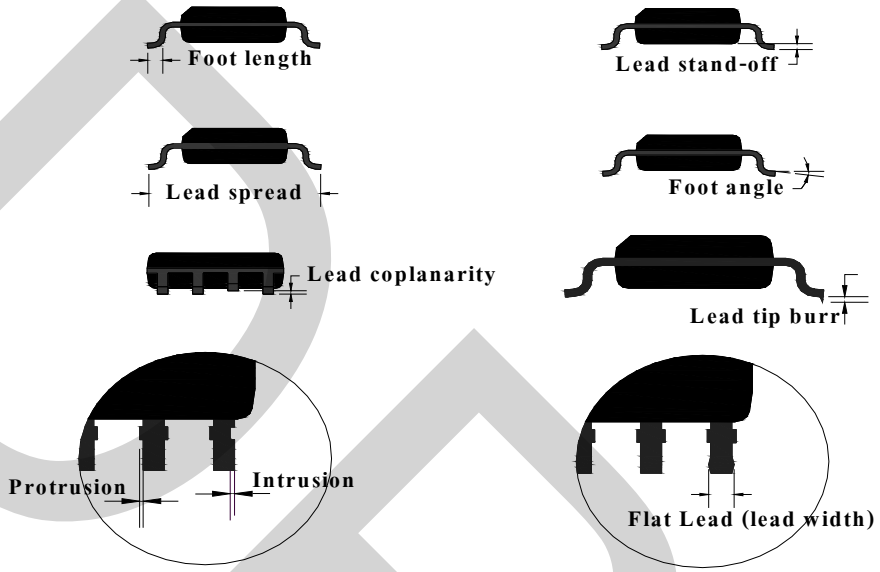
ตารางที่ 3.2 ข้อกำหนดของลูกค้า Trim & Form Work instruction 3WI7101

หัวข้อที่ 10.2 Lead Dimension Specification SOIC ขนาดของขางาน 8 รายการ

LEAD COUNT	8 SOIC	8/14 TSSOP	7/8 LSOP
Lead co planarity <S>	3 mils	3 mils	3 mils
Lead stand off	4 – 9 mils	2 – 5 mils	8 – 12 mils
Lead spread	232 – 244 mils	244 – 256 mils	370 – 385 mils
Foot length	20 – 30 mils	20 – 30 mils	28 – 44 mils
Foot angle <S>	0 – 8 º	0 – 8 º	0 – 8 º
Dam bar intrusion / Protrusion	Not allow / 0 – 5 mils	Not allow / 0 – 2.5 mils	Not allow / 0 – 2.5 mils
Lead tip burr	0 – 3 mils	0 – 3 mils	0 – 5 mils
Flat lead (Lead width)	16 – 18 mils	8 – 12 mils	18 – 22 mils

Note. <S> is the special characteristics of Vigilant and customers.

จากตารางที่ 3.2 จะมีลักษณะและวิธีของการวัดแต่ละรายการแสดงดังภาพที่ 3.3 หน่วยที่ใช้ในการวัดขนาดคือ นิ้ว (inch): 1 inch = 1000 mil



ภาพที่ 3.3 ลักษณะและวิธีการวัดขนาด 8 รายการ

3.3 ทดลองผลิต I.C. จาก Lead Frame PPF ด้วยกระบวนการปกติและสรุปผลการทดลอง

ทำการผลิต I.C. ด้วยกระบวนการปกติ จากจำนวนงานทั้งหมดที่ลูกค้าส่งตัวอย่างมา 2000 ชิ้น และทำการตรวจ 100% ในทุกๆ กระบวนการพร้อมบันทึกผล

3.4 วิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับกระบวนการผลิต อุปกรณ์ และ เครื่องจักร

3.4.1 ใช้ทฤษฎีผังเหตุและผล Cause and Effect Diagram ผังก้างปลา (Fish bone Diagram) เพื่อวิเคราะห์ปัญหา

จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาจะทราบปัญหาที่จะเกิดขึ้นถ้าผลิตงานด้วย Lead Frame PPF และเมื่อจำเป็นจะต้องผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรสภาพเก่าและชิ้นส่วนที่ใช้ขึ้นรูปขางานแบบเก่าจะมีปัญหาอะไรเกิดขึ้น

3.4.2 ใช้ทฤษฎีภาวะล้มเหลวและการวิเคราะห์ผลกระทบ Failure Mode and Effects Analysis: PFMEA เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบผลิต I.C. จาก Lead frame ชนิด PPF ด้วยกระบวนการปกติโดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1) ระบุหน้าที่ของกระบวนการในคอลัมน์ที่ 1 (Process step/Function): Dam-bar Forming and Singulate

2) ระบุความเสียหายที่คาดว่าจะเกิด (Potential Failure Mode):

3) ระบุผลกระทบจากปัญหาที่จะเกิดขึ้น (Potential Effect of Failure):

4) ประเมินระดับความรุนแรงของความเสียหาย (S = Severity):

5) ระบุสาเหตุของปัญหา (Potential Cause of Failure): จากผังก้างปลาสิ่งที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุของปัญหาคืออะไร

6) ปัจจุบันมีอะไรที่ใช้ป้องกันปัญหานี้บ้าง (Current Control Prevention):

7) ประเมินความถี่ของการเกิดความเสียหายต่อชิ้นงาน (O = Occurrence):

8) ปัจจุบันมีอะไรที่ใช้การตรวจจับปัญหานี้บ้าง (Current Control Detection):

9) การประเมินความสามารถในการตรวจจับด้วยวิธีปัจจุบัน (D = Detection):

10) คำนวณค่าความเสี่ยง Risk Priority Number (RPN) โดยจะนำค่า Severity คูณกับ Occurrence คูณกับ Detection คือ S x O x D จะได้ค่า RPN

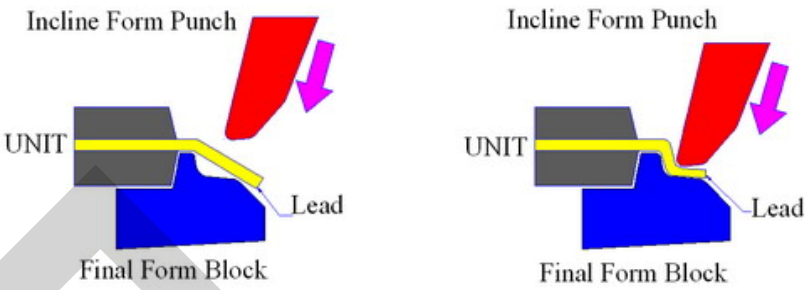
11) ค่า RPN สูงกว่าข้อกำหนดคือ 125 ต้องมีการแก้ไขปรับปรุง Recommend Action: ตามข้อกำหนดของลูกค้าและ QS-9000 หรือ TS-16949

12) ระบุหน้าที่ว่าใครเป็นคนทำและทำเสร็จเมื่อไหร่ Responsibility & Target completion Date: คนที่รับผิดชอบและทำการแก้ไขปรับปรุงและเมื่อแก้ไขปรับปรุงเสร็จแล้วค่า RPN ลดลงเหลือเท่าไหร่ถ้ายังสูงกว่า 125 ก็ต้องทำการวิจัยและทดลองใหม่

3.4.3 ใช้ทฤษฎี WHY-WHY Analysis เพื่อหารากของปัญหาหรือสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause) จะได้แก้ไขสาเหตุที่แท้จริง

3.5 ปรับปรุงกระบวนการ เครื่องมือ เครื่องจักร

จากเทคโนยีการขึ้นรูปด้วยวิธีเอียง 45 องศาแสดงในภาพที่ 3.4 และเทคโนโลยีการเคลือบผิวด้วย Diamond Coating แสดงในภาพที่ 3.5 เคลือบผิวของ Final Form Punch มาใช้ทำการปรับปรุงเครื่องมือ เครื่องจักร

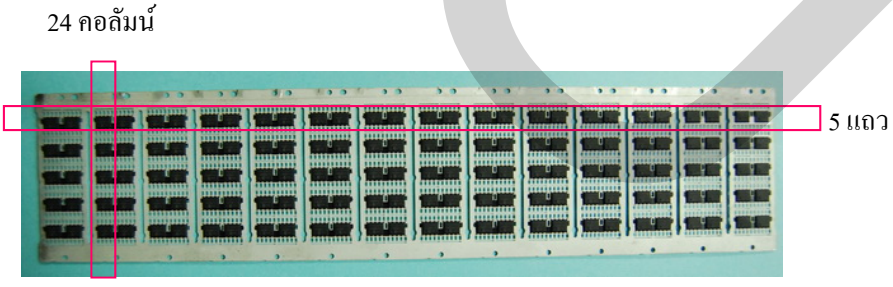


ภาพที่ 3.4 การขึ้นรูปด้วยวิธีเอียง 45 องศา

ภาพที่ 3.5 เทคโนยีการเคลือบผิวด้วย Diamond Coating

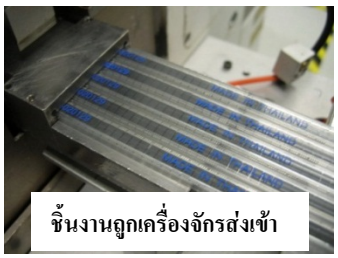
3.6 ทำการทดลองผลิต I.C. จาก Lead Frame ชนิด PPF

3.6.1 จากแผงวงจรงานชนิด 8 SOIC จะมีชิ้นงานอยู่ 140 ชิ้นงานแบ่งออกเป็น 5 แถว 4 คอลัมน์ แสดงดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ลักษณะและจำนวนงานบน Lead frame

3.6.2 เครื่องจักรถูกออกแบบมาให้มีชิ้นส่วนที่ใช้ขึ้นรูปขางานทั้งหมด 5 ชุด และใน 1 ชุดจะขึ้นรูปขางานได้ครั้งละ 2 ตัวใน 1 ชุดประกอบด้วย Final Form Punch และ Final Form Anvil.



ภาพที่ 3.7 จำนวนงาน 1 ชุดต่อการขึ้นรูป 1 ครั้งเท่ากับ 10 ชิ้น

3.6.3 จากข้อ 3.6.2 ออกแบบการทดลองการผลิตและวัดค่าต่างๆ ตามข้อกำหนดของลูกค้าทั้ง 8 รายการดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าที่ต้องวัดตามข้อกำหนดของลูกค้า

รายการข้อกำหนด	ขนาดตามข้อกำหนด	จำนวนชิ้นงานต่อหลอด	เครื่องมือที่ใช้วัด	ควบคุมการผลิตด้วย
Lead co planarity <S>	0 – 3 Mil	20 ชิ้นต่อ 1หลอด	Profile Projector	Control chart/ Data check sheet
Lead stand off	4 – 9 Mil	20 ชิ้นต่อ 1หลอด	Profile Projector	Data check sheet
Lead spread	232 - 244 Mil	20 ชิ้นต่อ 1หลอด	Profile Projector	Data check sheet
Foot length	20 – 30 Mil	20 ชิ้นต่อ 1หลอด	Profile Projector	Data check sheet
Foot angle <S>	0 – 8 °	20 ชิ้นต่อ 1หลอด	Profile Projector	Control chart/ Data check sheet
Protrusion	0 – 5 Mil	20 ชิ้นต่อ 1หลอด	Profile Projector	Data check sheet
Lead tip burr	0 – 3 Mil	20 ชิ้นต่อ 1หลอด	Profile Projector	Data check sheet
Scratch on leads	0 – 20 Mil	20 ชิ้นต่อ 1หลอด	Low power scope 30 X	Real time process control

การวัดค่าแต่ละรายการต้องคำนวณค่า Cpk และต้องไม่ต่ำกว่า 1.67 จึงจะผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐาน ถ้าผลออกมาแล้วค่าใดค่าหนึ่งไม่ผ่านก็ต้องทำการปรับปรุงใหม่จนกว่าจะผ่านทั้ง 8 รายการและจากข้อมูลในตารางที่ 3.3 ได้ออกแบบ Data sheet สำหรับบันทึกผลดังตารางที่ 3.4 และ 3.5

ตารางที่ 3.4 Data check sheet record I

	Lead spread (233 - 244 mil)					Foot Length (20 - 30 mil)					Foot angle (0 - 8 °)					Lead tip burr (0 - 5 mil)				
Unit #	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
max																				
min																				
mean																				
SD.																				
Cpk																				

ตารางที่ 3.5 Data check sheet record II

	Lead coplanarity (0 - 3 mil)					Lead stand off (4 - 9 mil)					Protrusion (Maximum 5 mil)					Flat lead (16- 18 mil)				
Unit #	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
max																				
min																				
mean																				
SD.																				
Cpk																				

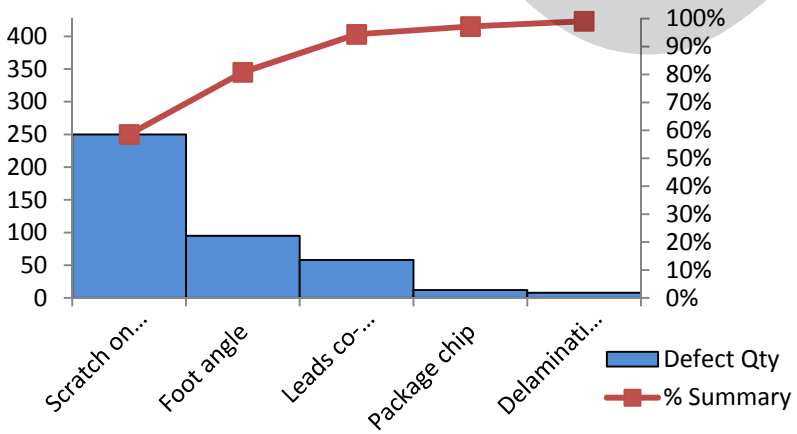
บทที่ 4
ผลและการวิเคราะห์

จากระเบียบและวิธีวิจัยที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ที่แสดงรายละเอียดและขั้นตอนการทำวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ระบุไว้ และได้ทำการบันทึกผลการวิจัยและผลการปรับปรุงกระบวนการ เครื่องมือ และเครื่องจักร พร้อมทั้งแสดงผลที่ได้รับจากการทำวิจัยมากกว่าที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 ทั้งหมดสามารถแสดงรายละเอียดและผลลัพธ์ในการทำวิจัยดังต่อไปนี้

1. ทดลองผลิตงานตัวอย่างและสรุปผล
2. วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้อง
3. ปรับปรุงกระบวนการ อุปกรณ์ หรือ เครื่องจักรด้วยเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
4. ทดลองผลิตงานหลังจากปรับปรุงจำนวน 30 lot
5. นำชิ้นงานไปวัดขนาดว่าได้ตามข้อกำหนดหรือไม่

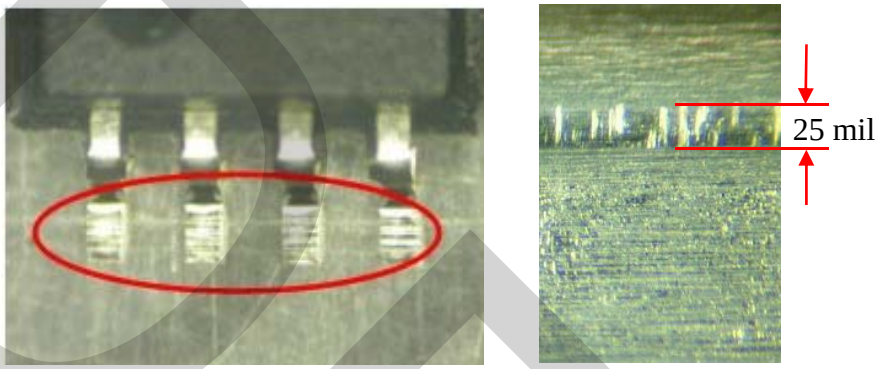
4.1 ผลิตงานตัวอย่างด้วยกระบวนการปกติ

ทำการผลิต I.C. ด้วยกระบวนการปกติ จากจำนวนงานทั้งหมดที่ลูกค้าส่งตัวอย่างมา 2000 ตัวและทำการตรวจ 100 เปอร์เซ็นต์ในทุกๆ กระบวนการพร้อมบันทึกผล ปรากฏว่าพบปัญหางานไม่ผ่านตามข้อกำหนดทั้งหมด 427 ชิ้น และ 250 ชิ้นเกิดจากขางานเป็นรอยขีด ข่วนคิดเป็น 12.5เปอร์เซ็นต์ของงานทั้งหมด และ 59 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนงานเสียทั้งหมดแสดงในภาพที่ 4.1 เป็นกราฟ Pareto แสดงรายละเอียดของงานเสียทั้งหมดและปัญหาที่ต้องนำมาแก้ไขปรับปรุงก่อนและกระบวนการที่ทำให้เกิดปัญหาคือ กระบวนการที่ 7 ขึ้นรูปขางาน Trim & Form



ภาพที่ 4.1 กราฟ Pareto แสดงรายละเอียดจำนวนงานเสียทั้งหมด

ปัญหาขางานเป็นรอยขีดข่วน Scratch on leads มีขนาดเกินข้อกำหนดของลูกค้า 3WI7201 โดยมีลักษณะการ Scratch on lead ดังภาพที่ 4.2 จึงจำเป็นต้องนำปัญหานี้ไปวิเคราะห์เพื่อจะปรับปรุงกระบวนการ อุปกรณ์ และ เครื่องจักรที่ใช้ขึ้นรูปขางาน Trim & Form ที่มีอยู่ให้สามารถผลิต I.C. ได้โดยไม่เกิดปัญหา ขางานเป็นรอยขีดข่วน

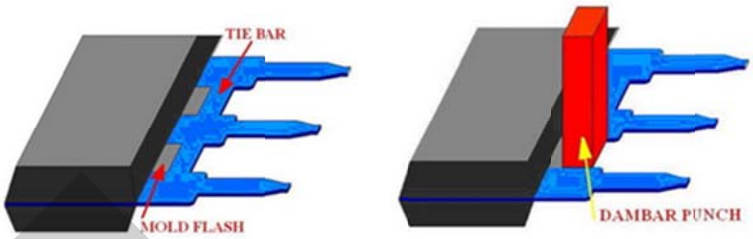


ภาพที่ 4.2 ขางานเป็นรอยขีดข่วน Scratch on lead

จากการผลิตงานทดลองและผลที่แสดงจากกราฟทำให้ทราบว่ากระบวนการที่ทำให้เกิดปัญหาคือกระบวนการที่ 7 การขึ้นรูปขางาน Trim & Form โดยมีขันตอนการขึ้นรูปทั้งหมด 4ขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 4.3

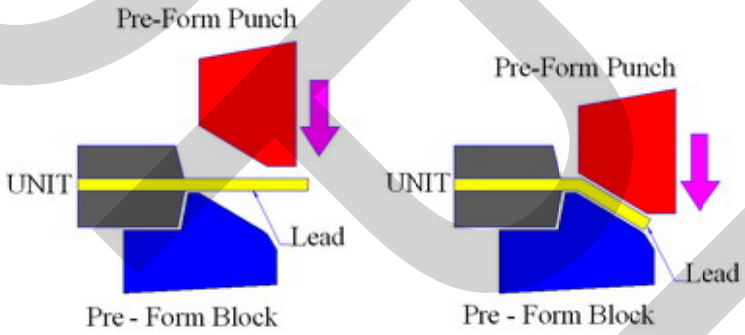
ภาพที่ 4.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปขางาน

ขั้นตอนที่ 1 Dam bar cut เป็นขั้นตอนการตัดส่วนที่เชื่อมระหว่างขางานโดยจะใช้ Dam bar punch ในการตัด Tie bar หรือส่วนที่เชื่อมระหว่าขางานออกแสดงดังภาพที่ 4.4



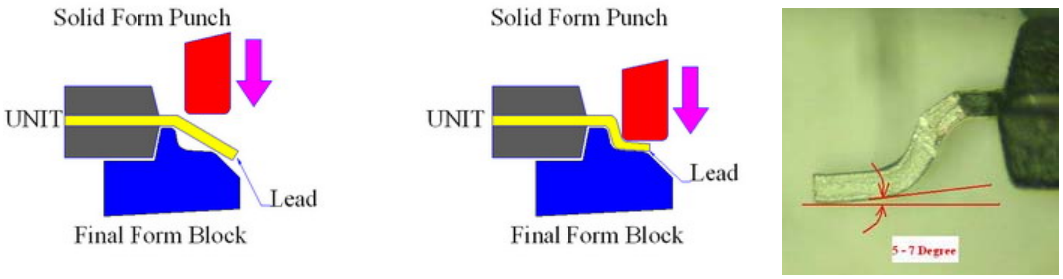
ภาพที่ 4.4 ขั้นตอน Dam bar cut

ขั้นตอนที่ 2 Lead Pre- Form ขั้นตอนการตัดปลายขาและขึ้นรูปขางาน 45° ขั้นตอนนี้จะทำการตัดปลายขางาน พร้อมกับกดขาลงในแนวดิ่งด้วย Pre-Form Punch ลงบนแม่พิมพ์ Pre-Form Block แสดงดังภาพที่ 4.5



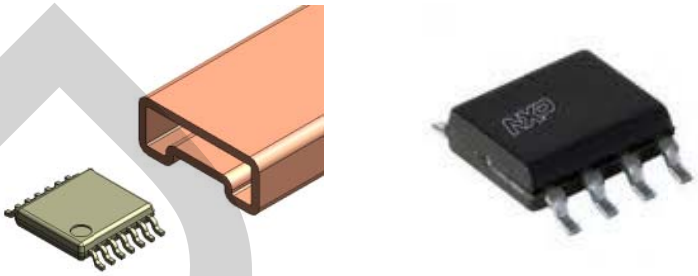
ภาพที่ 4.5 ขั้นตอน Lead Pre-Form

ขั้นตอนที่ 3 Final Form ขั้นตอนการขึ้นรูปขางานครั้งสุดท้ายโดยเทคนิคกดลงแนวดิ่ง แสดงดังภาพที่ 4.6 จะใช้ Solid Form Punch กดขางานในแนวดิ่งลงบนแม่พิมพ์ Final Form Block เพื่อให้ได้ขนาดและข้อกำหนดของลูกค้าคือมุมของปลายขางานเมื่อเทียบกับแนวระนาบต้องอยู่ระหว่าง 0° - 8°



ภาพที่ 4.6 ขั้นตอน Final form

ขั้นตอนที่ 4 Singulation ขั้นตอนการตัดตัวงานแยกออกจากแผงวงจร (Lead frame) ส่งชิ้นงานเข้าสู่หลอดบรรจุแสดงดังภาพที่ 4.7

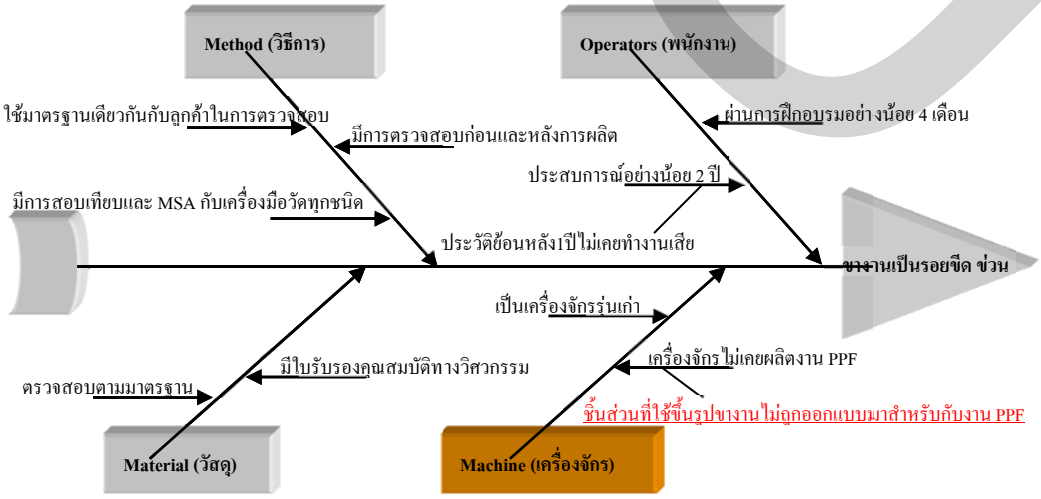


ภาพที่ 4.7 ขั้นตอน Final form

สรุปผลการทดลองผลิตชิ้นงานจากตัวอย่างที่ลูกค้าส่งมาเป็น แผงวงจรชนิด PPF จำนวน 2000 ชิ้นผลปรากฏว่าไม่ผ่านตามข้อกำหนดของลูกค้าเนื่องจากขางานเป็นรอยขีด ข่วน (Scratch on lead) มีขนาด 25 mil เกินกว่าข้อกำหนดของลูกค้าในตารางที่ 3.1 ข้อกำหนดของลูกค้า Visual Mechanical Requirement 3WI7201 หัวข้อที่ 7.2.9 Criteria Code: 8P Scratch on lead มีรอยขีดขวนบนผิวของขางานมีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่า 20 mils

4.2 วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1.1 ใช้ทฤษฎีผังเหตุและผล Cause and Effect Diagram ผังก้างปลาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาขางานเป็นรอยขีด ข่วน หรือ ไม่ได้ขนาดจากกระบวนการขึ้นรูปขางานในภาพที่ 4.8



จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาจะได้ปัญหาที่จะเกิดขึ้นถ้าผลิตงานด้วย Lead Frame PPF คือ ชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับขึ้นรูปขางานไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อ Lead Frame PPF และเมื่อจำเป็นจะต้องผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรสภาพเก่าและชิ้นส่วนที่ใช้ขึ้นรูปขางานแบบเก่าจะมีผลกระทบเกิดขึ้น

4.2.2 ใช้ทฤษฎีภาวะล้มเหลวและการวิเคราะห์ผลกระทบ Failure Mode and Effects Analysis: PFMEA เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบผลิต I.C. จาก Lead frame ชนิด PPF ด้วยกระบวนการปกติแล้วขางานเป็นรอยขีดข่วนไม่ผ่านข้อกำหนดของลูกค้าโดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1) ระบุหน้าที่ของกระบวนการในคอลัมน์ที่ 1 (Process step/Function): Dam-bar, Forming and Singulate

2) ระบุความเสียหายที่คาดว่าจะเกิด (Potential Failure Mode): อาจจะทำให้เกิดขางานเป็นรอยขูด ขีด หรือ ไม่ได้ขนาด Scratch on lead or Foot angle fail, Lead co planarity

3) ระบุผลกระทบจากปัญหาที่จะเกิดขึ้น (Potential Effect of Failure): อาจจะทำให้คุณสมบัติการทำงานของ I.C. ผิดพลาด และลูกค้าไม่พอใจ

4) ประเมินระดับความรุนแรงของความเสียหาย (S = Severity):ในตารางที่ 2.1 บทที่ 2 ประเมินให้ระดับที 6 เป็นระดับที่ชิ้นงานส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจต้องถูกกำจัดทิ้งโดยไม่ต้องคัดแยก และทำให้ลูกค้าไม่พอใจ

5) ระบุสาเหตุของปัญหา (Potential Cause of Failure): จากผังก้างปลาสิ่งที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุของปัญหาคือ ชิ้นส่วนที่ใช้ขึ้นรูปขางานไม่เหมาะสมกับงานที่ผลิตจาก Lead Frame PPF

6) ปัจจุบันมีอะไรที่ใช้ป้องกันปัญหานี้บ้าง (Current Control Prevention): มีการตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรทั้งหมดในทุกๆ กะ หรือ รอบการทำงาน และ มีการทำความสะอาดชิ้นส่วนที่ใช้ขึ้นรูปขางานในทุกๆ 5 lot production (1lot = งานจำนวน 33,600 ชิ้น)

7) ประเมินความถี่ของการเกิดความเสียหายต่อชิ้นงาน (O = Occurrence): ในตารางที่ 2.2 บทที่ 2 ประเมินให้ระดับที่ 10 เป็นระดับที่อาจจะเกิดของเสียได้ มากกว่า 100 ต่องาน 1000 ชิ้น

8) ปัจจุบันมีอะไรที่ใช้การตรวจจับปัญหานี้บ้าง (Current Control Detection): มีการตรวจสอบด้วยสายตาผ่านกล้องขยายและใช้หลักการ SPC มาตรวจจับและควบคุมคุณภาพ

9) การประเมินความสามารถในการตรวจจับด้วยวิธีปัจจุบัน (D = Detection): ในตารางที่ 2.3 บทที่ 2 ประเมินให้ระดับที่ 3 เป็นการควบคุมที่มีโอกาสอาจตรวจพบได้สูง

10) คำนวณค่าความเสี่ยง Risk Priority Number (RPN) โดยจะนำค่า Severity X Occurrence X Detection จะได้ค่า RPN เท่ากับ 6 X 10 X 3 = 180

11) ค่า RPN สูงกว่าข้อกำหนดคือ 125 ต้องมีการแก้ไขปรับปรุง Recommend Action: ตามข้อกำหนดของลูกค้าและ QS-9000 หรื TS-16949

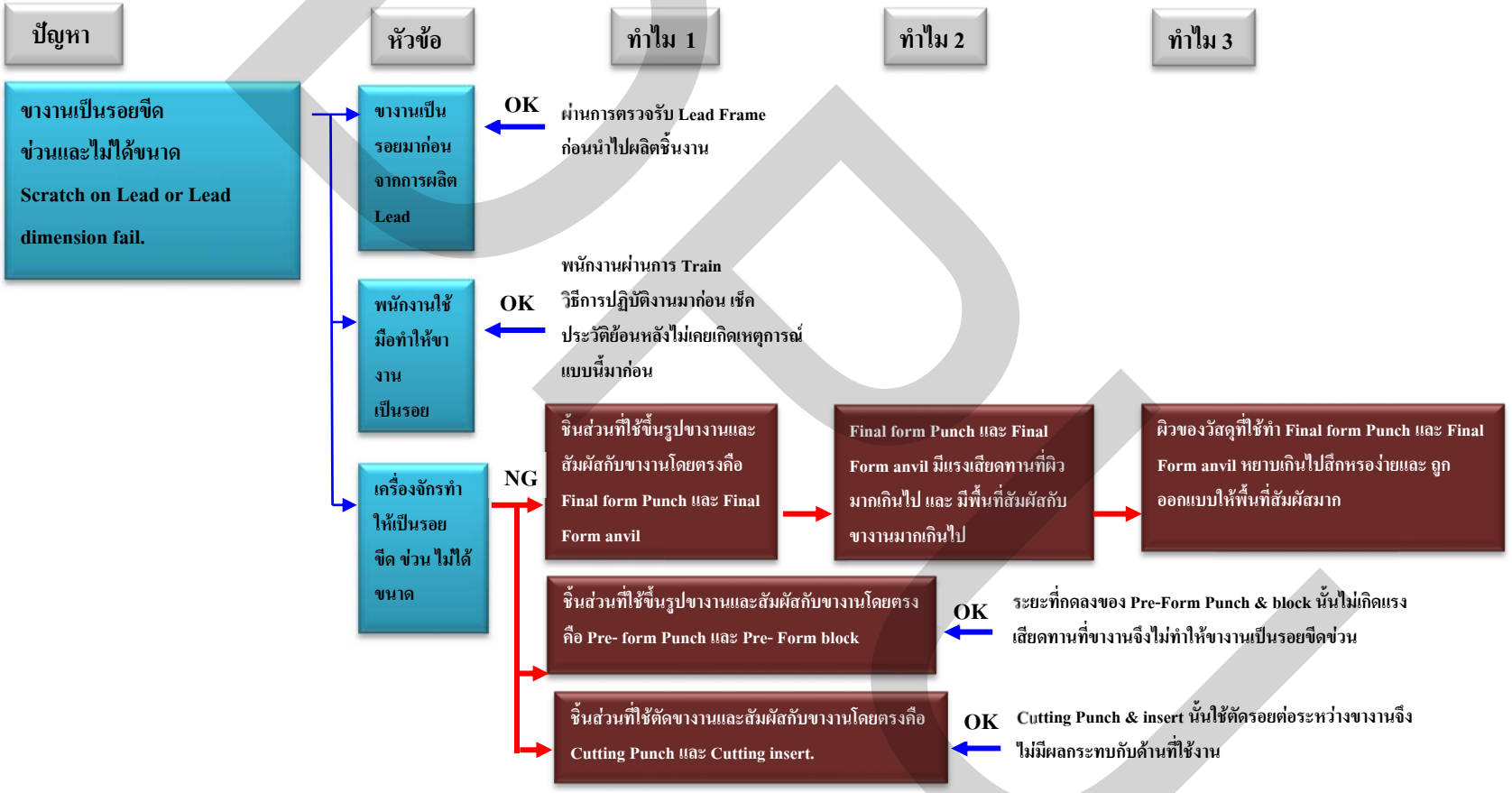
12) ระบุหน้าที่ว่าใครเป็นคนทำและทำเสร็จเมื่อไหร่ Responsibility & Target completion Date: คนที่รับผิดชอบและทำการแก้ไขปรับปรุงและเมื่อแก้ไขปรับปรุงเสร็จแล้วค่า RPN ลดลงเหลือ 6 X 2 X 3 = 36 แสดงในตารางที่ 4.1

DPU

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ผลกระทบ Failure Mode and Effects Analysis: PFMEA

Process step/Function	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Class	Potential Cause(s) of Failure	Current Process				RPN	Recommend Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results				
							Control Prevention	Occurrence	Control Detection	Detection				Action Taken Completion Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN
ตัดแผงวงจรและขึ้นรูปขางาน (Trim & Form)	ตัดแผงวงจรและขึ้นรูปขางานตามข้อกำหนดโดยไม่มีรอยขีดข่วนใดใดบนขางาน	1.ขางานเป็นรอยขีดข่วน (scratch on leads) 2.องศาของขางานไม่ได้ตามข้อกำหนด (Foot angle) 3. ขางานไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน (Leads co-planarity)	ลูกค้าไม่พอใจ และอายุการใช้งานสั้นลง ชิ้นงานบางส่วนถูกกำจัดทิ้งโดยไม่ต้องคัดแยก	6	<S>	แม่พิมพ์ที่ใช้ขึ้นรูปขา (Final form punch / Final form anvil) งานไม่เหมาะกับแผงวงจรชนิด PPF	1.ช่างทำการตรวจสอบทุกกะ 2.ทำความสะอาดแม่พิมพ์ทุกๆกะ	10	1.ตรวจงานใต้กล้องขยาย 30 เท่าทุกLot 2. ตรวจใต้กล้องขยาย 3 เท่า 100%	3	180	เปลี่ยนรูปแบบการขึ้นรูปขางาน	จักรชัย / เม.ย. 2553	เปลี่ยนรูปแบบการขึ้นรูปขางานและควบคุมการผลิตด้วยข้อมูลทางสถิติ (SPC)	6	2	3	36

4.2.3 ใช้ทฤษฎี WHY-WHY Analysis เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้ขางานเป็นรอยขีด ข่วน และ ไม่ได้ขนาดมาทำการแก้ไขดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 Why-Why Analysis วิเคราะห์ปัญหาขาเป็นรอยขีด ข่วน

สรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาขางานเป็นรอย หรือ ขางานไม่ได้ขนาดคือที่แม่พิมพ์ใช้ขึ้นรูปขางานได้แก่ Final Form Punch และ Final Form Anvil เป็นแบบเก่าใช้กับ Lead Frame ชนิด Pure Tin Plate ได้แต่ Lead Frame ชนิด PPF ที่บางกว่ามาก แรงเสียดทานบริเวณผิวสัมผัสทำให้เกิดรอยขีด ข่วน และ พื้นที่สัมผัสระหว่าง Final Form Punch กับขางานมีพื้นที่มากเกินไปทำให้รอยขีดข่วน มีขนาดใหญ่

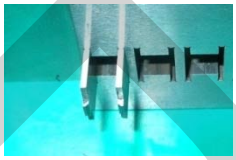
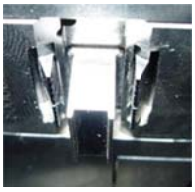
4.3 แนวคิดก่อนและหลังการปรับปรุงเครื่องจักรด้วยเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

จากหัวข้อที่ 2.2.4.2 เทคนิค Incline Form การขึ้นรูปด้วยวิธีเอียง 45 องศานั้นจะมีพื้นที่สัมผัสกับขางานที่น้อยกว่าและแรงกดที่น้อยกว่าแบบ Solid Form ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์

จากหัวข้อที่ 2.2.3 คุณสมบัติต่างๆ ของเทคโนโลยีการเคลือบผิว Diamond Coating ได้แก่ คุณสมบัติการยึดติดกับผิววัสดุ คุณสมบัติความแข็ง คุณสมบัติการลดแรงเสียดทาน ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวทำให้แม่พิมพ์นั้นมีความแข็งเพิ่มขึ้นและแรงเสียดทานที่ผิวลดลง

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ Final Form Punch ด้วยเทคโนโลยีการเคลือบผิวด้วย Diamond Coating ในตารางที่ 4.2 แสดงการปรับปรุงจาก Solid Form เป็น Incline Form และแสดงผิวของ Final Form Punch ที่ผ่านการเคลือบด้วยเทคโนโลยี Diamond Coating

ตารางที่ 4.2 อุปกรณ์และวิธีการขึ้นรูปก่อนและหลังการปรับปรุง

BEFORE	AFTER
Solid form Punch non DF Coating 	Incline Form Punch with DF Coating 
Final form Block without DF Coating	Final Form Block with DF Coating
Incline Form Design with DF Coating	

เครื่องจักรที่ใช้ขึ้นรูปขางาน Trim & Form และถูกติดตังอุปกรณ์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว แสดงดังภาพที่ 3.6 เครื่อง Trim & Form LT#08

ภาพที่ 4.10 เครื่อง Trim & Form LT#08 เครื่องจักรใช้ขึ้นรูปขางาน

4.4 ทำการทดลองผลิตงานหลังจากปรับปรุง

นำชิ้นงานที่ใช้แผงวงจรชนิด PPF จำนวน 33,600 ชิ้นผ่านกระบวนการต่างๆ มาทั้งหกกระบวนการและทำการตรวจชิ้นงานทั้งหมดก่อนว่าอยู่ในสภาพปกติไม่พบข้อบกพร่องใดๆ นำเข้าเครื่องขึ้นรูปขางาน Trim & Form LT# 08

4.5 วัดขนาดต่างๆตามข้อกำหนดลูกค้าทั้ง 8 รายการตามที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3

4.5.1 วัดขนาดตามข้อกำหนดทั้ง 8 รายการแสดงในตารางที่ 4.3 แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4.4 และ 4.5 Data check sheet I, II ผลการวัดขนาดเป็นไปตามข้อกำหนดและค่า Cpk ไม่ต่ำกว่า 1.67 ผ่านตามมาตรฐาน

ตารางที่ 4.3 ข้อกำหนดของลูกค้า

Criteria	Specification
Lead co planarity <S>	3 mils
Lead stand off	4 – 9 mils
Lead spread	232 – 244 mils
Foot length	20 – 30 mils
Foot angle <S>	0 – 8 °
Protrusion	0 – 5 mils
Lead tip burr	0 – 5 mils

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดขนาดตามข้อกำหนด Data check sheet record I

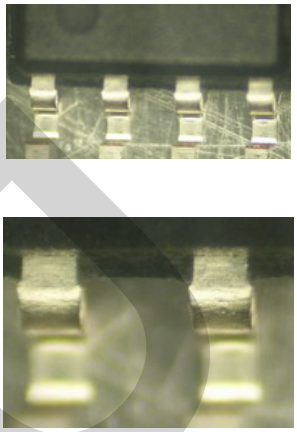
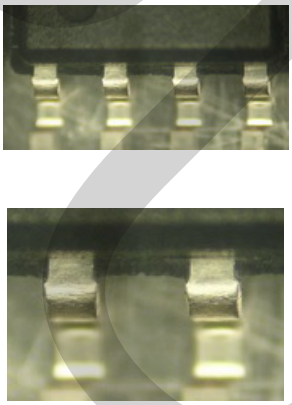
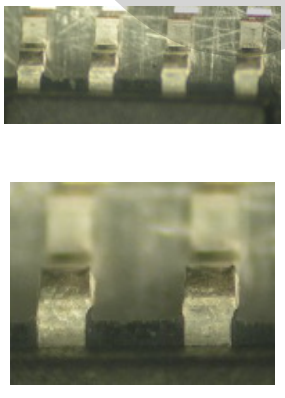
	Lead spread (233 - 244 mil)					Foot Length (20 - 30 mil)					Foot angle (0 - 8 °)					Lead tip burr (0 - 5 mil)				
Unit #	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5
1	241.232	241.9	241.9	241.7	241.8	22	23	22	22	22	6	5	6	6	5	0	0	0	1	0
2	241.246	241.3	241.3	241	241.1	22	22	22	23	23	5	6	6	5	6	0	0	0	0	0
3	241.258	241.2	241.2	241.3	241.8	23	23	23	23	22	6	6	6	5	6	0	0	0	0	1
4	241.21	241.3	241.3	241.9	241.6	22	22	22	22	23	6	6	6	6	6	0	0	0	0	1
5	241.21	241.3	241.1	241.3	241.8	23	23	23	22	22	5	6	6	6	5	0	0	0	0	1
6	241.23	241.6	241.8	241.4	241.7	23	23	22	23	23	5	6	5	6	5	0	1	0	1	0
7	241.19	241.7	241.8	241.5	241.1	22	23	23	22	23	6	6	6	6	5	0	0	0	0	0
8	241.24	241.1	241.2	241.3	241.3	23	22	23	23	23	6	6	6	6	5	0	0	0	0	0
9	241.154	241.3	241.3	241.2	241.6	22	23	23	22	22	6	5	6	5	6	0	1	1	0	1
10	241.22	241.3	241.4	241.3	241.7	23	23	22	23	23	6	6	6	5	5	0	0	0	0	1
11	241.25	241.1	241.5	241.3	241	23	22	23	23	23	6	5	5	6	5	1	0	0	1	0
12	241.26	241.2	241.3	241.6	241.3	23	22	23	23	22	6	6	5	6	5	0	0	0	1	0
13	241.258	241.8	241.2	241.3	241.9	22	23	22	23	22	6	6	6	6	6	0	0	1	0	0
14	241.18	241.3	241.3	241.2	241.4	23	22	22	23	22	6	5	5	6	6	1	1	0	0	1
15	241.78	241.3	241.3	241.3	241.2	23	22	23	23	22	6	6	6	6	5	0	0	0	0	1
16	241.21	241.2	241.9	241.7	241.3	23	22	23	22	22	5	5	6	6	6	0	1	1	0	0
17	241.23	241.4	241.4	241	241.4	23	22	23	22	23	6	6	5	6	5	0	0	0	0	0
18	241.17	241.3	241.2	241.3	241.5	22	22	22	23	22	6	6	6	6	5	0	0	0	0	0
19	241.22	241.2	241.7	241.9	241.3	23	22	22	23	22	6	6	6	5	6	0	0	1	0	0
20	241.219	241.9	241.3	241.3	241.2	22	23	23	23	22	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0
max	241.78	241.9	241.9	241.9	241.9	23	23	23	23	23	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1
min	241.154	241.1	241.1	241	241	22	22	22	22	22	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0
mean	241.25	241.39	241.42	241.39	241.45	22.60	22.45	22.55	22.65	22.40	5.80	5.75	5.75	5.75	5.45	0.10	0.20	0.20	0.20	0.35
SD.	0.13	0.25	0.25	0.25	0.27	0.50	0.51	0.51	0.49	0.50	0.41	0.44	0.44	0.44	0.51	0.31	0.41	0.41	0.41	0.49
Cpk	7.13	3.46	3.38	3.44	3.12	4.91	4.93	4.87	5.01	5.04	1.79	1.69	1.69	1.69	1.67	5.31	3.90	3.90	3.90	3.17

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดขนาดตามข้อกำหนด Data check sheet record II

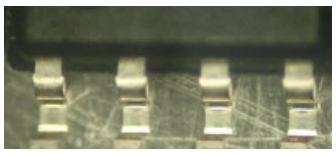
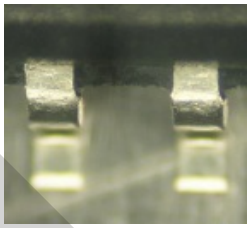
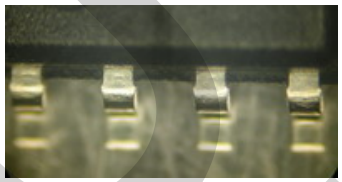
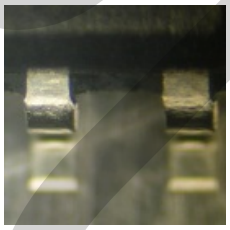
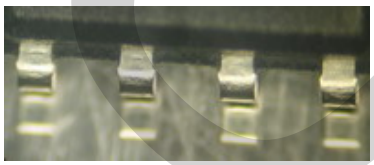
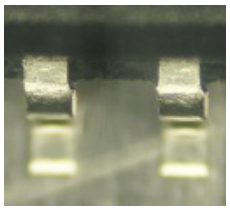
	Lead coplanarity (0 - 3 mil)					Lead stand off (4 - 9 mil)					Protrusion (Maximum 5 mil)					Flat lead (16- 18 mil)				
Unit #	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5	Tube # 1	Tube # 2	Tube # 3	Tube # 4	Tube # 5
1	0	1	1	0	0	5	6	6	5	5	2	2	3	2	2	16.2	16.3	17	16.5	16.5
2	0	0	0	0	0	6	6	5	6	6	2	2	2	2	2	16.5	16.2	16.5	16.5	16.5
3	0	0	0	1	1	5	6	6	6	6	2	2	2	2	2	16	16.5	16	16	16.4
4	0	0	0	0	0	5	6	5	6	6	2	2	2	2	3	16.5	16	16	17	16
5	0	1	0	1	0	5	5	6	6	5	3	3	2	3	2	16.3	16	16	16.5	16
6	0	1	1	0	0	6	6	6	6	5	2	2	2	2	2	16.5	17	16	16.5	16.5
7	1	0	0	1	0	5	6	6	5	6	2	2	2	2	2	16	16.5	16.5	16.54	17
8	1	0	0	0	1	5	5	6	5	5	2	2	2	2	2	16.5	16.5	16.5	16.5	16.3
9	0	1	0	1	0	5	6	5	6	6	2	2	2	2	2	16.5	16	17	16.5	16.4
10	0	0	1	0	1	6	5	6	5	6	3	2	2	2	2	16.2	16.5	16.5	16	16.4
11	1	0	0	0	0	5	5	5	6	6	2	2	3	2	3	17	16.5	16.5	16	16.5
12	0	0	0	1	0	5	6	6	5	6	2	2	2	3	2	17	16.5	16.5	16	16.2
13	0	1	0	0	1	6	5	6	5	6	3	2	2	2	2	16.1	16	16	17	17
14	0	0	1	1	0	5	6	6	6	6	2	3	2	3	2	16.5	16.5	16	16.5	16.3
15	0	0	0	0	0	6	6	5	6	6	2	2	2	2	3	16.5	17	16.4	16.5	16.5
16	1	1	0	1	1	5	6	6	6	6	2	2	3	2	3	16	16.5	16.1	16.5	16.5
17	1	0	1	0	0	6	5	6	6	5	2	2	2	3	3	16.5	16.5	16.5	16.5	16.3
18	0	0	0	0	0	6	6	5	5	6	2	3	2	2	2	17	16.5	16.5	16	16.5
19	0	0	0	0	1	6	6	6	6	6	2	2	2	2	2	16	16.5	16	16	16.5
20	0	1	1	1	0	5	5	5	5	6	2	2	3	3	3	16.5	16	16	16	
max	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	3	3	3	3	3	17	17	17	17	17
min	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	16	16	16	16	16
mean	0.25	0.35	0.30	0.40	0.30	5.40	5.65	5.65	5.60	5.75	2.15	2.15	2.20	2.25	2.30	16.42	16.40	16.33	16.38	16.44
SD.	0.44	0.49	0.47	0.50	0.47	0.50	0.49	0.49	0.50	0.44	0.37	0.37	0.41	0.44	0.47	0.32	0.30	0.33	0.32	0.25
Cpk	2.06	1.81	1.91	1.72	1.91	2.39	2.28	2.28	2.25	2.44	2.59	2.59	2.27	2.06	1.91	1.63	1.79	1.70	1.69	2.05

4.5.2 ผลการตรวจดูว่าขางานเป็นรอยขีด ข่วน (Scratch on Leads) หรือไม่ภายใต้กล้องขยาย 30 เท่าจากการผลิตชิ้นงานจำนวน 30 Lot แสดงดังตารางที่ 4.6 ผลการตรวจไม่พบรอยขีด ข่วน ใด ใด บนขางาน

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการตรวจใต้กล้อง 30 X

Date	Shift	Lot ID	Pkg.	Visual inspection under 30 X	Remark
Apr/18/11	A	MCPSC08010003.1	8SOIC		No any scratch on leads
Apr/19/11	A	MCPSC08010011.1	8SOIC		No any scratch on leads
Apr/20/11	A	MCPSC08010025.1	8SOIC		No any scratch on leads

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Date	Shift	Lot ID	Pkg.	Visual inspection under 30 X	Remark
Apr/21/11	A	MCPSC08010032.1	8SOIC	 	No any scratch on leads
Apr/22/11	C	MCPSC08011003.1	8SOIC	 	No any scratch on leads
Apr/25/11	C	MCPSC08010012.1	8SOIC	 	No any scratch on leads

4.5.3 ผลจากการผลิตงานจริงผลิตงานภายใต้การควบคุมคุณภาพด้วยระบบทางสถิติ (SPC: Statistical Process Control) ทางบริษัทได้เริ่มทำการผลิตงานตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2554 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบันและมีการควบคุมคุณภาพของงานตามข้อกำหนดของลูกค่าโดยขนาดที่ต้องควบคุมเป็นพิเศษหรือ Special Characteristics <S> ได้แก่ Lead co-planarity และ Foot angle

4.5.3.1 ผลการควบคุมการผลิตตามขนาดของ Foot Angle ด้วยแผนภูมิควบคุมจากเดือน พฤษภาคม 2554 ถึง เดือน พฤศจิกายน 2554 โดยทำการสุ่มวัดเดือนละ 2 ครั้ง และในตารางที่ 4.7 แสดงผลของการควบคุมขนาด Foot angle พบว่าวันที่ 22 กรกฎาคมมีค่าเกินเส้นควบคุมอยู่ 1 จุดแต่ยังอยู่ภายใต้ข้อกำหนดหรือ Spec Limit คือ 8 องศาสาเหตุเกิดจากมีคราบสกปรกบน Final Form Anvil และช่างได้ทำการแก้ไขโดยทำความสะอาดและวัดค่าซ้ำและค่าก็กลับมาอยู่ภายใต้เส้นควบคุม

ตารางที่ 4.7 ผลการควบคุมการผลิตขนาดของ Foot Angle

Jakchai N.

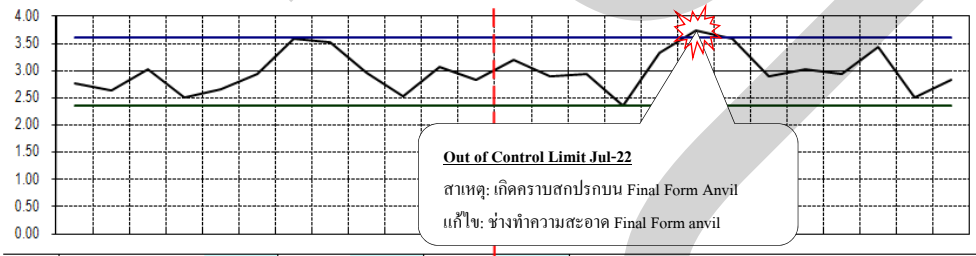
X and R Control แบบฟอร์มแผนภูมิควบคุม X - R

Approved	Reviewed	Reported
DATE Nov / 05 / 11	DATE Nov / 05 / 11	DATE Nov / 05 / 11

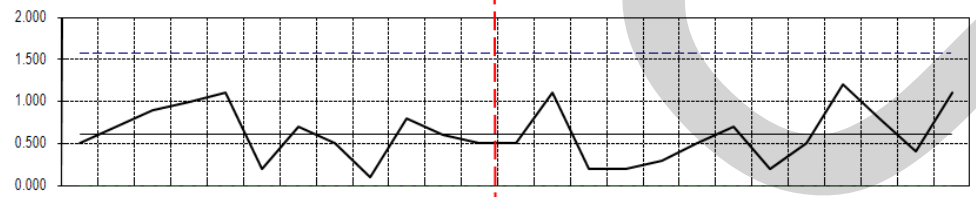
☐ Initial Study Chart ☒ Mass Production ☐ Stability Study

Other Conditions	Process	Chracteristics
	Trim & Form	Foot angle

$\bar{\bar{X}}$ = Average $\bar{X}$ = 2.991 UCL = 3.617 LCL = 2.365 — AVERAGES (X BAR CHART)



$\bar{R}$ = Average R = 0.612 UCL = 1.575 LCL = 0.000 — RANGES (R CHART)



Tolerance	
Upper	8
Lower	0
USL	7.00
LSL	1.00
Standard Deviation	
$\hat{\sigma}$	0.3615
Capability	
CPU	3.697
CPL	1.836
Cp	2.766
Cpk	1.836

Time	Nov'10	Nov'23	Dec'14	Dec'27	Jan'10	Jan'22	Feb'12	Feb'20	Mar'22	Mar'26	Apr'04	Apr'28	May'12	May'29	Jun'16	Jun'28	Jul'08	Jul'22	Aug'16	Aug'28	Sep'20	Sep'25	Oct'14	Oct'21	Nov'05	AVG
1	3.00	2.60	2.60	3.00	2.00	3.00	3.30	3.50	3.00	2.20	3.40	3.00	3.50	3.50	3.00	2.30	3.30	3.70	3.30	2.90	3.30	3.20	3.80	2.30	3.50	3.05
2	2.80	3.00	3.50	2.00	3.10	3.00	4.00	3.80	3.00	3.00	2.80	3.00	3.00	2.80	2.80	2.50	3.20	4.00	4.00	2.80	2.80	3.40	3.00	2.70	2.60	3.06
3	2.50	2.30	3.00	2.50	2.90	2.80	3.50	3.30	2.90	2.40	3.00	2.50	3.10	2.40	3.00	2.30	3.50	3.50	3.50	3.00	3.00	2.20	3.50	2.50	2.40	2.86
4																										
5																										
$\bar{X}$	2.77	2.63	3.03	2.50	2.67	2.93	3.60	3.53	2.97	2.53	3.07	2.83	3.20	2.90	2.93	2.37	3.33	3.73	3.60	2.90	3.03	2.93	3.43	2.50	2.83	2.99
R	0.50	0.70	0.90	1.00	1.10	0.20	0.70	0.50	0.10	0.80	0.60	0.50	0.50	1.10	0.20	0.20	0.30	0.50	0.70	0.20	0.50	1.20	0.80	0.40	1.10	0.61

Remark ☐ = information will calculate automa

Step of measurement
- Use units dummy for measure by specify frequency as below
  1. 2X / Month
  2. Perform measurement at 3 unit/time

เงื่อนไขการควบคุม
1) Data out of control limit (UCL or LCL)
2) The trend of data 7 point is increase or decrease.
3) Data consecutive 7 point at each of side on UCL or LCL.

Retention : 3 Years

4.5.3.2 ผลการควบคุมการผลิตขนาดของ Lead co planarity ด้วยแผนภูมิควบคุม จากเดือน พฤษภาคม 2554 ถึงเดือน พฤศจิกายน 2554 โดยทำการสุ่มวัดเดือนละ 2 ครั้ง และผลการควบคุมแสดงในตารางที่ 4.8 ผลของการควบคุมขนาด Lead co-planarity อยู่ภายใต้การควบคุม

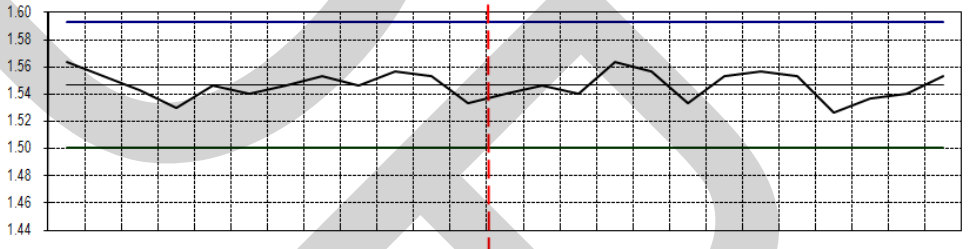
ตารางที่ 4.8 ผลการควบคุมการผลิตขนาดของ Lead co planarity

Jakchai N.

X and R Control แบบฟอร์มแผนภูมิควมคุม $\overline{X}$ - R	Approved	Reviewed	Reported
☐ Initial Study Chart ☒ Mass Production ☐ Stability Study	DATE Nov / 05 / 11	DATE Nov / 05 / 11	DATE Nov / 05 / 11

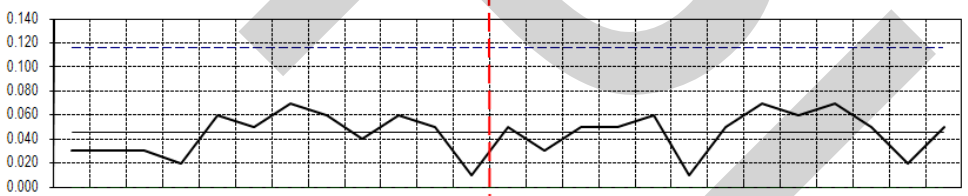
Other Conditions	Process	Chracteristics
	Trim & Form	Lead coplanality

$\overline{\overline{X}}$ = Average $\overline{X}$ = 1.547 UCL = 1.593 LCL = 1.500 — AVERAGES (X BAR CHART)



Tolerance	
Upper	3
Lower	0
USL	2.50
LSL	0.50
Standard Deviation	
$\hat{\sigma}$	0.0267
Capability	
CPU	11.903
CPL	13.068
Cp	12.485
Cpk	11.903

$\overline{R}$ = Average R = 0.045 UCL = 0.116 LCL = 0.000 — RANGES (R CHART)



Time	Nov'10	Nov'23	Dec'14	Dec'27	Jan'10	Jan'22	Feb'12	Feb'20	Mar'22	Mar'28	Apr'04	Apr'28	May'12	May'29	Jun'18	Jun'28	Jul'08	Jul'22	Aug'16	Aug'28	Sep'20	Sep'25	Oct'14	Oct'21	Nov'05	AVG
1	1.56	1.55	1.54	1.52	1.58	1.55	1.53	1.53	1.57	1.55	1.55	1.53	1.56	1.55	1.57	1.59	1.55	1.53	1.55	1.60	1.53	1.50	1.51	1.54	1.55	1.55
2	1.55	1.54	1.56	1.54	1.54	1.56	1.52	1.59	1.54	1.59	1.58	1.54	1.55	1.56	1.52	1.54	1.59	1.54	1.58	1.54	1.59	1.51	1.54	1.55	1.58	1.55
3	1.58	1.57	1.53	1.53	1.52	1.51	1.59	1.54	1.53	1.53	1.53	1.53	1.51	1.53	1.53	1.56	1.53	1.53	1.53	1.53	1.54	1.57	1.56	1.53	1.53	1.54
4																										
5																										
$\overline{X}$	1.56	1.55	1.54	1.53	1.55	1.54	1.55	1.55	1.55	1.56	1.55	1.53	1.54	1.55	1.54	1.56	1.56	1.53	1.55	1.56	1.55	1.53	1.54	1.54	1.55	1.55
R	0.03	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05	0.07	0.06	0.04	0.06	0.05	0.01	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.01	0.05	0.07	0.06	0.07	0.05	0.02	0.05	0.05

Remark ☐ = information will calculate automa

Step of measurement
- Use units dummy for measure by specify frequency as below
1. 2X / Month
2. Perform measurement at 3 unit/time

เงื่อนไขการควบคุม
1) Data out of control limit (UCL or LCL)
2) The trend of data 7 point is increase or decrease.
3) Data consecutive 7 point at each of side on UCL or LCL.

Retention : 3 Years

4.5.4 ตามข้อกำหนดในระหว่างการผลิตชิ้นงานจะต้องมีการทำ Real Time Process Control คือต้องตรวจดูขางานว่ามีรอย ขีด ข่วน หรือไม่ระหว่างการผลิตงานจริงพนักงานฝ่ายผลิตจะต้องทำการตรวจงานทุกๆต้นกะหรือวันละ 2 ครั้ง โดยพนักงานต้องนำงานออกมาจากหลอดแล้วมาตรวจดูด้วยกล้องขยาย 30 เท่าแล้วบันทึกลงในแบบฟอร์ม 4CL0094 จากภาพที่ 4.11 แสดงผลการตรวจไม่พบว่าขางานเป็นรอย ขีด ข่วน หรือปัญหาอื่นๆ

	TITLE: Trim / Form RTPC For SOIC	FORM# 4CL0094
	REFER SPEC. 3WI7101	REV.B

Dept: Plastic – Assembly
Date: May'2011

Method sampling size: Every 5 tubes for naked eye inspect and Every 5 tubes / 1 Eol mag. Inspect with 30X
Visual Inspection : Naked eye inspect all units (Defect 1-6)
And pull 10 units (2 units/tube) to inspect with 30X (Defect 7-14)

Machine # LT#09

	Lot No.#	10003	04	06	07	08	09	10	11	12	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	01	02				
	Mag No.	021	005	014	025	011	054	032	024	045	114	098	125	036	097	099	105	104	025	021	054	055	024	068	098	102	116	028	030				Total
	Time																																
1	Bent Lead																																
2	Damage Lead																																
3	Flat Lead																																
4	Lead Burr																																
5	Damage Frame																																
6	Package Chip																																
7	Scratch on Lead																																
8	Solder Crack																																
9	Solder Scraping																																
10	Bridging, whisker																																
11	Package crack																																
12	Scratch on Package																																
13	Micro gap																																
14	Side flash (เศษพลาสติกที่ขอบ Package)																																
15	Other (อื่นๆ)																																

Time	OPR#	Criteria	Time	OPR#	Criteria
		☐ Need D/T ☐ No Need			☐ Need D/T ☐ No Need
		☐ Need D/T ☐ No Need			☐ Need D/T ☐ No Need
		☐ Need D/T ☐ No Need			☐ Need D/T ☐ No Need

Note: If operator need down time must be mark X in ☐ Need D/T or no need down time must be mark X in ☐ No Need
When over the operator need down time; please see corrective action on form MACHINE DOWN TIME

ภาพที่ 4.11 แสดงผลการลงข้อมูลในแบบฟอร์มตรวจขางาน 4CL0094

จากการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปโดยเทคโนโลยีการเคลือบผิวด้วย Diamond Coating ทำให้อุปกรณ์ขึ้นรูปขางานมีอายุการใช้งานนานขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ขึ้นรูปขางานซึ่งได้แก่ Final Form Punch และ Final Form Block หลังจากที่ทำการเปลี่ยน Design เป็น Incline Form และ การเคลือบผิวด้วยกรรมวิธี DF Coating ทำให้อายุการใช้งานเพิ่มขึ้นแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบอายุการใช้งานของอุปกรณ์ขึ้นรูปขางาน

ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ขึ้นรูปขางาน	อายุการใช้งาน Life Time (K stroke)	จำนวนงานที่ผลิตได้ (Unit)
แบบเดิม: Solid Form non DF Coating	1,500	15,000,000
แบบใหม่: Incline Form with DF Coating	3,000	30,000,000

หมายเหตุ. 1 Stroke ผลิตงานได้ 10 ตัว

อายุการใช้งาน (Life Time) นั้นได้มาจากการนับอายุการใช้งานของ Final Form Punch และ Final Form Block หลังจากการผลิตงานจริง (Mass Production) โดยให้ช่างเทคนิคประจำในแต่ละกะ ไปดูข้อมูลการนับจากเครื่องจักรที่ทำการนับ Stroke การทำงานของเครื่องโดยอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 4.12 พร้อมทั้งนำงานที่ผลิตออกมา ณ ขณะนั้นมาตรวจดูภายใต้กล้องขยาย 30 X ว่าขางานมีรอยขีด ข่วน หรือไม่ แล้วนำข้อมูลมาใส่ในแบบฟอร์ม 4CL0116 ทุกๆวันแรกของสัปดาห์การทำงานแสดงดังตารางที่ 4.10

ภาพที่ 4.12 แสดงข้อมูลการนับของเครื่องจักร

ตารางที่ 4.10 Tool life monitoring

	TITLE : STUDY TRIM&FORM TOOLIFE MONITORING	FORM# 4CL0116 REV. B
	REFER SPEC. 3PM1007	

PKG. Type: 8SOIC **M/C No** : LT#09	**Monitoring**: -( ) Start Zero select count with new log sheet (for change all part 1 set) -( ) Continue select count with new log sheet (if change some and no change part) **If any changing part 1set.** -( ) New Fabrication

Part: - ( ) PRE FORM ROLLER - ( ) FINAL FORM ROLLER

-(X) FINAL FORM PUNCH - (X)FINAL FORM BLOCK

Date	Tech	Stroke count	E	Shift	Remark	Date	Tech	Stroke count	E	Shift	Remark
May'03'11	004	12502	0	A		Dec'06'11	004	2752447	0	A	
May'09'11	004	93115	0	A		Dec'13'11	004	2858785	0	A	
May'16'11	004	104232	0	A		Dec'19'11	004	2955642	0	B	
May'23'11	004	125125	0	C		Dec'26'11	004	3124587	0	B	
May'30'11	004	185485	0	C							
Jun'06'11	004	212542	0	B							
Jun'13'11	004	218458	0	B							
Jun'20'11	004	355424	0	B							
Jun'27'11	004	392548	0	A							
Jul'04'11	004	454236	0	A							
Jul'11'11	004	592548	0	B							
Jul'18'11	004	625458	0	B							
Jul'25'11	004	823458	0	B							
Aug'01'11	004	1054257	0	C							
Aug'08'11	004	1124235	0	C							
Aug'15'11	004	1574564	0	A							
Aug'22'11	004	1592545	0	A							
Aug'29'11	004	1685486	0	B							
Sep'05'11	004	1753458	0	B							
Sep'12'11	004	1798455	0	C							
Sep'19'11	004	1810245	0	C							
Sep'26'11	004	1894842	0	C							
Oct'03'11	004	1924585	0	A							
Oct'10'11	004	2026547	0	A							
Oct'17'11	004	2154873	0	A							
Oct'31'11	004	2295421	0	B							
Nov'07'11	004	2353548	0	B							
Nov'14'11	004	2408542	0	C							
Nov'21'11	004	2580458	0	C							
Nov'28'11	004	2615487	0	C							

NOTE:

1. Estimate tool life limit all package.

- PRE FORM ROLLER - FINAL FORM ROLLER - PRE FORM PUNCH
- FINALFORM PUNCH - FINAL FORM BLOCK

2. Replace new log sheet to start Zero select count if change parts1 set

Remark: E = Expose base metal or scratch on lead (Reject any Expose base metal or scratch on lead)

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลของงานวิจัยนี้คือต้องปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่มีอยู่และกระบวนการผลิตเผื่อให้สามารถผลิต IC. ที่ผ่านการชุบแบบ PPF ได้ตามข้อกำหนดมาตรฐานและข้อกำหนดของลูกค้า โดยสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

5.1.1 สามารถใช้เครื่องจักรเก่าขึ้นรูปขางานผลิตงานชนิด PPF ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าอย่างมีคุณภาพ ด้วยเทคนิคการเคลือบผิว DF Coating เทคนิคการขึ้นรูปขางานแบบ Incline Form

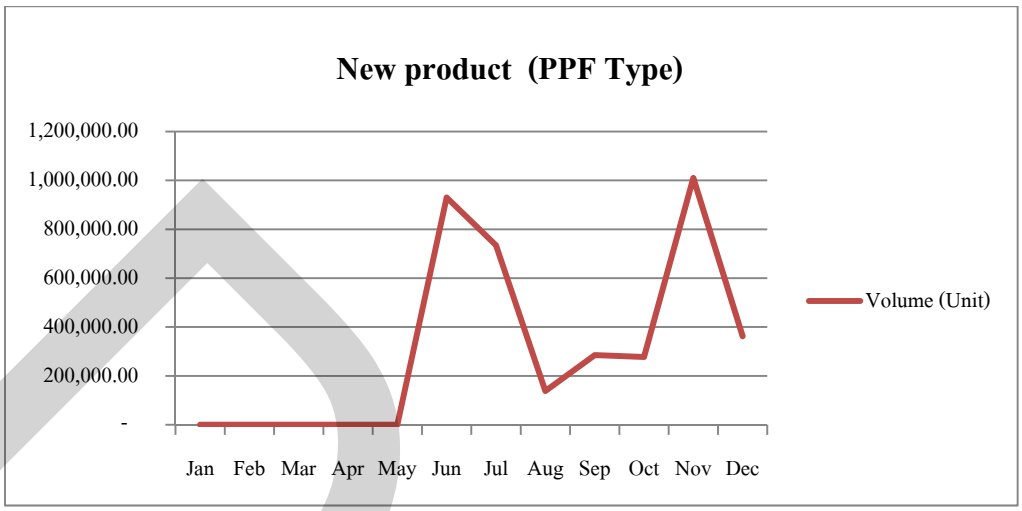
5.1.2 สามารถยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ Final form punch และ Final form anvil จากเดิมสามารถผลิตงานได้ 15,000,000 ชิ้น เป็น 30,000,000 ชิ้น

5.1.3 สามารถประหยัดงบประมาณ (Cost Saving) ที่บริษัทจะต้องซื้อเครื่องจักรใหม่ได้ถึง 7,668,000 บาทแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 งบประมาณที่ประหยัดได้

รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย	รวม
เครื่องจักรใหม่	7,875,000 บาท	7,875,000 บาท
ค่า Modify Forming tool	1,440,000 + 157,000 บาท	1,597,000 บาท
สามารถประหยัดงบประมาณได้		6,278,000 บาท

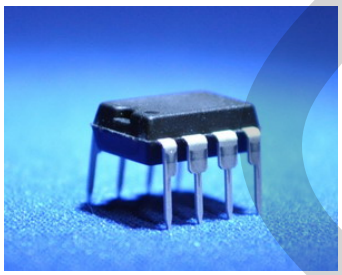
5.1.4 สามารถเพิ่มยอดการผลิตจากการผลิตงานชนิด 8LD SOIC Lead Frame PPF type และมียอดการผลิตในช่วงเดือนพฤษภาคมประมาณ 900,000 ชิ้น และในเดือนพฤศจิกายนประมาณ 1,000,000 ชิ้นแสดงดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 กราฟแสดงยอดการสั่งผลิตงาน 8L SOIC (PPF Type)

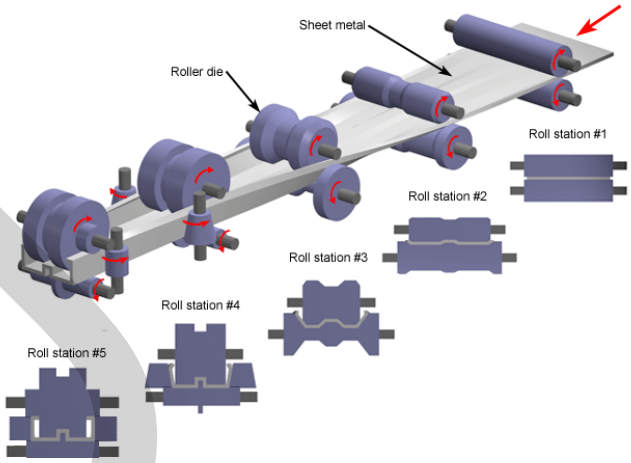
5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นสำหรับงานชนิด Small-outline gull-wing package (SOIC) เพียงชนิดเดียวเท่านั้นซึ่งจากผลของงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดหรือปรับปรุงใช้กับงานชนิดอื่นๆ ได้อีก เช่น งานชนิด Plastic Dual Inline Package (PDIP) หรือ Small Out Line Package (SOP) แสดงดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 งานชนิด Plastic Dual Inline Package (PDIP)

5.2.2 ผลของการเคลือบผิวของงานวิจัยนี้สามารถยืดอายุแม่พิมพ์ขึ้นอีก 100 เปอร์เซ็นต์จึงสามารถนำไปทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการยืดอายุของแม่พิมพ์ในโรงงานหรือสายการผลิตอื่นๆ เช่น ในโรงงานผลิตโลหะขึ้นรูปตามแบบต่างๆ หรือโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่ต้องมีการขึ้นรูปโดยที่แม่พิมพ์ที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการใช้งาน เช่น ในสายการผลิตหรือขึ้นรูปโลหะที่เป็นลูกกลิ้ง (Roller Forming) แสดงดังตัวอย่างในภาพที่ 5.3 และ 5.4



ภาพที่ 5.3 แม่พิมพ์แบบลูกกลิ้ง (Roller Forming) ในสายการผลิตขึ้นรูปแผ่นโลหะ

ภาพที่ 5.4 แม่พิมพ์แบบลูกกลิ้ง (Roller Forming)

5.2.3 ผลของการเคลือบผิวในงานวิจัยนี้สามารถลดจำนวนครั้งในการทำความสะอาดแม่พิมพ์ลดลงจากวันละ 4 ครั้ง เหลือ เพียงวันละ 2 ครั้งนั้น สามรถนำไปทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการลด Cycle Time และเพิ่ม Productivity ในโรงงานหรือสายการผลิตอื่นๆ ได้เพราะนอกจากการลดจำนวนครั้งในการทำความสะอาดแล้วอาจจะช่วยลดเวลาการซ่อมบำรุงรักษาแม่พิมพ์หรือลดปริมาณของเสียจากชิ้นงานเป็นรอยขีด ข่วน ต่างๆ

บรรณานุกรม

DPU

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

วิทยานิพนธ์

สุพัฒตรา เกษราพงศ์. (2550). *การวิเคราะห์รูปแบบของเสียและผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตถุงเท้า.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

เกษมสันต์ สาลีโภชน์. (2548). *การลดและควบคุมของเสียของฟองน้ำขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนเบาะรถยนต์.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทย์ วรรณวิจิตร. (2547). *การปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาติ แซ่แต้. (2548). *การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทานของกล่องกระดาษลูกฟูก.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพิเชษฐ์ สุจารีรัตน์. (2546). *การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการบริการสำหรับธุรกิจสระว่ายน้ำ.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนิรุท พัฒนธีระ. (2545). *การลดเวลาการหยุดของสายการประกอบรถยนต์กระบะ.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภาวดี บุญชนะวิวัฒน์. (2541). *การวางแผนคุณภาพในอุตสาหกรรมการหล่อชิ้นส่วนยานยนต์อะลูมิเนียม.* กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์.

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

บัญญัติ นิยมวาส. สืบค้นเมื่อ 13 มกราคม 2012, จาก *http://www.docstoc.com/docs/110836077/why-why-analysis)*

BOOKS

Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual, Fourth Edition June 2008 Copyright © 2008, Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation ISBN: 978-1-60534-136-1.

Statistical Process Control (SPC) Reference Manual, Second Edition July 2005, Copyright ©2005Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation

Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Training Manual, 2005, © Robere & Associates (Thailand) Ltd. Version 2.01

Why-Why Analysis Manual, Moody International (Thailand) Co., Ltd (2550)

การประยุกต์ใช้ FMEA, สมภพ ตลับแก้ว, เอกสารประกอบการสอนวิชา 211438 System Reliability and Maintenance (2551)

การชุบผิวโละด้วยดีบุก, Lentus Technology (Thai), คู่มือการผลิต, VG-PQC-001 (2008)

Ultra-Thin u-PPF Technology Application, Manual, SAMSUNG TECHWIN Co., Ltd. (2007)

DF Coating, MICRO-TECH OVERSEAS LTD. (μTECH) < PATENT > DF Coating (2539)

Forming Tool concept, Manual, ASM Pacific Technology Ltd © (2011)

ELECTRONIC SOURCE

Diamond –like carbon, http://en.wikipedia.org/wiki/Diamond-like_carbon

Integrated Semiconductor Infra Technology ISIT 2003, bckim@isit21.com

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	จักรชัย น้ำผึ้ง
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า สาขาโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิศวกรควบคุมกระบวนการผลิต บริษัท Vigilant Technology Co., Ltd

DPU