การวิเคราะห์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า

นางสาว กริ่งทิพย์ ศรีธรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548
ISBN 974-17-3593-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN ANALYSIS FOR DEFECT REDUCTION IN ADAPTER AND CHARGER MANUFACTURING PROCESS

Miss Kringthip Sritham

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-3593-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า
โดย	นางสาวกริ่งทิพย์ ศรีธรรม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กริ่งทิพย์ ศรีธรรม : การวิเคราะห์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า (AN ANALYSIS FOR DEFECT REDUCTION IN ADAPTER AND CHARGER MANUFACTURING PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช; 153 หน้า. ISBN 974-17-3593-6

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (Adapter) และอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า (Charger) พบว่าในปัจจุบันเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ทั้งที่สามารถนำกลับมาแก้ไขซ้ำได้ (Rework) และส่วนที่จะต้องนำไปทำลายทิ้ง (Scrap) ในการพิจารณาเพื่อลดของเสียนี้จึงเลือกพิจารณาของเสียที่มีลักษณะการเกิดของเสียที่สามารถนำกลับมาแก้ไขงานได้

จากการเก็บข้อมูลของเสียเพื่อการกำหนดปัญหาที่สำคัญที่สุด คือ ข้อบกพร่องจากการบัดกรีด้วยคลื่น (Wave soldering) โดยจะใช้เครื่องจักรปฏิบัติงาน และทำการหาสาเหตุที่เกิดข้อบกพร่องนี้ โดยใช้วิธีทำแผนภาพแสดงเหตุและผล การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) และทำการแก้ไขปรับปรุงโดยใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรม การออกแบบการทดลอง และใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ และประมวลผล

จากการดำเนินงาน สามารถกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ซึ่งส่งผลให้ค่าผลลัพธ์ของกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่นดีขึ้น และสามารถลดสัดส่วนของเสียไปในการแก้ไขจุดบกพร่องจากการบัดกรีด้วยคลื่นจาก 3,432 PPM ลดลงเหลือ 2,473 PPM ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 27.9% เมื่อเทียบกับข้อมูลของเสียก่อนการปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2548.....

4470683621: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: Defect Reduction / FMEA / Cause and Effect Diagram / DOE /Minitab.

KRINGTHIP SRITHAM : AN ANALYSIS FOR DEFECT REDUCTION IN ADAPTER AND CHARGER MANUFACTURING PROCESS.

THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. WANCHAI RICHIRAWANICH, Ph.D. 153 pp.

ISBN 974-17-3593-6

The objectives of this thesis are to reduce the defects in Adapter and Charger manufacturing process. Defect include the items that can be reworked and items scrapped. The main study emphasize on reduction of reworks.

Defects are found in the Wave Soldering machine. By the techniques of Cause &Effect diagram, Failure Mode & Effect Analysis (FMEA), Design of Experiment (DOE) and Minitab program, the defects analysis were made to reduce defectives.

From the study, the significant factors which can determine the main effects to solve solder defect are found and the defects from solder defect reworking can be reduced from 3,432 PPM to 2,473 PPM which is a reduction of 27.9%.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Industrial Engineer..... Student 's Signature.....

Field of Study....Industrial Engineer..... Advisor 's Signature.....

Academic year .....2005.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้ที่คณาจารย์ประสิทธิประสาทวิชา และด้วยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งที่ได้ให้คำแนะนำแก้ไขและชี้แนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดี ตลอดจนคณาจารย์ที่ร่วมเป็นประธานและกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน ที่ได้ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ประโยชน์และความดีอันพึงเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ ครอบครัว ญาติ พี่น้อง เพื่อนนิสิต และเพื่อนร่วมงาน ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดียิ่งตลอดมา นอกจากนั้นขอขอบพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและให้ความร่วมมือในการดำเนินการเป็นอย่างดียิ่ง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูป.....ญ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ภูมิหลัง.....2

1.2 การศึกษาสภาพปัญหา.....13

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....19

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....19

1.5 แนวทางของการดำเนินการวิจัย.....19

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....20

บทที่ 2 การสำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 21

2.1 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....21

2.2 แนวคิดและทฤษฎี.....23

บทที่ 3 การศึกษาสภาพปัญหา.....63

3.1 สภาพปัญหาในปัจจุบัน.....63

3.2 ผลกระทบของปัญหา.....68

3.3 แนวทางการดำเนินงาน.....74

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่ 4 การดำเนินการเพื่อลดความสูญเสีย.....77
4.1 การวิเคราะห์สาเหตุจากกระบวนการผลิตโดยรวม.....77
4.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ.(FMEA).....83
4.3 การปรับปรุง.....94

บทที่ 5 สภาพปัญหาและอุปสรรค.....122
5.1 สภาพปัญหาหลังทำการปรับปรุง.....122
5.2 อุปสรรค.....123

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....126
6.1 บทสรุปของขั้นตอนต่างๆในการดำเนินการวิจัย.....126
6.2 ข้อเสนอแนะ.....127

รายการอ้างอิง.....128
ภาคผนวก ก.....131
ภาคผนวก ข.....140
ภาคผนวก ค.....143
ภาคผนวก ง.....144
ภาคผนวก จ.....152
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....153

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 สรุปการเปรียบเทียบแปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า……..……7
1.2 สัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม……13
1.3 ค่าใช้จ่ายที่เสียกับงานเสียที่ต้องนำไปทำลาย (Scrap)……..……..……16
1.4 ค่าใช้จ่ายที่เสียไปในการทำงานซ้ำ (Rework)……...17
1.5 ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปกับงานเสียทั้งหมด……..……18
2.1 เปรียบเทียบปัจจัยด้านการจัดการสำหรับแผนการชักตัวอย่างทั้ง 3 แบบ……..…….....43
3.1 การจำแนกปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการผลิต……..……64
3.2 สัดส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ……..66
3.3 ค่าความสูญเสียจากของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ……70
3.4 แนวทางการดำเนินงาน……..……75
4.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA……...84
4.2 ตารางของเกณฑ์การให้คะแนน.(FMEA RANKING SCALE)……..…91
4.3 สาเหตุและวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงการผลิต……...94
4.4 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง……..…95
4.5 ผลการทดลอง……..……..…97
4.6 ผลการวิเคราะห์ออกแบบการทดลอง (Coded Units)……..……..…100
4.7 ผลการวิเคราะห์ออกแบบการทดลอง (Un-Coded Units)……....101
4.8 การวิเคราะห์ด้วยวิธีตาราง ANOVA นำปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญออกไป……..……...103
4.9 ค่าของปัจจัยต่างๆที่ดีที่สุด……..……..……..108
4.10 แบบฟอร์มการตรวจเช็คปัจจัยที่สำคัญของเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น.....120
5.1 แสดงผลตอบแทนหลังการปรับปรุงกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น……122

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	โครงสร้างองค์กรของโรงงานผลิต อะแดพเตอร์ และชาร์เจอร์	4
1.2	อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า หรือ Adapter	5
1.3	อุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า หรือ Charger	5
1.4	กระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า หรือ Adapter	9
1.5	กระบวนการผลิตอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า หรือ Charger	10
1.6	ปริมาณการส่งออกของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด	13
1.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า PPM เป้าหมายของงานเสีย	14
1.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของงานเสีย	18
2.1	ความต้องการ 5 ขั้นตามทฤษฎีของ Maslow	26
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทำงานและทรัพยากรการผลิตอื่น ๆ	34
2.3	โครงสร้างของวิธีการทำงาน	35
2.4	แผนการชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว	39
2.5	แผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงคู่	41
2.6	แผนการชักตัวอย่างหลายเชิง	42
2.7	แผนภูมิก้างปลา	45
2.8	แผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุความสูญเสียเนื่องมาจากทรัพยากรการผลิต	45
2.9	การจัดตั้งองค์กรเพื่อบริหารความสูญเสีย	49
2.10	ปัจจัยที่มีผลต่อความแปรผันและความคลาดเคลื่อนของระบบการวัด	53
3.1	แผนภาพพาเรโตแสดงสัดส่วนของเสียในกระบวนการต่างๆ	67
3.2	ผังแสดงสาเหตุและผลของข้อบกพร่องที่เกิดจากการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า	69
3.3	ความสูญเสียจากของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ	70
3.4	ผังแสดงสาเหตุและผลของข้อบกพร่องที่เกิดจากการบัดกรีด้วยคลื่น	72
3.5	ผังแสดงสาเหตุและผลของข้อบกพร่องที่เกิดจากการบัดกรีด้วยมือ Touch up	73
4.1	การผลิตขั้นตอน Surface Mount Device (SMD)	78
4.2	การผลิตขั้นตอน Hand Insertion	79
4.3	การผลิตขั้นตอน Wave Soldering	79

รูปที่ หน้า

4.4 ลักษณะการบัดกรีด้วยคลื่น……..80
4.5 กราฟ Profile ที่เป็นข้อกำหนดในการบัดกรีด้วยคลื่น……..……81
4.6 แผนภาพพาเรโต้จัดลำดับความสำคัญของค่า RPN……92
4.7 แผนผังพาเรโต้แสดงอิทธิพลของปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง……102
4.8 แผนภูมิฮีสโตแกรมของค่าส่วนตกค้าง……104
4.9 กราฟ Normal Probability Plot ของค่าส่วนตกค้าง ……...…104
4.10 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต ……...105
4.11 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล ……..……..105
4.12 แผนภาพแสดงอิทธิพลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (DPU)……106
4.13 แผนภาพแสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (DPU)……....107
4.14 แผนภาพ Cube plot สำหรับ ตัวแปรตอบสนอง (DPU)……....107
4.15 ผลการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ……..……...108
5.1 แนวโน้มค่าความสูญเสียที่ลดลงโดยประมาณการต่อเดือน.....123

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

สภาพเศรษฐกิจปัจจุบัน ที่ต้องมีการแข่งขันกับตัวเองและกับคู่แข่งอยู่ตลอดเวลา ธุรกิจจะเน้นการส่งออกเป็นหลัก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการควบคุมต้นทุนการผลิต งานที่เกิดจากการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ ควบคุมคุณภาพให้ตามมาตรฐานของลูกค้า ประกอบกับการลดความสูญเสียของการทำงานที่ไร้ประสิทธิภาพ และการปรับปรุงการทำงานนั้นถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญ ที่จะผลักดันให้องค์กรสามารถดำรงอยู่ต่อไปได้

ในอดีตจนถึงปัจจุบัน อุตสาหกรรมต่าง ๆ มีการแข่งขันทางธุรกิจกันสูงมาก โดยเฉพาะในวงการอิเล็คทรอนิคส์ บริษัทยักษ์ใหญ่ต่าง ๆ เริ่มมองหาวิธีการใหม่ ๆ เพื่อมาช่วยลดเวลาและต้นทุนในการผลิต และผลิตภัณฑ์ออกมาทันความต้องการของผู้บริโภคซึ่งต้องมีประสิทธิภาพและคุณภาพสูงสุด ดังนั้นเครื่องจักรเพื่อใช้ในการบัดกรี (Wave soldering machine) จึงได้ถูกคิดค้นขึ้นมาตั้งแต่สมัยนั้น เพื่อช่วยลดคน และลดเวลาในการผลิต ซึ่งจะช่วยให้ผู้ลงทุนสามารถลดต้นทุนในการผลิตและมีผลกำไรมากขึ้น เครื่อง Wave soldering machine ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนมีประสิทธิภาพสูงอยู่ในปัจจุบัน มีให้เลือกหลากหลายชนิด หลายราคา ตามประเภทและความเหมาะสมในการทำงาน

การให้ความสำคัญกับลูกค้าโดยมุ่งค้นหาความต้องการของลูกค้า และการดำเนินงานเพื่อให้ลูกค้าได้รับความพึงพอใจสูงสุด ซึ่งเป็นกลยุทธ์ในการแข่งขันเรื่องระบบคุณภาพสมัยใหม่ การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ให้ดีขึ้นกว่าเดิม จึงมีความสำคัญต่อธุรกิจขององค์กร ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อยกระดับให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่สูงขึ้น ให้มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้า การปรับปรุงคุณภาพจะต้องทำการตรวจสอบและประเมินผลการผลิตสินค้า ว่ามีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้าหรือไม่ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ที่เกิดจากการผลิตที่ไม่เหมาะสม หรือไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า จากนั้นทำการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง หรือสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะส่งถึงลูกค้า ทำให้จำนวนของเสียที่ลูกค้าตรวจพบและส่งคืนมายังบริษัทลดลง ทำให้สามารถลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตและช่วยให้สามารถสร้างความน่าเชื่อถือและความไว้วางใจของลูกค้าที่มีต่อองค์กรเพิ่มขึ้น

1.1 ภูมิหลัง

โรงงานกรณีศึกษาได้รับการจัดตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2531 เพื่ออาศัยแรงงานที่มีต้นทุนต่ำในการทดแทนปัญหาการขาดแคลนแรงงานของประเทศไต้หวัน ก่อนที่โรงงานกรณีศึกษาประเทศไทยจะเริ่มเปิดดำเนินการในปี พ.ศ. 2533 เริ่มผลิตสินค้าเพียงสองประเภทคือ เพาเวอร์ซัพพลายสำหรับสินค้าคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และจอมอนิเตอร์ เท่านั้น

ในปี พ.ศ. 2538 โรงงานมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินธุรกิจแบบการให้บริการการผลิตและออกแบบผลิตภัณฑ์ (ODM) อย่างเต็มรูปแบบและได้นำบริษัทฯ เข้าเป็นบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ซึ่งความเป็นมาจากอดีตถึงปัจจุบัน คือ

พฤศจิกายน	2530	บริษัทฯ ได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนในผลิตภัณฑ์ สวิตช์ชิ่ง ซัพพลาย อแดปเตอร์
สิงหาคม	2536	บริษัทฯ ได้จัดตั้งแผนกวิจัยและพัฒนา สำหรับผลิตภัณฑ์สวิตช์ชิ่ง เพาเวอร์ ซัพพลาย
สิงหาคม	2537	ได้รับใบรับรองมาตรฐาน ISO 9001
กรกฎาคม	2538	บริษัทฯ ได้จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย
ตุลาคม	2541	ได้รับใบรับรองมาตรฐานISO14001

สถานที่ตั้ง:	โรงงานกรณีศึกษาตั้งอยู่ ณ เขตส่งออกของนิคมอุตสาหกรรมบางปู จังหวัด สมุทรปราการ		
พื้นที่การผลิต:	13,800 ตารางเมตร		
สายการผลิต:	อะแดพเตอร์(Adapter)	14	สายการผลิต
	ชาร์เจอร์(Charger)	2	สายการผลิต
	รวม	16	สายการผลิต

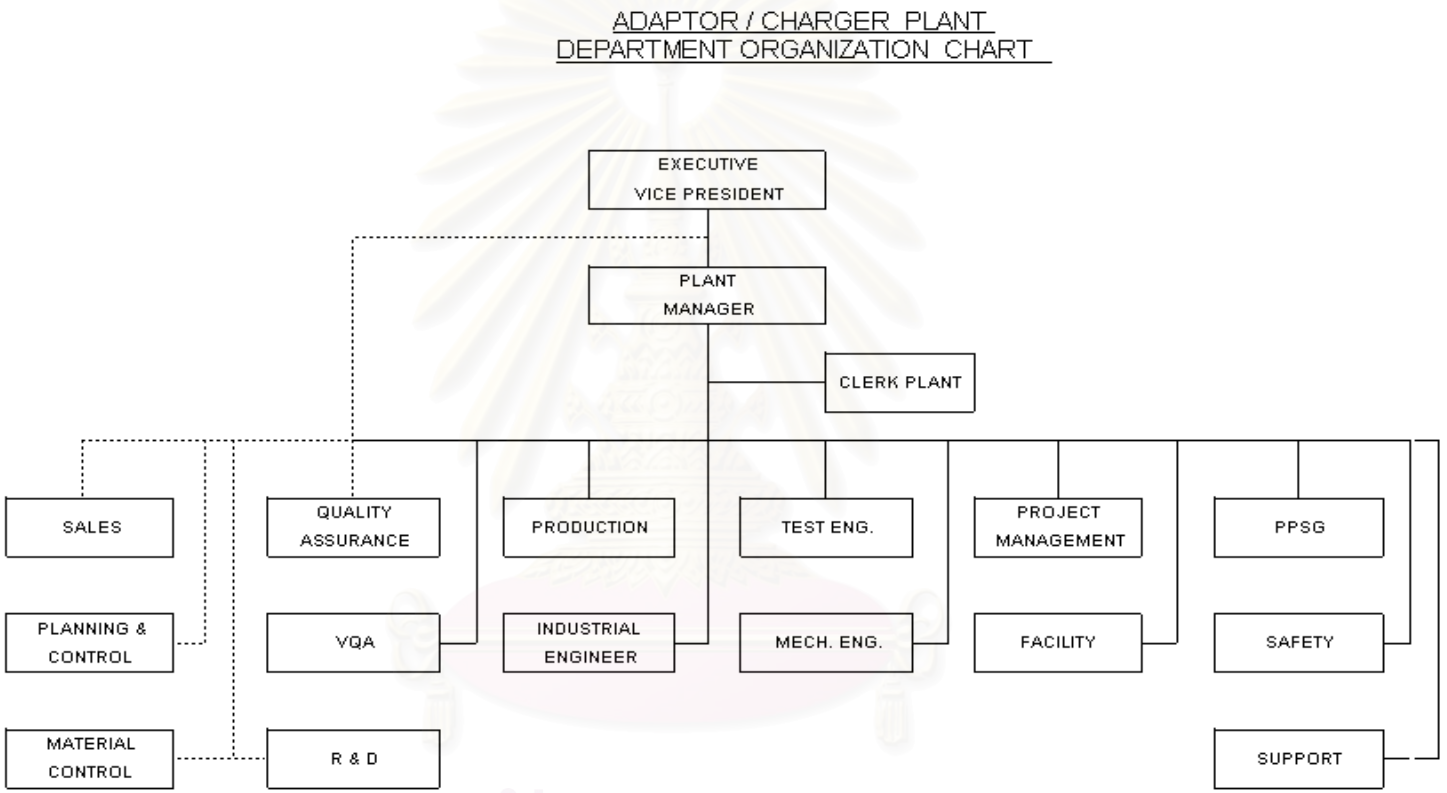
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.1 **โครงสร้างองค์กร**

โครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษานี้ มีจำนวนพนักงานทั้งหมด 4,500 คน โดยเวลาการปฏิบัติงาน 2 กะต่อวัน ประกอบไปด้วย แผนกต่างๆ 15 แผนก ดังต่อไปนี้

- **Production** ทำหน้าที่เป็นฝ่ายผลิตสินค้าและเป็นกำลังหลักที่สำคัญในการผลิตสินค้า
- **Industrial Engineer** เป็นแผนกที่ทำหน้าที่ออกแบบกระบวนการผลิต วางผังโรงงานกำหนดใบงานการปฏิบัติงาน
- **Test Engineer** เป็นแผนกที่ดูแลรับผิดชอบในส่วนของเครื่องทดสอบ และโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบ และจัดซื้อจัดหาเครื่องทดสอบเพื่อใช้ในการผลิต
- **Support MFG** เป็นฝ่ายสนับสนุนทางเทคนิคในกระบวนการผลิต
- **Mechanical Engineer** เป็นแผนกที่ทำหน้าที่ออกแบบจิ๊ก ฟิกเจอร์
- **PPSG** (Process & Product System group) เป็นแผนกที่ทำหน้าที่วิเคราะห์งานเสียที่ไม่ผ่านตามข้อกำหนด
- **Planning & Control** ฝ่ายวางแผนและควบคุมการผลิต
- **Project Management** เป็นฝ่ายที่ทำการบริหารโครงการและ ทำการทดลองและแก้ไขผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่ให้มีปัญหา ที่เรียกว่า Pilot run ก่อนที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์ไปยังการผลิตแบบ mass production
- **Sales** ทำหน้าที่รับคำสั่งการผลิตจากลูกค้า และส่งความต้องการของลูกค้ากลับมายังโรงงาน
- **Material Control** เป็นแผนกจัดซื้อจัดหาวัตถุดิบ
- **Quality Assurance** ฝ่ายรับประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งในการผลิตจนถึงส่งมอบให้กับลูกค้า
- **Safety** ทำหน้าที่ทดสอบความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ในช่วงการออกแบบและทดลอง ตลอดจนควบคุมสัญลักษณ์ความปลอดภัย
- **Facility** ทำหน้าที่ดูแลระบบ น้ำ ไฟ และความปลอดภัยในโรงงาน
- **Vendor Quality Assurance** ฝ่ายรับประกันคุณภาพของผู้ผลิตวัตถุดิบ
- **R&D** ฝ่ายออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

รูปที่ 1.1 แสดงผังองค์กรของโรงงานผลิต อะแดพเตอร์ และชาร์เจอร์ แบ่งตามหน้าที่ที่รับผิดชอบของแต่ละแผนก



รูปที่ 1.1 โครงสร้างองค์กรของโรงงานผลิต อะแดพเตอร์ และชาร์เจอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.2 ลักษณะผลิตภัณฑ์

ลักษณะผลิตภัณฑ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า หรืออะแดพเตอร์ (Adapter)
2) อุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า หรือชาร์เจอร์ (Charger)

อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า หรือ Adapter เป็นอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากแรงดันกระแสสลับ(AC) เป็นไฟฟ้าแรงดันกระแสตรง(DC) อย่างต่อเนื่อง ส่วนอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า หรือ Charger เป็นอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากแรงดันกระแสสลับ(AC) เป็นไฟฟ้าแรงดันกระแสตรง(DC) แรงดันต่ำหรือแปลงไฟฟ้าจากแรงดันกระแสตรง(DC) ความต่างศักย์สูง เป็นแรงดันกระแสตรง(DC) ความต่างศักย์ต่ำ เพื่อประจุไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่

รูปที่ 1.2 อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า หรือ Adapter

รูปที่ 1.3 อุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า หรือ Charger

ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ของโรงงานผลิตเพื่อใช้กับ Notebook และเครื่องพิมพ์มีเพียงส่วนน้อยที่ใช้กับเครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น Personal Data Application (PDA) และโทรศัพท์ไร้สายที่ใช้ภายในบ้าน เป็นต้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ชาร์เจอร์จะใช้กับโทรศัพท์มือถือเป็นส่วนใหญ่ ลูกค้าหลักที่สำคัญ คือ APPLE BLACK & DECKER COMPAQ DELL ERICSSON FUJITSU HP KODAK และ SONY เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ผลิตภายใต้โรงงานประเทศไทยจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเพื่อการส่งออกเท่านั้น โดยส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น จีน ฮ่องกง ไต้หวัน และ สหรัฐอเมริกา เป็นต้น

เนื่องจากโรงงานได้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ 2 ประเภท คือ อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าที่สามารถจำแนกผลิตภัณฑ์ได้โดยกำลังการจ่ายไฟ มีหน่วยเป็น วัตต์(Watt) หากในชุดอุปกรณ์(Case) มีฮาร์ดแวร์หรืออุปกรณ์จำนวนมาก กำลังวัตต์ก็จะต้องสูงตามไปด้วย แต่ในขั้นตอนการผลิตของทั้งสองผลิตภัณฑ์นี้ จะมีความคล้ายคลึงกันเป็นอย่างมาก เนื่องจากลักษณะสายการผลิตที่เป็นแบบสายการประกอบ แต่จะแตกต่างกันที่การทดสอบฟังก์ชันที่ตัวงานอันเนื่องมาจาก คุณสมบัติด้านกำลังการจ่ายไฟ สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 1.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.1 สรุปการเปรียบเทียบอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าจากคุณสมบัติและปัจจัยต่างๆ

คุณสมบัติและปัจจัยต่างๆ	อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า	อุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า
ด้านเทคนิค	จ่ายและควบคุมกระแสไฟฟ้าเข้าสู่อุปกรณ์อย่างต่อเนื่อง	จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่
ฟังก์ชัน	แปลงไฟฟ้าจากแรงดันกระแสสลับ(AC) เป็นไฟฟ้าแรงดันกระแสตรง(DC)	แรงดันกระแสสลับ(AC)เป็นไฟฟ้าแรงดันกระแสตรง(DC) แรงดันต่ำ หรือ แปลงไฟฟ้าจากแรงดันกระแสตรง(DC) ความต่างศักย์สูง เป็นแรงดันกระแสตรง(DC) ความต่างศักย์ต่ำ
ขนาด	ตามกำลังการจ่ายไฟซึ่งมีหน่วยเป็น วัตต์	ตามกำลังการจ่ายไฟซึ่งมีหน่วยเป็น วัตต์
ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นำไปใช้	คอมพิวเตอร์, เครื่องพิมพ์ Printer, Note book	โทรศัพท์มือถือ, กล้องดิจิตอล, กล้องวิดีโอ, Note book
ขั้นตอนการผลิต	จะขึ้นอยู่กับรูปแบบของผลิตภัณฑ์	ในบางรุ่นจะไม่ต้องส่งไปที่สถานีทดสอบ Burn-In และจะไม่มีสถานีการทดสอบฟังก์ชัน
ลักษณะสายการผลิต	แบบสายงานประกอบ (Assembly line)	แบบสายงานประกอบ (Assembly line)
เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต	เครื่องทดสอบฟังก์ชั่น ATS6000 และ ATS8000 ฟิกเจอร์จะเปลี่ยนให้เหมาะสมกับปลั๊กบนตัวงาน	เครื่องทดสอบฟังก์ชั่น ATS6000 ฟิกเจอร์จะเปลี่ยนให้เหมาะสมกับปลั๊กบนตัวงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

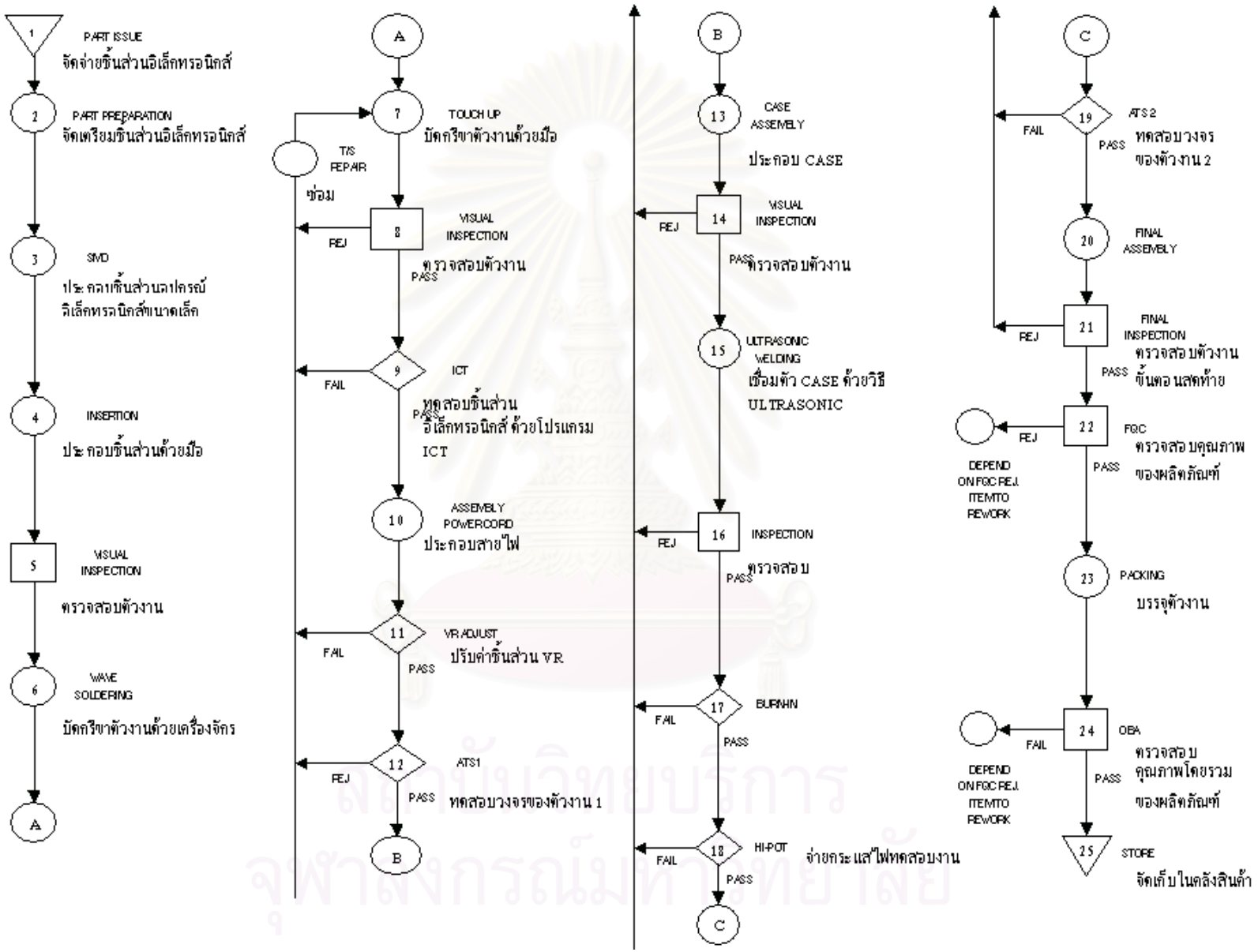
1.1.3 กระบวนการผลิต

สายการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า ในโรงงานตัวอย่างเป็นแบบสายงานประกอบ (Assembly line) ทำการผลิตโดยนำตัวงานผ่านตามสายพานไปยังสถานีต่างๆ กระบวนการผลิตแบ่งเป็นกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและกระบวนการผลิตของอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

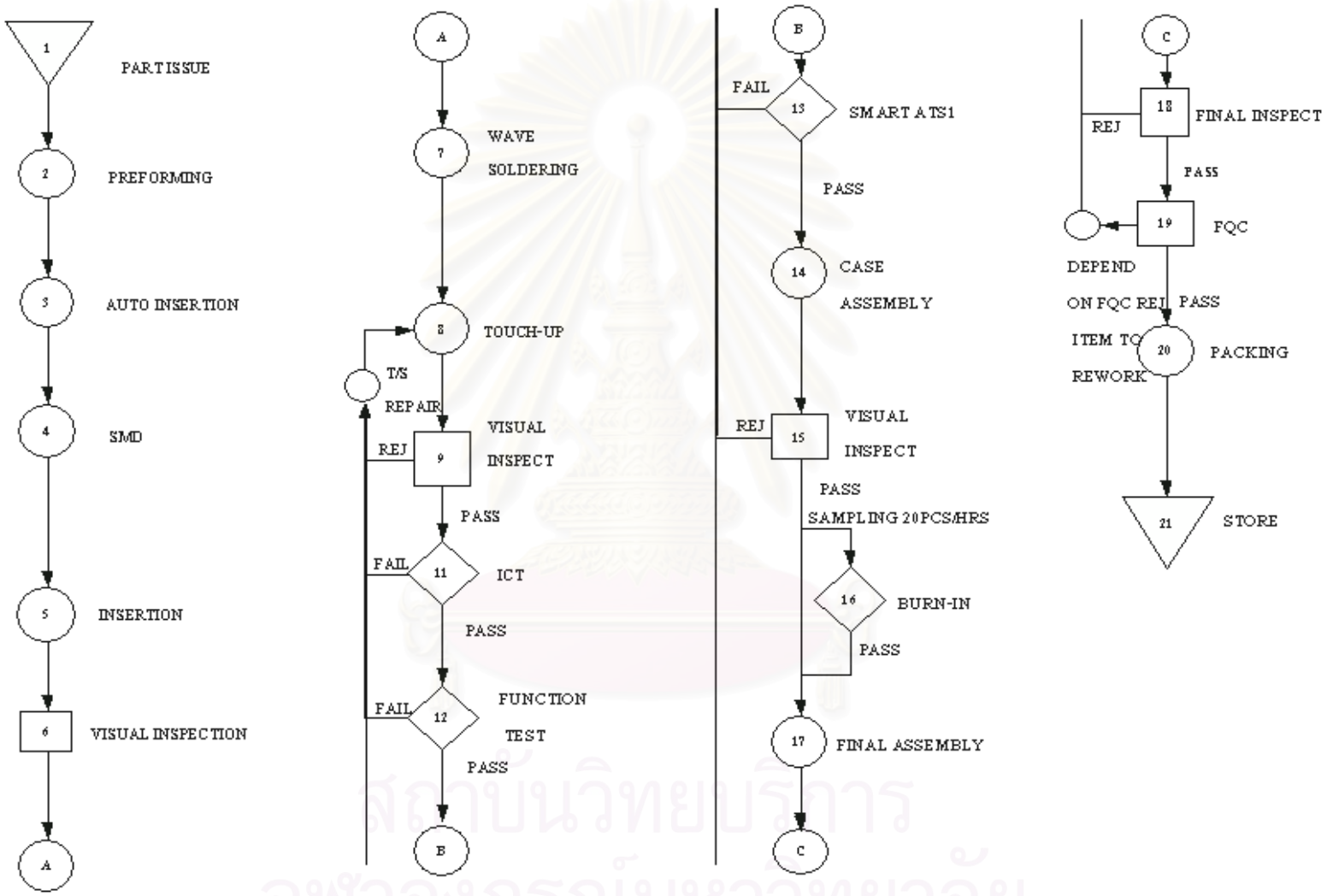
- **กระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า** (Adapter) จะขึ้นอยู่กับรูปแบบของผลิตภัณฑ์ โดยจะมีรายละเอียดขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน แต่จะมีขั้นตอนพื้นฐานของการผลิตดังนี้ การศึกษาขั้นตอนการผลิตได้อาศัยแผนผังการทำงานโดยสังเขป (Flow Process Chart) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.4

- **กระบวนการผลิตของอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า** (Charger) มีกระบวนการผลิตขั้นตอนพื้นฐานที่คล้ายกับการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า แต่มีรายละเอียดของขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน คือในบางรุ่นจะไม่ต้องส่งไปที่สถานีทดสอบ Burn-In และจะไม่มีสถานีการทดสอบฟังก์ชันและวงจรของตัวงาน (ATS2) การศึกษาขั้นตอนการผลิตได้อาศัยแผนผังการทำงานโดยสังเขป (Flow Process Chart) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่1.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.4 กระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า หรือ Adapter



รูปที่ 1.5 กระบวนการผลิตอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า หรือ Charger

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่สำคัญ</u>

เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีดังต่อไปนี้

- AUTO COMPONENT INSERTION (AXIAL/REDIAL) เครื่องจักรอัตโนมัติที่ใช้สำหรับใส่ตัวงานที่มีขา ซึ่งสามารถใส่ตัวงานได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน
- FORMING MACHINE เครื่องจักรที่ใช้สำหรับเตรียมตัวงานที่ไม่สามารถใส่โดยเครื่องจักรอัตโนมัติ เพื่อนำตัวงานที่ได้จากกระบวนการนี้ไปใช้ในกระบวนการใส่ตัวงานด้วยมือ
- GLUE DESPENSING MACHINE เครื่องจักรสำหรับหยอดกาวลงบนพื้นผิวของแผ่นวงจรพิมพ์ก่อนที่จะนำแผ่นวงจรพิมพ์ไปวางตัวงานโดยเครื่องวางตัวงานบนพื้นผิว
- PLACEMENT MACHINE เครื่องจักรอัตโนมัติที่ใช้สำหรับวางตัวงานลงบนพื้นผิว ซึ่งจะเป็นตัวงานลักษณะที่ไม่มีขาตัวงาน
- REFLOW เครื่องจักรที่ใช้สำหรับให้ความร้อนแก่แผ่นวงจรพิมพ์ โดยหยอดกาวและวางตัวงานบนแผ่นวงจรพิมพ์เรียบร้อยแล้ว เพื่อให้กาวที่หยอดไปแล้วแข็งตัว ซึ่ง Reflow ยังสามารถใช้กับกระบวนการผลิตที่ใช้ตะกั่วเหลวได้ แต่อุณหภูมิในการใช้งานจะแตกต่างกันออกไป
- MANUAL/AUTO CONVEYER สายการผลิตแบบสายพาน โดยนำตัวงานวางบนสายพานเพื่อใช้ประกอบแผ่นวงจรพิมพ์ กับชิ้นส่วนต่างๆ
- FIXTURE HEAT SINK ASSEMBLY ตัวจับยึดที่ใช้ปะกอบชิ้นส่วน กับแผ่นโลหะระบายความร้อน
- FIXTURE BEND LEAD OF HSK ตัวจับยึดที่ใช้บิดขาแผ่นโลหะระบายความร้อนเพื่อป้องกันการลอยตัวของแผ่นโลหะระบายความร้อนขณะที่ผ่านเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น
- WAVE SOLDERING MACHINE คือเครื่องจักรที่ทำการบัดกรีด้วยคลื่นโดยตะกั่วจะยึดติดระหว่างขาชิ้นส่วนและแผ่นวงจรพิมพ์ หลังจากผ่านคลื่นตะกั่วเหลวในหม้อบัดกรีส่วนประกอบเพิ่มเติมดังแสดงในภาคผนวก
- SOLDERING IRON หัวแร้งที่ใช้ในการบัดกรีด้วยมือโดยจะทำให้เส้นตะกั่วละลายแล้วยึดกับชิ้นส่วนและแผ่นวงจรพิมพ์
- FIXTURE MEASUREMENT LEAD LENGTH ที่จับยึดตัวงานเพื่อวัดระดับและตัดขาให้ได้ตามความสูงที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด
- HEIGHT MEASUREMENT FIXTURE ที่จับยึดตัวงาน เพื่อวัดระดับความสูงแผ่นวงจรพิมพ์ ประกอบให้ได้ตามความสูงที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด

- MAGNIFIER 6X กล้องขยายที่มีขีดความสามารถในการมองเห็นวัตถุขนาดใหญ่กว่าวัตถุจริง 6 เท่า
- ICT TEST EQUIPMENT เครื่องมือวัดและตรวจสอบที่ใช้สำหรับตรวจสอบว่าทำการใส่ตัวงาน ถูกต้องตามข้อกำหนดหรือไม่
- TEST FIXTURE อุปกรณ์จับยึดตัวงานขณะใช้เครื่องมือวัด ที่ใช้สำหรับตรวจสอบว่าทำการใส่ตัวงาน ถูกต้องตามข้อกำหนดหรือไม่
- TEST MACHINE เครื่องทดสอบฟังก์ชันที่ตัวงานว่าถูกต้องตามข้อกำหนด
- PROGRAMABLE AUTO SAFETY TESTER (Hi-POT) เครื่องทดสอบกระแสไฟฟ้ารั่วภายในตัวงาน

<u>กำลังการผลิต</u>

กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ อะแดพเตอร์ และ ชาร์เจอร์ ที่โรงงานกรณีศึกษานี้ผลิตเพื่อส่งออกต่อเดือนเป็นจำนวนดังต่อไปนี้

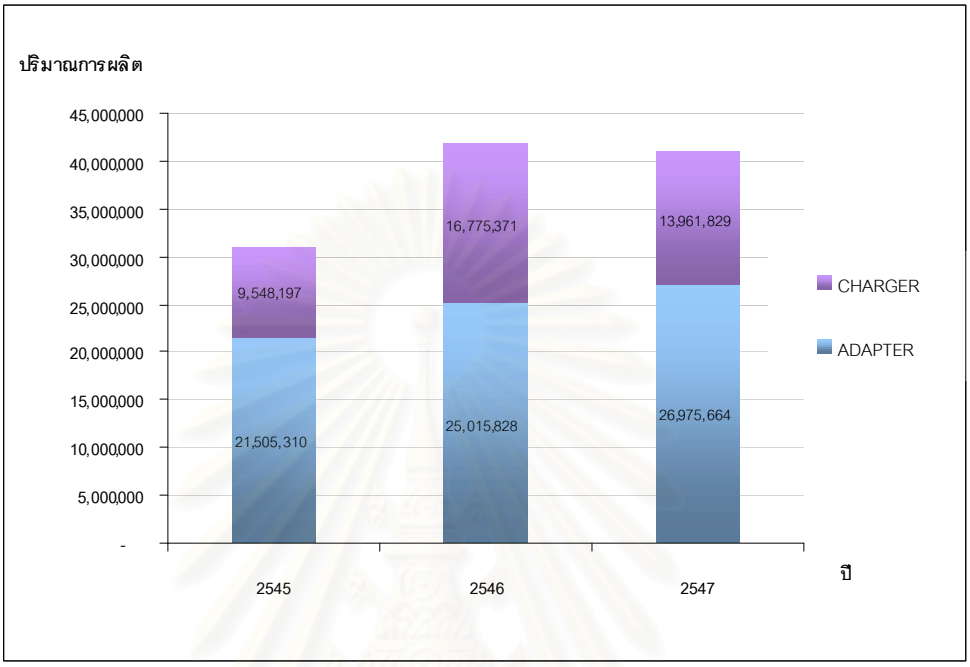
กำลังการผลิต:	อะแดพเตอร์(Adapter)	2,000,000	หน่วย/เดือน
	ชาร์เจอร์(Charger)	1,000,000	หน่วย/เดือน
	รวม	3,000,000	หน่วย/เดือน

ความสามารถในการผลิตที่แสดงดังรายการข้างบนนี้ สามารถสนับสนุนความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา หากในเดือนใดลูกค้าต้องการงานเป็นจำนวนมาก ทางฝ่ายวางแผนและควบคุมการผลิตก็จะทำการแจ้งให้มีการทำงานล่วงเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.4 **สถิติการส่งออก**

ในการส่งออกผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทของโรงงานจากปี 2545 จนถึงปี 2547 แสดงดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 ปริมาณการส่งออกของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

แนวโน้มการส่งออกของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ปี 2545 จนถึงปี 2547 มีแนวโน้มการส่งออกที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์โดยรวม แล้วการส่งออกผลิตเริ่มเพิ่มขึ้นในปี 2546

1.2 การศึกษาสภาพปัญหา

ในกระบวนการผลิตอะแดพเตอร์ (Adapter) และชาร์เจอร์ (Charger) ในปัจจุบันโรงงานมีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้าในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ไม่ได้คุณภาพ (Defect) คิดเป็น 0.05% ของปริมาณของเสียทั้งหมด ประกอบกับผลการตรวจสอบพบของเสียในกระบวนการผลิตเองก็มีเปอร์เซ็นต์ของเสียค่อนข้างสูง จึงมีการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง 1 ปี

1.2.1 การพิจารณาสัดส่วนงานเสียระหว่างการผลิต

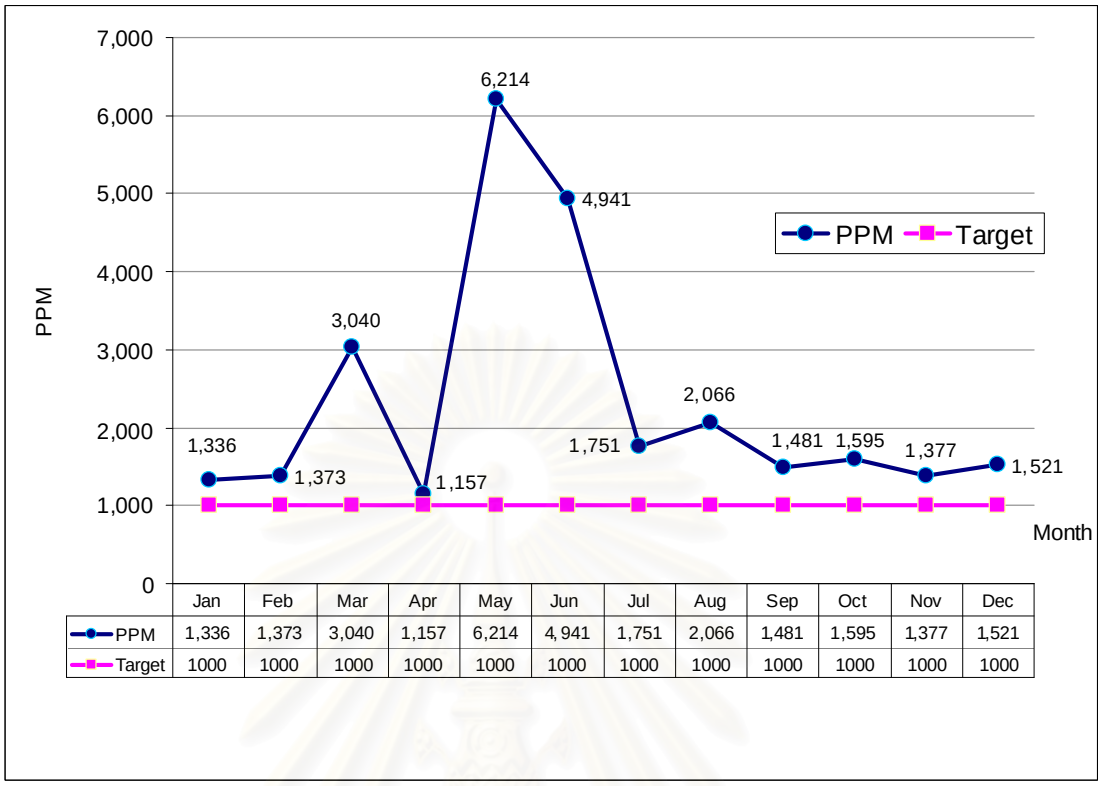
การพิจารณาสัดส่วนงานเสียระหว่างการผลิตที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนในปี 2547 (ช่วงเดือนมกราคม-ธันวาคม) แสดงดังตารางที่ 1.2

ตารางที่1.2 สัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคม ปี 2547

เดือน	แผนการผลิต (ชิ้น)	ยอดการผลิต (ชิ้น)	ของเสีย(ชิ้น)	%ผลผลิต	%ของเสีย	PPM
มกราคม	3,395,795	3,391,259	4,536	99.89	0.13	1,336
กุมภาพันธ์	2,954,500	2,950,443	4,057	99.87	0.14	1,373
มีนาคม	3,675,031	3,663,860	11,171	99.75	0.30	3,040
เมษายน	2,178,881	2,176,361	2,520	99.74	0.12	1,157
พฤษภาคม	3,473,985	3,452,397	21,588	99.82	0.62	6,214
มิถุนายน	3,412,262	3,395,402	16,860	99.36	0.49	4,941
กรกฎาคม	3,927,794	3,920,916	6,878	99.85	0.18	1,751
สิงหาคม	3,468,101	3,460,936	7,165	99.78	0.21	2,066
กันยายน	3,014,592	3,010,127	4,465	99.76	0.15	1,481
ตุลาคม	3,363,122	3,357,758	5,364	99.80	0.16	1,595
พฤศจิกายน	3,656,545	3,651,510	5,035	99.82	0.14	1,377
ธันวาคม	3,402,232	3,397,058	5,174	99.78	0.15	1,521
รวม	**39,922,840**	**39,828,027**	**94,813**	**99.76**	**0.24**	**2,375**

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PPM ของงานเสียและค่าเป้าหมายของงานที่เสียในกระบวนการผลิตในอดีต สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
PPM	1,336	1,373	3,040	1,157	6,214	4,941	1,751	2,066	1,481	1,595	1,377	1,521
Target	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

รูปที่ 1.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า PPM เป้าหมายของงานเสีย และงานเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

พบว่า ผลผลิตโดยเฉลี่ย เมื่อเปรียบเทียบใน 12 เดือน นั้นมีค่าประมาณ 99.76% โดยมีของเสียระหว่างการผลิตมากถึง 0.24% โดยต่อไปจะเปรียบเทียบค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจาก การเกิดงานเสียระหว่างผลิต

1.2.2 พิจารณาค่าสูญเสียโอกาสที่เกิดจากงานเสีย

การพิจารณาค่าสูญเสียโอกาสที่เกิดจากงานเสียจะพิจารณาจากงานเสียโดยแบ่งเป็น2 ประเภทคือ

ก. ค่าสูญเสียโอกาสที่เกิดจากงานเสียที่ไม่สามารถนำกลับแก้ไขงานได้ (Scrap) งานเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาทำงานซ้ำได้ (Scrap) มีสาเหตุเกิดจาก

1) ความผิดพลาดในกระบวนการผลิต เช่น ชิ้นส่วนแตกหัก ตะกั่วเกาะแผ่นวงจรหรือตัวงาน แผ่นทองแดงร่อน
2) ตัวงานระเบิด

ซึ่งตัวงานที่เกิดจากสาเหตุนี้จำเป็นต้องนำไปทำลายไม่สามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ ข้อมูลของงานเสียต้องนำไปทำลาย คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไป ใน ระยะเวลา 12 เดือน ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 ค่าใช้จ่ายที่เสียไปกับงานเสียที่ต้องนำไปทำลาย (Scrap)

เดือน	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียทั้งหมด (บาท)
มกราคม	363	50,803
กุมภาพันธ์	406	56,798
มีนาคม	670	93,836
เมษายน	202	28,224
พฤษภาคม	1,511	211,562
มิถุนายน	1,349	188,832
กรกฎาคม	550	77,034
สิงหาคม	645	90,279
กันยายน	357	50,008
ตุลาคม	429	60,077
พฤศจิกายน	453	63,441
ธันวาคม	362	50,705
รวม	7,297	707,090

จะเห็นได้ว่าในระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2547 มีค่าใช้จ่ายเสียโอกาสคิดเป็นเงิน 707,090 บาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. **ค่าสูญเสียโอกาสที่เกิดจากงานเสียที่สามารถนำกลับมาแก้ไขงานซ้ำได้ (Rework)** เมื่อพิจารณาการทำงานที่ไม่เกิดประสิทธิภาพ เฉพาะในส่วนของการทำงานซ้ำจะพบว่าสามารถหาได้จากการเก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่ต้องทำซ้ำ

ค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปในการทำงานซ้ำ ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายหลัก 3 ชนิด คือ

- ค่าแรงงาน
- ค่าวัตถุดิบทางตรง และทางอ้อม ที่นำมาใช้ในการทำงานซ้ำใหม่
- ค่าโสหุ้ยในการผลิต

จากนั้นจึงนำมาคิดเป็นค่าแรงต่อไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1.4 ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่1.4 ค่าใช้จ่ายที่เสียไปในการทำงานซ้ำ (Rework)

เดือน	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ค่าใช้จ่าย(บาท) วัตถุดิบ+อื่นๆ
มกราคม	4,173	50,077
กุมภาพันธ์	3,651	43,816
มีนาคม	10,501	126,009
เมษายน	2,318	27,821
พฤษภาคม	20,077	240,922
มิถุนายน	15,511	186,134
กรกฎาคม	6,328	75,933
สิงหาคม	6,520	78,242
กันยายน	4,108	49,294
ตุลาคม	4,935	59,219
พฤศจิกายน	4,582	54,982
ธันวาคม	4,812	57,742
รวม	87,516	1,050,190

จะเห็นได้ว่าในระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2547 มีค่าใช้จ่ายเสียโอกาส คิดเป็นเงิน 1,050,190 บาท

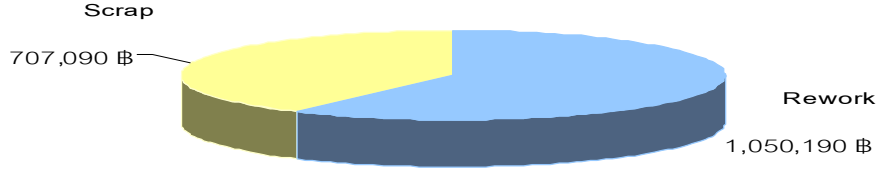
ค. สรุปค่าสูญเสียโอกาสที่เกิดจากงานเสียทั้งหมด

พิจารณาค่าสูญเสียโอกาสที่เกิดจากงานเสียทั้งหมด ได้ดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ค่าใช้จ่ายรวมที่สูญเสียไปกับงานเสียทั้งหมด

เดือน	ค่าใช้จ่ายที่สูญเสีย (บาท)		รวมค่าใช้จ่ายที่สูญเสียทั้งหมด (บาท)
	งานเสียนำไป Scrap	งานเสียนำไป Rework	
มกราคม	50,077	50,803	100,881
กุมภาพันธ์	43,816	56,798	100,614
มีนาคม	126,009	93,836	219,845
เมษายน	27,821	28,224	56,045
พฤษภาคม	240,922	211,562	452,484
มิถุนายน	186,134	188,832	374,966
กรกฎาคม	75,933	77,034	152,967
สิงหาคม	78,242	90,279	168,521
กันยายน	49,294	50,008	99,302
ตุลาคม	59,219	60,077	119,295
พฤศจิกายน	54,982	63,441	118,423
ธันวาคม	57,742	50,705	108,447
รวม	1,050,190	707,090	2,071,790

จากตารางสรุปค่าสูญเสียโอกาสที่เกิดจากงานเสียทั้งหมด จะแสดงให้เห็นว่าในระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2547 มีค่าใช้จ่ายเสียโอกาส คิดเป็นเงิน 2,071,790 บาท โดยที่มีค่าใช้จ่ายเสียโอกาสของงานเสียไม่สามารถนำมาแก้ไขได้ซึ่งถ้าสามารถลดงานเสียได้ คิดเป็น 40% ของค่าใช้จ่ายเสียโอกาสทั้งหมด ดังแสดงในแผนภาพวงกลม รูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของงานเสีย

1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย

วัตถุประสงค์งานวิจัยมีดังต่อไปนี้

1) เพื่อศึกษาสภาพการผลิตในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า(Adapter) และอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า (Charger)
2) เพื่อลดปริมาณงานเสียระหว่างการผลิตที่เกิดขึ้นและปรับปรุงกระบวนการในการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า(Adapter) และอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า(Charger)

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1) การวิจัยฉบับนี้จะทำการศึกษาและปรับปรุงเฉพาะในส่วนของกระบวนการผลิตเท่านั้น
2) ลดของเสียในระหว่างการผลิต (Work in process) จากการบัดกรีด้วยคลื่น โดยแสดงผลด้วยการประมาณค่าสูญเสียโอกาสที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็นบาท และค่าสัดส่วนของเสีย PPM
3) เสนอแนวทางในการลดของเสียให้โรงงานโดยให้ความสำคัญในส่วนการแก้ไขปัญหาผลผลิตตกต่ำ

1.5 แนวทางของการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย สามารถแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1) สำรวจงานวิจัย และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2) ศึกษาสภาพปัญหา
3) การดำเนินการเพื่อลดความสูญเสีย
4) การปรับปรุงแก้ไข
5) ปัญหาและอุปสรรค
6) สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ
7) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1) ลดอัตราการเกิดงานเสียระหว่างการผลิต ที่เกิดเนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพในกระบวนการผลิต
2) เป็นแนวทางในการพัฒนา และปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า(Adapter) และอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า (Charger) ในรุ่นอื่น ๆในลักษณะที่คล้ายกัน
3) เพิ่มประสิทธิภาพของงาน และลดคนทำงานที่ทำในสายการผลิต
4) เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านอื่น ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การสำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้รวบรวมผลงานวิจัย ในส่วนของการดำเนินงานการวิจัยเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อีกทั้งแนวคิดและทฤษฎีของความสูญเสีย การวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสีย การบริหารโรงงานเพื่อลดความสูญเสีย การจัดตั้งนโยบายความสูญเสียในองค์กร(Corporate policy on waste reduction) การจัดตั้งองค์กรเพื่อดำเนินงานบริหารความสูญเสีย การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงปัญหาในบทต่อไป

2.1 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป, 2539, **วิทยานิพนธ์เรื่องการลดของเสียในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา** กล่าวถึงการหาวิธีการลดของเสียในอุตสาหกรรมยางพาราซึ่งเกิดจากกรรมวิธีการผลิต เพื่อลดของเสียให้กับโรงงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาผลิตภัณฑ์หลักในสายการผลิตของเก้าอี้โต๊ะ และลิ้นชัก พบว่าปัญหาหลักของการเกิดของเสียในการผลิตคือ ไม่ได้ขนาด และปัญหาหลักในการทำสีคือ สีเป็นเม็ด ผลจากการปรับปรุงเพื่อลดของเสีย โดยศึกษาเฉพาะปัญหาหลักในการผลิตและงานสีพบว่าสามารถที่จะลดของเสียลงได้ งานวิจัยนี้ได้เริ่มเก็บข้อมูลเดือนมกราคม และเริ่มปรับปรุงในเดือนเมษายน และทำการเก็บข้อมูลต่อจนถึงเดือนสิงหาคม ในกระบวนการผลิตเก้าอี้ก่อนการปรับปรุง มีความสูญเสียที่เกิดจากของเสีย 1.38% และหลังการปรับปรุง มีความสูญเสียลดลงเหลือ 0.45% ในส่วนกระบวนการผลิตโต๊ะก่อนการปรับปรุงมีความสูญเสียที่เกิดจากของเสีย 1.45% และหลังการปรับปรุงมีความสูญเสียลดลงเหลือ 0.79% และในกรณีการผลิตลิ้นชักก่อนการปรับปรุงมีความสูญเสียที่เกิดจากของเสีย 1.34% และหลังการปรับปรุงมีความสูญเสียลดลงเหลือ 0.51% ประโยชน์ของการลดของเสียนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนที่เกิดจากของเสียแล้ว ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้วัตถุดิบอีกด้วย

ธนิยา ลิ่มซูเชื้อ, 2545, **วิทยานิพนธ์เรื่องการลดของเสียจากกระบวนการผลิตครีบระบายความร้อนโดยประยุกต์ ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกซ์ม่า**, กล่าวถึงการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตครีบระบายความร้อนโดยนำวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลของค่าผลต่างของการถ่ายเท่ความร้อน (Dt)

ซึ่งเป็นข้อกำหนดด้านผลิตภัณฑ์ของลูกค้า และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ปริมาณของเสียลดลง โดยหน่วยวัดผลระดับการปรับปรุงของการวิจัยที่กำหนดคือ ปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย Defect Pass Per Million (DPPM) ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 48,332 DPPM

นวลพรรณ ใจงาม, 2542, **วิทยานิพนธ์เรื่องการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระเสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกมา** งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกมา โดยหลังจากดำเนินการปรับปรุงในกระบวนการผลิตพบว่าอัตราส่วนของข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระเสไฟฟ้าสถิตย์ลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM หรือเมื่อเทียบในระดับ σ สามารถปรับปรุงจากระดับ 3.36 เป็น 3.91 และสามารถลดค่าความเสียหายและ ได้รับผลประโยชน์ ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพ 163,999 ดอลลาร์สหรัฐภายในระยะเวลา

พิศิษฐ์ เจริญกิจวิวัฒน์, 2541, **วิทยานิพนธ์เรื่องการปรับปรุงคุณภาพสินค้าสำหรับลูกค้าในกรณีศึกษาของโรงงานประกอบแผงต่อสายเครื่องควบคุมไฟฟ้าและขั้วต่อปลายไฟฟ้า** งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของ สายเครื่องควบคุมไฟฟ้า เพื่อที่จะให้มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้าในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็คโทรนิกส์ โดยเน้นในการปรับปรุงด้านกิจกรรมในโรงงาน เริ่มจากการวิเคราะห์เครื่องมือการควบคุมคุณภาพ หลังจากนั้นจะนำ FMEA มาทดลองใช้ในการป้องกัน ลด และกำจัดข้อผิดพลาดที่เคยเกิดขึ้น และข้อผิดพลาดที่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นสำหรับสินค้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยเริ่มหาข้อมูลเกณฑ์คุณภาพจากคำร้องของลูกค้าโดยใช้พาเรโต้ ปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างในระหว่างดำเนินงาน FMEA จากผลการดำเนินงานคำร้องเรียนจากลูกค้าได้ลดลงร้อยละ 43.76

วชิราภรณ์ เศรษฐนันท์, 2542, **วิทยานิพนธ์เรื่องการลดชิ้นส่วนของเสียในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์** กล่าวถึงการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตลอดจนวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการพร้อมทั้งหาสาเหตุของการสูญเสีย โดยการฝึกหัด กิจกรรม 5ส Supplier control , Work Instruction, Quality control process ในการพัฒนาการประสานงานในองค์กรให้มีประสิทธิภาพ เพราะการสื่อสารและการประสานงานเป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การจัดการต่าง ๆ

ศิริพันธ์ ชัชวลานนท์, 2542, **วิทยานิพนธ์เรื่องการปรับปรุงกระบวนการการผลิตแขนจับยึดหัวอ่านเขียนเพื่อลดปริมาณของเสียในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์** กล่าวถึงการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตแขนจับยึดหัวอ่าน โดยนำเทคนิคของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลการทบในการผลิต (Failure Mode and Effective Analysis : FMEA) มาเป็นเครื่องมือนำไปสู่การระบุปัญหา ผลกระทบที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุ วิธีการแก้ไขและกำจัดสาเหตุและแนวทางป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นด้วยโดยได้นำเครื่องมือและเทคนิคอื่นที่เหมาะสมเข้ามาช่วยเพื่อดำเนินการดังกล่าว เช่น การออกแบบการทดลอง การใช้เครื่องมือของ SPC เป็นต้น จากการดำเนินการ พบว่า ปริมาณของเสียของแต่ละข้อบกพร่องหลังการประปรุงมีค่าลดลง โดยค่าปริมาณของเสียต่อล้านชิ้น (Defect Part Per million : DPPM) ส่วนใหญ่ลดลงมากกว่าร้อยละ 70 และค่า RPN ลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 60 ถึง ร้อยละ 90

2.2 แนวคิดและทฤษฎี

จากการรวบรวมทฤษฎีของของความสูญเสีย การวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสีย การบริหารโรงงานเพื่อลดความสูญเสีย การจัดตั้งนโยบายความสูญเสียในองค์กร(Corporate policy on waste reduction) การจัดตั้งองค์กรเพื่อดำเนินงานบริหารความสูญเสีย การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ความสูญเสีย

ความหมายของความสูญเสีย คือ ค่าใช้จ่ายที่เสียไปในการผลิตโดยไม่ได้มีส่วนสนับสนุนกระบวนการผลิตแต่อย่างใด ความสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้สามารถเกิดได้หลายลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากสาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตได้แก่ทรัพยากรการผลิตอันประกอบด้วย

1) คนงาน (Man)
2) เครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine and Equipment)
3) วัตถุดิบ (Material)
4) วิธีการทำงาน (Method)
5) วิธีการตรวจสอบ (Measurement)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

O ความสูญเสียเนื่องมาจากคนงาน (Man) ความผิดพลาดจากคนงานนั้นเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุเกี่ยวเนื่องไปถึงด้านเทคนิคและจิตวิทยา โดยมีปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียดังนี้

ก. **ทัศนคติของคนงาน** (Attitude) ปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของคนงานในโรงงานคือ ทัศนคติของจิตใจที่มีต่อการทำงาน ซึ่งจะแตกต่างไปขึ้นกับ ประสบการณ์ การศึกษา สถานะทางสังคมและแม้แต่สภาวะแวดล้อมในการทำงาน ในการค้นคว้าทางด้านทัศนคติของคนงานที่มีต่อการทำงานนั้น มีหลายทฤษฎีกล่าวว่าประสบการณ์ในอดีตที่ผ่านมามีผลกระทบต่อทัศนคติของคนงาน เช่นหากคนงานเคยทำงานที่มีการตระหนักและให้ความสำคัญกับความสูญเสียมาก ๆ เมื่อคนงานคนนั้นพบและได้ยินคำว่าสูญเสีย คนงานคนนั้นจะมีทัศนคติว่า ควรจะดำเนินการอย่างไรกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากประสบการณ์ในอดีตที่ผ่านมา เช่นเดียวกันกับคนงานอีกคนหนึ่งซึ่งไม่เคยได้รับรู้เกี่ยวกับความสูญเสียมาก่อน คนงานคนนี้ก็จะไม่สนใจ ไม่ให้ความสำคัญและปล่อยปละละเลย ในการดำเนินการเกี่ยวกับความสูญเสียที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิต ความแตกต่างของการทำงานของคนงานทั้งสองคนนี้ เป็นสิ่งที่ฝ่ายบริหารควรพิจารณาสร้างแรงจูงใจ และผลตอบแทนให้ตระหนักถึงคุณค่าของการให้ความสำคัญต่อการสูญเสียมากกว่าปล่อยปละละเลย รวมทั้งให้ความรู้และรณรงค์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้คนงานเกิดทัศนคติต่อความสูญเสีย จากสภาวะแวดล้อมของการทำงานที่คนงานดำเนินอยู่ เป็นที่เชื่อกันมา การมีทัศนคติต่อการสูญเสียจะเป็นผลต่อเนื่องอันได้มาจากการรับความรู้ การฝึกฝนเพื่อลดความสูญเสียจากการดำเนินงาน และการได้รับแรงจูงใจอย่างต่อเนื่องจะส่งผลทำให้ความสูญเสียในการผลิตลดลง ในระยะยาวแล้วฝ่ายบริหารของโรงงานควรจะวางแผนให้คนงานมีทัศนคติที่ดีต่อการทำงาน โดยไม่กระทำให้เกิดความในกระบวนการผลิตเลย และเมื่อทัศนคติที่ถูกต้องถูกสร้างขึ้นในโรงงาน ทัศนคติเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมคนงาน โดยคนงานจะเป็นผู้กำหนดพฤติกรรมของตัวเองในการดำเนินงานที่ถูกต้องจากประสบการณ์ในอดีตที่ผ่านมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. จรรยาบรรณ (Ethic) จรรยาบรรณในการทำงาน เป็นสิ่งที่มีอยู่ไม่ว่าจะเป็นอาชีพใด คนงานในโรงงานก็เช่นเดียวกัน เป็นอาชีพ ๆ หนึ่งที่จำเป็นต้องมีจรรยาบรรณในการดำเนินงาน เพื่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดต่อองค์กรตามกฎเกณฑ์และข้อปฏิบัติที่วางไว้ การทำงานในปัจจุบันนี้ จรรยาบรรณในสถานประกอบการมักจะไม่ได้ถูกพิจารณากล่าวถึง โดยแม้แต่ฝ่ายบริหารเองก็อาจมองข้ามจุดนี้ไป โดยแท้จริงแล้วถ้าคนงานทุก ๆ คนในโรงงานมีจรรยาบรรณในการทำงานจะส่งผลถึงความรับผิดชอบต่องาน เช่นวันนี้เราจะต้องไปทำงานที่ได้รับคำสั่งให้ทำให้เสร็จโดยเกิดของเสียน้อยที่สุด เป็นต้น เมื่อคนงานตั้งเป้าหมายไว้แต่ต้น และทำตามนั้นได้จะทำให้เกิดความภาคภูมิใจในตนเองรวมถึงความภาคภูมิในผลิตภัณฑ์และแผนกงานที่ตนเองสังกัดอยู่ ลักษณะนิสัยดังกล่าวจะถูกถ่ายทอดจาก บุคคลสู่บุคคล แผนกสู่แผนก จนกระทั่งลักษณะนิสัยดังกล่าวถูกกระจายครอบคลุมทั้งโรงงานในที่สุด

ค. ลักษณะนิสัย (Behavior) ลักษณะนิสัยของคน เป็นสิ่งที่คาดเดาได้ยาก นิสัยหลายอย่าง ๆ ของคนจัดเป็นนิสัยที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ จนเรียกได้ว่าเป็นความเคยชินอยู่กับร่องกับรอย แต่อีกลักษณะของคน เป็นลักษณะที่แปรผัน ยากแก่การคาดเดา นักจิตวิทยาหลายท่านเพียรพยายามค้นหาหนทางในการคาดเดาลักษณะนิสัยของมนุษย์ โดยมีทฤษฎีที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอบรับด้วยกัน 2 ทฤษฎี คือ

ทฤษฎีของ Douglas Mcgregor กล่าวไว้ว่าโดยทั่วไปแล้วคนเราสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด ตามทฤษฎี X และทฤษฎี Y ทฤษฎี X กล่าวไว้ว่าการให้ผลตอบแทนปรือบทลงโทษที่เหมาะสมนั้นจะทำให้คนงานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้สมมุติฐานที่ว่า คนงานไม่สามารถเกิดความพึงพอใจในงานได้ ไม่ว่าจากระบบการจูงใจใด ๆ ตรงข้ามกับทฤษฎี Y ซึ่งเกิดมาจากสมมติฐานที่ว่า คนงานสามารถเกิดความพึงพอใจในงานได้ หากได้รับระบบการจูงใจที่เหมาะสม ในกรณีนี้ฝ่ายบริหารควรรับทราบถึง ความต้องการในการบรรลุเป้าหมายในการทำงานของคนส่วนมากในองค์กรและพิจารณาหาทางสร้างแรงจูงใจและบรรลุเป้าหมายเหล่านั้น

ทฤษฎีของ Abraham Maslow ทฤษฎีของ Maslow เป็นทฤษฎีที่มีชื่อเสียงโดยกล่าวว่าความต้องการของมนุษย์มีด้วยกันทั้งสิ้นและไม่มีวันสิ้นสุด แต่อย่างไรก็ดีสามารถแบ่งขีดขั้นของความพอใจในการดำเนินชีวิตเป็น 5 ขั้นตอนด้วยกัน

1. Survival ได้แก่ ความต้องการพื้นฐาน คือ ปัจจัย 4 ในการดำเนินชีวิต

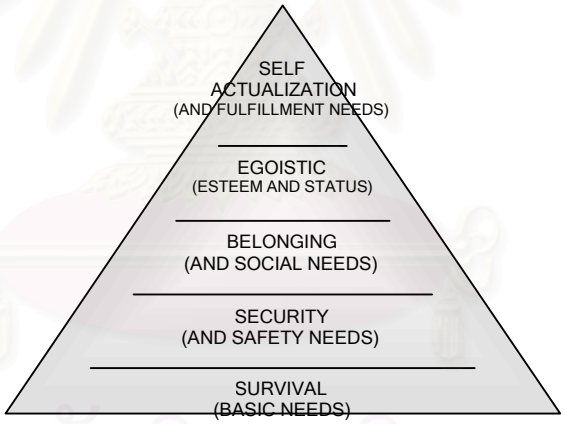
2. Security เมื่อคนเราได้รับความต้องการพื้นฐานแล้ว ก็จำเป็นที่จะต้องการได้รับความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้นสำหรับชีวิต

3. Belonging ความต้องการในระดับที่สูงขึ้นมาจากปัจจัย 4 และความปลอดภัย คือความเป็นเจ้าของซึ่งความเป็นเจ้าของนี้ ไม่ได้หมายถึงความเป็นเจ้าของในสิ่งของอันทรงคุณค่าอย่างเดียวยังหมายรวมถึง การมีเพื่อนญาติสนิท มิตรสหายและความต้องการทางสังคมอีกด้วย

4. Egoistic ความต้องการในขั้นนี้คือ ความต้องการสถานะทางสังคมอันทรงคุณค่าเพื่อที่จำได้เป็นที่เคารพยกย่องของบุคคลทั่วไปในสังคม

5. Self actualization ความต้องการในระดับสูที่สุดของการแบ่งระดับชั้นของความต้องการโดย Maslow คือความต้องการที่จะเสริมสร้างความสำเร็จของตนเองให้เกิดขึ้นจริง

อย่างไรก็ดีเป็นที่ยอมรับว่า ทฤษฎีทั้ง 2 ทฤษฎี โดยนักจิตวิทยาทั้งสองท่านนี้ไม่สามารถที่จะอธิบายถึงลักษณะนิสัย ของมนุษย์ได้ทั้งหมดแต่สามารถช่วยคาดเดา ลักษณะนิสัยเพื่อหาทางในการสร้างระบบจูงใจที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.1 ความต้องการ 5 ขั้นตามทฤษฎีของ Maslow

(ที่มา : THOMAS JANTON, Occupational safety & heath management, 1989)

ลักษณะนิสัยของคนงานและความสูญเสีย จากการศึกษาและวิจัยในอดีตพบว่าไม่ว่าเราจะใช้ระบบจูงใจใด ๆ ก็ตามไม่สามารถที่จะเปลี่ยนลักษณะนิสัย และทัศนคติของคนงานได้ 100 % แต่ถึงแม้เราสามารถเปลี่ยนทัศนคติต่อต่อความสูญเสียให้คนงานทุกคนตระหนักถึงความสูญเสียก็ตาม เรายังพบว่ามีอีกมากมายหลายปัจจัยที่ผลต่อความสูญเสียที่เกิดขึ้นในโรงงาน เช่น ความโกรธ ความกังวล การขาดประสบการณ์ ขีดจำกัดทางด้านร่างกายและจิตใจ ความเลินเล่อ ปัจจัยเหล่านี้หากเกิดขึ้นในสถานที่ทำงานพบว่าจะทำให้เกิดความสูญเสียในสถานที่ทำงาน

การปรับปรุงแก้ไขลักษณะนิสัยในการทำงาน เป็นที่รู้กันดีว่าลักษณะนิสัยของคนนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ เช่นถ้าฝ่ายจัดการโรงงานมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสถานที่ใหม่ไม่ว่าจะดีหรือแย่กว่าเดิม จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระทบต่อคนงานทั้งด้านจิตใจและการดำเนินงาน แต่ถ้าจะให้ประสบผลที่ดีกว่านั้นการให้คนงานมีส่วนร่วมในการออกความคิดเห็น จะสามารถเพิ่มความมั่นใจต่อการเปลี่ยนแปลงอันจะส่งผลให้ความสูญเสียเนื่องมาจากการดำเนินงานลดน้อยลง การอบรมคนงานเพิ่มขึ้นเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยปรับปรุงแก้ไข ลักษณะนิสัยของการทำงานได้ คนงานหลาย ๆ คนสร้างความสูญเสียในการดำเนินงานเพราะไม่รู้ปัญหาดังกล่าว จะสามารถทำให้หมดไปโดยการให้ความรู้จากผู้ฝึกสอน และพนักงานเรียนรู้ปรับปรุงงานซึ่งจะรวมถึงการลดความสูญเสียไปในตัวและทำให้คนงานมั่นใจในแนวทางที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

O ความสูญเสียที่เกิดมาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine and Equipment) การทำงานในโรงงานนั้นมีการทำงานเพียงส่วนน้อยหรืออาจไม่พบเลยที่คนงานสามารถทำงานได้โดยปราศจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ใด ๆ โดยกลไกดังกล่าวเรามักจะเรียกระบบที่มีการทำงานของคนสัมพันธ์กับเครื่องจักรนี้ว่า Man-Machine system ปัญหาสำคัญของความสูญเสีย เนื่องมาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ ไม่อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีจึงทำให้เกิดความสูญเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนั้นเกิดจากสาเหตุสำคัญ 3 ประการคือ

ก. เครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุด
ข. เครื่องจักรและอุปกรณ์ถูกนำไปใช้งานผิดประเภท
ค. เครื่องจักรและเครื่องมือขาดการบำรุงรักษา

ก. เครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุด เครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุดหมายถึง การที่เครื่องจักรและเครื่องมือสูญเสียความสามารถในการทำงานบางส่วนหรือทั้งหมด ส่งผลให้เกิดขัดข้องในการทำงาน คือ

- **เหตุขัดข้องแบบฉุกเฉิน** เป็นความเสียหายที่ทำให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ไม่อยู่ในสภาพที่สามารถทำงานได้และต้องหยุดไปในที่สุด เช่น ไฟฟ้าดับแบบฉุกเฉิน สายพานขาด เป็นต้น

- **เหตุขัดข้องแบบเสื่อม** เป็นความเสียหายที่ทำให้เครื่องจักรและอุปกรณ์มีความสามารถในการทำงานลดลง แต่ยังสามารถทำงานได้ปกติ ลักษณะความเสียหายดังกล่าวทำให้เกิดสินค้าไม่ได้คุณภาพหรือการทำงานไม่ได้ในเวลาที่กำหนด เช่น ใบเลื่อยไม่คม กระดาษทรายเสื่อมคุณภาพ เป็นต้น

สาเหตุของการชำรุดของเครื่องจักรและอุปกรณ์นั้น มักจะไม่ได้เกิดจากสาเหตุใหญ่สาเหตุเดียวแต่มักจะเกิดจาก สาเหตุเล็ก ๆ น้อย ๆ เช่น ฝุ่น เศษผง แรงกระแทก การทำงานซ้ำไป ซ้ำมา หลาย ๆ ครั้ง เราเรียกปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการชำรุดของเครื่องจักรและอุปกรณ์นี้ว่า ความเครียด (Strain) ความเครียดจะส่งผลต่อเครื่องจักร ทำให้ความชำรุดเกิดขึ้น ซึ่งจะแสดงออกมาเป็นความเสียหายในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่นการใช้งานใบมีดตัดหลาย ๆ ครั้งจะทำให้คมของใบมีดสึกกร่อน ส่งผลให้ผิวของชิ้นงานไม่เรียบสม่ำเสมอ เป็นต้น จากแนวความคิดต่าง ๆ ในการหาทางป้องกันสาเหตุการชำรุดของเครื่องจักร สามารถสรุปได้ว่า การดูแลทำให้จริงจังในเงื่อนไขหลักพื้นฐาน การฟื้นฟูสภาพเสื่อม การวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ทางกายภาพ ลักษณะอาการ และการเพิ่มพูนความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานบำรุงรักษาจะทำให้ สามารถลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์เสื่อมสภาพได้

ข. เครื่องจักรและอุปกรณ์ถูกใช้งานผิดประเภท เครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานนั้นมีมากมายหลายอย่างด้วยกัน หลายครั้งที่ผู้ใช้งานเกิดความสับสนในสภาวะการใช้งานอันเนื่องจากการขาดความรู้และประสบการณ์ จึงไม่สามารถใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดได้ ดังนั้นหน่วยงานบำรุงรักษาจึงจำเป็นที่จะต้องแยกการจัดเก็บและจัดหมวดหมู่ของเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการควบคุม ดังนี้

- เครื่องจักรเพื่อการผลิต

1) ถ้าสถานีการทำงานต้องทำการผลิตโดยเครื่องจักรหลายชนิดให้จัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักรตามลำดับก่อนหลัง

2) ในแต่ละสถานีการทำงาน ควรแบ่งกลุ่มของเครื่องจักรเป็น 2 ชนิด

<u>กลุ่มเครื่องจักรหลัก</u> คือเครื่องจักรที่มีความสำคัญสูง เป็นตัวแทนของการผลิตของสถานีการทำงานหากเครื่องจักรในกลุ่มหลักหยุดการทำงานลงจะมีผลให้การทำงานส่วนใหญ่ในสถานีการทำงานนั้นยุติลงทันที

<u>กลุ่มเครื่องจักรเสริม</u> เป็นเครื่องจักรที่ใช้ประกอบการผลิต ในแต่ละสถานีการทำงานโดยหาเครื่องจักรเสริมนี้จำเป็นต้องหยุดลง จะทำให้การทำงานบางส่วนในสถานีการทำงานนั้นหยุดลง ในกลุ่มของเครื่องจักรหลักและเครื่องจักรเสริมนี้ การบำรุงรักษาและความเร่งด่วนจะไม่เท่ากัน การบำรุงรักษาเครื่องจักรหลักจะเป็นจะต้องให้ความสำคัญมากกว่าการบำรุงรักษาในเครื่องจักรเสริม การแบ่งความสำคัญดังกล่าวของกลุ่มเครื่องจักรเสริมทำให้สามารถช่วยในการวางแผนและควบคุมการใช้กำลังงานควบคุมรักษาเท่าที่มีอยู่ ให้สามารถมีผลประโยชน์สูงสุด โดยเฉพาะเกิดกรณีเสียหายแบบฉุกเฉินขึ้นกับเรื่องจักรพร้อมกันหลายเครื่องหน่วยงานบำรุงรักษาสามารถจะจัดกำลังเท่าที่มีอยู่ให้เป็นไปตามความต้องการของหน่วยผลิตได้

-วัสดุบำรุงรักษาและอะไหล่ วัสดุบำรุงรักษาและอะไหล่เป็นทรัพยากรผลิต ในกลุ่มเดียวกับเครื่องจักร มีความสำคัญรองมาจากเครื่องจักรแต่แนวทางในการบำรุงรักษาไม่ได้ยิ่งหย่อนไปกว่าการบำรุงรักษาเครื่องจักรเลยเพราะเป็นที่ทราบกันดีว่าเมื่อเกิดการขาดอะไหล่หรือวัสดุที่สำคัญย่อมหยุดการผลิตโดยสิ้นเชิง การบำรุงรักษาวัสดุและอะไหล่มีวิธีในการควบคุม 2 วิธี ควรปฏิบัติดังนี้ คือ

1) **การจัดกลุ่มวัสดุบำรุงรักษาและอะไหล่** วัสดุและอะไหล่ชิ้นใดใช้กับกลุ่มเครื่องจักรในโรงงาน ควรจะจัดหาเพิ่มเติมไว้ครบชุดเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นพร้อมที่จะเปลี่ยนอะไหล่ได้ทันที ข้อดีของวิธีการนี้คือ สามารถแก้ไขเหตุการณ์ได้ทันท่วงที แต่ข้อเสียคือทำให้ต้นทุนในการจัดเก็บสูง ดับนั้นควรพิจารณาเฉพาะกลุ่มวัสดุบำรุงรักษาและอะไหล่ที่เกิดผลกระทบร้ายแรงเมื่อมีการขาดแคลนเกิดขึ้นในกรณีฉุกเฉินเท่านั้น

2) การวิเคราะห์เพื่อแยกแยะวัสดุบำรุงรักษาและอะไหล่ โดยใช้หลักการของการจัดการสินค้าคงคลังแบบ ABC การจัดการสินค้าคลังแบบ ABC คือการแบ่งระดับความสำคัญของสินค้าคงคลังออกเป็น 3 ลำดับ คือ A B และ C ตามมูลค่าการใช้งาน (Usage value) ดังสมการ

Usage value = Usage x Unit cost

จากหลักการดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุบำรุงรักษาและอะไหล่ได้ดังนี้คือ
อะไหล่กลุ่ม A เป็นอะไหล่ที่ค่าการใช้งานสูงมาก ควรได้รับการเอาใจใส่เป็นพิเศษ
อะไหล่กลุ่ม B เป็นอะไหล่ที่มีค่าการใช้งานปานกลาง ควรได้รับการเอาใจใส่พอควร
อะไหล่กลุ่ม C เป็นอะไหลที่มีค่าการใช้งานต่ำ อาจไม่จำเป็นต้องให้ความสำคัญมาก

การควบคุมวัสดุบำรุงรักษาและอะไหล่โดยวิธีการดังกล่าว ทำให้สามารถบริหารวัสดุและอะไหล่ได้ไม่ขาดมือ ต้นทุนการจัดเก็บไม่สูงเกินไปนักและมีประสิทธิภาพในการดำเนินงานสูง

ค. เครื่องจักรและอุปกรณ์ขาดการรักษา การบำรุงรักษาเป็นการดำเนินงานเพื่อให้สามารถควบคุมสถานการณ์ดำเนินงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ทุกชนิด ให้มีประสิทธิภาพเหมาะสม โดยเป็นการสร้างระบบข้อมูลสำหรับการบำรุงรักษาเพื่อใช้ในการสั่งการและรายงานผลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนที่ควรปฏิบัติดังนี้

1) การสร้างฐานข้อมูลของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีในโรงงาน โดยฐานข้อมูลของเครื่องจักรและอุปกรณ์นี้มีไว้เพื่อออกแบบและวางแผนในการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์แต่ละชนิด การที่มีฐานข้อมูลทำให้เราสามารถทราบรายละเอียดของเครื่องจักรละอุปกรณ์ที่มีอยู่ในโรงงานพร้อมทั้งทราบสถานะในการดำเนินงาน เพื่อควบคุมและบำรุงรักษาต่อไป

2) การออกแบบและวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรและเครื่องมือแต่ละชนิด แยกตามชนิดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ประเภทของความเสียหายที่เกิดขึ้น วิธีการแก้ไข และวิธีการบำรุงรักษา

3) การจัดทำระบบรายงานและบำรุงรักษา การจัดทำระบบรายงานและการบำรุงรักษาคือการถ่ายโอนข้อมูลอันเป็นสาเหตุและผลของการดำเนินงานการบำรุงรักษาระหว่างผู้ออกแบบวางแผนและบำรุงรักษา กับผู้ปฏิบัติงานการซ่อมบำรุง การออกแบบระบบ

รายงานที่มีประสิทธิภาพนั้นควรจะมีการรายงานที่ครบถ้วนและทันต่อเวลาที่กำหนดไว้ในกำหนดการของแผนงานที่บำรุงรักษาเพื่อสามารถนำข้อเท็จจริงจากการรายงานไปใช้ในการปรับปรุงข้อบกพร่องของการบำรุงรักษาต่อไป

การวิเคราะห์ผลการบำรุงรักษาการปรับปรุงวิธีการทำงาน การเก็บข้อมูลและการสร้างระบบรายงานที่มีประสิทธิภาพนั้นสามารถทำให้ผู้ออกแบบระบบบำรุงรักษา และผู้ปฏิบัติงานสามารถรับทราบและเข้าใจปัญหาในการดำเนินงานร่วมกัน ซึ่งทำให้สามารถรับทราบเข้าใจปัญหาในการดำเนินงาน ตลอดจนสามารถประเมินผลและวิเคราะห์งานรวมทั้งปรับปรุงวิธีการในการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งสำคัญคือการวัดผลการดำเนินงานบำรุงรักษานั้น เป็นกิจกรรมที่สำคัญซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานและทีมงาน ทราบถึงแผนงานที่นำไปปฏิบัติว่าได้ตรงตามเป้าหมายและมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด การวัดผลงานจากการบำรุงรักษาสามารถใช้ดัชนีวัดผลงาน แสดงได้ในรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

1. การวัดสัดส่วนเวลาเครื่องจักรทำงานต่อชั่วโมงเครื่องจักรทำงาน

Machine performance ratio = Machine operating hours/Machine available hours

2. การวัดเวลาหยุดของเครื่องจักรเนื่องจากเหตุเสียต่อเวลาการทำงาน

Chance failure intensity ratio = Failure shutdown hours/machine operating hours

3.การวัดเวลาที่ใช้ไปในการซ่อมแซมชิ้นงานต่อเวลาการทำงานเครื่องจักร

Rework hours ratio = Total rework hours/ Machine operating hours

อย่างไรก็ตามอัตราส่วนที่แสดงขั้นต้นนี้เป็นเพียงตัวอย่างของการวัดผลเท่านั้น อัตราส่วนอื่นใดก็สามารถถูกกำหนดขึ้นได้เพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายของการวัดผลการดำเนินงาน ซึ่งการวัดผลในการดำเนินงานนั้นจะทำให้ทราบถึงแนวทางที่จะปฏิบัติต่อไป หรือปรับปรุงวิธีการไปจากเดิมเนื่องจากผลการดำเนินงานไม่เป็นไปตามคาดหมาย

O ความสูญเสียเนื่องมาจากวัตถุดิบ (Material) วัตถุดิบเป็นทรัพยากรการผลิตที่สำคัญเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือถ้าหากวัตถุดิบขาดคุณภาพก็ไม่สามารถที่จะผลิต ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามความพอใจของลูกค้าได้ ความสูญเสียเนื่องมาจากวัตถุดิบไม่ได้คุณภาพนั้น นอกจากจะทำให้ชิ้นงานที่ผลิตออกมาไม่ได้คุณภาพตามข้อกำหนดของลูกค้าแล้ว ยังทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการผลิตของเสียและค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บของเสียอีกด้วย ส่งผลกระทบโดยรวมทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงขึ้น

สาเหตุของความสูญเสียเนื่องมาจากวัตถุดิบนั้นโดยทั่วไปเกิดมาจาก

ก. คุณสมบัติจำเพาะ (Specific characteristic)

ข. รูปทรง (Shape)

ค. รูปพรรณ (Appearance)

ง. ความสม่ำเสมอของคุณภาพวัตถุดิบ (Consistence)

ก. คุณสมบัติจำเพาะ (Specific characteristic)วัตถุดิบแต่ละชนิดมีค่าคุณสมบัติจำเพาะของตัวเอง เช่น น้ำหนักจำเพาะ ค่าการนำความร้อน ปริมาณความชื้นจำเพาะ ความแข็ง การนำไฟฟ้า ฯลฯ ซึ่งค่าคุณสมบัติจำเพาะของวัตถุดิบนี้จะแตกต่างกันออกไปตามธรรมชาติของวัตถุดิบ ซึ่งผู้ประกอบการจำเป็นที่จะต้องระบุค่ามาตรฐานของคุณสมบัติจำเพาะที่จำเป็นในวัตุดิบแต่ละชนิดที่ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น ต้องการตัวต้านทานไฟฟ้าซึ่งมีขนาด 10 โอห์ม เพื่อใช้ในการประกอบวงจรสัญญาณกันขโมย ตัวต้านทานในที่นี้ถือว่าเป็นวัตถุดิบ 10 โอห์ม คือค่าคุณสมบัติจำเพาะ และวงจรสัญญาณกันขโมยเป็นผลิตภัณฑ์ถ้าต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของลูกค้าจำเป็นที่จะต้องใช้ตัวต้านทานขนาด 10 โอห์มเท่านั้น ผู้ทำหน้าที่ควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบจึงจำเป็นต้องคัดเลือก ตัวต้านทานที่มีขนาดไม่เท่ากับ 10 โอห์ม ออกจากวัตถุดิบทั้งหมดก่อนส่งเข้ากระบวนการผลิต จึงจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ

ข. รูปทรง (Shape)วัตถุดิบทุกชนิดมีรูปทรงเป็นตัวกำหนดมาตรฐานของรูปร่างก่อนเข้าสู่ กระบวนการผลิต แปรรูป ขึ้นรูป หรือแม้กระทั่งการประกอบก็ตาม รูปทรงในที่นี้จะถูกระบุความแตกต่างโดยขนาด (Dimension) เช่น สี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 1” x 1” x 1 ” และ สี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 2” x 2” x 2” เป็นวัสดุที่มีรูปทรงเหมือนกันคือเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เหมือนกัน แต่ขนาดของรูปทรงแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในการคัดเลือกวัสดุเข้าสู่กระบวนการผลิตนั้นจำเป็น

ที่จะต้องคัดเลือกวัสดุที่มีรูปทรงและขนาดการใช้งานถูกต้องตามข้อกำหนดจึงจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่เกิดการสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิต

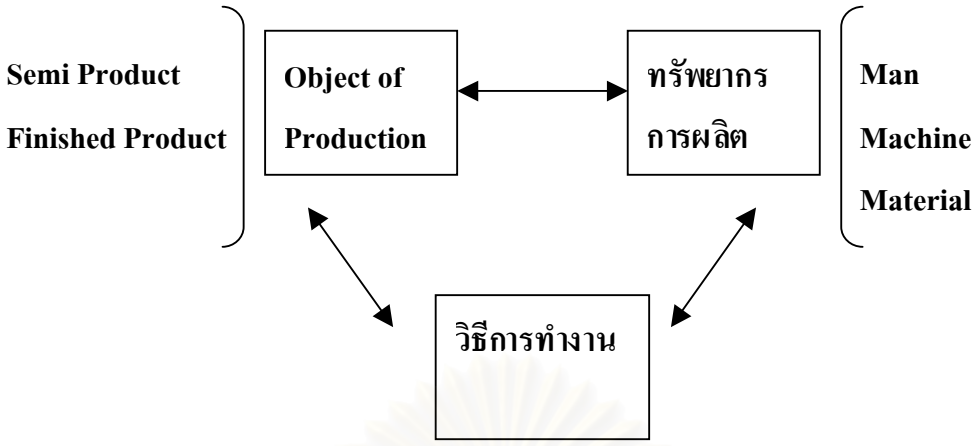
ค. รูปพรรณ (Appearance) รูปพรรณของวัตถุดิบ คือ คุณลักษณะภายนอกของวัตถุดิบที่แสดงออกมาสามารถมองเห็นและจับต้องได้ เช่น ลักษณะของผิว สี ความสูญเสียเนื่องจากรูปพรรณนั้นมักเกิดจาก วิธีการจัดส่งไม่ดีเทาที่ควรจึงทำให้เกิดการกระทบกระทั่งกันระหว่างชิ้นงานกับบรรจุภัณฑ์ หรือแม้กระทั่งการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ อากาศหรือฝุ่นละอองทำให้ผิว สี หรือรูปพรรณของวัตถุดิบเสียคุณสมบัติส่วนนี้ไป

ง. ความสม่ำเสมอของวัตถุดิบ (Consistence) ปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่งในการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ คือ ความสม่ำเสมอของคุณภาพวัตถุดิบ สินค้าใด ๆ ก็ตามที่ถูกผลิตโดยผู้ขายต่างกันนั้น ย่อมมีคุณภาพแตกต่างกันหรือแม้แต่วัตถุดิบที่ผลิตโดยผู้ขายรายใดก็ตาม จำเป็นต้องมีกรรมวิธีในการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบให้วัตถุดิบที่เข้าไปสู่กระบวนการผลิต มีคุณภาพใกล้เคียงกันในระดับที่ยอมรับได้

จากการที่กล่าวมาทั้งหมดจะพบว่า ความสูญเสียเนื่องมาจากวัตถุดิบนั้นยากต่อการจัดการไม่ว่าด้วยวิธีการใด ๆ ก็ตาม เราจำเป็นที่จะต้องคัดเลือกและตรวจสอบให้วัตถุดิบที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเสียดังกล่าว

O ความสูญเสียเนื่องมาจากวิธีการทำงาน (Method) วิธีการทำงานหมายถึงกิจกรรมที่เปลี่ยนสภาพทรัพยากรการผลิตไปเป็นผลผลิต ในแต่ละสถานีการทำงานซึ่งทรัพยากรการผลิตในที่นี้ได้แก่ เครื่องจักรและอุปกรณ์ คนงาน และวัตถุดิบ ดังรูปที่ 2.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



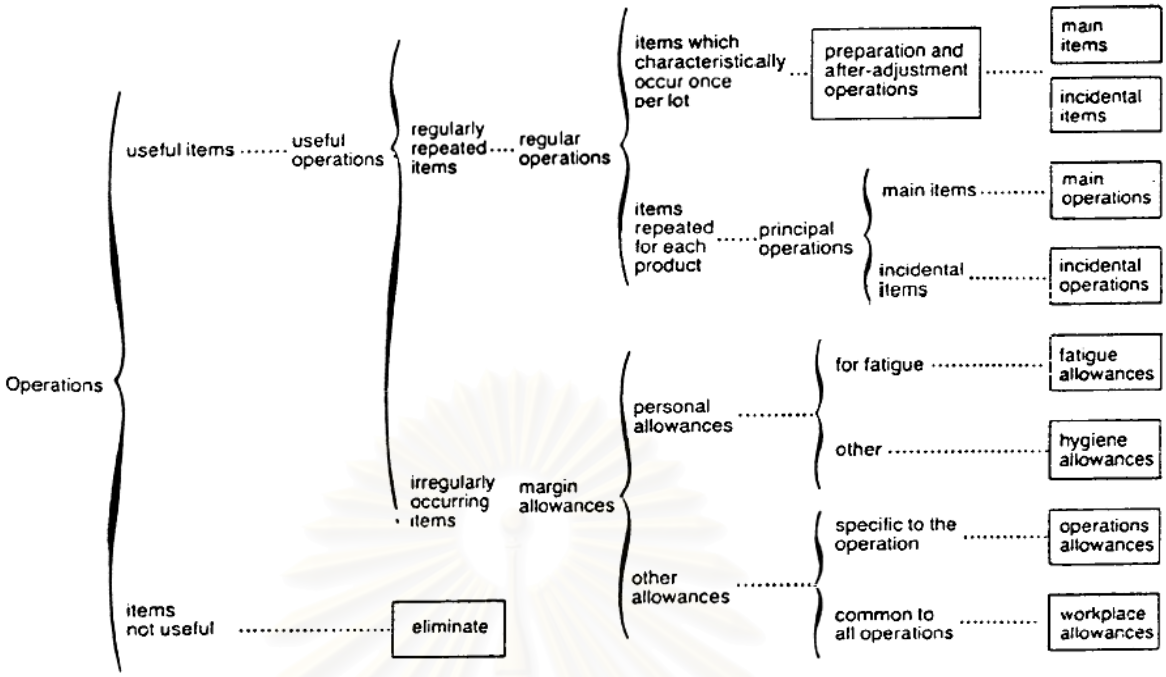
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทำงานและทรัพยากรการผลิตอื่น ๆ

วิธีการทำงานเพื่อแปรรูปทรัพยากรการผลิตไปเป็นผลผลิตนั้น แตกต่างกันไปแต่ละสถานีการทำงาน ซึ่งจะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในแต่ละวิธีการทำงานแตกต่างกันออกไป โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งชนิดของวิธีการทำงานได้ดังนี้

ก. วิธีการทำงานที่เกิดขึ้นเป็นประจำ (Ordinary method) หมายถึง กิจกรรมการผลิตที่เกิดขึ้นจริงในทุก ๆ รอบการทำงาน (Cycle) ของการทำงานปกติ เพื่อให้เกิดผลผลิต

ข. วิธีการทำงานชั่วคราว (Temporary method) หมายถึง กิจกรรมการผลิตที่เกิดขึ้นชั่วครั้งชั่วคราว นอกเหนือจากการทำงานปกติ เช่น การซ่อมแซมชิ้นงาน

โครงสร้างของวิธีการทำงาน วิธีการทำงานแต่ละวิธีประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงาน (Operation) หลายขั้นตอนรวมกันจนกลายเป็นวิธีการทำงาน โดยในแต่ละขั้นตอนการทำงานมีองค์ประกอบดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของวิธีการทำงาน

(ที่มา : SHIGEO SHINGO, Zero quality control : Source Inspection and the Poka-yoke System, 1985)

จากรูปที่ 2.3 สามารถอธิบายได้ว่าในแต่ละขั้นตอนการทำงานนั้นประกอบไปด้วยส่วนของการทำงานที่ทำให้เกิดงาน (Useful Item) และส่วนของการทำงานที่ไม่ทำให้เกิดงาน (Item not Useful) ซึ่งในการลดความสูญเสียแล้วต้องพยายามที่จะลดความบกพร่องในส่วนนี้ให้ได้ โดยยกเลิกขั้นตอนการทำงานเหล่านี้ไป การพิจารณาโครงสร้างของขั้นตอนการทำงานส่วนที่ทำให้เกิดงาน (Useful Operation) พบว่าประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 2 ส่วนคือ

1) Regular operation ได้แก่ขั้นตอนการทำงานซึ่งเป็นไปตามปกติไม่ขึ้นกับปัจจัยในสถานที่ทำงาน เช่น คนงาน สภาพแวดล้อมขณะทำงาน แบ่งเป็น 2 ประเภทแยกตามชนิดของงานคือ

- Preparation operation เช่น ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นขั้นตอนการทำงานที่ทำขึ้น 1 ครั้ง ต่อ 1 รอบการผลิต (Cycle) ก่อนเริ่มขบวนการการผลิตแยกตามชนิดของงานคือ ชิ้นงานที่ผลิตเป็นปกติในโรงงาน (Main Product) และชิ้นงานที่ผลิตตามเหตุการณ์ เช่น งานสั่งทำและงานสั่งซ่อม

- Principle operation เป็นขั้นตอนการทำงานที่สินค้าทุกชิ้น ที่เข้ามาสู่กระบวนการการผลิตในขั้นตอนนี้จะต้องถูกผ่านกระบวนการ เป็นขั้นตอนการทำงานที่ทำให้ชิ้นงานได้รับการแปรสภาพ แยกตามชนิดของงานเช่นเดียวกับ Preparation operation

2) Margin allowance หมายถึง เวลาส่วนเพิ่มที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน ขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงานและสภาพแวดล้อมในการทำงาน ปัจจัยในการทำงานที่ส่งผลกระทบถึงผู้ปฏิบัติงาน ทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มมากขึ้น แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- Personal allowance หมายถึงค่าเผื่อส่วนเพิ่มในแต่ละขั้นตอนการทำงาน อันเนื่องมาจากขีดจำกัดของร่างกายมนุษย์ และปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบมาถึงผู้ปฏิบัติงาน ที่ทำให้ต้องใช้ความพยายามในการทำงานมากขึ้น

- Other allowance หมายถึงค่าเผื่อส่วนเพิ่มในแต่ละขั้นตอนการทำงานอันเนื่องมาจากสาเหตุอื่น แยกตามขั้นตอนการทำงานคือเป็นเวลาส่วนเพิ่มที่ต้องใช้เพิ่มเติมเฉพาะขั้นตอนการทำงานนี้เท่านั้น เช่น ขั้นตอนการหยอดกาว อาจจะต้องรอเวลาชั่วขณะเพื่อให้กาวเกิดการอยู่ตัวจึงจะสามารถประกอบชิ้นงานต่อไปได้ เหตุการณ์อย่างนี้นับเป็นค่าเผื่อส่วนเพิ่มเฉพาะขั้นตอน อีกกรณีหนึ่งเป็นค่าเผื่อส่วนเพิ่มของสถานีการทำงานทั้งสถานี เช่นเวลาที่ใช้ในการส่งของภายในสถานีการทำงานจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่ง

ความสูญเสียอันเนื่องมาจากวิธีการทำงานนั้น เนื่องมาจากการทำงานที่ผิดวิธีทำให้ชิ้นงานเสียหาย ไม่ได้คุณภาพเท่าที่ควร หรือใช้เวลาในการทำงานมากเกินไปทำให้เกิดเวลาสูญเสียขึ้น ในกระบวนการผลิตโดยไม่รู้ตัว การลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากวิธีการทำงานนั้น จำเป็นที่จะต้องสร้างมาตรฐานในการทำงานโดยมีหลักเกณฑ์ที่ควรพิจารณาดังนี้คือ

1) การศึกษาการทำงาน โดยพิจารณาขั้นตอนการทำงานในแต่ละขั้นตอน และทำการแบ่งแยกขั้นตอนการทำงานที่ทำให้เกิดงาน และขั้นตอนทำงานที่ไม่ทำให้เกิดงานออกจากกัน

2) การสร้างวิธีการทำงาน จากการรวบรวมขั้นตอนการทำงานที่ทำให้เกิดงานและตัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่ทำให้เกิดงานทิ้ง เพื่อลดความสูญเสียอันเนื่องมาจากวิธีการทำงานให้น้อยที่สุด

3) การสร้างมาตรฐานในการทำงาน โดยใช้วิธีการทำงานที่พิจารณาจากขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมที่สุด กำหนดเป็นมาตรฐานในการทำงานในแต่ละขั้นตอนรวมทั้งเวลามาตรฐาน

4) การฝึกอบรมและให้ความรู้แก่ผู้ปฏิบัติงาน ให้นำวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน ไปใช้จนเกิดเป็นลักษณะนิสัย

O ความสูญเสียอันเนื่องมาจากวิธีการตรวจสอบ (Measurement) การตรวจสอบ เป็นทรัพยากรในการผลิตที่จำเป็นในการลดและควบคุมความสูญเสียของโรงงาน เพื่อให้ได้คุณภาพที่ดี การตรวจสอบตามจุดต่าง ๆ ตามสถานีการทำงาน การเลือกที่จะตรวจสอบตามจุดตรวจสอบใดบ้างในโรงงานนั้นขึ้นอยู่กับวิศวกรผู้ออกแบบระบบการตรวจวัด โดยต้องพยายามออกแบบให้ครอบคลุมจุดสำคัญทุกจุด เพื่อทำให้ผลของการตรวจวัดสามารถเป็นตัวแทนคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวมของสถานประกอบการได้ การควบคุมความสูญเสียในสถานประกอบการนั้นมีจุดที่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบใหญ่อยู่ 3 จุดด้วยกัน คือ

ก. การตรวจสอบวัตถุดิบ ความสูญเสียเนื่องจากวัตถุดิบนั้น โดยทั่วไปเป็นผลมาจากตัววัตถุดิบเองไม่ได้คุณภาพตามมารตรฐานของกระบวนการผลิตผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบวัตถุดิบจำเป็นที่จะต้องออกแบบระบบการตรวจสอบเพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพไม่ให้เข้าสู่กระบวนการผลิตได้เพราะ วัตถุดิบที่ไม่ได้มาตรฐานนั้นจะก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ

ข. การตรวจสอบเครื่องจักร เครื่องจักรเป็นทรัพยากรการผลิตอีกตัวหนึ่งที่มีความจำเป็นต้องบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นการตรวจวัดเครื่องจักและอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้เสมอเป็น สามารถทำให้ความสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพลดน้อยลง

ค. การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จและงานระหว่างทำ เป็นที่ทราบกันดีว่างานระหว่างทำของสถานีการทำงานหนึ่ง จะกลายไปเป็นวัตถุดิบของสถานีการทำงานถัดไป ความสูญเสียที่เกิดขึ้นหากไม่สามารถผลิตงานระหว่างทำได้มีคุณภาพจะทำให้สถานีการทำงานถัดไปไม่สามารถดำเนินการผลิตได้ผลผลิตที่มีคุณภาพได้ เช่นเดียวกันเมื่อกระบวนการผลิตดำเนินการไปจนถึงสถานีการทำงานสุดท้ายแล้ว จำเป็นที่ผู้ทำหน้าที่ในการออกแบบระบบคุณตรวจสอบจำเป็นต้องออกแบบให้มีการตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูปด้วยเพื่อป้องกันการผลิตภัณฑ์สำเร็จที่ไม่มีคุณภาพหลุดออกสู่ภายนอก ซึ่งนอกจากจะทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พอใจแล้ว ยังส่งผลกระทบโดยรวมทำให้ภาพพจน์ของบริษัทตกต่ำอีกด้วย

การตรวจสอบโดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) การตรวจสอบวัดด้วยคุณลักษณะ (Attribute) เป็นการตรวจสอบโดยวัดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ว่า ดี เสีย ใช้ได้ ใช้ไม่ได้

2) การตรวจสอบวัดด้วยตัวแปร (Variable) เป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยวัดเป็นเชิงปริมาณ เช่น ความแข็งของเหล็ก ความยาวของผ้า เป็นต้น

- **การยอมรับผลิตภัณฑ์** การยอมรับผลิตภัณฑ์เป็นการสร้างเกณฑ์ในการตรวจสอบว่าเมื่อมีการตรวจสอบแล้วจะยอมให้เกิดของเสียเท่าไรในปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ตรวจสอบ จึงจะสามารถยอมรับผลิตภัณฑ์นั้นได้ แบ่งเป็น 2 วิธี คือ

1) การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 100% แล้วกำหนดกฎเกณฑ์ในการยอมรับผลิตภัณฑ์นั้น การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ 100% เป็นการตรวจสอบที่สามารถลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตได้มากที่สุด เนื่องจากเป็นการตรวจสอบชิ้นงานทุกชิ้นงานที่ถูกผลิตขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนั้นสามารถคัดชิ้นงานที่ไม่มีคุณภาพออกได้ทันที แต่ข้อเสียของการตรวจสอบวิธีนี้คือเสียเวลาในการตรวจสอบมาก รวมทั้งใช้ผู้ปฏิบัติการตรวจสอบมาก

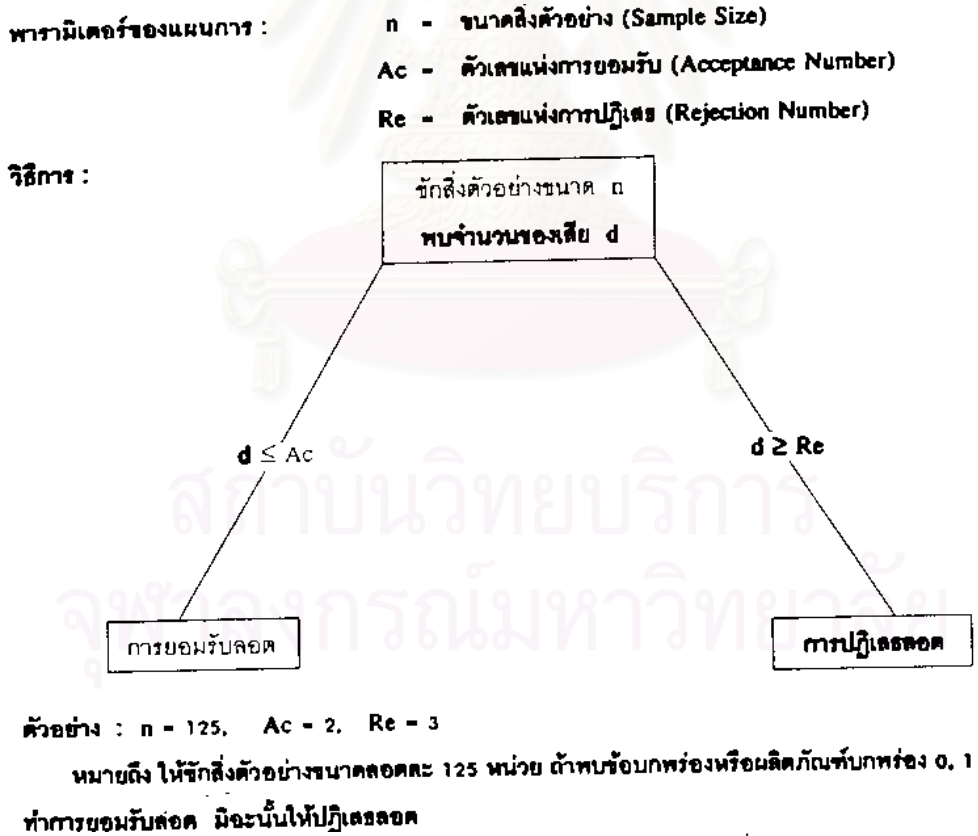
2) การสุ่มตรวจตามแผนการสุ่มตัวอย่าง เป็นการตรวจสอบโดยสุ่มปริมาณตรวจสอบจากปริมาณทั้งหมดที่ผลิตเสร็จ การตรวจสอบโดยการสุ่มตัวอย่างเป็นการตรวจสอบที่ลดเวลาจากการตรวจสอบ 100% แม้ว่าการตรวจสอบแบบการสุ่มตัวอย่างจะมีความเสี่ยง (Risk) เนื่องจากความคลาดเคลื่อน แต่ก็เป็นความเสี่ยงที่เราสามารถประมาณได้ ทำให้สามารถป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่างได้โดยการตัดสินใจเลือกแผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling plan) ที่เหมาะสม

- **แผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling plan)** แผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling plan) คือ แผนที่กำหนดไว้ถึงขนาดสิ่งตัวอย่าง หรืออนุกรมของขนาดสิ่งตัวอย่าง พร้อมทั้งกฎเกณฑ์ของการพิจารณาการยอมรับในรูปของตัวเลขแห่งการยอมรับและตัวเลขแห่งการปฏิเสธ ตามความต้องการของมาตรฐาน MIL-STD-105E นี้ ได้แบ่งแผนการชักสิ่งตัวอย่างออกเป็น 3 แบบคือ

1) แผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงเดี่ยว (Single Sampling Plan)
2) แผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงคู่ (Double Sampling Plan)
3) แผนการชักสิ่งตัวอย่างหลายเชิง (Multiple Sampling Plan)

ในการตัดสินใจว่าจะใช้แผนการชักสิ่งตัวอย่างแบบใดนั้น จะพิจารณาโดยขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบกันระหว่างความยากง่ายในการจัดการ (Administrative Difficulty) และขนาดสิ่งตัวอย่างโดยเฉลี่ย (Average Sample Size) ของแต่ละแผนการ โดยทั่วไปแล้วแผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงเดี่ยวจะมีความง่ายในการบริหารมากกว่าแผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงหลายคู่และหลายเชิง รวมทั้งต้นทุนในการตรวจสอบหลายหน่วยจะต่ำกว่าด้วย สำหรับขนาดสิ่งตัวอย่างแบบหลายเชิงจะมีขนาดต่ำกว่าหลายคู่ (ยกเว้นในกรณีที่ใช้แผนการที่สอดคล้องกับแผนการชัดสิ่งตัวอย่างเชิงเดี่ยว) แต่อย่างไรก็ดี ทั้งแผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงคู่ และหลายเชิงจะมีขนาดสิ่งตัวอย่างโดยเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างในแผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงเดี่ยวเสมอ

1) แผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงเดี่ยว หมายถึง กฎเกณฑ์ที่กำหนดให้จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบเท่ากับขนาดสิ่งตัวอย่างที่ระบุไว้ในแผนการ ให้ทำการยอมรับลอตหรือแบชนั้น และถ้าหากจำนวนของข้อบกพร่องหรือจำนวนของผลิตภัณฑ์บกพร่องไม่ต่ำกว่าค่าของตัวเลขแห่งการปฏิเสธที่ระบุไว้ในแผนการให้การปฏิเสธลอตหรือแบชนั้นดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แผนการชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว

ภาพจาก กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, มาตรฐานระบบการตรวจสอบด้วยการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับMIL-STD-105E, 1989

2) แผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงคู่ หมายถึง กฎเกณฑ์ที่กำหนดให้จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบเท่ากับขนาดสิ่งตัวอย่างครั้งที่ 1 ถ้าหากจำนวนของข้อบกพร่อง หรือจำนวนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากจำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่รับการตรวจครั้งแรกนี้ไม่เกินตัวเลขแห่งการยอมรับครั้งที่ 1 (AC_1)ให้ทำการยอมรับลอตหรือแบชนั้น แต่ถ้าหากจำนวนของข้อบกพร่องหรือจำนวนของผลิตภัณฑ์ บกพร่องจากจำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่รับการตรวจครั้งแรกนี้ไม่ต่ำกว่าตัวเลขแห่งการปฏิเสธครั้งที่ 1 (Re_1) ให้การปฏิเสธลอตหรือแบชนั้น และถ้าหากจำนวนของข้อบกพร่องหรือจำนวนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากจำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่รับการตรวจครั้งแรกนี้อยู่ระหว่างตัวเลขแห่งการยอมรับครั้งที่ 1 และตัวเลขแห่งการปฏิเสธครั้งที่ 1 ให้ทำการชักสิ่งตัวอย่างครั้ง 2 โดยมีผลิตภัณฑ์เข้ารับการตรวจสอบเท่ากับครั้งแรก และทำให้การนับจำนวนข้อบกพร่องหรือจำนวนสะสมผลิตภัณฑ์บกพร่องไม่เกินตัวเลขแห่งการยอมรับครั้งที่ 2 (AC_2) ให้การยอมรับลอตหรือแบชนั้น แต่ถ้าจำนวนสะสมข้อบกพร่องหรือจำนวนสะสมผลิตภัณฑ์บกพร่องไม่ต่ำกว่าตัวเลขแห่งการปฏิเสธครั้ง 2 (Re_2) ให้การปฏิเสธลอตหรือแบชนั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

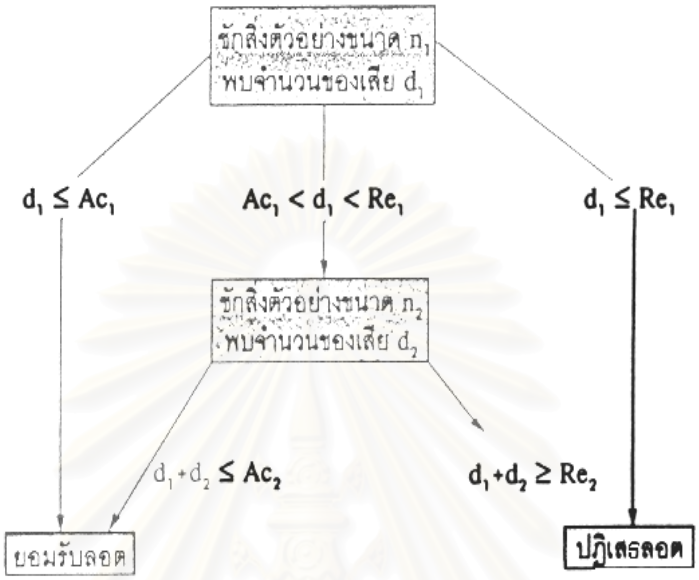
พารามิเตอร์ของแผนการ : n_1 = ขนาดสิ่งตัวอย่างในการชักสิ่งตัวอย่างครั้งที่ 1

n_2 = ขนาดสิ่งตัวอย่างในการชักสิ่งตัวอย่างครั้งที่ 2

Ac_1, Ac_2 = ตัวเลขแห่งการยอมรับการชักสิ่งตัวอย่างครั้งที่ 1,2 โดยลำดับ

Re_1, Re_2 = ตัวเลขแห่งการปฏิเสธสำหรับการชักสิ่งตัวอย่างครั้งที่ 1,2 โดยลำดับ

วิธีการ :



ตัวอย่าง : $n_1 = 8$, $n_2 = 8$, $Ac_1 = 0$, $Ac_2 = 1$, $Re_1 = 2$, $Re_2 = 2$

หมายถึง ให้ชักสิ่งตัวอย่างขนาดลอตละ 8 หน่วย ถ้าพบข้อบกพร่องหรือผลิตภัณฑ์บกพร่อง 0 ให้ทำการยอมรับลอต แต่ถ้าพบข้อบกพร่องหรือผลิตภัณฑ์บกพร่องตั้งแต่ 2 ขึ้นไป ให้ปฏิเสธลอต และถ้าหากพบข้อบกพร่องหรือผลิตภัณฑ์บกพร่อง 1 ให้ทำการชักสิ่งตัวอย่างจากลอตเดิมอีก 8 หน่วย และถ้าพบข้อบกพร่องหรือผลิตภัณฑ์บกพร่องอีก 1 ให้ยอมรับลอต แต่ถ้าพบข้อบกพร่องหรือผลิตภัณฑ์บกพร่องตั้งแต่ 2 ขึ้นไป ให้ปฏิเสธลอตนั้น

รูปที่ 2.5 แผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงคู่

ภาพจาก กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, มาตรฐานระบบการตรวจสอบด้วยการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับMIL-STD-105E,1989

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

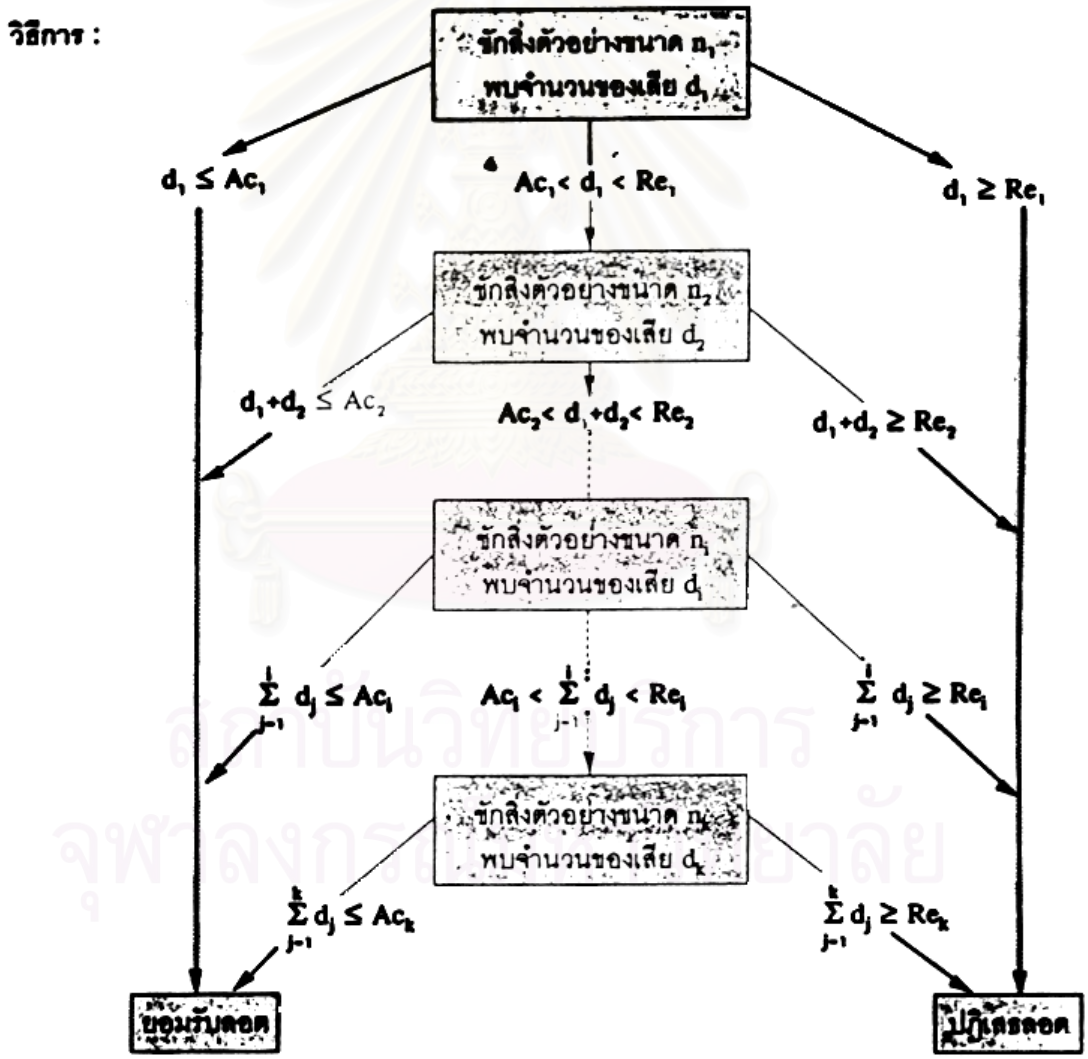
3) แผนการชักตัวอย่างหลายเชิง แผนการชักตัวอย่างหลายเชิงจะมีวิธีการเหมือนกับแผนการชักสิ่งตัวอย่างเชิงคู่ทุกประการนอกจากจำนวนของหน่วยผลิตภัณฑ์ที่จะได้รับการตรวจสอบเพื่อการตัดสินใจเท่านั้นที่อาจจะมีอย่างต่อเนื่องจนถึงครั้งที่ 7 ดังแสดงวิธีการทั่วไปในรูปที่ 2.6

พารามิเตอร์ของแผนการ :

$n_1, n_2, \ldots\ldots n_k$ คือ ขนาดสิ่งตัวอย่างในการชักสิ่งตัวอย่างครั้งที่ 1,2,.....k โดยลำดับ

$Ac_1, Ac_2, \ldots\ldots, Ac_k$ คือ ตัวเลขแห่งการยอมรับสำหรับการชักสิ่งตัวอย่างครั้งที่ 1,2,.....k โดยลำดับ

$Re_1, Re_2, \ldots\ldots, Re_k$ คือ ตัวเลขแห่งการปฏิเสธสำหรับการชักสิ่งตัวอย่างครั้งที่ 1,2,.....k โดยลำดับ



รูปที่ 2.6 แผนการชักตัวอย่างหลายเชิง

ภาพจาก กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, มาตรฐานระบบการตรวจสอบด้วยการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับMIL-STD-105E,1989

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบปัจจัยด้านการจัดการสำหรับแผนการชักตัวอย่างทั้ง 3 แบบ

ปัจจัยด้านการจัดการ	เชิงเดี่ยว	เชิงคู่	หลายเชิง
1. ขนาดตัวอย่างโดยเฉลี่ย	มากที่สุด	น้อย	ค่อนข้างน้อย
2. จำนวนครั้งของการสุ่ม	1 ครั้ง	2 ครั้ง	หลายครั้ง
3. จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่สูงที่สุดที่อาจได้รับการตรวจสอบ	น้อยที่สุด	มาก	ค่อนข้างมาก
4.ความไม่แน่นอนของจำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบ	ไม่มี	มีมาก	มีค่อนข้างมาก

- **ระดับคุณภาพที่ยอมรับ** (Acceptable Quality Level : AQL) หมายถึง ระดับของคุณภาพที่ใช้เป็นจุดประสงค์ของการตรวจสอบของการชักสิ่งตัวอย่าง ซึ่งถือเป็นค่าเฉลี่ยมากกว่าความบกพร่อง ที่ยอมให้เกิดในผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการตรวจสอบลอตอย่างต่อเนื่อง ในการกำหนดค่า AQL จะกำหนดภายใต้ค่าความเสี่ยง (Risk) ที่ยอมให้เกิดจากการชักสิ่งตัวอย่างโดยค่า AQL จะหมายถึงข้อบกพร่องต่อร้อยหน่วยของผลิตภัณฑ์ หรือจำนวนร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีในลอต ซึ่งจะทำให้มีโอกาสมากที่สุดในการยอมรับลอต ในการตรวจสอบเกี่ยวกับข้อบกพร่องนั้น การกำหนดค่า AQL จะขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของข้อบกพร่องที่ตรวจ โดยถ้าเป็นข้อบกพร่องวิกฤตแล้วควรจะกำหนดค่า AQL ให้น้อยกว่าข้อบกพร่องทั่ว ๆ ไป

ความสูญเสียเนื่องจากการตรวจสอบ คือตรวจไม่พบของเสียในกระบวนการผลิต ทำให้งานระหว่างทำที่ไม่มีคุณภาพถูกผลิตเป็นสินค้าที่ไม่มีคุณภาพส่งไปยังลูกค้า ทำให้ภาพพจน์โดยรวมของบริษัทเสียหาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสีย</u> จากการศึกษาพบว่าทรัพยากร โรงงาน คือ คนงาน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการทำงาน (Method) วิธีการตรวจสอบ (Measurement) เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความบกพร่องในการผลิต การเริ่มต้นที่จะลดความสูญเสียนั้น เราจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียดังกล่าว โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

- สร้างระบบการรายงานและบันทึกข้อมูลและสาเหตุที่เป็นที่มาของความสูญเสียที่เกิดขึ้นทุก ๆ กรณีในโรงงาน เช่น ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่สถานีการทำงานใด เกิดมาจากสาเหตุใด ขั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรที่หมดไปจากการซ่อมแซมของเสียชั่วโมงเวลาทำงานของเครื่องจักรที่ว่างอยู่เฉย ๆ ปริมาณชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพกำหนดตามเกณฑ์ ฯลฯ ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องถูกจัดเก็บเป็นระบบเพื่อให้ฝ่ายบริหารได้รับทราบถึงข้อมูลที่เกิดขึ้น และทำให้ผู้บริการสามารถวิเคราะห์ได้ว่าปัญหาเกิดมาจากสาเหตุอะไร

- การวิเคราะห์สาเหตุของการสูญเสียหลาย ๆ ครั้งที่เรามักได้ยินว่า

" อุปกรณ์เก่าเก่าแล้วช่วยไม่ได้ที่ชิ้นงานจะต้องเกิดความเสียหาย "

" ถ้ามีเงินก็จะสามารถหาซื้ออุปกรณ์ที่มีคุณภาพมากกว่านี้ "

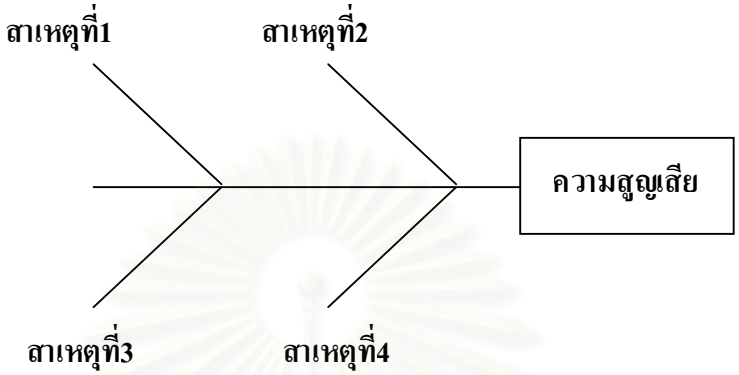
" เป็นการทำงานประสบการณ์ทั่ว ๆ ไป ก็เกิดของเสียประมาณนี้แหละ"

คำพูดต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นการอ้างอิงจากความคิดของคน การพูดจาขาดการวิเคราะห์และความน่าเชื่อถือ ในการปฏิบัติงานลดความสูญเสียนั้น จำเป็นที่จะต้องเรียนรู้การวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยเรียนรู้ที่จะใช้ข้อมูลที่มีอยู่สืบเสาะไปหาต้นตอของเหตุ ที่มาของปัญหา โดยใช้คำถาม W 5 H 1 คือ

1. When? (ความสูญเสียเกิดขึ้นเมื่อไหร่?)
2. What? (อะไรทำให้เกิดความสูญเสียขึ้น?)
3. Where? (ความสูญเสียเกิดขึ้นที่ไหน?)
4. Who? (ใครทำให้เกิดความสูญเสีย?)
5. Why? (ทำไมความสูญเสียถึงเกิดขึ้น?)
6. How? (ความสูญเสียเกิดขึ้นได้อย่างไร?)

การใช้ W 5 H 1 ในการวิเคราะห์ปัญหาความสูญเสียนั้น ประเด็นสำคัญคือผู้ใช้คำถามจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้ที่จะถามให้เป็น บางกรณีอาจไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ทุกคำถามในการถามก็ได้ ประสบการณ์และความรอบรู้ในการเก็บข้อมูลของผู้ถามจะเป็นกุญแจไปสู่สาเหตุที่แท้จริง

อีกวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันมากควบคู่กับการใช้ W 5 H 1 ในการสืบค้นหาสาเหตุของปัญหา คือการใช้ แผนภูมิก้างปลา (Fish Diagram) แผนภูมิก้างปลานี้เป็นแผนภูมิที่มีชื่อเสียงมากถูกสร้างขึ้นโดย Dr.Kaoru Ishikawa ใช้ในการค้นหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น บางครั้งเลยมีชื่อว่า แผนภูมิผลกระทบและต้นเหตุ (Cause-effect Diagram) ดังรูปที่ 2.7

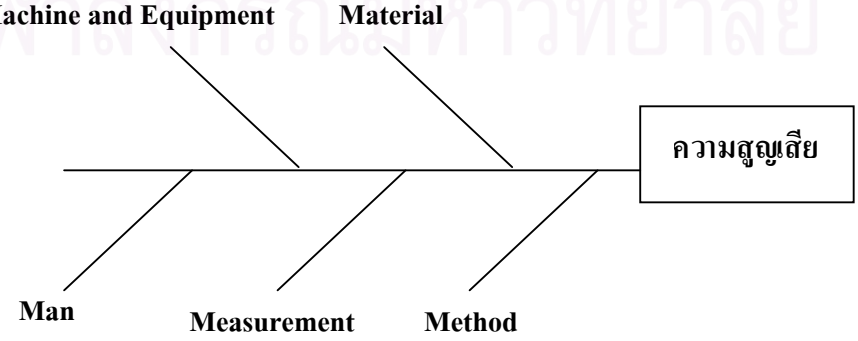


รูปที่ 2.7 แผนภูมิก้างปลา

จากแผนภูมิพบว่าส่วนหัวของปลาคือบริเวณที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยม คือปัญหาซึ่งในกรณีนี้คือความสูญเสียของโรงงาน จากนั้นให้ใช้คำถามดังนี้เพื่อสืบค้นสาเหตุ

อะไร (What?) ทำให้เกิดความสูญเสียเกิดขึ้น ?

ผู้ร่วมดำเนินงานในการวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสีย จำเป็นที่จะต้องจอบคำถามแรกนี้ โดยทั่วไปสิ่งที่จะทำให้เกิดความสูญเสียในโรงงานมักเกิดจากทรัพยากรโรงงานทั้ง 5 อย่างคือ คนงาน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการทำงาน (Method) วิธีการตรวจสอบ (Measurement) นำปัจจัยเหล่านี้ไปใส่ในแผนภูมิก้างปลาจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุความสูญเสียเนื่องมาจากทรัพยากรการผลิต

เมื่อได้แผนภูมิก้างปลาดังรูปที่ 2.8 แล้วให้ทำการถามคำถามต่อมา คือ ทรัพยากรดังกล่าว ทำให้เกิดความสูญเสียได้อย่างไร (Why?) จึงเป็นหน้าที่อีกครั้งของ ผู้ร่วมดำเนินงานในการวิเคราะห์สาเหตุของของเสียที่จะต้องตอบคำถามเหล่านี้ ทีละข้อคือ

1. คนงานทำให้เกิดความสูญเสียได้อย่างไร?
2. เครื่องจักรและอุปกรณ์ทำให้เกิดความสูญเสียได้อย่างไร?
3. วัตถุดิบทำให้เกิดความสูญเสียได้อย่างไร?
4. วิธีการทำงานทำให้เกิดความสูญเสียได้อย่างไร?
5. วิธีการตรวจสอบทำให้เกิดความสูญเสียได้อย่างไร?

- **การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ** (FMEA)

หลังจากที่ได้พิจารณาเลือกปัจจัยที่สำคัญจากการพิจารณาด้วยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) แล้วในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMBA) เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่างๆเหล่านี้ พร้อมกับพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วยตารางที่ 3.3 โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจะคำนึงถึงการให้คะแนนของ Risk Priority Number (RPN)

การคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ O x S x D เมื่อ

O = Occurrence คือ ระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหาความล้มเหลว ความผิดพลาด

S = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น

D = Detection คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงาน หรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมาจาก 1x1x1 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกันและสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้กับลูกค้าอย่างสมบูรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในขณะที่ค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1000 ซึ่งมาจาก 10x10x10 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีมากรวมถึงความสามารถในการตรวจจับปัญหามีน้อย

การวิเคราะห์ปัญหาเนื่องมาจากความสูญเสียนั้นสามารถใช้เครื่องมือชนิดอื่นได้อีกหลายวิธี เช่น แผนผังการวิเคราะห์เหตุขัดข้อง แผนภูมิต้นไม้สำหรับวิเคราะห์จุดบกพร่องทั้งนี้ขึ้นกับผู้ทำการวิเคราะห์ความความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหน สิ่งสำคัญที่สุดคือ ไม่ว่าจะใช้เครื่องมือใด ๆ จำเป็นที่จะต้องสรุปให้ได้ว่าสาเหตุของปัญหาความสูญเสียในโรงงาน นั้นคืออะไรคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของลำดับความสำคัญ เพื่อจได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและมีการดำเนินงานที่เหมาะสม

<u>การบริหารโรงงานเพื่อลดความสูญเสีย</u> การบริหารโรงงานเพื่อลดความสูญเสียคือการนำทรัพยากรของโรงงานที่มีอยู่อย่างจำกัดมาใช้ในการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กร หน้าที่ของการบริหารทั่ว ๆ ไป อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. การวางแผน (Planning) หมายถึง กระบวนการในการกำหนดวัตถุประสงค์ขององค์กรและการหาวิธีการต่าง ๆ ที่จะบรรลุวัตถุประสงค์นั้น

2. การจัดองค์กร (Organizing) หมายถึง การกำหนดทรัพยากรที่ต้องมีและงานที่ต้องทำให้อยู่ในรูปของโครงสร้างองค์กรอย่างเป็นทางการ

3. การจัดหาคนเข้าทำงาน (Staffing) หมายถึง การคัดเลือกบุคลากรเข้ารับหน้าที่ในการทำงานตามหน้าที่ ที่มีการระบุไว้ในองค์กรตลอดจนมีการฝึกอบรมให้ความรู้และพัฒนาองค์กรให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

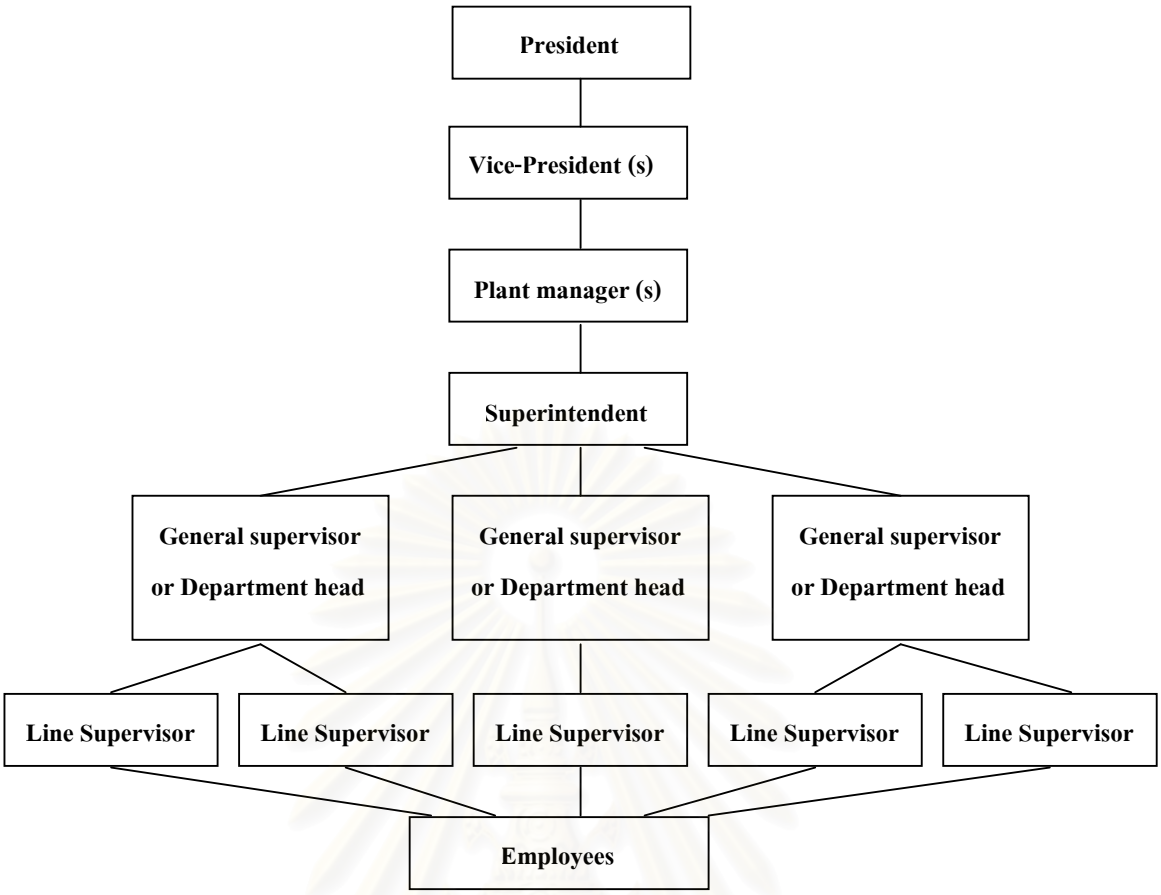
4. การควบคุม (Controlling) หมายถึง กระบวนการในการติดตามและตรวจสอบสถานะการดำเนินงานในองค์กรเปรียบเทียบกับแผนที่วางไว้ หากไม่เป็นไปตามเป้าหมายต้องมีการแก้ไขและเปลี่ยนแปลงเพื่อให้องค์กรสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้ได้

การบริหารเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับองค์กรหรือว่าจะเป็นองค์กรที่มุ่งทำกำไรหรือไม่ก็ตาม ผู้บริหารจำเป็นที่ต้องกำหนดเป้าหมายขององค์กร หาวิธีดำเนินงานตลอดจนขั้นตอนการควบคุมและติดตามสถานะการดำเนินงานเพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรที่ได้ตั้งเป้าหมายเอาไว้ได้

<u>การจัดตั้งนโยบายความสูญเสียในองค์กร</u>(Corporate policy on waste reduction) สิ่งที่สำคัญมากอันดับหนึ่งในการบริหารเพื่อลดความสูญเสียคือ จำเป็นที่จะต้องแสดงถึงความตั้งใจจริงของผู้บริหารระดับสูงทุกคนที่มีต่อความสูญเสียรวมทั้งการมีทัศนคติที่ตระหนักถึงการป้องกันความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตให้พนักงานทุกคนได้รับทราบโดยการเขียนนโยบายที่ชัดเจนและประกาศใช้อย่างเป็นทางการ นโยบายความสูญเสียที่ดีนั้นควรจะบอกถึงจุดมุ่งหมายในองค์กรและความตั้งใจในการลดความสูญเสียอย่างเป็นรูปธรรม โดยระบุถึงการมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบของพนักงานทุกคนในองค์กรอย่างชัดเจนตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง จนถึงพนักงานทุกคน การประกาศนโยบายความสูญเสียนั้นควรเป็นหน้าที่ของฝ่ายบริหารระดับสูงขององค์กรทำหน้าที่แถลงการและระบุถึงหน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงานในองค์กรทุกคนหลังจากนั้นควรจะใส่กรอบและติดไว้ในระดับที่พนักงานทุกคนหรือลูกค้าที่มเยี่ยมเยียนบริษัทได้สามารถสองเห็นได้ง่ายและตระหนักถึงควาสำคัญของนโยบายดังกล่าว

<u>การจัดตั้งองค์กรเพื่อดำเนินงานบริหารความสูญเสีย</u> การจัดตั้งหน้าที่และความรับผิดชอบต่อความสูญเสียที่เกดขึ้นในองค์กรต่อฝ่ายบริหารทุกระดับ ในโรงงานจะทำให้เกิดความรับผิดชอบต่อเนื่องจากผู้ปฏิบัติงานระดับล่างสุด จนถึงผู้บริหารระดับสูงสุด รายงานโดยตรงไปยังประธานบริษัทหรือเจ้าของโดยผ่านขั้นตอนการสั่งงานและบังคับบัญชาทาง Supervisor ,Department head ,Superintendent และ Plant manager ดังแสดงรูปที่ 2.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.9 แสดงการจัดตั้งองค์กรเพื่อบริหารความสูญเสีย

ภาพจาก THOMAS JANTON, Occupational safety & health management, 1989

ทุกระดับของฝ่ายจัดการโรงงานมีความสำคัญในการรายงานข้อมูลที่มีคุณค่าไปสู่ฝ่ายจัดการในระดับสูงขึ้นไป ในขณะเดียวกันก็รู้ถึงความหมายในการลดและควบคุมความสูญเสียของผู้ใต้บังคับบัญชา อีกด้วย โดยมีหน้าที่ความรับผิดชอบในแต่ละตำแหน่งดังนี้

1. ผู้ควบคุมดูแล (Supervisor) มีหน้าที่ในการควบคุมดูแลคนงานทุก ๆ คน ให้ปฏิบัติงานไปในทิศทางเดียวกัน โดยต้องควบคุมและดูแลให้ความรู้รวมทั้งมอบกมายงานให้คนงานสามารถทำได้โดยเกิดความสูญเสียน้อยที่สุด

2. หัวหน้าแผนก (Department head) มีหน้าให้การอบรมผู้ผู้ควบคุมดูแล (Supervisor) รวมถึงรับทราบสถานะการดำเนินงานของผู้ควบคุมดูแลแต่ละคนโดยจะต้องมีการกำหนดแนวทางปฏิบัติ แต่ละส่วนงานที่ผู้ควบคุมดูแลแต่ละคนรับผิดชอบอยู่

3. ผู้จัดการส่วน (Superintendent) มีหน้าที่ในการรับผิดชอบดูแลงานทุก ๆ งานที่เกี่ยวข้องกับความสูญเสีย ในส่วนที่ตนรับผิดชอบอยู่ ในทางการจัดการแล้ว ผู้จัดการส่วนเป็นผู้รายงายสถานการณ์ให้ผู้จัดการโรงงาน (Plant manager) โดยตรง จึงจำเป็นต้องมีการ

ประเมินผลและสรุปโครงการการลดความสูญเสียตามระยะเวลาที่กำหนด รวมทั้งต้องมีส่วนร่วมในการปรับเปลี่ยนวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานให้สอดคล้องกับเป้าหมายในการดำเนินงาน

2.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีเครื่องมือและวิธีการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.2.2.1 **การสุ่มตัวอย่าง** ในการเลือกเก็บกลุ่มตัวอย่างทำได้หลายวิธี ซึ่งอาจแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1 เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยใช้หลักการความน่าจะเป็น วิธีการสุ่มตัวอย่างประเภทนี้จะคำนึงถึงหลักการความน่าจะเป็น ทำให้หน่วยตัวอย่างทุกหน่วยมีโอกาสถูกสุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่างโดยเท่าเทียมกัน จึงเป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างที่ปราศจากอคติ (Bias) วิธีการสุ่มแบบนี้ได้แก่

- **วิธีที่ 1 การสุ่มอย่างง่าย** (Simple Random Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างจากทุกหน่วยประชากร โดยหน่วยตัวอย่างทุกหน่วยมีโอกาสถูกเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างโดยเท่าเทียมกัน ซึ่งอาจทำได้โดย

ก. การจับฉลาก อาจทำได้สองแบบย่อย คือ แบบสุมแล้วไม่แทนที่ หรือหยิบออกแล้วเลย (Sampling Without Replacement) และสุ่มแบบแทนที่ คือ หยิบแล้วใส่คืน (Sampling With Replacement) ซึ่งวิธีแรกจะทำให้โอกาสของหน่วยโอกาสทุกหน่วยมีโอกาสถูกเลือกเท่ากับทุกครั้งที่สุ่ม

ข. การใช้ตารางเลขสุ่ม

- **วิธีที่ 2 การสุ่มตัวอย่างเป็นระบบ** (Systematic Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างจากหน่วยตัวอย่างอย่างเป็นระบบ เช่น ทุกรายที่ 5 หรือ ทุกรายที่ 10 เป็นต้น ขั้นตอนในการสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบประกอบด้วย

ก. กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง เช่น เท่ากับ 30

ข. คำนวณช่วงที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่าง (Interval – I) โดยการเอาจำนวนประชากรทั้งหมด หารด้วยขนาดกลุ่มประชากร เช่น 120/30 = 4

ค. สุ่มหมายเลขตั้งต้นระหว่างหมายเลข 1 ถึง 4 โดยวิธีสุ่มอย่างง่าย เพื่อหาหมายเลขตั้งต้น เช่น ทำฉลากแบบง่าย ๆ แล้วหยิบขึ้นมา สมมติว่าได้หมายเลข 2

ง. เลือกเก็บตัวอย่างจากหน่วยจนครบจำนวนที่ต้องการโดยใช้สูตร R + I โดยที่ R คือตัวเลขตั้งต้นที่หยิบฉลากมาได้ ซึ่งคำนวณตามตัวอย่างที่จะเก็บก็คือหน่วยตัวอย่างที่ 2 , 2 + 4, 2 + 8, 2 + 12 หรือกล่าวง่าย ๆ ทุกรายที่ 4 นั่นเอง แต่เริ่มต้นที่หน่วยที่สองก่อน นั่นคือ 2, 6, 10,14, ... ไปจนครบจำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

- **วิธีที่ 3 การสุ่มแบบแบ่งชั้น** (Stratified Random Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ได้มีการแบ่งชั้นตามลักษณะบางอย่าง เพื่อให้หน่วยตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน เมื่อแบ่งชั้นหรือกลุ่มผู้ป่วยเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ในแต่ละชั้นหรือแต่ละกลุ่มต่อไปซึ่งการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นนี้เหมาะสำหรับกลุ่มประชากรที่มีความแตกต่างกันมาก การสุ่มแบบแบ่งชั้นอาจแบ่งย่อยออกเป็น 2 วิธี

ก. การสุ่มแบบแบ่งชั้นโดยการคำนวณตามสัดส่วนประชากรของแต่ละชั้น (Proportionate Stratified Random Sampling)

ข. การสุ่มแบบแบ่งชั้นโดยไม่ใช้การคำนวณตามสัดส่วนประชากรของแต่ละชั้น (Disproportionate Stratified Random Sampling) ใช้ในกรณีที่ประชากรในชั้นนั้นมีขนาดเล็กมาก

- **วิธีที่ 4 การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม** (Cluster Sampling)เป็นการสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ได้รับการจัดแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ และในแต่ละกลุ่มมีคุณลักษณะภายในที่ผสมผสานหลากหลาย แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม วิธีการนี้เหมาะสำหรับประชากรที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ

- **วิธีที่ 5 การสุ่มตัวอย่างหลายขั้นตอน** (Multi–Stage Sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างที่ใช้วิธีมากกว่า 1 วิธี เช่น ขั้นตอนแรกใช้วีสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม ขั้นตอนที่สองใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น ขั้นตอนที่สามใช้การสุ่มอย่างง่าย เป็นต้น

ประเภทที่ 2 เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้หลักการความน่าจะเป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างประเภทนี้จะไม่คำนึงถึงหลักการที่ว่าทุกหน่วยของประชากรจะต้องมีโอกาสถูกสุ่มเท่าเทียมกัน จึงเป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างที่มีอคติ (Bias) ได้แก่

- **วิธีที่ 1 การเลือกตัวอย่างตามความสะดวก** (Convenience Sampling) เป็นการเลือกตัวอย่างตามความสะดวก หรือแบบบังเอิญ เช่น ในการสอบถามความพอใจ ใครที่ยินดีให้ความร่วมมือ ก็เลือกผู้นั้น เป็นต้น วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ง่าย แต่เป็นวิธีที่มีจุดอ่อนและมีอคติมาก หากเป็นไปได้ อัศวินและทีมควรหลีกเลี่ยง

- **วิธีที่ 2 การเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง** (Purposive Sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ทีมได้กำหนดคุณสมบัติเจาะจงไว้แล้ว เช่น ศึกษาความเข้าใจของผู้ป่วยเรื่องการใช้ยาพ่น แต่เนื่องจากทีมอยากได้ผลการศึกษาที่ออกมาดูดี เลยเจาะจงผู้ป่วยที่จบปริญญาตรีเท่านั้น ผลที่ได้ก็จะมีความลำเอียง ไม่สามารถใช้แทนกลุ่มผู้ป่วยทั่วไปได้

- **วิธีที่ 3 การเลือกตัวอย่างแบบโควตา** (Quota Sampling)เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยที่ทีมได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างไว้แล้วตามความต้องการของทีม ซึ่งไม่เป็นไปตามสัดส่วนของขนาดประชากร และไม่ได้ใช้วิธีการสุ่มในการเก็บหน่วยตัวอย่าง

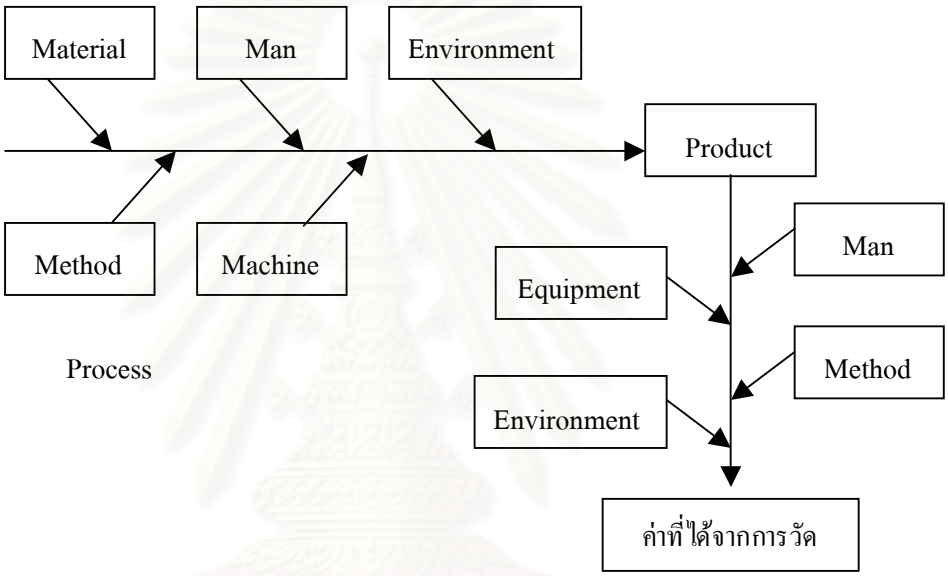
2.2.2.2 **การวิเคราะห์ระบบการวัด** การวิเคราะห์ระบบการวัดเป็นการวิเคราะห์ระบบการวัดผลเพื่อหาแหล่งความคลาดเคลื่อนอันจะช่วยให้สามารถขจัดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม

ความคลาดเคลื่อนจากการวัดแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ

1. **ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม** (Random Error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดตามธรรมชาติ ไม่สามารถกำจัดได้ แต่ปรับให้น้อยลงได้ด้วยการปรับวิธีการวัดหรือสำรวจใหม่

2. **ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ** (Systematic Error) บางทีเรียกว่า ค่าความเอียงเอน (Bias) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องมือเอง เช่น นาฬิกาตัวแบบสอบถาม หรือปัจจัยแวดล้อมขณะทำการวัด เช่น อุณหภูมิ ความชื้น บรรยากาศขณะสัมภาษณ์ เป็นต้น สามารถกำจัดได้โดยการสอบเทียบเครื่องมือและควบคุมปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิผลต่อการวัดหรือการสำรวจ

3. **ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด** (Gross Error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสาเหตุเฉพาะ (Special Cause) ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจของผู้ที่ทำการวัด เทคนิคการวัดหรือเก็บข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง การเลือกใช้เครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสม ตลอดจนการอ่านค่าผิดพลาดของผู้ที่ทำการวัด การแก้ไขประกอบด้วยการกำหนดขั้นตอนการวัดที่ชัดเจนแน่นอน มีการฝึกอบรมพนักงานผู้ที่จะทำการวัดหรือเก็บข้อมูล มีการทำมาตรฐานของสิ่งที่ถูกวัด มีการบำรุงรักษาเครื่องวัดให้อยู่ในสภาพที่ดีอยู่เสมอ และควบคุมผลการวัดโดยใช้ Control Chart ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อความแปรผันและความคลาดเคลื่อนของระบบการวัด

ดังนั้น ในการทำการวัดและเก็บข้อมูลควรคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ และจะต้องเตรียมการให้พร้อม เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนและความผันแปรให้น้อยที่สุดหรืออย่างน้อยก็อยู่ในช่วงที่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งพอสรุปเป็นแนวทางได้ดังนี้

1. จัดทำวิธีการวัด และการเก็บข้อมูลที่มีมาตรฐาน
2. แบบสำรวจหรือแบบสอบถามที่ใช้ต้องผ่านการทดลองค่าความตรง (Validity) และค่า Reliability เป็นอย่างน้อยเสมอ ซึ่งค่าที่เป็นที่ยอมรับคือ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
3. หากต้องมีการใช้เครื่องมือในการวัดเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล เครื่องมือนั้นต้องอยู่ในสภาพที่ดีและผ่านการสอบเทียบแล้วทุกครั้ง

4. จะต้องมีการควบคุมปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการวัดหรือการสำรวจเสมอ เพื่อขจัดค่าความเอียงเอนให้เหลือน้อยที่สุด

5. ผู้ที่ทำการวัดหรือเก็บข้อมูลจะต้องผ่านการอบรมเสมอ

และเพื่อให้มั่นใจว่าระบบการวัดทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือ อาจต้องทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่อไปนี้ตามความเหมาะสม

- **ความสามารถในการแยกความแตกต่าง** (Discrimination) เป็นความสามารถของระบบการวัด ที่จะตรวจพบและระบุอย่างถูกต้องถึงการเปลี่ยนแปลงแม้แต่ค่าเล็กน้อยของคุณลักษณะที่ได้รับการวัดบางครั้งเรียกว่า ความสามรถในการกระจาย (Resolution) คุณสมบัติข้อนี้มักมีปัญหาเนื่องจากการเลือกใช้เครื่องมือวัดที่ไม่ละเอียดพอของผู้ที่ทำการวัดทำให้เกิดการปัดเศษซึ่งสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติข้อนี้โดยใช้แผนภูมิ X-R

- **คุณสมบัติด้านความสุ่มของข้อมูล** (Random) ข้อมูลที่ได้จะต้องมีคุณสมบัติทางด้านความสุ่มไม่เกิดการผสมกันของข้อมูล หรือมีข้อมูลที่ผิดปกติ ซึ่งอัศวินและทีมสามารถทวนสอบได้โดยดารดูลักษณะการกระจายข้อมูลว่ามีการกระจายแบบปกติหรือไม่ หากไม่ทีมอาจต้องศึกษาดูว่าเกิดความผิดปกติของข้อมูลที่ใด หรือมีการผสมของข้อมูลเกิดขึ้นหรือไม่

- **คุณสมบัติเรื่องความเอียงเอน** (Bias)

ค่าความเอียงเอนหรือ Bias เป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้กับค่าอ้างอิง ดังสมการ

ค่า Bias = ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด - ค่าอ้างอิง

จากนั้นนำไปเทียบเป็นร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนที่ลูกค้าอนุโลมให้ (Tolerance) เรียกว่า % Bias ดังสมการ

% Bias = ค่า Bias / Tolerance x 100%

เหตุผลที่เทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ลูกค้าอนุโลมให้ ก็เพื่อให้มั่นใจว่าค่าเอียงเอนที่ลูกค้าอนุโลมให้ เพราะหากลูกค้าอนุโลมค่าความคลาดเคลื่อนให้จำนวนหนึ่ง เช่น 0.05 ลบ.มม. แต่ลำพังเฉพาะระบบการวัดเองมีค่าความเอียงเอนสูงถึง 0.03 ลบ.มม. ลูกค้าย่อมยอมรับไม่ได้

เนื่องจากค่า Tolerance = USL – LSL โดยที่ USL คือ ค่า Upper Specification Limit และ LSL คือ ค่า Lower Specification Limit ดังนั้นจึงอาจเขียนสมการใหม่เป็น

$$\% \text{ Bias} = \text{ค่า Bias} / (\text{USL} - \text{LSL}) \times 100\%$$

หรืออาจคำนวณเทียบกับค้าความผันแปรในกระบวนการ เพื่อดูว่าค่าความเอียงเอนจากการวัดเมื่อเทียบกับค่าความผันแปรจากกระบวนการเองแล้วคิดเป็นสัดส่วนร้อยละเท่าใด

$$\% \text{ Bias} = \text{ค่า Bias} / \text{Process Variation} \times 100\%$$

ในทำนองเดียวกับข้างต้น หากค่าความเอียงเอนที่เกิดจากการวัดมีสัดส่วนสูงมาก เมื่อเทียบกับความผันแปรที่เกิดจากกระบวนการเอง ค่าที่วัดได้ย่อมยอมรับไม่ได้ เพราะมีค่าความเอียงเอนเจือปนอยู่มาก (หลักการนี้จะประยุกต์ใช้กับคุณสมบัติของระบบการวัดตัวอื่น ๆ ที่เหลือด้วย) โดยทั่วไปจะยอมรับค่า % Bias ที่ < 5% และจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัด หากค่า % Bias < 10% กรณีที่ค่า % Bias อยู่ระหว่าง 5-10% จะพิจารณาดูปัจจัยอื่นประกอบว่าสมควรยอมรับหรือไม่ สาเหตุของค่า Bias มักเกิดจากความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง การสึกหรอของเครื่องมือที่ใช้วัด การใช้เครื่องมือวัดที่มีมิติผิดพลาดหรือมีคุณลักษณะผิดพลาด การสอบเทียบเครื่องมือที่ไม่สมบูรณ์ และความไม่ถูกต้องของการปรับแก้เครื่องมือที่ใช้วัด เป็นต้น

- **คุณสมบัติเรื่องความเสถียร** เป็นคุณสมบัติด้านอายุการใช้งานของเครื่องมือวัด เพื่อทดสอบดูว่า หากใช้เครื่องมือวัดไปนาน ๆ ค่าที่ได้มีความเสถียรหรือไม่ ตัวอย่างเช่น เมื่อเวลาเปลี่ยนไป ค่าที่วัดได้ก็เปลี่ยนแปลงไป แม้จะวัดจากค่าอ้างอิงเดียวกันก็ตาม แสดงว่ามีความไม่เสถียรเกิดขึ้น

การคำนวณค่า % Stability ใช้หลักการเดียวกับค่าเอียงเอน กล่าวคือ คำนวณ % Stability เทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ลูกค้าอนุโลม โดยใช้สมการดังนี้

% Stability = ค่า Stability / (USL – LSL) x 100%

หรือคำนวณเทียบกับความผันแปรของกระบวนการโดยใช้สมการดังนี้

% Stability = ค่า Stability / Process Variation x 100%

โดยทั่วไปจะยอมรับค่า % Stability < 5% และจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัด หากค่า % Stability < 10% กรณีที่ค่า % Stability อยู่ระหว่าง 5-10% จะพิจารณาดูปัจจัยอื่นประกอบว่าสมควรยอมรับหรือไม่

- **คุณสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity)** คุณสมบัติเชิงเส้นตรง เป็นคุณสมบัติที่แสดงว่าค่า Bias ของระบบไม่เปลี่ยนแปลงไปตลอดย่านการวัดที่เราสนใจ หากค่า Bias ของระบบเปลี่ยนแปลงไปตามย่านวัดที่เปลี่ยนแปลงไป แสดงว่าระบบการวัดของเราขาดคุณสมบัติเชิงเส้นตรง ค่าที่ได้จะเปลี่ยนไปมากตามย่านการวัดที่เปลี่ยนแปลงไป

การคำนวณ % Linearity ใช้สมการ ดังนี้

% Stability = ค่า Stability / (USL – LSL) x 100%

หรือคำนวณเทียบกับความผันแปรของกระบวนการโดยใช้สมการดังนี้

% Linearity = Linearity Index / Process Variation x 100%

โดยทั่วไปจะยอมรับค่า % Linearity < 5% และจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัด หากค่า % Linearity < 10% กรณีที่ค่า % Linearity อยู่ระหว่าง 5-10% จะพิจารณาดูปัจจัยอื่นประกอบว่าสมควรยอมรับหรือไม่ สาเหตุของปัญหาเรื่อง Linearity มักเกิดจากการสอบเทียบไม่ถูกต้อง ความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานมาตรฐานเอง การสึกหรอของเครื่องมือและปัจจัยจากการออกแบบเครื่องมือที่ใช้วัด

■ **คุณสมบัติด้านความแม่นยำ** (Precision) คุณสมบัติด้านความแม่นยำของระบบการวัดแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- Repeatability เป็นคุณสมบัติซึ่งแสดงความผันแปรภายใต้เงื่อนไขการวัดเดียวกันทุกประการ ได้แก่ คนวัดคนเดียวกัน วัดด้วยวิธีการเดียวกัน ด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง หากเป็นระบบการวัดที่มีความแม่นยำสูง แม้จะทำการวัดหลายครั้ง ค่าที่ได้ก็ควรใกล้เคียงเดิม

- Reproducibilty เป็นคุณสมบัติซึ่งแสดงความผันแปรภายอันเกิดจากการเปลี่ยนคนวัด แต่ใช้วิธีการเดียวกัน เครื่องมือเดียวกัน หากเป็นระบบการวัดที่มีความแม่นยำสูง แม้จะเปลี่ยนคนวัดไปกี่คนก็ตาม ค่าที่ได้ก็ควรใกล้เคียงเดิม

ซึ่งทั้งสองค่านี้ ในทางอุตสาหกรรมนิยมวัดในรูปค่า GR&R (Gauge Repeat- ability & Reproducibilty) การคำนวณค่า GR&R นี้สามารถคำนวณได้จากวิธีการค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย หรือวิธี ANOVA

จากนั้นนำค่า GR&R มาเทียบร้อยละกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ลูกค้าอนุโลมให้เรียกว่า ค่า P/T หรือ PT Ratio (Precision to Tolerance Ratio) ดังสมการ

$$P/T = GR\&R / (USL - LSL) \times 100\%$$

หรือเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ เรียกว่า ค่า P/TV (Precision to Total Variation) สำหรับระบบการวัดที่ใช้ทำการวัดเพื่อตรวจจับความผันแปรของกระบวนการ โดยที่

$$P/TV = GR\&R / \text{Process Variation} \times 100\%$$

โดยทั่วไปจะยอมรับค่า P/T และ P/TV ที่จะน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 และทำการแก้ไขหากค่า P/T และ P/TV มากกว่าร้อยละ 30 ส่วนค่า P/T และ P/TV ที่อยู่ระหว่าง 10-30 % จะพิจารณาดูปัจจัยอื่นประกอบว่าสมควรยอมรับหรือไม่

รายละเอียดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบการวัดสามรถศึกษาเพิ่มเติมได้จาหนังสือ “การวิเคราะห์ระบบการวัด” เขียนโดย รศ. กิติศักดิ์ พลอยพานิชย์เจริญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2.3 คำนวณ Defect Opportunity มุ่งลดปริมาณข้อบกพร่องให้เหลือน้อยที่สุด หรือให้เข้าใกล้สภาวะไร้ข้อบกพร่องให้มากที่สุด หากปริมาณข้อบกพร่องเท่ากับ 3.4 ต่อโอกาสเกิดข้อบกพร่องทั้งหมด 1 ล้านโอกาส ถือได้ว่ามีคุณภาพระดับ 6 Sigma จำนวนจากค่าบกพร่องที่พบ เทียบกับโอกาสเกิดข้อบกพร่อง 1 ล้านโอกาส (Defect per Million Opportunity – DPMO) ดังสมการ

$$DPMO = Defect\ Counted\ /\ (Unit\ Counted \times Defect\ Opportunity) \times 10^6$$

โดยที่ Defect คือ ข้อบกพร่อง

Unit คือ จำนวนชิ้นงาน

Defect Opportunity คือ โอกาสเกิดข้อบกพร่องในหนึ่งชิ้นงาน

การคำนวณโดยใช้ DPMO เหมาะสำหรับโครงการที่มุ่งลดข้อบกพร่อง ลดของเสียหรือลดความผิดพลาด ซึ่งสามารถนับปริมาณข้อบกพร่องได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม การคำนวณ DPMO มีข้อควรระวังประการหนึ่ง คือ หากกำหนดค่า Defect Opportunity หรือโอกาสเกิดข้อบกพร่องต่อหนึ่งชิ้นงานสูงเกินไป จะทำให้ค่า DPMO ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และส่งผลให้ระดับคุณภาพในรูป Sigma ดีเกินจริงไป

การกำหนด Defect Opportunity ทำกระทำอย่างระมัดระวัง และใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งองค์กรเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้

2.2.2.4 คำนวณ Yield กระบวนการที่มีคุณภาพเป็นเลิศจะต้องมีสัดส่วนของงานดีที่ได้ (Yield) เข้าใกล้ 100 % ให้มากที่สุด และมีสัดส่วนการทำใหม่หรือทำซ้ำเข้าใกล้ 0 % ให้มากที่สุด เพราะการทำซ้ำหมายถึงต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น การคำนวณระดับคุณภาพ จึงสามารถคำนวณได้จากค่า Yield

ค่า Yield หรือสัดส่วนงานดีที่ได้สามารถแบ่งเป็นสองแบบง่าย ๆ คือ Final Yield หรือ First Pass Yield

Final Yield คือ สัดส่วนของงานดีที่ได้ภายหลังจากสิ้นสุดกระบวนการแล้ว

Final Yield = [1 - Proportion Defective] x 100

= [1 - Defect / Input Unit] x 100

โดยที่ Defective คือ จำนวนชิ้นงานที่เสีย

Proportion Defective คือ สัดส่วนของเสีย

คือ จำนวนชิ้นงานที่ทำ

กล่าวโดยสรุป ค่า Final Yield แสดงสัดส่วน (แต่อาจผ่านการทำซ้ำมาหลายครั้งแล้วก็ได้) ส่วนค่า First Pass Yield แสดงสัดส่วนงานดีที่สามารถทำได้อย่างถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรกโดยที่ไม่ต้องทำซ้ำนั่นเอง

2.2.2.5 **คำนวณความสามารถของกระบวนการ** คือการที่สามารถสร้างผลงานให้สอดคล้องกับความต้องการหรือสเปกของลูกค้าให้ได้มากที่สุด ใกล้เคียงภาวะที่ไร้ข้อบกพร่อง (ในสายตาของลูกค้า) ให้ได้มากที่สุด ดังนั้นหากกระบวนการของเรามีขีดความสามารถในกระบวนการผลิตก็คือบริการตามสเปกลูกค้ากำหนดได้มากที่สุด แสดงว่ากระบวนการของเรามีขีดความสามารถดี มีระดับคุณภาพที่ดี

การคำนวณหาค่าความสามารถของกระบวนการคำนวณได้ 3 แบบ ดังนี้

- Capability Ratio (CR) เป็นการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการกับสเปกที่ลูกค้ากำหนด ดังสมการ

Capability Ratio = +/- 3 Standard Deviation / Customer Specification

= +/- 3 Standard Deviation / (USL – LSL)

= 6 Standard Deviation/(USL – LSL)

- Capability Index (Cp) เป็นส่วนกลับของค่า Capability Ratio ดังสมการ

Capability Index = Customer Specification / 6 Standard Deviation

= (USL – LSL) / 6 Standard Deviation

อย่างไรก็ตาม การคำนวณค่า Capability Ratio และ Capability Index มีข้อจำกัดคือ ใช้ข้อมูลที่มีลักษณะสมมาตรเท่านั้น และสเปคของลูกค้าจะต้องประกอบด้วยทั้งค่า USL และ LSL ซึ่งในชีวิตจริงไม่ได้เป็นเช่นนี้เสมอไป จึงมีการคำนวณอีกวิธีที่เรียกว่าค่า Cpk (Capability Index Compare to Some Constant -k) ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุด

● Capability Index Compare to Some Constant (Cpk) การคำนวณค่า Cpk มี 2 วิธี ขึ้นกับลักษณะของข้อมูลว่าเป็นเช่นไรกรณีที่ค่าเฉลี่ยเบ้ไปทางค่า USL หรือมีค่า USL อย่างเดียว ให้ใช้สมการ

$$Cpk = (USL - \bar{X}) / 3SD$$

กรณีที่ค่าเฉลี่ยเบ้ไปทางค่า LSL หรือมีค่า LSL อย่างเดียว ให้ใช้สมการ

$$Cpk = (\bar{X} - LSL) / 3SD$$

2.2.3 เทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ

เทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพมีดังต่อไปนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นตอนแรกของการทางสถิติ วัตถุประสงค์ก็คือ

1. เพื่อติดตามดูผลการดำเนินการผลิต
2. เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่อง
3. เพื่อใช้ตรวจสอบ

ใบตรวจสอบ (Check Sheet) แผ่นตรวจสอบสร้างขึ้นเพื่อให้ผู้บันทึกสามารถลงข้อมูลต่างๆ ได้ง่าย โดยหน้าที่ของใบตรวจสอบมีดังนี้

1) ตรวจสอบการผลิต
2) ตรวจสอบข้อบกพร่อง
3) ตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง
4) ตรวจสอบตำแหน่งข้อบกพร่อง
5) ตรวจสอบความเรียบร้อย
6) ตรวจสอบอื่นๆ

แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) เป็นแผนภูมิที่แสดงสาเหตุข้อบกพร่องตามลำดับกับความสำคัญ และจะแสดงเส้นสะสมไว้ด้วย โดยใช้กราฟแท่งของข้อมูลชนิดต่าง ๆ ที่มาเรียงกันโดยใช้กราฟแท่งของข้อมูลที่มีค่าสูงสุดอยู่ทางซ้าย และเรียงตามลำดับมาทางขวามือตามค่าที่ลดลง เพื่อใช้เปรียบเทียบลำดับความสำคัญหรือปริมาณของปัญหาระหว่างข้อมูลชนิดต่าง ๆ ประโยชน์ที่ได้รับจากแผนภูมิพาเรโต ทำให้ทราบปัญหาที่ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขเป็นอันดับต้น

ผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) ไดอะแกรมเหตุและผลจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุ (Cause) ที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงกับผลที่เกิด(Effect) โดยจะแสดงผลของปัญหาที่ปลายแผนภูมิ และแสดงถึงสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการระดมความคิดออกเป็นแขนงเหมือนก้างปลา ซึ่งโดยทั่วไปประกอบไปด้วย คน เครื่องจักร วัตถุดิบ วิธีการทำงาน สภาพแวดล้อม จากสาเหตุหลักจะแตกแขนงไปเป็นสาเหตุย่อยเพื่อให้วิเคราะห์หาสาเหตุง่ายขึ้นและหาทางแก้ไขต่อไป

กราฟ (Graph) ช่วยนำเสนอข้อมูลให้เข้าใจได้ดีขึ้น เช่น กราฟแท่งฮีสโตรแกรม ซึ่งกำหนดการเก็บข้อมูลเป็นช่วง กราฟวงกลม แผนภูมิกระจาย ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรหนึ่งคู่

แผนภูมิควบคุม (Control Chart) แผนภูมิ หรือแผ่นกราฟที่สร้างขึ้น โดยอาศัยข้อมูลจากข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ทำการผลิตและต้องการจะควบคุมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตาม ผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นใดขั้นหนึ่ง ทำขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากข้อกำหนดทางเทคนิค ของชิ้นงานจะทำการผลิตเพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภท

1) ชนิดของข้อมูลที่มีค่าต่อเนื่อง (Variable Data) เช่น X bar-R chart (แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย) เช่น X bar-S chart (แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) แผนภูมิมัธยฐาน

2) ชนิดของข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น (Attribute Data) เช่น P chart (แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย) C Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ)

แผนภูมิควบคุม สามารถสนองหน้าที่ 3 ประการคือ

1. กำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการดำเนินงานได้ชัดเจน
2. ช่วยในการดำเนินงานบรรลุถึงเป้าหมาย
3. ใช้ในการปรับปรุงเป้าหมาย

ฮีสโตรแกรม (Histrograms) แผนภูมิแท่งแสดงลักษณะ การกระจายของข้อมูลโดยมีความสูงของแต่ละแท่งแทนขนาดของความถี่ของคะแนนแต่ละชั้นและความกว้างของแต่ละแท่งแทนระยะขอบเขตของชั้นทั้งสอง ซึ่งความกว้างของแท่งจะเท่ากับความกว้างของชั้น

ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) เป็นการวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของความผันแปรที่เกิดขึ้น ซึ่งหมายถึงการพิจารณาแหล่งที่เป็นไปได้ของความผันแปร โดยวัดค่าความสามารถของกระบวนการด้วยค่าตัวเลข ที่ได้จากการเปรียบเทียบความกว้างของขอบเขตข้อกำหนดด้านบน และด้านล่างเท่ากับ 6 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการที่การแจกแจงปรกติ โดยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Cp) คำนวณจาก

$$Cp = \frac{USL-LSL}{6\sigma}$$

เมื่อ USL = ขอบเขตข้อกำหนดบน

LSL = ขอบเขตข้อกำหนดล่าง

Sigma = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ถ้า Cp มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่ากระบวนการมีความสามารถภายใต้กระบวนการ เท่ากับความกว้างของเขตข้อกำหนดบนหรือล่าง

ถ้า Cp มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าขีดข้อกำหนดบนและล่าง มีค่ามากกว่าการกระจายของข้อมูลของกระบวนการ ซึ่งเป็นสิ่งที่ดี

ถ้า Cp มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า กระบวนการผลิตนั้นไม่มีความสามารถ

จากการสำรวจงานวิจัยและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียก็คือการดำเนินงานตามขั้นตอนในบทต่อไป

บทที่ 3

การศึกษาสภาพปัญหา

ในการศึกษาสภาพปัญหาในบทนี้ จะกล่าวถึงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า อีกทั้งยังมีผลกระทบที่เกิดขึ้นและ แนวทางการดำเนินงานเพื่อใช้เป็นแนวทางการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

3.1 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

จากการศึกษาสภาพปัญหา ในปัจจุบันกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าพบว่าเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ทั้งที่สามารถนำกลับมาแก้ไขซ้ำได้(Rework) และส่วนที่จะต้องนำไปทำลายทิ้ง(Scrap) ซึ่งสามารถสรุปปัญหาที่พบได้ดังต่อไปนี้

1) ลักษณะการเกิดของเสียที่ไม่สามารถนำกลับแก้ไขซ้ำได้(Scrap)
   - ความผิดพลาดในกระบวนการผลิต เช่น ชิ้นส่วนแตกหัก แผ่นวงจรพิมพ์แตก
   - แผ่นทองแดงร่อน
   - ตะกั่วเกาะแผ่นวงจรหรือตัวงาน เป็นจำนวนมากหลังจากตกลงในเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น(Wave soldering)
   - ตัวงานระเบิด หลังจากผ่านการทดสอบฟังก์ชัน

2) ลักษณะการเกิดของเสียที่สามารถนำกลับมาแก้ไขงานได้ (Rework)
   - การบัดกรีไม่ดี
   - ชิ้นส่วนเป็นรอยขูดขีด
   - ชิ้นส่วนใส่ลงบนแผ่นวงจรไม่สมบูรณ์
   - มีชิ้นส่วนที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดบนแผ่นวงจร

ในการพิจารณาเพื่อลดของเสียนี้จึงเลือกพิจารณาของเสียที่มีลักษณะการเกิดของเสียที่สามารถนำกลับมาแก้ไขงานได้ (Rework) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การจำแนกปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต	เครื่องมือ/เครื่องจักร	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น	นำตัวงานกลับมาซ่อม	วิธีการแก้ไข
Auto insertion	Auto insertion m/c	ชิ้นส่วนเสียหาย แตกหัก	ได้	เปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่
		แผ่นวงจรพิมพ์แตก	ไม่ได้	-
SMD	Glue dispensing	จุดกาวมากเกินไป	ได้	นำไปทำความสะอาดและกลับมายิงกาวใหม่
	Placement m/c	ชิ้นส่วนหลุดหาย	ได้	ใส่ชิ้นส่วนใหม่
		ชิ้นส่วนวางไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ได้	ใส่ชิ้นส่วนใหม่
Hand insertion	N/A	ชิ้นส่วนเสียหาย แตกหัก	ได้	เปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่
		แผ่นวงจรพิมพ์แตก	ไม่ได้	-
		ชิ้นส่วนหลุดหาย	ได้	ใส่ชิ้นส่วนใหม่
		ใส่ชิ้นงานกลับขั้ว	ได้	กลับชิ้นส่วนใหม่
Wave soldering	Wave soldering	ข้อบกพร่องจากการบัดกรีด้วยคลื่น		
		Solder short	ได้	ตัด Short ที่ตะกั่ว
		Solder Hole	ได้	เติมตะกั่วที่ขาตัวงาน
		No Solder	ได้	เติมตะกั่วที่ขาตัวงาน
		Solder Icicle	ได้	บัดกรีที่จุดนั้น
		Solder Ball	ได้	ปรับ parameter ที่เครื่องใหม่
		Cold Solder	ได้	ปรับ parameter ที่เครื่องใหม่
		Insufficient Solder	ได้	เติมตะกั่วที่ขาตัวงาน
		Solder short hair line	ได้	ปรับ parameter ที่เครื่องใหม่
		Solder short under part	ไม่ได้	Feedback ผู้ผลิตแผ่นวงจรพิมพ์
Touch up	Solder iron	ชิ้นส่วนเสียหาย แตกหัก	ได้	เปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่
		แผ่นทองแดงร่อน	ไม่ได้	
		ชิ้นส่วนหลุดหาย	ได้	ใส่ชิ้นส่วนใหม่
ICT	ICT Tester	ไม่ผ่านเครื่องตรวจสอบ	ได้	วิเคราะห์หาข้อบกพร่องและแก้ไข
		ชิ้นส่วนเสียหาย แตกหัก เนื่องจากเข็มทดสอบ	ได้	ใส่ชิ้นส่วนใหม่และปรับแก้เข็มทดสอบ
Case assembly	Assembly fixture	ชิ้นส่วนเสียหาย แตกหัก	ได้	เปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่
		แผ่นวงจรพิมพ์แตก	ไม่ได้	
Function test	Function tester	ไม่ผ่านเครื่องทดสอบฟังก์ชัน	ได้	วิเคราะห์หาข้อบกพร่องและแก้ไข
		ตัวงานระเบิด	ไม่ได้	-
		ไม่มี input และ output	ได้	วิเคราะห์หาข้อบกพร่องและแก้ไข
Final packing	N/A	Case เป็นรอย	ได้	เปลี่ยน Case ใหม่

การคำนวณผลรวมสัดส่วนของเสีย (Defect DPU, PPM)

จากการเก็บข้อมูลในอดีตในภาคผนวก ข โดยสรุปจะแสดงดังตารางที่ 3.2 ช่วงระยะเวลา 3 เดือนมีสัดส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการต่างๆที่นำกลับมาซ่อมได้ ตามลักษณะของข้อบกพร่องในรูปแบบต่างๆ โดยการคำนวณจากปริมาณของเสียต่อชิ้นงานที่ผ่านเข้าไปในแต่ละกระบวนการผลิตย่อยของแต่ละเดือนต่อปริมาณของเสียต่อชิ้นงานทั้งสามเดือน เพื่อหาปริมาณของเสียในหน่วย PPM ดังสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{จำนวนของเสียต่อหน่วยการผลิต (DPU)} = \frac{\text{จำนวนของเสียที่เกิดขึ้น}}{\text{จำนวนที่ผลิตทั้งหมด}}$$

$$\text{จำนวนของเสียต่อหน่วยการผลิตล้านหน่วย (PPM)} = \text{จำนวนของเสียต่อหน่วยการผลิต} \times 10^6$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

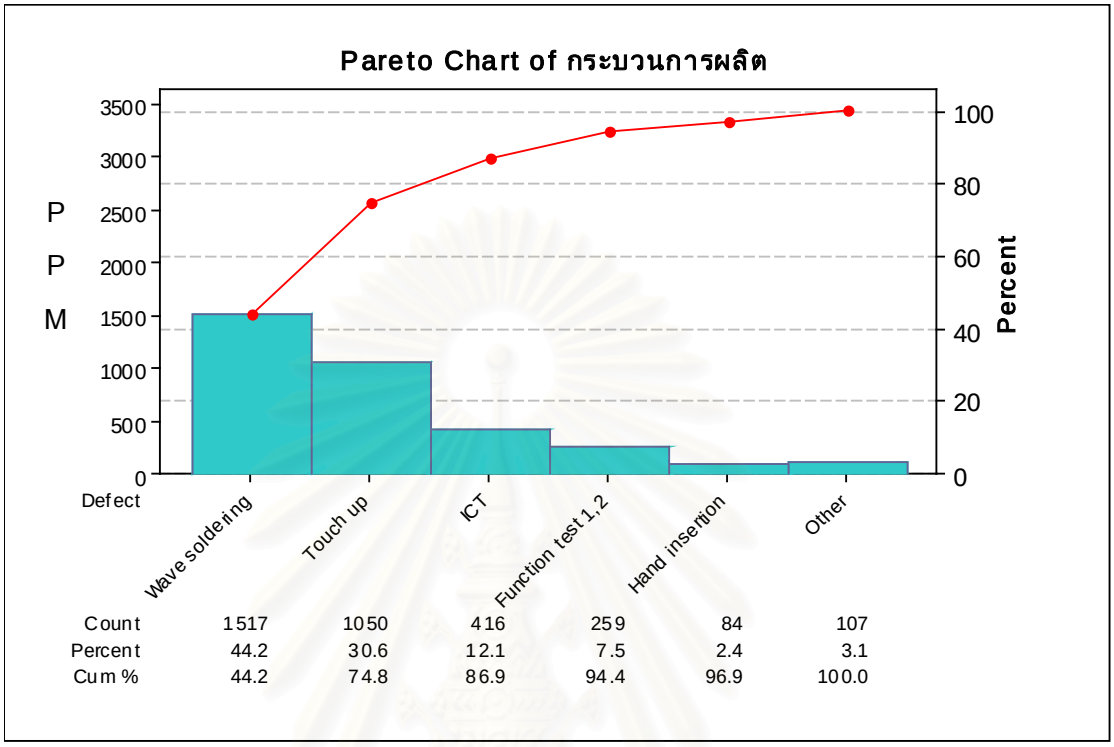
ตารางที่ 3.2 สัดส่วนของเสียที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ

กระบวนการผลิต	ตุลาคม				พฤษจิกายน				ธันวาคม				ผลิตทั้งหมด	Defect ทั้งหมด	DPU รวม	PPM
	ปริมาณการผลิต	Defect	DPU	%Defect	ปริมาณการผลิต	Defect	DPU	%Defect	ปริมาณการผลิต	Defect	DPU	%Defect				
Auto insertion	3,363,122	66	0.00002	0.56	3,656,545	56	0.00002	0.46	3,402,232	63	0.00002	0.54	10,421,899	185	0.00002	18
SMD	3,363,122	279	0.00008	2.36	3,656,545	249	0.00007	2.02	3,402,232	192	0.00006	1.65	10,421,899	720	0.00007	69
Hand insertion	3,363,122	293	0.00009	2.48	3,656,545	311	0.00009	2.52	3,402,232	269	0.00008	2.31	10,421,899	872	0.00008	84
Wave soldering	3,363,122	5085	0.00151	43.04	3,656,545	5448	0.00149	44.26	3,402,232	5273	0.00155	45.27	10,421,899	15807	0.00152	1517
Touch up*	3,363,077	3531	0.00105	29.89	3,656,515	3876	0.00106	31.48	3,402,182	3538	0.00104	30.38	10,421,774	10945	0.00105	1050
ICT*	3,363,067	1614	0.00048	13.66	3,656,506	1463	0.00040	11.88	3,402,166	1259	0.00037	10.81	10,421,739	4336	0.00042	416
Case assembly*	3,363,051	31	0.00001	0.26	3,656,494	30	0.00001	0.25	3,402,154	34	0.00001	0.29	10,421,699	95	0.00001	9
Function test 1,2*	3,363,046	874	0.00026	7.40	3,656,479	841	0.00023	6.83	3,402,146	987	0.00029	8.47	10,421,671	2702	0.00026	259
Final packing*	3,363,021	40	0.00001	0.34	3,656,450	37	0.00001	0.30	3,402,108	34	0.00001	0.29	10,421,579	111	0.00001	11
รวม		11814		100.00		12310		100.00		11648		100.00		35773		3432

หมายเหตุ : * ปริมาณการผลิตลดลงเนื่องจากเกิดของเสียในกระบวนการผลิตที่ไม่สามารถนำกลับมาซ่อมใหม่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 3.2 นำข้อมูลของเสียที่ได้มาจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการโดยใช้แผนผังพาเรโตมาวิเคราะห์ว่ากระบวนการใดมีของเสียมากที่สุดดังรูปที่3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพพาเรโตแสดงสัดส่วนของเสียในกระบวนการต่างๆ

จากรูปที่ 3.1 สัดส่วนของเสียในกระบวนการต่างๆ เป็นเวลา 3 เดือน โดยคำนวณจากผลรวมสัดส่วนของเสียในหน่วย PPM จากค่าปริมาณของเสียโดยรวมทั้งกระบวนการผลิต 3,432 PPM และพิจารณาแยกของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยยึดหลัก 80:20 ในการคัดเลือก กระบวนการที่มีความสำคัญสูงมาพิจารณาก่อน ทำให้ได้กระบวนการ Wave soldering ที่มีปริมาณของเสีย 1,517 PPM กระบวนการ Touch up 1,050 PPM และ ICT 416 PPM แต่เนื่องจากกระบวนการ Wave soldering มีค่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการบัดกรีบกพร่องมากที่สุด 44.2% ของกระบวนการผลิตทั้งหมด อีกทั้งกระบวนการนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียได้ในการผลิตขั้นตอนต่อมา และต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายทางด้านแรงงานเพื่อซ่อมงานโดยไม่จำเป็น ดังนั้น จึงเลือกใช้ค่าของเสียที่เกิดจากการบัดกรีด้วยคลื่นเป็นค่าตัวแปรตอบสนองที่จะใช้ในบทต่อๆไป

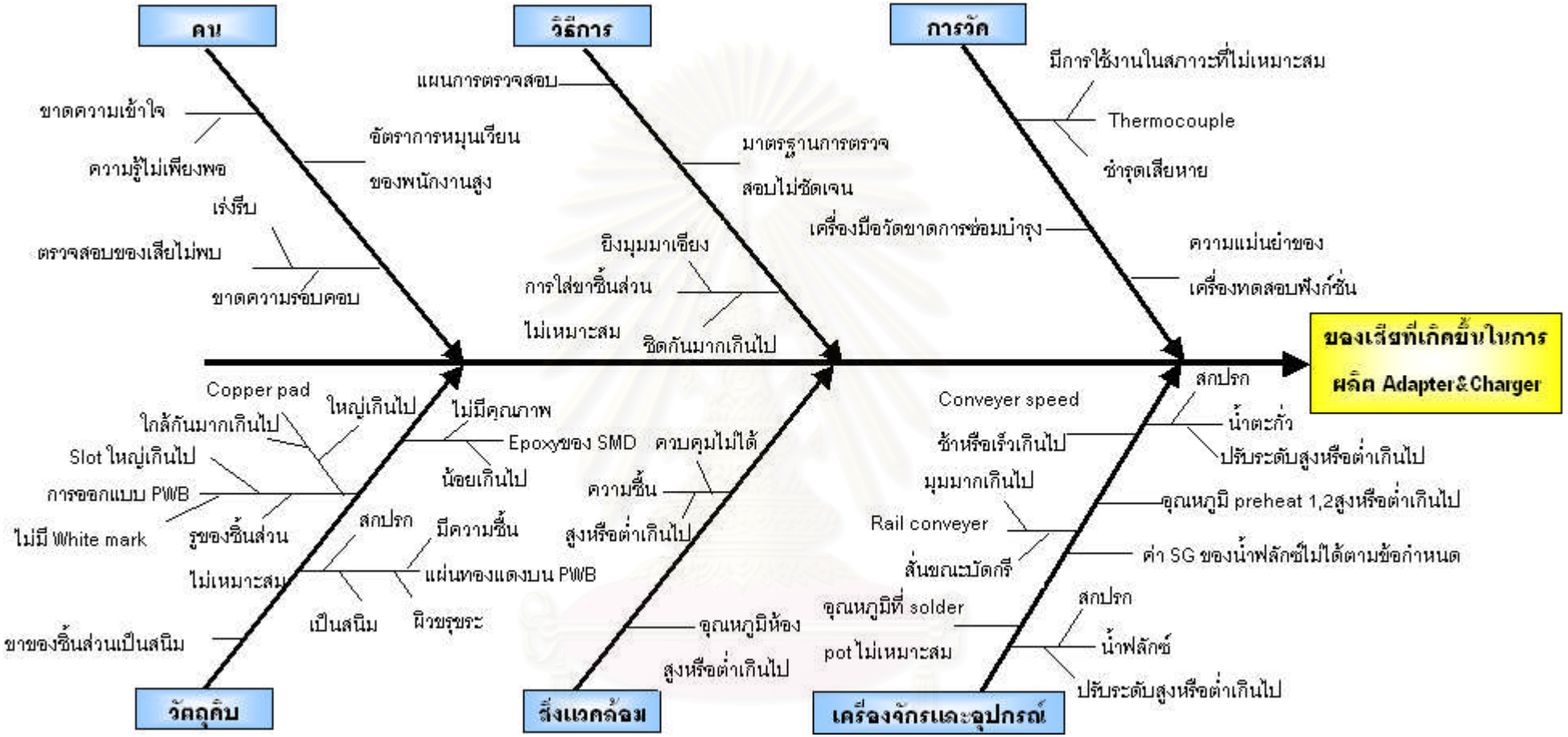
3.2 ผลกระทบของปัญหา

การวิเคราะห์ปัญหาจากผังแสดงเหตุและผล

ผังแสดงเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) เป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่างๆ ในการระบุสาเหตุของปัญหาต้องกระทำโดยวิธีการระดมสมองจากกลุ่มคนซึ่งมีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยในกระบวนการผลิตนั้นๆ เพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างอาจจะทำให้การแก้ไขปัญหาผิดจุดได้ สาเหตุที่ระบุได้จากผังแสดงเหตุและผลจะเป็นการกำหนดปัจจัยเพื่อที่จะทำการปรับปรุงต่อไป

เมื่อพิจารณาปัจจัยจากการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าจะพบว่ามีหลายปัจจัยที่เข้ามามีผลกระทบต่อคุณภาพการผลิตภัณฑ์ ซึ่งรายระเอียดของผังแสดงเหตุและผลดังรูปที่ 3.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 ผังแสดงสาเหตุและผลของข้อบกพร่องที่เกิดจากการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า

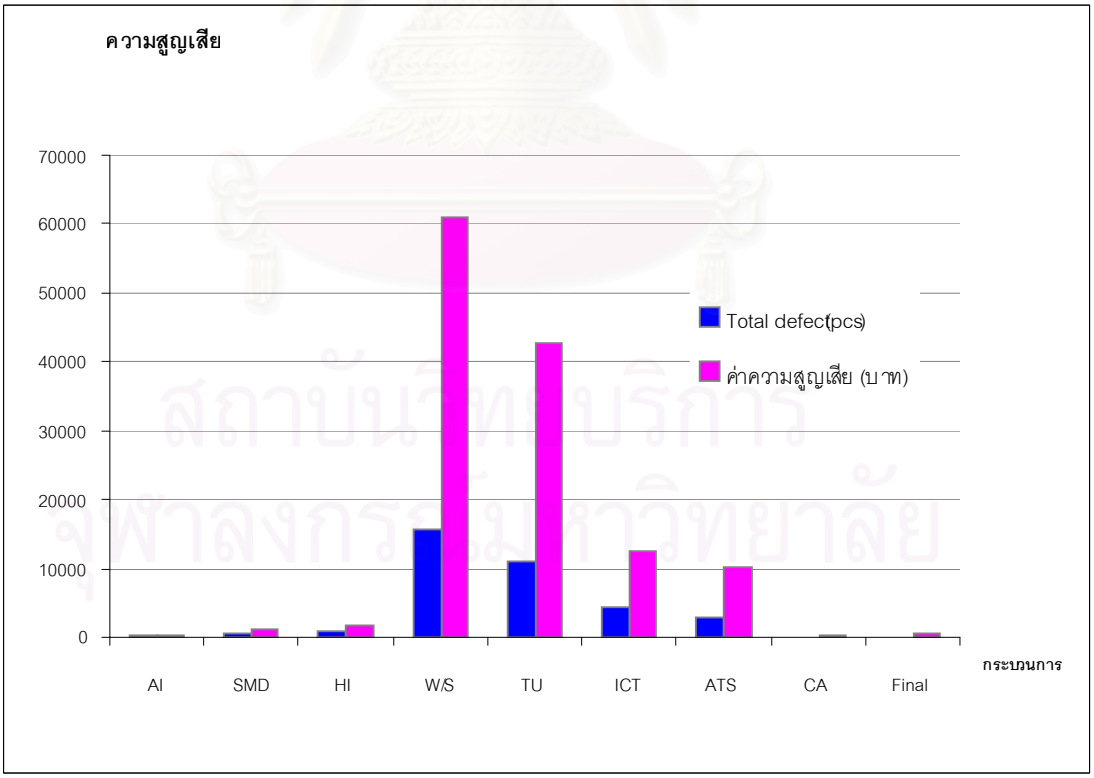
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณามูลค่าความสูญเสียในเวลา 3 เดือน จะเสดงให้เห็นว่ามูลค่าความสูญเสียจากของเสียที่เกิดขึ้นแยกตามแต่ละกระบวนการ ได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่3.3 ค่าความสูญเสียจากของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ

Station	Total defect(pcs)	ค่าความสูญเสีย (บาท)	%
AI	185	370	0.28
SMD	720	1099	0.85
HI	872	1744	1.34
W/S	15806	60853	46.83
TU	10945	42686	32.85
ICT	4336	12574	9.68
ATS	2702	9727	7.49
CA	95	428	0.33
Final	111	472	0.36
Other	-	-	0
Defect Qty (pcs)	35772	129953	100

จากข้อมูลในตารางที่ 3.3 จะเห็นว่าที่กระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น Wave soldering, Touch up และ ICT มีมูลค่าของเสียเกิดขึ้นมากที่สุดตามลำดับ สามารถแสดงเป็นกราฟแท่งได้ดังรูปที่ 3.3

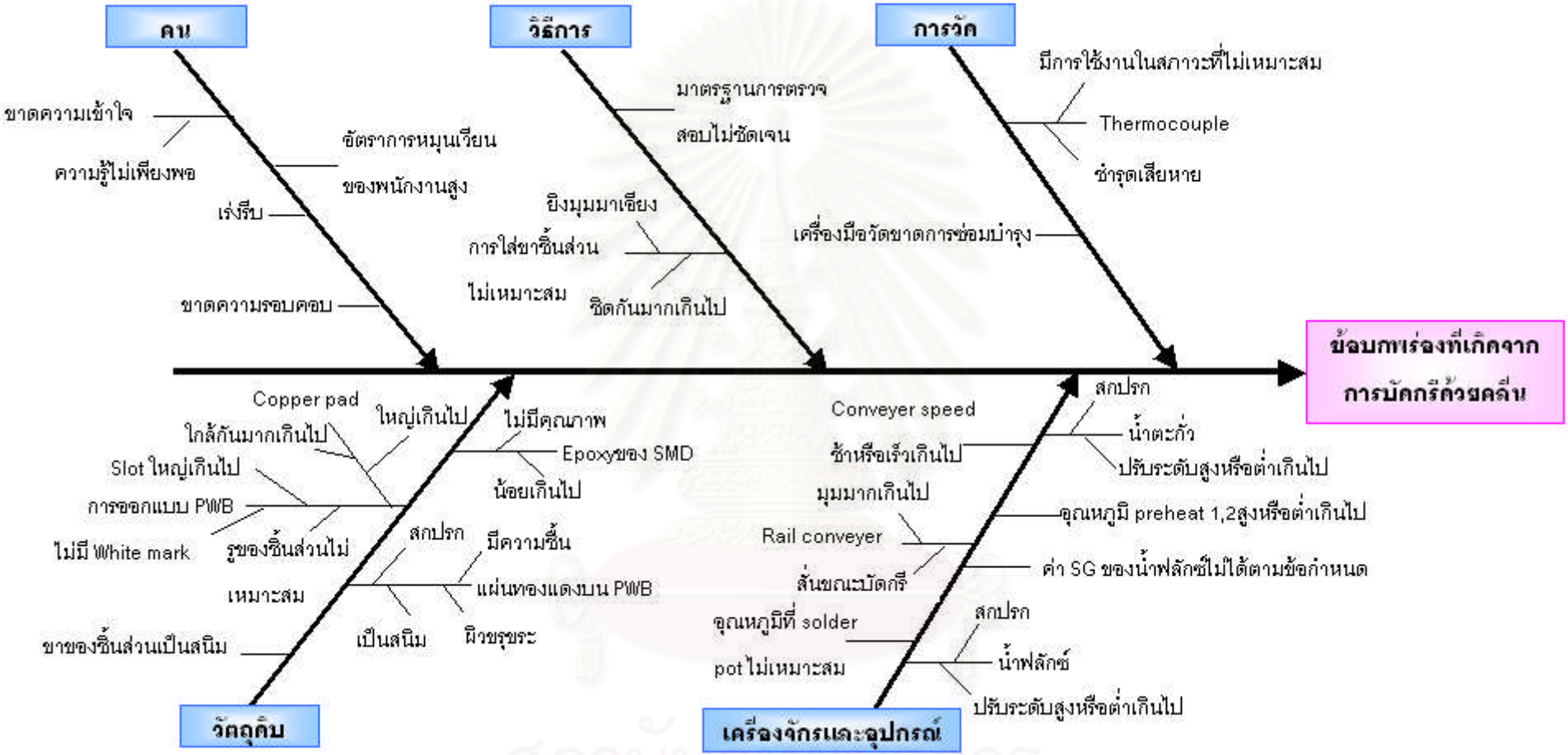


รูปที่ 3.3 ความสูญเสียจากของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ

การวิเคราะห์ผลกระทบของปัญหาจากการศึกษาสภาพปัญหาและเก็บข้อมูลเพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่แท้จริงและถูกต้อง ในส่วนนี้จะนำข้อมูลในอดีตที่ได้มาใช้ และนำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยผังแสดงเหตุและผล จากกระบวนการ Wave soldering มีค่าความสูญเสียที่เกิดจากการบัดกรีบกพร่องมากที่สุด 60,853 บาท คิดเป็น 46.83% ของกระบวนการผลิตทั้งหมด โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดจากเครื่องจักรที่ทำการปรับตั้งที่ข้าไม่เหมาะสมเป็นส่วนใหญ่ การวิเคราะห์ปัญหาด้วยผังแสดงเหตุและผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น จะแสดงได้ดังรูปที่ 3.4

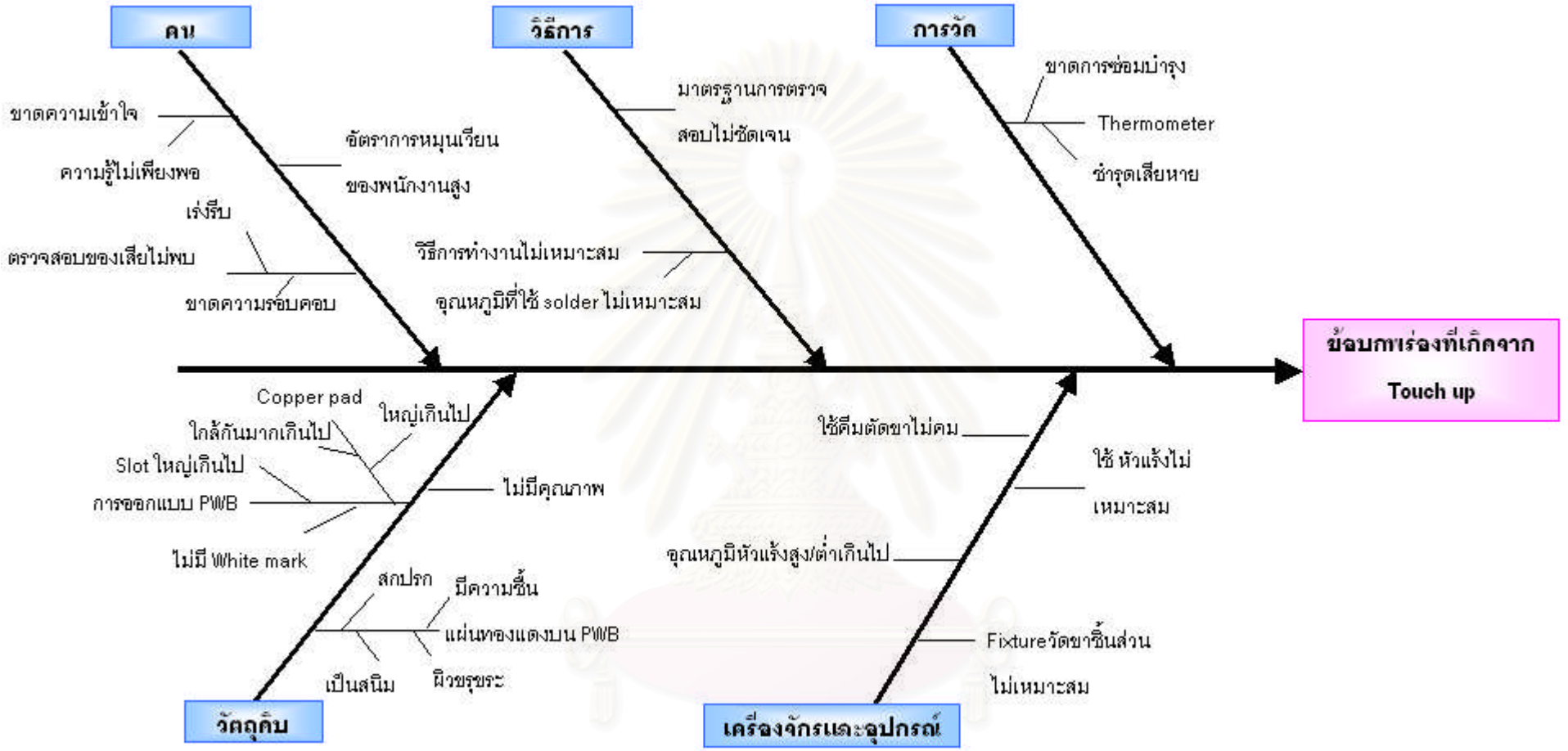
ส่วนมูลค่าของเสียอีกกระบวนการ ที่มีค่าสัดส่วนของเสียและค่าความสูญเสียรองลงมาก็คือ กระบวนการ Touch up มีค่าเท่ากับ 42,686 บาท คิดเป็น 32.85% ของกระบวนการผลิตทั้งหมด โดยผลกระทบที่เกิดของเสียขึ้นนี้จะเกิดจากการทำงานของคนเป็นส่วนใหญ่ การวิเคราะห์ปัญหาด้วยผังแสดงเหตุและผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น จะแสดงได้ดังรูปที่ 3.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 ผังแสดงสาเหตุและผลของข้อบกพร่องที่เกิดจากการบัดกรีด้วยคลื่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 ผังแสดงสาเหตุและผลของข้อบกพร่องที่เกิดจากการบัดกรีด้วยมือ Touch up

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 แนวทางการดำเนินงาน

จากการกำหนดปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต Adapter และ Charger เมื่อสามารถระบุปัญหาที่ต้องการจะศึกษาและปรับปรุง หลังจากนั้นทีมงานก็จะร่วมกันระดมความคิดเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียอันเนื่องมาจากการบัดกรีด้วยคลื่น เพื่อนำไปปรับปรุง ในขั้นตอนต่อไป

เมื่อสามารถระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาและปรับปรุงแล้ว จากนั้นจะต้องทำการกำหนดทีมงานเพื่อทำงานร่วมกันโดยคัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญในแต่ละส่วนของกระบวนการผลิต เช่น หัวหน้าพนักงานฝ่ายการผลิต วิศวกรควบคุมการผลิต วิศวกรฝ่ายวิจัยและพัฒนา วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ ผู้ดำเนินการวิจัยและประสานงาน

แนวทางการลดของเสียจะใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติ และโปรแกรม MINITAB มาช่วยในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการ ดังตารางที่ 3.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 แนวทางการดำเนินงาน

ขั้นตอน	เครื่องมือและวิธีการที่เลือกใช้	ตัววัดผล
การศึกษาสภาพปัญหา	การระดมความคิดเพื่อแจกแจงปัญหาและผลกระทบของกระบวนการ	-
	การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยผังแสดงสาเหตุและผลของข้อบกพร่อง	-
	การเก็บข้อมูลสัดส่วนของเสียในอดีตของแต่ละขั้นตอนการผลิต	สัดส่วนของเสีย
	ทำการกำหนดทีมงานเพื่อทำงานร่วมกัน	-
การดำเนินการเพื่อลดความสูญเสีย	การวิเคราะห์สาเหตุจากกระบวนการผลิตโดยรวม	-
	การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)	ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ
การปรับปรุงแก้ไข	การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2k	P-Value น้อยกว่า 0.1
	โปรแกรม MINITAB	
ปัญหาและอุปสรรค	การเก็บข้อมูลสัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุง	สัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุง และค่าความสูญเสียที่ลดลง (บาท)
	อุปสรรคที่เกิดจากวัตถุดิบ	-
	อุปสรรคที่เกิดจากวิธีการ	-
	อุปสรรคที่เกิดจากเครื่องจักร	-
	อุปสรรคที่เกิดจากคน	-
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	การสรุปและเสนอแนะจากการลดความสูญเสีย	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาสภาพปัญหาในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าพบว่าในปัจจุบันเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ทั้งที่สามารถนำกลับมาแก้ไขซ้ำได้(Rework) และ ส่วนที่จะต้องนำไปทำลายทิ้ง(Scrap) ในการพิจารณาเพื่อลดของเสียนี้จึงเลือกพิจารณาของเสียที่มีลักษณะการเกิดของเสียที่สามารถนำกลับมาแก้ไขงานได้ เนื่องจากถ้าทำการลดปริมาณของเสียจากการทำงานซ้ำลดลงได้ ก็จะสามารถลดปริมาณงานเสียที่ต้องนำไปทำทิ้งได้เช่นกัน

โดยการกำหนดปัญหาได้พิจารณาจากข้อมูลในอดีต 3 เดือนเพื่อทำการคัดเลือกตัวแปรตอบสนองจากการวิเคราะห์สัดส่วนของเสีย และต้นทุนการผลิตในกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น Wave soldering มีค่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการบัดกรีบกพร่องมากที่สุด อีกทั้งกระบวนการนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียได้ในการผลิตขั้นตอนต่อมา และต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายทางด้านแรงงานเพื่อซ่อมงานโดยไม่จำเป็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การดำเนินการเพื่อลดความสูญเสีย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ลดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่เกิดในกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่นที่ได้เนื่องจากขั้นตอนการผลิตนี้มีปริมาณของเสียมากที่สุด และนำมาซึ่งของเสียในกระบวนการผลิตขั้นตอนต่อ ๆ มา ทำให้สูญเสียเวลาและค่าใช้จ่ายทั้งทางด้านคน อุปกรณ์ และวัตถุดิบ ที่จะต้องนำไปแก้ไขเป็นจำนวนมาก การดำเนินการนี้จะทำการวิเคราะห์สาเหตุจากกระบวนการผลิตโดยรวมที่เป็นผลกระทบทำให้เกิดของเสียจากการบัดกรีด้วยคลื่น จากนั้นจะแสดงประเภทของเสียในลักษณะต่าง ๆ และสาเหตุที่เกิดการบัดกรีด้วยคลื่น เพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อนำไปหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ และนำไปทำการปรับปรุงโดยการออกแบบการทดลอง โดยใช้โปรแกรม MINITAB ช่วยในการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย แล้วนำไปทดสอบกับงานจริง และเก็บข้อมูลหลังจากการปรับปรุงเพื่อนำมาคำนวณในรูปของผลตอบแทนที่ได้รับ

4.1 การวิเคราะห์ความบกพร่องจากกระบวนการผลิตโดยรวม

ในการพิจารณาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนี้ จะพิจารณาที่ความบกพร่องที่เกิดบนแผ่นวงจรพิมพ์ประกอบกับชิ้นส่วนที่ทำการบัดกรีด้านเดียว (PWB Single side) ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้า อันนำไปสู่การเกิดความสูญเสียในกระบวนการ ตามขั้นตอนการผลิตดังต่อไปนี้

- **ขั้นตอน** Auto Component insertion เป็นการใส่ชิ้นส่วนลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ (PWB) ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ โดยชิ้นส่วนที่เป็นลักษณะตัวนอน เรียกว่า AXIAL ส่วนชิ้นส่วนที่เป็นลักษณะตัวตั้ง เรียกว่า REDIAL ลักษณะความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการนี้ได้แก่

  1) การยิงชิ้นส่วนไม่ได้มุมที่เหมาะสม
  2) ชิ้นส่วนมีขาที่ยาวเกินไป
  3) ชิ้นส่วนเสียหายเนื่องจากได้รับการกระแทกจาก เครื่องจักร
  4) ชิ้นส่วนหลุดหาย

- **ขั้นตอน** Surface Mounted Device (SMD) ขั้นตอนนี้ใช้ เครื่องจักรจำนวน 3 ชนิด คือ GLUE DESPENSING MACHINE เป็นเครื่องจักรสำหรับหยอดกาวลงบนพื้นผิวของแผ่นวงจรพิมพ์ ก่อนที่จะนำแผ่นวงจรพิมพ์ไปวางตัวงานที่เครื่องวางตัวงานบนพื้นผิว PLACEMENT MACHINE เป็นเครื่องจักรอัตโนมัติที่ใช้สำหรับวางชิ้นส่วนบนพื้นผิว ซึ่งจะเป็นชิ้นส่วนลักษณะที่ไม่มีขา แล้วผ่านไปยังเครื่อง REFLOW ที่ใช้สำหรับให้ความร้อนแก่แผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้หยอดกาวและวางตัวงานบนแผ่นวงจรพิมพ์เรียบร้อยแล้ว เพื่อให้กาวที่หยอดไปแล้วแข็งตัว การผลิตและเครื่องจักรแสดงดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การผลิตขั้นตอน Surface Mounted Device (SMD)

ลักษณะความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการนี้ ได้แก่

1) ปริมาณกาวไม่เพียงพอต่อการยึดติดชิ้นส่วนกับแผ่นวงจรพิมพ์
2) ปริมาณกาวมากเกินไป จนเลอะแผ่นทองแดงที่ใช้บัดกรี
3) วางชิ้นส่วนมาไม่ครบ
4) ชิ้นส่วนเอียงไม่ได้แนวตามแผ่นทองแดง
5) ชิ้นส่วนกลับด้าน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

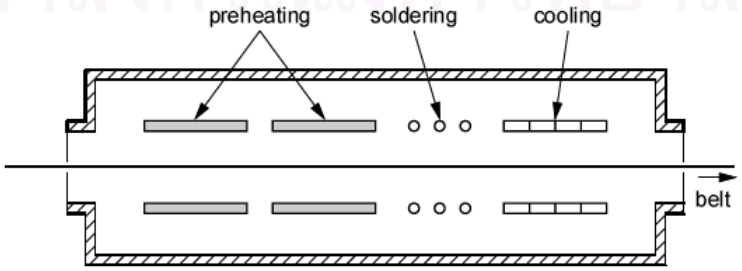
- **ขั้นตอน** Hand insertion เป็นการใส่ชิ้นส่วนลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ (PWB) โดยคน ซึ่งจะนำตัวงานวางบนสายพานเพื่อใช้ประกอบแผ่นวงจรพิมพ์ กับชิ้นส่วนต่างๆ โดยสายการผลิตแสดงดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 การผลิตขั้นตอน Hand insertion

ลักษณะความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการนี้ ได้แก่

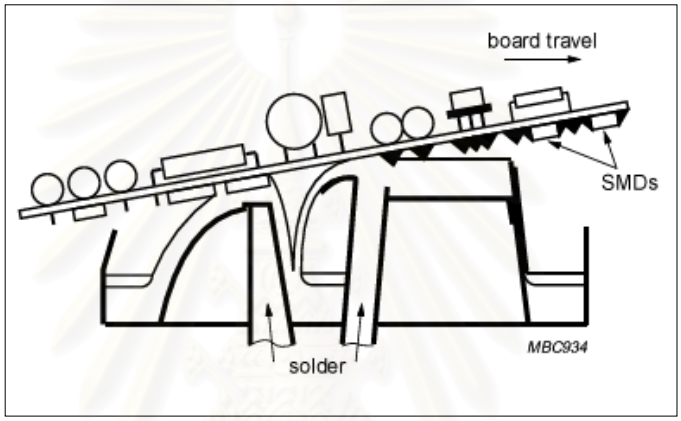
1) การใส่ชิ้นส่วนผิดค่าบนแผ่นวงจรพิมพ์
2) ฟิกเจอร์ในการประกอบ Heat sink ไม่เหมาะสม
3) ใส่ชิ้นส่วนผิดรูบนแผ่นวงจรพิมพ์
4) การวางแผ่นวงจรพิมพ์ประกอบผิดทิศทางการเข้าเครื่อง Wave Soldering

- **ขั้นตอน** Wave Soldering เป็นการบัดกรีด้วยคลื่นโดยตัวงานจะถูกลำเรียงไปตามสายพานการผลิตผ่านเข้าเครื่อง Wave Soldering โดยตะกั่วจะยึดติดระหว่างขาชิ้นส่วนและแผ่นวงจรพิมพ์ ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องจะแสดงในภาคผนวก ก ซึ่งจะสามารถแบ่งเป็นสามส่วนหลักๆ คือ Preheat , Solder และ Cooling ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การทำงานของเครื่อง Wave Soldering

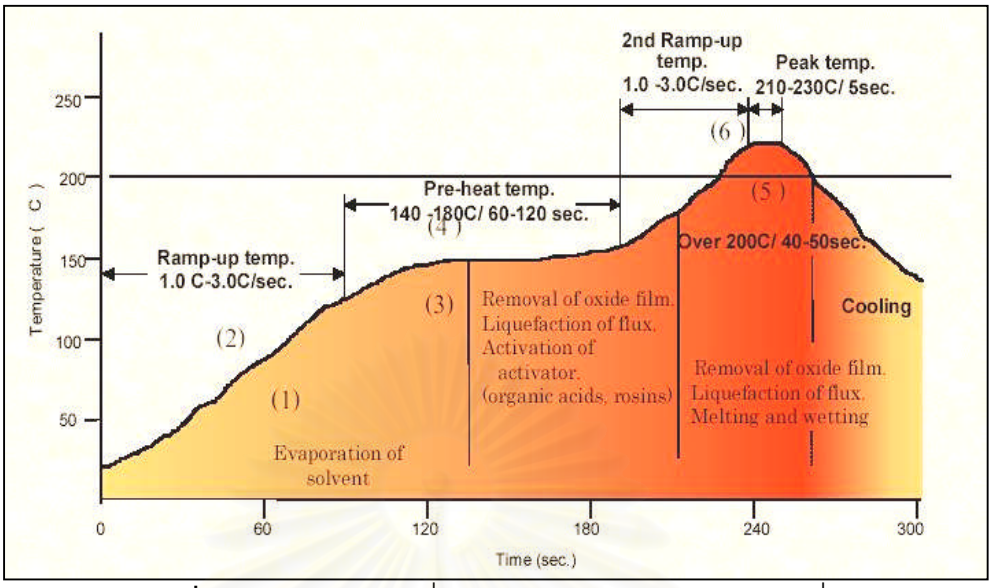
ในการบัดกรีจะใช้คลื่นแลมบ์ดา (Lambda wave) เป็นคลื่นหลักในการบัดกรีตัวงานกับแผ่นวงจรพิมพ์ด้านบัดกรี (Solder side) ด้วยลักษณะเด่นของน้ำตะกั่วที่มีลักษณะที่เรียบและกว้างจึงไม่เหมาะสำหรับงานที่มีชิ้นส่วนที่ไม่มีขา (Surface component) เพราะน้ำตะกั่วจะไม่สามารถพุ่งเข้าไปในจุดที่เป็นซอกมุมเล็กๆได้ แต่จะเหมาะสมกับงานที่เป็นชิ้นส่วนที่มีขา (Plate through hole) ส่วนงานที่มีชิ้นส่วนที่ไม่มีขาจะผ่านการบัดกรีด้วยคลื่นเทอร์บูเลนท์ (Turbulent wave) ด้วยลักษณะเด่นของน้ำตะกั่วที่มีลักษณะที่พุ่งขึ้นมาจึงเหมาะสำหรับงานที่เป็นชิ้นส่วนที่ไม่มีขา เพราะน้ำตะกั่วจะสามารถพุ่งเข้าไปในจุดซ่อนเร้นที่เป็นซอกมุมเล็กๆได้ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ลักษณะการบัดกรีด้วยคลื่น

ปัจจัย (Parameter) **ต่าง ๆของเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น**

- Speed Conveyor มีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที
- Pre-heater 1 **และ** 2 มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส (^{O}C) โดยจะต้องปรับให้ได้ตามลักษณะของกราฟ (profile) ดังรูปที่ 4.5
- Temperature Solder Pot มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส (^{O}C)
- Angle Rail Conveyor มีหน่วยเป็น องศา
- Lambda Wave มีหน่วยเป็น สเกล
- Chip **หรือ** Turbulent Wave มีหน่วยเป็น สเกล
- Flux Specific Gravity ตามข้อกำหนด คือ 0.794 ถึง 0.810 ที่ 25 ^{O}C



รูปที่ 4.5 กราฟ Profile ที่เป็นข้อกำหนดในการบัดกรีด้วยคลื่น

ลักษณะความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการนี้ ได้แก่

1) Solder short
2) Solder Hole
3) No Solder
4) Solder Icicle
5) Solder Ball
6) Solder Crack
7) Cold Solder
8) Insufficient Solder
9) Solder short hair line
10) Solder short under part
11) ตัวงานตกหม้อบัดกรี
12) มีคราบน้ำฟลักซ์ติดอยู่ที่ตัวงานทำให้ทดสอบฟังก์ชันไม่ผ่านตามข้อกำหนด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **ขั้นตอน Touch up** เป็นการบัดกรีโดยใช้หัวแร้ง (Solder Iron) โดยขั้นตอนนี้จะใช้คนในการปฏิบัติงานเพื่อแก้ไขจุดบกพร่องที่เกิดจากการบัดกรีด้วยคลื่น และใช้กล้องขยาย MAGNIFIER 6X ที่มีขีดความสามารถในการมองเห็นวัตถุขนาดใหญ่กว่าวัตถุจริง 6 เท่า ตรวจสอบจุดบกพร่องก่อนส่งตัวงานไปยังขั้นตอนต่อไปลักษณะความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการนี้ได้แก่

1) Solder short
2) Solder Ball
3) Solder Hole
4) Solder Crack
5) Solder Icicle
6) แผ่นทองแดงร่อน
7) ชิ้นส่วนแตกหักเสียหาย

- **ขั้นตอน In Circuit Test (ICT)** เป็นตรวจสอบการใส่ตัวงานโดย In Circuit Tester ว่าถูกต้องตามข้อกำหนดหรือไม่ลักษณะความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการนี้ ได้แก่

1) ไม่ผ่านเครื่องตรวจสอบ เนื่องจาก ความบกพร่องที่เกิดจากการบัดกรี
2) ชิ้นส่วนเสียหาย แตกหัก เนื่องจากเข็มทดสอบ

- **ขั้นตอน Case Assembly** เป็นการประกอบตัวงานเข้ากับพลาสติกเคส (Plastic - Case) ลักษณะความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการนี้ ได้แก่

1) ชิ้นส่วนเสียหาย แตกหักเนื่องจากการประกอบ
2) แผ่นวงจรพิมพ์แตก

- **ขั้นตอน Functional Test** เป็นการทดสอบฟังก์ชันที่ตัวงานว่าเป็นไปตามข้อกำหนด ลักษณะความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการนี้ ได้แก่

1) ไม่ผ่านเครื่องทดสอบฟังก์ชัน
2) ตัวงานระเบิด
3) ไม่มี Input และ Output

- **ขั้นตอน Final Inspection** เป็นการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ ลักษณะความบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการนี้ ได้แก่

1) ผิวของผลิตภัณฑ์เป็นรอยเกินกว่าข้อกำหนด

4.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

หลังจากที่ได้พิจารณาเลือกปัจจัยที่สำคัญจากการพิจารณาด้วยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) และวิเคราะห์ความบกพร่องจากกระบวนการผลิตโดยรวมแล้ว ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMBA) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่าง ๆ พร้อมกับพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วยตารางที่ 4.1 โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจะคำนึงถึงการให้คะแนนของ Risk Priority Number (RPN)

การคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ O x S x D เมื่อ

O = Occurrence	คือ	ระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหาความล้มเหลว ความผิดพลาด
S = Severity	คือ	ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น
D = Detection	คือ	ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงาน หรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมาจาก 1x1x1 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกันและสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้กับลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ในขณะที่ค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1000 ซึ่งมาจาก 10x10x10 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีมากรวมถึงความสามารถในการตรวจจับปัญหามีน้อย

ในการให้คะแนนของทั้ง 3 พารามิเตอร์นั้นจะทำการวิเคราะห์ และให้คะแนนโดยการระดมความคิดของทีมงานซึ่งจะมีผู้เกี่ยวข้องกับกระบวนการหลายๆฝ่าย เพื่อที่จะทำการกลั่นกรองให้เหลือเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหาจากนั้นทำการใช้ผังเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญดังแสดงใน ตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.6 ก่อนที่จะนำไปทำการทดสอบสมมุติฐานในขั้นตอนของการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาต่อไป

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA

Failure Mode Effect Analysis

Process or Product name	WAVE SOLDERING
Responsible	FMEA team

Process Flow	Key Process Input	Potential Failure Effect	Severity(S)	Protential cause	Occurrence	Current controls	Detection(D)	RPN	Action Recommended	Response Person	Action Taken	S E V
Wave soldering	Wave soldering M/C	Solder short	7	วางPWBเข้าเครื่องผิดด้าน	2	กำหนดในใบงานการปฏิบัติการ	1	14		IE		
				แผ่นทองแดงอยู่ติดกันเกินไป	4	ตรวจสอบด้วย ICT	1	28	บัดกรีที่จุดบกพร่อง	IE		
				ขาของชิ้นส่วนเอียงชิดกันมากเกินไป	3	ควบคุมความยาวขาของชิ้นส่วนไม่ให้เกินข้อกำหนด	5	105	กำหนด spce ความยาวขาที่เหมาะสม	IE		
				การปรับระดับน้ำตะกั่วสูงเกิน	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	168		ME		
				อุณหภูมิของpreheat 1,2 สูงหรือต่ำเกินไป	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	168		ME		
				น้ำฟลักซ์สกปรก	6	เปลี่ยนน้ำฟลักซ์	3	126		ME		
				ตะกั่วที่ใช้ในการบัดกรีสกปรก	6	กวาดขี้ตะกรันที่อยู่ในหม้อบัดกรีทิ้ง	2	84	เก็บขี้ตะกรันทุกๆ 1 ชม	ME		

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA (ต่อ)

Failure Mode Effect Analysis

Process or Product name	WAVE SOLDERING
Responsible	FMEA team

Process Flow	Key Process Input	Potential Failure Effect	Severity(S)	Protential cause	Occurrence	Current controls	Detection(D)	RPN	Action Recommended	Response Person	Action Taken	S E V
Wave soldering	Wave soldering M/C	Solder Hole	7	ชิ้นส่วนสกปรก	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	42	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบของแต่ละlot	VQA		
				แผ่นทองแดงเป็นสนิม ชรุขระ	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	42	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบของแต่ละlot	VQA		
				Speed conveyer เร็วเกินไป	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	3	105		ME		
				มุมของRail conveyer มากเกิน	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	3	105		ME		
				ระดับน้ำตะกั่วต่ำเกินไป	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	168		ME		
				อุณหภูมิของpreheat 1,2 ต่ำเกินไป	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	168		ME		
				น้ำฟลักซ์สกปรก	6	เปลี่ยนน้ำฟลักซ์	3	126		ME		

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA (ต่อ)

Failure Mode Effect Analysis

Process or Product name	WAVE SOLDERING
Responsible	FMEA team

Process Flow	Key Process Input	Potential Failure Effect	Severity(S)	Protential cause	Occurrence	Current controls	Detection(D)	RPN	Action Recommended	Response Person	Action Taken	S E V
Wave soldering	Wave soldering M/C	No Solder	9	ขึ้นส่วนสกปรก	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	54	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบของแต่ละlot	VQA		
				แผ่นทองแดงเป็นสนิม ชรุขระ	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	54	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบของแต่ละlot	VQA		
				Speed conveyer เร็วเกินไป	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	3	135		ME		
				ไม่ได้เปิด Turburant wave (Wave2)	5	ตรวจสอบด้วยสายตา	4	180	ทำ check list	ME		
				อุณหภูมิของpreheat 1,2 ต่ำเกินไป	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	216		ME		
				น้ำฟลักซ์สกปรก	6	เปลี่ยนน้ำฟลักซ์	3	162		ME		

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA (ต่อ)

Failure Mode Effect Analysis

Process or Product name	WAVE SOLDERING
Responsible	FMEA team

Process Flow	Key Process Input	Potential Failure Effect	Severity(S)	Protential cause	Occurrence	Current controls	Detection(D)	RPN	Action Recommended	Response Person	Action Taken	S E V
Wave soldering	Wave soldering M/C	Solder Icecle	3	ชิ้นส่วนสกปรก	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	18	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบ	VQA		
				ขาของชิ้นส่วนยาวมากเกินไป	7	ควบคุมความยาวขาของชิ้นส่วนไม่ให้เกินข้อกำหนด	5	105	กำหนด spec ความยาวขาที่เหมาะสม	IE		
				อุณหภูมิที่ Solder Pot ไม่เหมาะสม	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	5	75		ME		
				Speed conveyer เร็วเกินไป	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	3	45		ME		
				อุณหภูมิของ preheat 1,2 ต่ำเกินไป	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	72		ME		
				น้ำฟลักซ์สกปรก	6	เปลี่ยนน้ำฟลักซ์	3	54		ME		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA (ต่อ)

Failure Mode Effect Analysis

Process or Product name	WAVE SOLDERING
Responsible	FMEA team

Process Flow	Key Process Input	Potential Failure Effect	Severity(S)	Protential cause	Occurrence	Current controls	Detection(D)	RPN	Action Recommended	Response Person	Action Taken	S E V
Wave soldering	Wave soldering M/C	Solder Ball	8	PWB มีความชื้นสูงเกินไป	3	นำPWB ไปอบความร้อน	3	72		IE		
				อุณหภูมิของ preheat 1,2 ต่ำเกินไป	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	192		ME		
		Solder Crack	6	ชิ้นส่วนสกปรก	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	36	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบ	VQA		
				แผ่นทองแดงเป็นสนิม ชรุขระ	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	36	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบ	VQA		
				อุณหภูมิที่ Solder Pot ไม่เหมาะสม	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	5	150		ME		
				ตะกั่วที่ใช้ในการบัดกรีสกปรก	6	กวาดขี้ตะกรันที่อยู่ในหม้อบัดกรีทิ้ง	2	72	เก็บขี้ตะกรันทุกๆ 1 ชม	ME		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA (ต่อ)

Failure Mode Effect Analysis

Process or Product name	WAVE SOLDERING
Responsible	FMEA team

Process Flow	Key Process Input	Potential Failure Effect	Severity(S)	Protential cause	Occurrence	Current controls	Detection(D)	RPN	Action Recommended	Response Person	Action Taken	S E V
Wave soldering	Wave soldering M/C	Cold Solder	3	ชิ้นส่วนสกปรก	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	18	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบ	VQA		
				แผ่นทองแดงเป็นสนิม ชรุขระ	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	18	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบ	VQA		
				Speed conveyer เร็วเกินไป	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	3	45		ME		
				อุณหภูมิที่ Solder Pot ไม่เหมาะสม	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	5	75		ME		
				อุณหภูมิของ preheat 1,2 ต่ำเกินไป	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	72		ME		
				ตะกั่วที่ใช้ในการบัดกรีสกปรก	6	กวาดขี้ตะกรันที่อยู่ในหม้อบัดกรีทิ้ง	2	36	เก็บขี้ตะกรันทุกๆ 1 ชม	ME		
				Rail conveyer สั่น	5	ซ่อมแซม	3	45	จัดการซ่อมบำรุง	ME		

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA (ต่อ)

Failure Mode Effect Analysis

Process or Product name	WAVE SOLDERING
Responsible	FMEA team

Process Flow	Key Process Input	Potential Failure Effect	Severity(S)	Protential cause	Occurrence	Current controls	Detection(D)	RPN	Action Recommended	Response Person	Action Taken	S E V
Wave soldering	Wave soldering M/C	Insufficient Solder	4	Speed conveyer เร็วเกินไป	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	3	60		ME		
				ระดับน้ำตะกั่วต่ำเกินไป	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	96		ME		
				อุณหภูมิของ preheat 1,2 ต่ำเกินไป	6	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	96		ME		
				ระดับน้ำฟลักซ์ต่ำเกินไป	5	ควบคุมระดับตามที่เหมาะสมตาม profile	4	80		ME		
Wave soldering	Wave soldering M/C	Solder short hair line	6	Fiber ในแผ่น PWB	1	ทดสอบ ICT	1	6		VQA		
				แผ่นทองแดงเป็นสนิม ขรุขระ	3	ตรวจสอบด้วยสายตา	2	36	สุ่มตัวอย่างตรวจสอบ	VQA		
				ตะกั่วที่ใช้ในการบัดกรีสกปรก	6	กวาดขี้ตะกรันที่อยู่ในหม้อบัดกรีทิ้ง	2	72	เก็บขี้ตะกรันทุกๆ 1 ชม	ME		
Wave soldering	Wave soldering M/C	Solder short under part	6	กาวSMD ไม่มีคุณภาพ	2	First in first out	2	24		SMD		
				หยอด กาวSMD น้อยเกินไป	5	ตรวจสอบด้วยเครื่องวัด	2	60	ตรวจสอบทุกๆ 4 ชม.	QC		

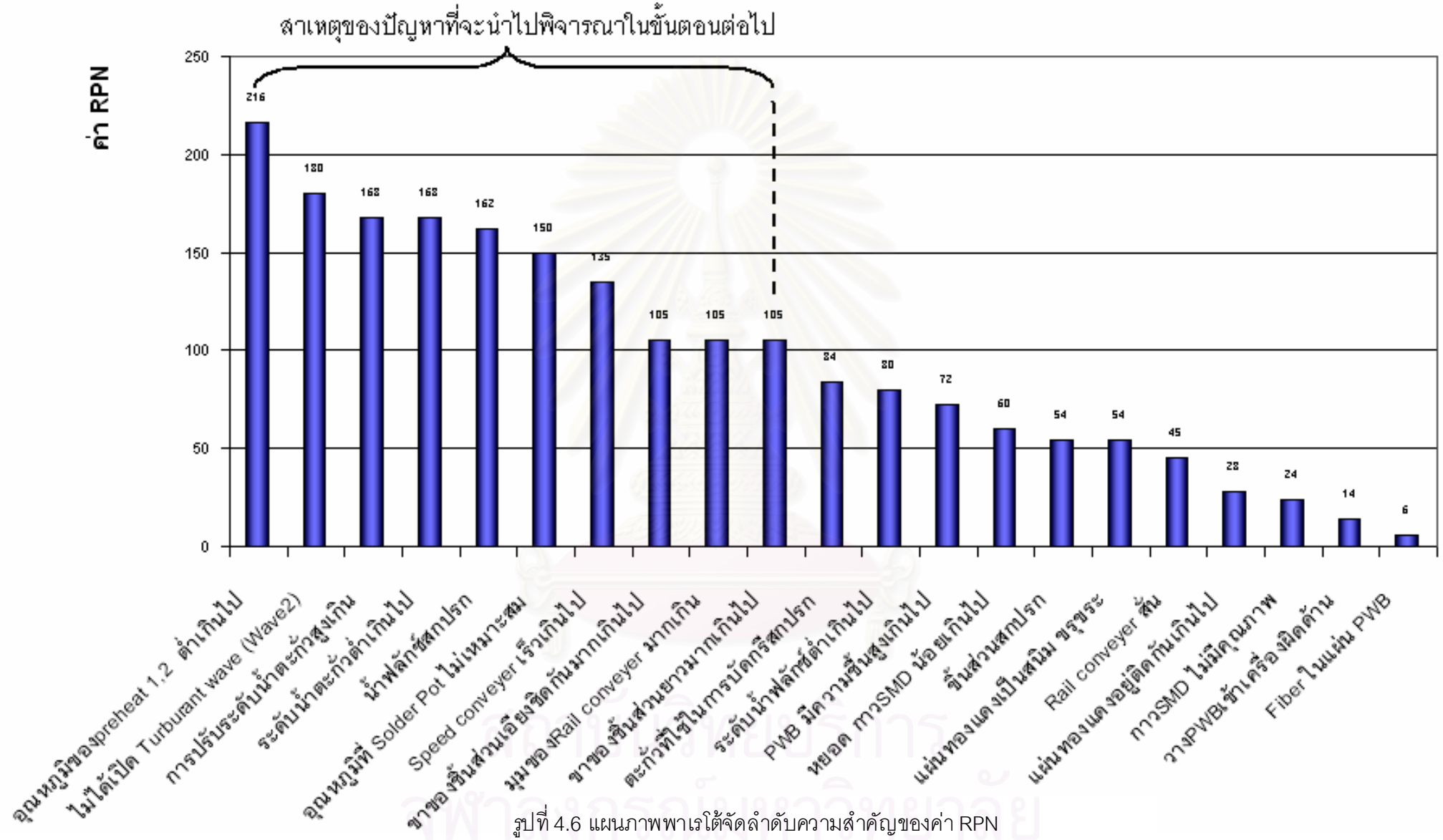
ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การให้คะแนน (FMEA RANKING SCALE)

FMEA RANKING SCALE

Occurrence/Cause	Scale	Failure Rate	Probability	Description
Very High	9	1 in 10	10%	Very high number of failure likely
High	7	1 in 100	1%	High number of failure likely
Moderate	5	1 in 1,000	0.10%	Moderate number of failure likely
Low	3	1 in 10,000	0.01%	Low number of failure likely
Very Low	1	< 1 in 10,000	< 0.01%	Very low number of failure likely

Severity/ Effect	Scale	Proces Impact (DFx/factory)	Product Functionality	Definition
Very High	9	Hazardous Compliance issue	Sedden or Gradual Failure	Safety issue
High	7	Shut down	Degraded performance Repair required	Customer's system damage
Moderate	5	Chronic disruption to metrics (PFQT)	Degraded performance	Product NOP
Low	3	Disruption to metrics	Slight deterioration in performance	Out of spec.
Very Low	1	No effect	No effect	No effect

Detection/ Control	Scale	Escape Rate	Probability	Definition	Description	Control Example
Very Low	9	1 in 20	5%	Return from Field or 1 in 100	Very low chance control detects failure	Visual audit of inspection
Low	7	1 in 100	1%	Return from Customer site or 1 in 500	Low chance control detects failure mode	Manual testing, interaction, and
Moderate	5	1 in 500	0.20%	Occur in Production OQA or 1 in 1,000	Moderate chance control detects failure	Automated test with manual
High	3	1 in 2,500	0.04%	Occur in Production Testing or 1 in 5,000	High chance control detects failure mode	Automated partial functional testing
Very High	1	< 1 in 2,500	< 0.04%	Occur in ICT test (or before) or 1 in 10,000	Very high chance control detects failure	Automated full functional testing



รูปที่ 4.6 แผนภาพพาเรโต้จัดลำดับความสำคัญของค่า RPN

จากการวิเคราะห์ความรุนแรงของสาเหตุของปัญหาจาก FMEA ของความบกพร่องของการบัดกรีด้วยคลื่นสามารถสรุปเป็นแผนผังพาเรโต้ได้ดังรูปที่ 4.6 ที่ได้จากการจัดลำดับค่า RPN ที่มีค่ามากกว่า 100 คะแนน เพื่อเป็นปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป โดยปัจจัยนำเข้าที่เลือกมานั้นมีจำนวนทั้งหมด 10 ปัจจัยดังต่อไปนี้

1) อุณหภูมิของpreheat 1,2 ต่ำเกินไป
2) ไม่ได้เปิด Turburant wave(Wave2)
3) การปรับระดับน้ำตะกั่วสูงเกิน
4) ระดับน้ำตะกั่วต่ำเกินไป
5) น้ำฟลักซ์สกปรก
6) อุณหภูมิที่ Solder Pot ไม่เหมาะสม
7) Speed conveyer เร็วเกินไป
8) ขาของชิ้นส่วนเอียงชิดกันมากเกินไป
9) มุมของRail conveyer มากเกิน
10) ขาของชิ้นส่วนยาวมากเกินไป

จากการวิเคราะห์ปัญหาเหตุด้วยผังแสดงเหตุและผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยปัจจัยนำเข้าที่เลือกมานั้นมีจำนวนทั้งหมด 10 ปัจจัยดังต่อไปนี้ อุณหภูมิของpreheat 1 และ 2 ต่ำเกินไป ไม่ได้เปิด Turburant wave(Wave2) การปรับระดับน้ำตะกั่วสูงเกิน ระดับน้ำตะกั่วต่ำเกินไป น้ำฟลักซ์สกปรก อุณหภูมิที่ Solder Pot ไม่เหมาะสม Speed conveyer เร็วเกินไป ขาของชิ้นส่วนเอียงชิดกันมากเกินไป มุมของRail conveyer มากเกิน ขาของชิ้นส่วนยาวมากเกินไป เพื่อเป็นปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่ได้พบว่าสาเหตุของปัญหาที่สำคัญที่เลือกมาปรับปรุงนั้นมีจำนวนทั้งหมด 10 ปัจจัย และเลือกใช้วิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สาเหตุและวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงการผลิต

สาเหตุ	วิธีการที่ใช้ในการปรับปรุง	ขั้นตอนการผลิตที่ถูกปรับปรุง
1 อุณหภูมิของ Preheat 1 และ 2 ต่ำเกินไป	การออกแบบการทดลองในเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k	การบัดกรีด้วยคลื่น
2 ไม่ได้เปิด Turburant wave (Wave2)	ปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงาน	การบัดกรีด้วยคลื่น
3 การปรับระดับน้ำตะกั่วสูงเกิน	การออกแบบการทดลองในเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k	การบัดกรีด้วยคลื่น
4 ระดับน้ำตะกั่วต่ำเกินไป	การออกแบบการทดลองในเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k	การบัดกรีด้วยคลื่น
5 น้ำฟลักซ์ สกปรก	ปรับปรุงวิธีการทำงานของคน	การบัดกรีด้วยคลื่น
6 อุณหภูมิที่ Solder Pot ไม่เหมาะสม	การออกแบบการทดลองในเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k	การบัดกรีด้วยคลื่น
7 Speed conveyer เร็วเกินไป	การออกแบบการทดลองในเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k	การบัดกรีด้วยคลื่น
8 ขาของชิ้นส่วนเอียงชิดกันมากเกินไป	ปรับปรุงการทำงาน	Auto insertion
9 มุมของRail conveyer มากเกิน	การออกแบบการทดลองในเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k	การบัดกรีด้วยคลื่น
10 ขาของชิ้นส่วนยาวมากเกินไป	ปรับปรุงการทำงาน	Auto insertion และการขึ้นรูปชิ้นส่วน

4.3.1 การปรับปรุงกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น

การปรับปรุงกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่นนี้จะใช้การออกแบบการทดลองในเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k โดยที่ k คือ จำนวนของปัจจัยที่นำมาทดลองและ จำนวนระดับของแต่ละปัจจัย และกำหนดให้ที่แต่ละระดับของปัจจัยเป็นค่าต่ำกับสูง และทำการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม MINITAB มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- **ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของการบัดกรีด้วยคลื่น**

ปัจจัยที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องจากเครื่องบัดกรีด้วยคลื่นของชิ้นงานมี 6 ปัจจัย โดยมีการกำหนดการทดลองโดยเลือกผลิตภัณฑ์รุ่น 150W เนื่องจากเป็นตัวงานที่มีจุดของการและระดับของแต่ละปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับ 1	ระดับ 2	หน่วย
A) Preheat	420	480	(^{O}C)
B) Pot temp.	240	250	(^{O}C)
C) Angle	6.0	7.0	degree
D) Lambda	40	50	Scale
E) Chip	60	68	Scale
F) Conveyer speed	1.4	1.6	m/min

- **ตัวแปรตอบสนอง**

ค่าตัวแปรตอบสนองคือค่าข้อบกพร่องจากการบัดกรีด้วยคลื่น ในหน่วย DPU โดยทำการพิจารณาจากตัวเกณฑ์วัดของเสีย ได้แก่ การบัดกรีไม่เพียงพอ (Insufficient solder), ชิ้นส่วนไม่ถูกบัดกรี (No solder), Solder Bridging, Solder short, Solder Icicles, Solder Ball, และ Solder Hole

- **การออกแบบการทดลอง**

การออกแบบการทดลองสำหรับการทดลองนี้จะใช้การออกแบบการทดลองในเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k โดยที่ k คือ 1) จำนวนของปัจจัยที่นำมาทดลองและ 2) จำนวนระดับของแต่ละปัจจัย และกำหนดให้ที่แต่ละระดับของปัจจัยเป็นค่าต่ำกับสูง นั่นคือจะได้ว่า การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k สำหรับ 6 ปัจจัยโดยที่ เป็นแบบ 2^6 Full Factorial ที่มีการทำซ้ำ 2 ครั้งและมีการเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Center point) 5 จุด เนื่องจากทางทฤษฎีควรมีการเพิ่มจุดศูนย์กลางเข้าไป 3-5 จุด ดังต่อไปนี้

Factorial Design

```
Fractional Factorial Design

Factors:        6   Base Design:          6, 32   Resolution: VI
Runs:          69   Replicates:               2   Fraction:  1/2

Blocks:      none   Center pts (total):       5

Design Generators:  F = ABCDE

Alias Structure

I + ABCDEF

A + BCDEF
B + ACDEF
C + ABDEF
D + ABCEF
E + ABCDF
F + ABCDE
AB + CDEF
AC + BDEF
AD + BCEF
AE + BCDF
AF + BCDE
BC + ADEF
BD + ACEF
BE + ACDF
BF + ACDE
CD + ABEF
CE + ABDF
CF + ABDE
DE + ABCF
DF + ABCE
EF + ABCD
ABC + DEF
ABD + CEF
ABE + CDF
ABF + CDE
ACD + BEF
ACE + BDF
ACF + BDE
ADE + BCF
ADF + BCE
AEF + BCD
```

อีกทั้งเป็นการประหยัดจำนวนครั้งของการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความเป็นเชิงเส้น ของผลที่จะเกิดกับปัจจัยต่างๆ และจะได้ลำดับของการทดลองเป็นการสุ่มรวมทั้งสิ้น 69 การทดลอง ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลอง

Std Order	Run Order	Center Point	Blocks	preheat	pot temp	angle	lamda	chip	speed	DPU
23	1	1	1	420	250	7	40	68	1.6	0.33
52	2	1	1	480	250	6	40	68	1.6	0.33
26	3	1	1	480	240	6	50	68	1.6	0.67
58	4	1	1	480	240	6	50	68	1.6	0.67
57	5	1	1	420	240	6	50	68	1.4	0.33
40	6	1	1	480	250	7	40	60	1.6	7.67
42	7	1	1	480	240	6	50	60	1.4	15.33
34	8	1	1	480	240	6	40	60	1.6	12
22	9	1	1	480	240	7	40	68	1.6	1
3	10	1	1	420	250	6	40	60	1.6	17.67
10	11	1	1	480	240	6	50	60	1.4	19.67
35	12	1	1	420	250	6	40	60	1.6	16.67
29	13	1	1	420	240	7	50	68	1.6	0.67
28	14	1	1	480	250	6	50	68	1.4	0.33
64	15	1	1	480	250	7	50	68	1.6	0.33
6	16	1	1	480	240	7	40	60	1.4	8.67
24	17	1	1	480	250	7	40	68	1.4	1
16	18	1	1	480	250	7	50	60	1.4	7.67
49	19	1	1	420	240	6	40	68	1.6	0.33
44	20	1	1	480	250	6	50	60	1.6	12.33
4	21	1	1	480	250	6	40	60	1.4	19.33
5	22	1	1	420	240	7	40	60	1.6	6.67
45	23	1	1	420	240	7	50	60	1.4	7.67

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลอง (ต่อ)

Std Order	Run Order	Center Point	Blocks	preheat	pot temp	angle	lamda	chip	speed	DPU
53	24	1	1	420	240	7	40	68	1.4	0.67
61	25	1	1	420	240	7	50	68	1.6	0.67
12	26	1	1	480	250	6	50	60	1.6	17.33
51	27	1	1	420	250	6	40	68	1.4	0
56	28	1	1	480	250	7	40	68	1.4	0.33
54	29	1	1	480	240	7	40	68	1.6	0.33
2	30	1	1	480	240	6	40	60	1.6	15.67
7	31	1	1	420	250	7	40	60	1.4	2
62	32	1	1	480	240	7	50	68	1.4	1
43	33	1	1	420	250	6	50	60	1.4	16
33	34	1	1	420	240	6	40	60	1.4	15.67
36	35	1	1	480	250	6	40	60	1.4	11.67
50	36	1	1	480	240	6	40	68	1.4	0.33
13	37	1	1	420	240	7	50	60	1.4	7.33
32	38	1	1	480	250	7	50	68	1.6	1.67
37	39	1	1	420	240	7	40	60	1.6	8.67
66	40	0	1	450	245	6.5	45	64	1.5	1
65	41	0	1	450	245	6.5	45	64	1.5	1
18	42	1	1	480	240	6	40	68	1.4	0.67
68	43	0	1	450	245	6.5	45	64	1.5	1
60	44	1	1	480	250	6	50	68	1.4	1
41	45	1	1	420	240	6	50	60	1.6	16.67
17	46	1	1	420	240	6	40	68	1.6	1
15	47	1	1	420	250	7	50	60	1.6	6.33
27	48	1	1	420	250	6	50	68	1.6	1
59	49	1	1	420	250	6	50	68	1.6	0.67
9	50	1	1	420	240	6	50	60	1.6	13
39	51	1	1	420	250	7	40	60	1.4	2.67

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลอง (ต่อ)

Std Order	Run Order	Center Point	Blocks	preheat	pot temp	angle	lamda	chip	speed	DPU
8	52	1	1	480	250	7	40	60	1.6	3.33
20	53	1	1	480	250	6	40	68	1.6	0.33
63	54	1	1	420	250	7	50	68	1.4	0.67
55	55	1	1	420	250	7	40	68	1.6	0.33
31	56	1	1	420	250	7	50	68	1.4	0.33
69	57	0	1	450	245	6.5	45	64	1.5	0
67	58	0	1	450	245	6.5	45	64	1.5	2
1	59	1	1	420	240	6	40	60	1.4	13
48	60	1	1	480	250	7	50	60	1.4	5.33
38	61	1	1	480	240	7	40	60	1.4	3.67
46	62	1	1	480	240	7	50	60	1.6	9.33
11	63	1	1	420	250	6	50	60	1.4	11.33
25	64	1	1	420	240	6	50	68	1.4	0.33
14	65	1	1	480	240	7	50	60	1.6	12.33
19	**66**	**1**	**1**	**420**	**250**	**6**	**40**	**68**	**1.4**	**0**
21	67	1	1	420	240	7	40	68	1.4	0.67
30	68	1	1	480	240	7	50	68	1.4	1.33
47	69	1	1	420	250	7	50	60	1.6	6

- **การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ**

การวิเคราะห์ข้อมูลของการออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) แบบ 2^6 Full Factorial สำหรับปัจจัย 6 ปัจจัย และมีจุดศูนย์กลาง (Center point) 5 จุด

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab สามารถแสดงผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง(Coded Units)ดังตารางที่ 4.6 และ แสดงผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง (Un-coded Units) ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง (Coded Units)

Fractional Factorial Fit: DPU versus preheat, pot temp, ...

Estimated Effects and Coefficients for DPU (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		5.750	0.2236	25.71	0.000
preheat	0.541	0.270	0.2236	1.21	0.235
pot temp	-0.751	-0.376	0.2236	-1.68	0.102
angle	-4.208	-2.104	0.2236	-9.41	0.000
lamda	0.708	0.354	0.2236	1.58	0.122
chip	-10.293	-5.146	0.2236	-23.01	0.000
speed	0.500	0.250	0.2236	1.12	0.271
preheat*pot temp	-0.042	-0.021	0.2236	-0.09	0.926
preheat*angle	0.291	0.146	0.2236	0.65	0.519
preheat*lamda	0.542	0.271	0.2236	1.21	0.234
preheat*chip	-0.333	-0.167	0.2236	-0.74	0.461
preheat*speed	-0.626	-0.313	0.2236	-1.40	0.170
pot temp*angle	-0.792	-0.396	0.2236	-1.77	0.085
pot temp*lamda	-0.416	-0.208	0.2236	-0.93	0.358
pot temp*chip	0.625	0.313	0.2236	1.40	0.171
pot temp*speed	0.291	0.146	0.2236	0.65	0.519
angle*lamda	0.583	0.292	0.2236	1.30	0.201
angle*chip	4.417	2.208	0.2236	9.88	0.000
angle*speed	0.416	0.208	0.2236	0.93	0.359
lamda*chip	-0.456	-0.228	0.2236	-1.02	0.314
lamda*speed	-0.249	-0.124	0.2236	-0.56	0.582
chip*speed	-0.416	-0.208	0.2236	-0.93	0.358
preheat*pot temp*angle	0.294	0.147	0.2236	0.66	0.515
preheat*pot temp*lamda	-0.583	-0.292	0.2236	-1.30	0.201
preheat*pot temp*chip	0.083	0.042	0.2236	0.19	0.854
preheat*pot temp*speed	-0.583	-0.292	0.2236	-1.30	0.201
preheat*angle*lamda	-0.209	-0.104	0.2236	-0.47	0.643
preheat*angle*chip	-0.168	-0.084	0.2236	-0.37	0.710
preheat*angle*speed	0.584	0.292	0.2236	1.31	0.200
preheat*lamda*chip	-0.458	-0.229	0.2236	-1.02	0.312
preheat*lamda*speed	0.749	0.375	0.2236	1.68	0.102
preheat*chip*speed	0.459	0.230	0.2236	1.03	0.311
Ct Pt		-4.750	0.8307	-5.72	0.000

Analysis of Variance for DPU (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	6	2004.02	2004.02	334.003	104.37	0.000
2-Way Interactions	15	361.97	361.97	24.131	7.54	0.000
3-Way Interactions	10	34.69	34.69	3.469	1.08	0.399
Curvature	1	104.64	104.64	104.638	32.70	0.000
Residual Error	36	115.21	115.21	3.200		
Pure Error	36	115.21	115.21	3.200		
Total	68	2620.52				

Unusual Observations for DPU

Obs	DPU	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
21	19.3300	15.5000	1.2649	3.8300	3.03R
35	11.6700	15.5000	1.2649	-3.8300	-3.03R

R denotes an observation with a large standardized residual

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง (Un-coded Units)

Estimated Coefficients for DPU using data in uncoded units

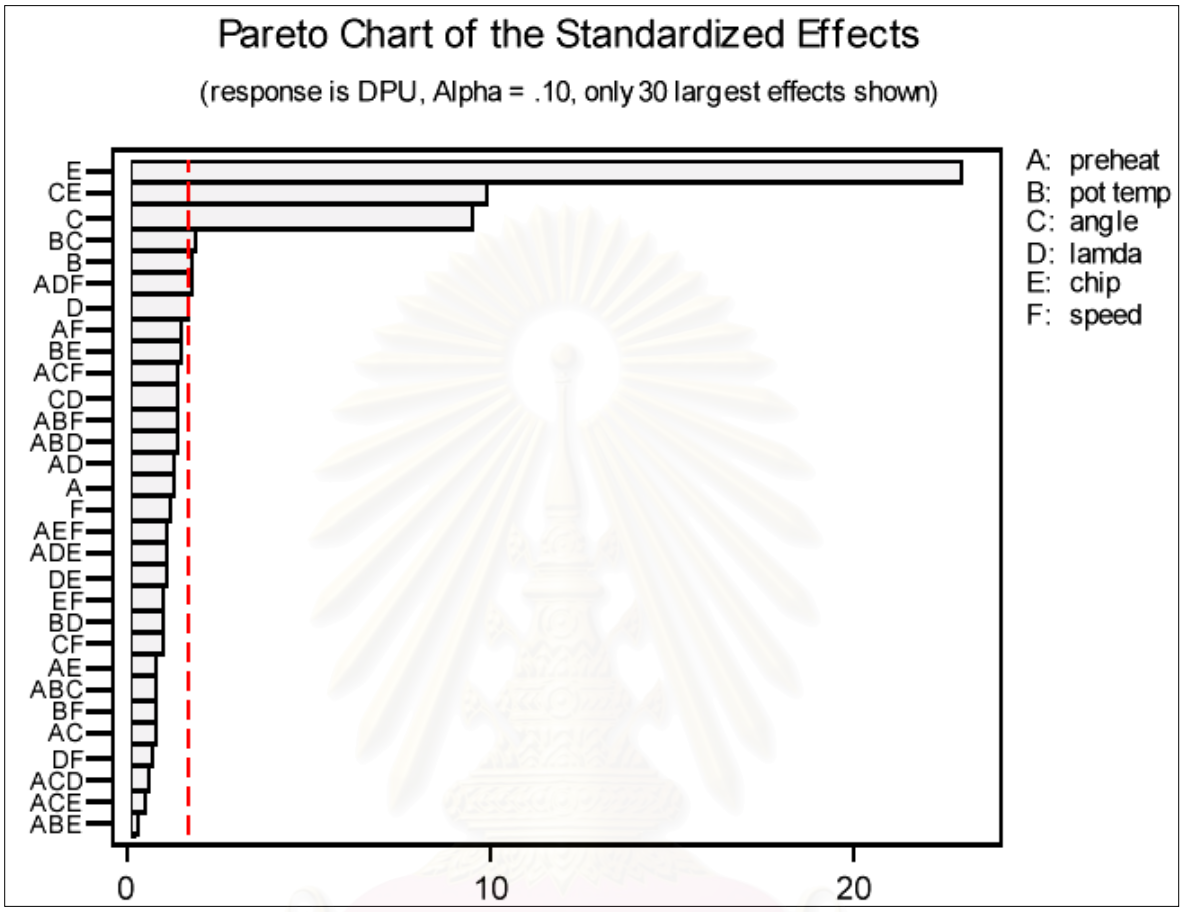
Term	Coef
Constant	2255.42
preheat	-3.7468
pot temp	-13.3145
angle	226.941
lamda	-39.4217
chip	-1.6304
speed	-521.21
preheat*pot temp	0.0293479
preheat*angle	-0.610000
preheat*lamda	0.0930604
preheat*chip	-0.0208177
preheat*speed	1.04406
pot temp*angle	-1.03962
pot temp*lamda	0.166612
pot temp*chip	-0.015547
pot temp*speed	9.03812
angle*lamda	0.74288
angle*chip	1.73234
angle*speed	-83.4063
lamda*chip	0.160391
lamda*speed	-11.4894
chip*speed	-9.13359
preheat*pot temp*angle	0.00195833
preheat*pot temp*lamda	-0.000388750
preheat*pot temp*chip	0.000069271
preheat*pot temp*speed	-0.0194375
preheat*angle*lamda	-0.00139167
preheat*angle*chip	-0.00139583
preheat*angle*speed	0.194583
preheat*lamda*chip	-0.000381771
preheat*lamda*speed	0.0249792
preheat*chip*speed	0.0191406
Ct Pt	-4.75000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปการวิเคราะห์เบื้องต้นโดยความแปรปรวน(ANOVA)

การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ 2^6 Full Factorial สำหรับปัจจัย 6 ปัจจัยและมีจุดศูนย์กลาง (Center point) 5 จุด ได้ค่า R-Square เท่ากับ 0.956035 นั่นหมายถึง เป็นข้อมูลที่เหมาะสม ส่วนค่า P-Value ของอิทธิพลของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม มีค่าน้อยกว่า 0.10 ซึ่งมีนัยสำคัญ

- **การวิเคราะห์ผลกระทบที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองโดย แผนผังพาเรโต** แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แผนผังพาโรเตแสดงอิทธิพลของปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 4.7 สามารถอธิบายได้ว่าปัจจัยที่มีนัยสำคัญคือ

E = Chip,

EC = Chip*Angle,

C = Angle,

BC = Pot temp * Angle ,

ADF = Preheat*Lamda*Speed

และ D = Lamda

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Mode Refinement จากการวิเคราะห์การทดลองโดยตาราง ANOVA ในการทดลองเบื้องต้นสามารถระบุได้ว่าปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญออกไปจากผลการทดลองเบื้องต้น และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีตาราง ANOVA ได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ด้วยวิธีตาราง ANOVA นำปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญออกไป

Fractional Factorial Fit: DPU versus pot temp, angle, chip

Estimated Effects and Coefficients for DPU (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		5.750	0.2281	25.21	0.000
pot temp	-0.751	-0.376	0.2281	-1.65	0.105
angle	-4.208	-2.104	0.2281	-9.23	0.000
chip	-10.293	-5.146	0.2281	-22.57	0.000
pot temp*angle	-0.792	-0.396	0.2281	-1.74	0.088
angle*chip	4.417	2.208	0.2281	9.68	0.000
Ct Pt		-4.750	0.8472	-5.61	0.000

Analysis of Variance for DPU (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	1987.33	1987.33	662.444	199.01	0.000
2-Way Interactions	2	322.17	322.17	161.087	48.39	0.000
Curvature	1	104.64	104.64	104.638	31.43	0.000
Residual Error	62	206.38	206.38	3.329		
Lack of Fit	2	15.24	15.24	7.618	2.39	0.100
Pure Error	60	191.14	191.14	3.186		
Total	68	2620.52				

Unusual Observations for DPU

Obs	DPU	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	19.6700	15.1884	0.5586	4.4816	2.58R
21	19.3300	15.2291	0.5586	4.1009	2.36R
31	2.0000	5.8122	0.5586	-3.8122	-2.19R
35	11.6700	15.2291	0.5586	-3.5591	-2.05R
61	3.6700	7.3553	0.5586	-3.6853	-2.12R
63	11.3300	15.2291	0.5586	-3.8991	-2.24R
65	12.3300	7.3553	0.5586	4.9747	2.86R

R denotes an observation with a large standardized residual

Estimated Coefficients for DPU using data in uncoded units

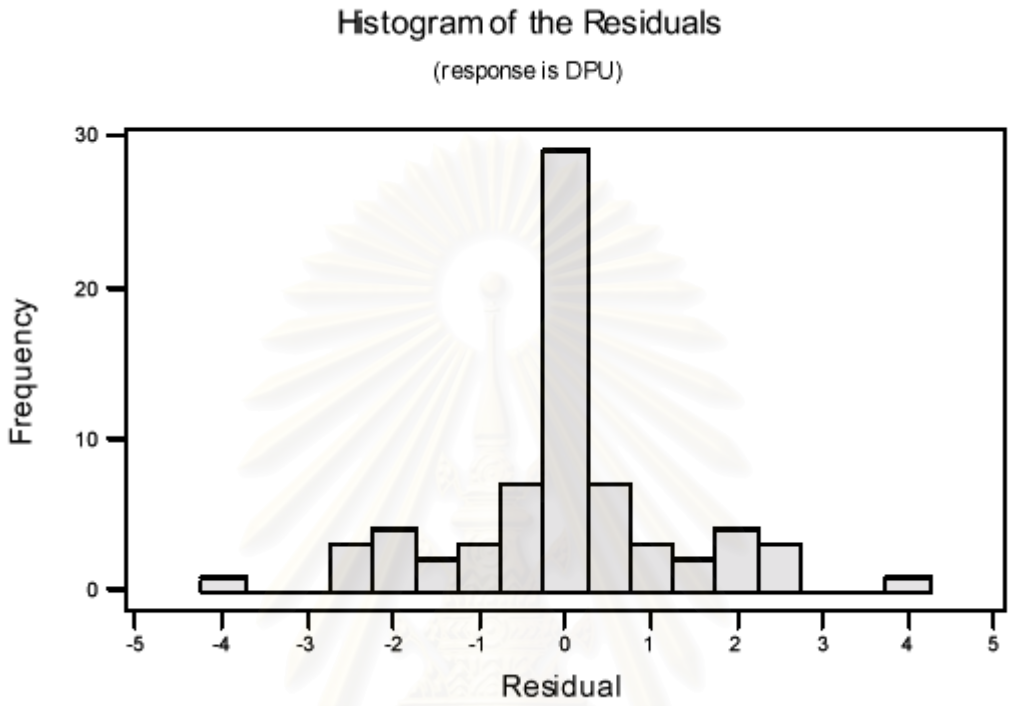
Term	Coef
Constant	340.991
pot temp	0.954313
angle	-36.0762
chip	-8.46398
pot temp*angle	-0.158375
angle*chip	1.10422
Ct Pt	-4.75000

Alias Structure

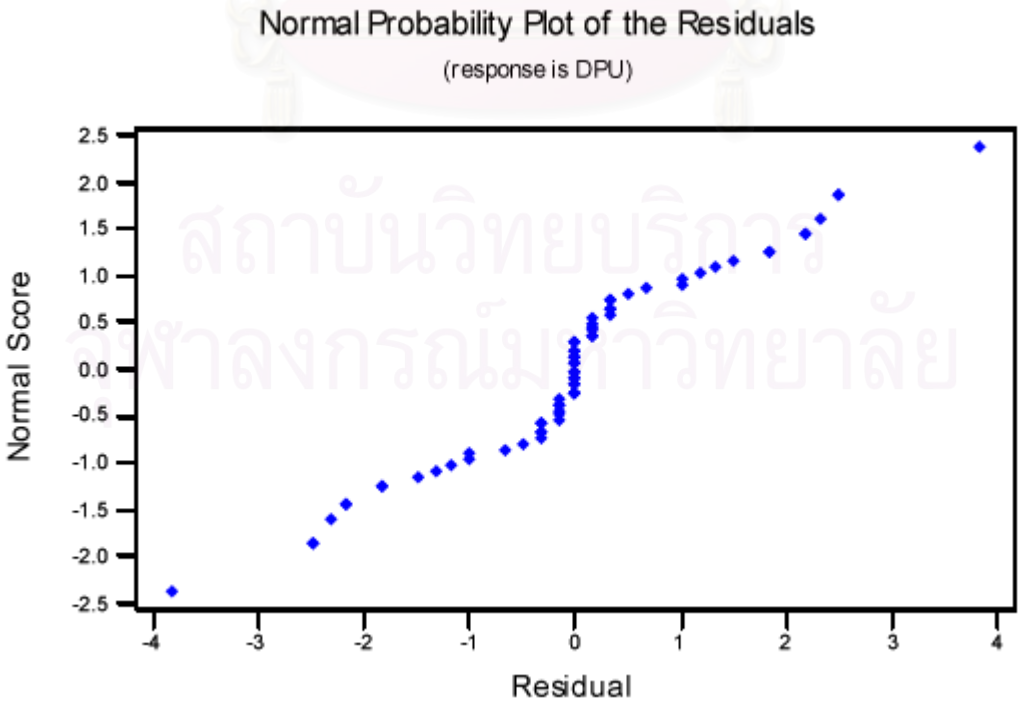
I
pot
angle
chip
pot*angle
angle*chip

- **การวิเคราะห์ผลการทดลองในรูปของกราฟ**

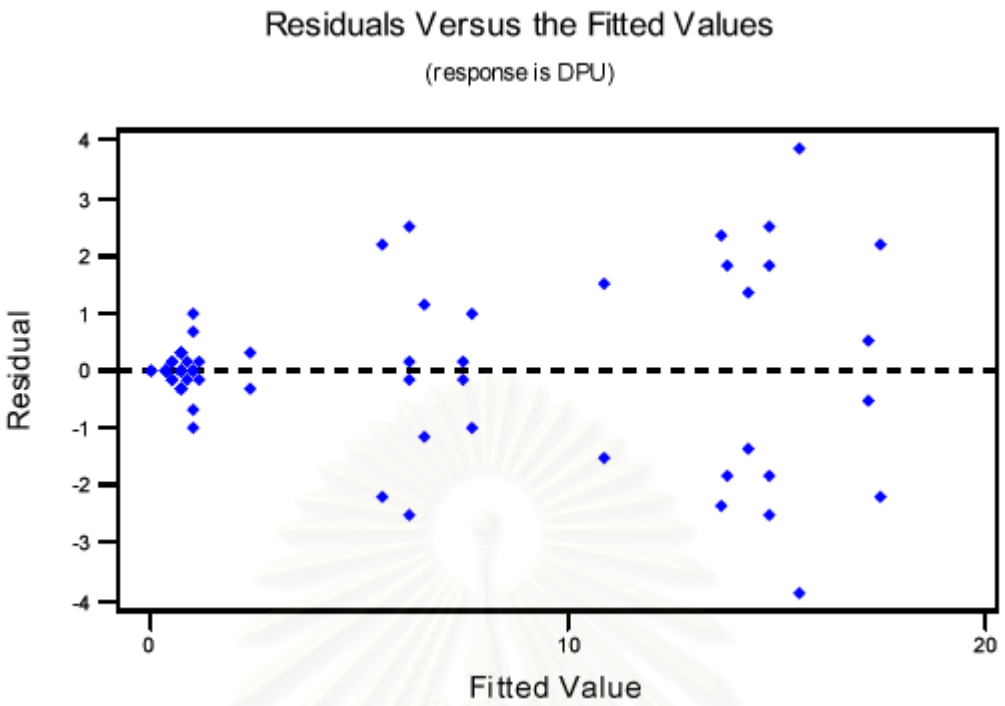
ค่าส่วนตกค้าง Residual จากการวิเคราะห์ผลของการออกแบบการทดลองเบื้องต้นโดยโปรแกรม MINITAB สามารถแสดงออกมาในรูปของกราฟดังต่อไปนี้



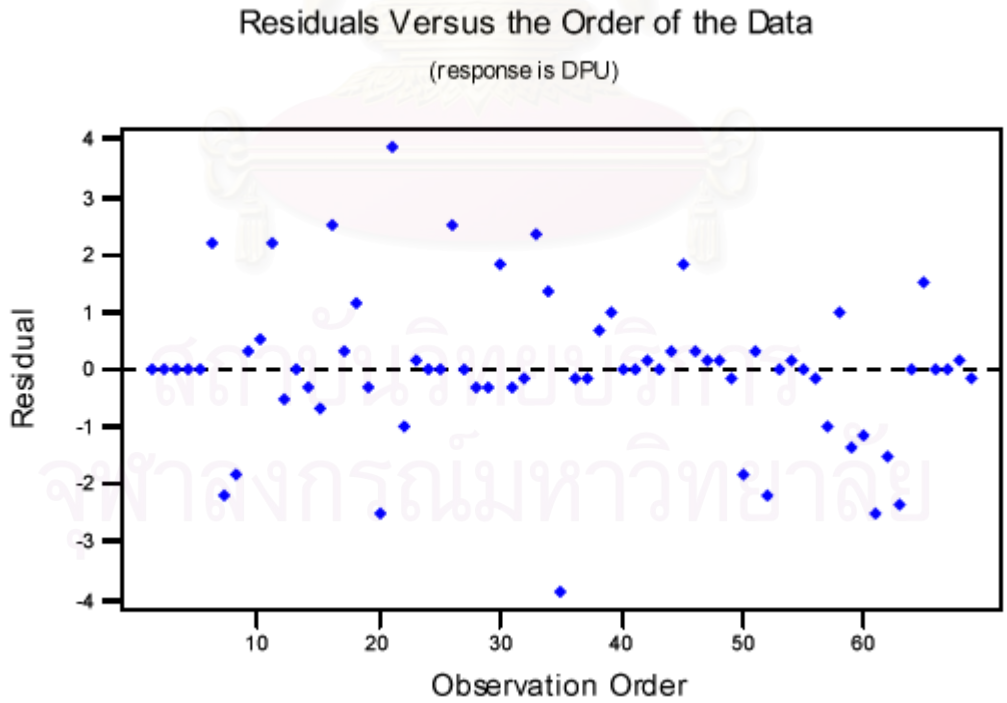
รูปที่ 4.8 แผนภูมิฮีสโตแกรมของค่าส่วนตกค้าง



รูปที่ 4.9 กราฟ Normal Probability ของค่าส่วนตกค้าง

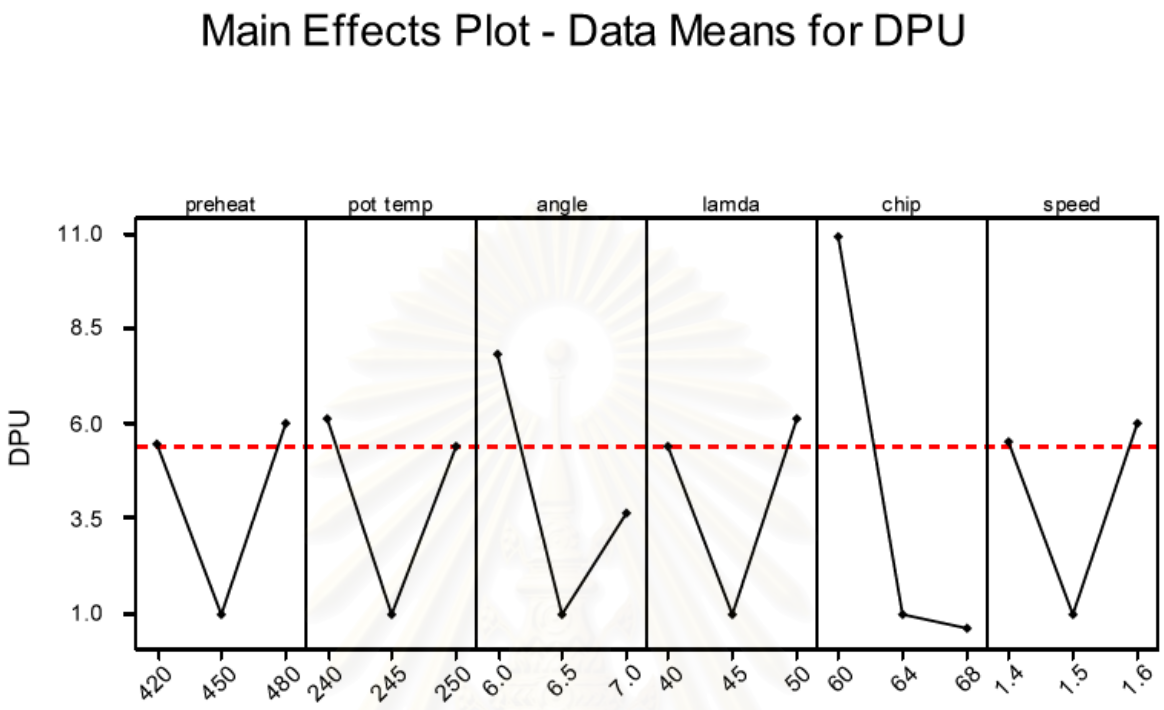


รูปที่ 4.10 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต



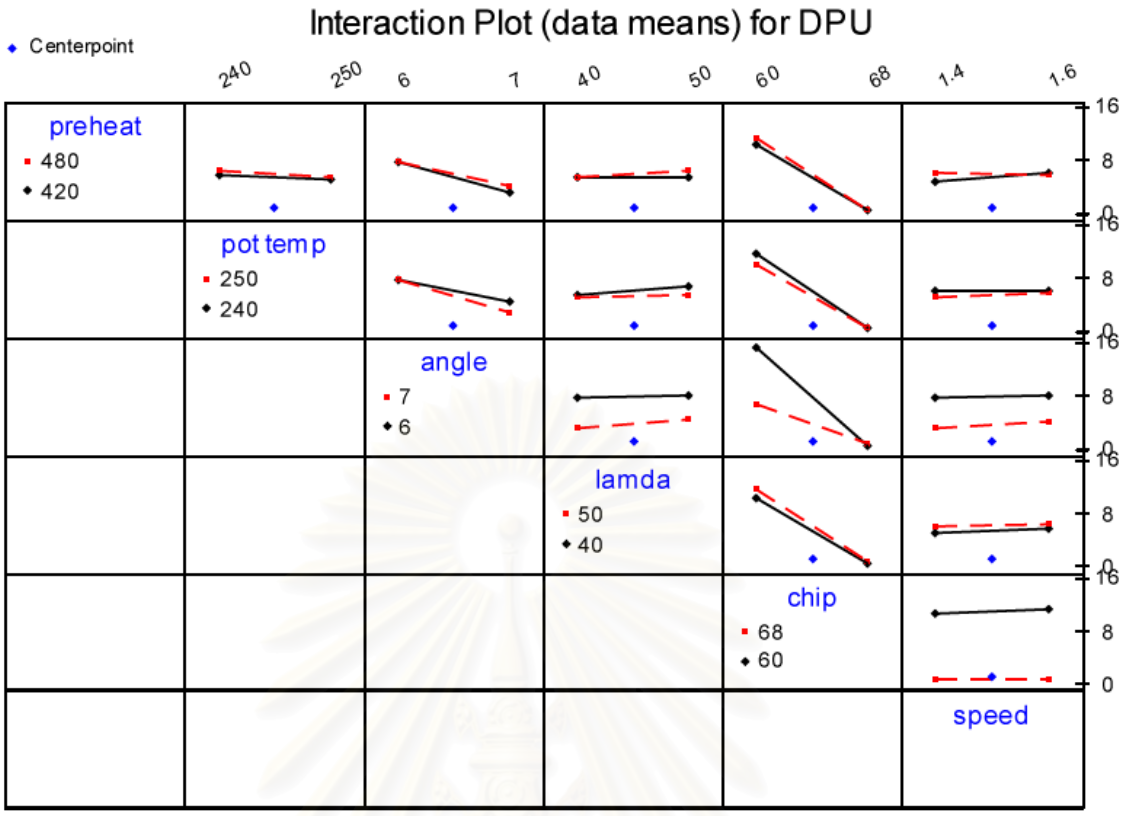
รูปที่ 4.11 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล

Main Effects, Interactions, Club Plots & Surface Plot กราฟเหล่านี้จะแสดงให้เห็นถึงตัวแปรตอบสนองมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ได้อย่างไร

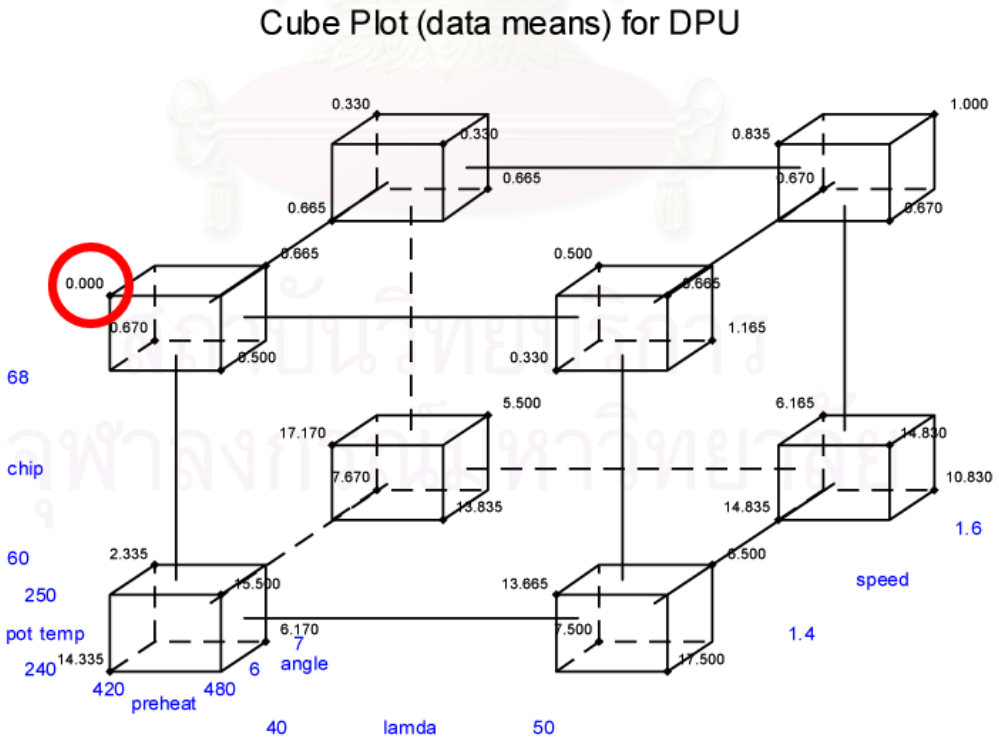


รูปที่ 4.12 แผนภาพแสดงอิทธิพลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรสนอง (DPM)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

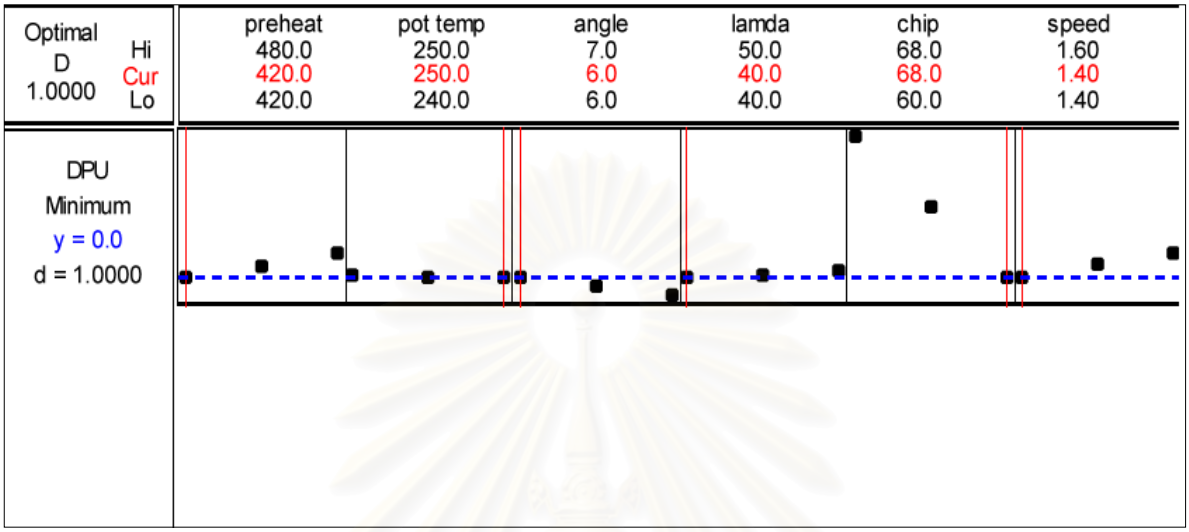


รูปที่ 4.13 แผนภาพแสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (DPM)



รูปที่ 4.14 แผนภาพ Cube plot สำหรับตัวแปรตอบสนอง

<u>การวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ</u> จากการออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลองข้างต้น เพื่อหาค่าของปัจจัยต่างๆ ที่ดีที่สุดที่ทำให้จุดบกพร่องในการบัดกรีด้วยคลื่นลดลง ซึ่งผลจากการวิเคราะห์แสดงได้ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

- **บทสรุปของผลการทดลอง**

บทสรุปของการวิเคราะห์ผลการทดลองในรูปของกราฟมีดังนี้

1. อิทธิพลหลัก(Chip, Angle,และ lamda) มีผลกระทบต่อค่า DPU
2. Angle*Chip และ Pot temp*Angle มีนัยสำคัญต่อปัจจัยร่วม
3. แผนภาพ Cube pot ชี้ให้เห็นว่าค่าของปัจจัยต่างๆ ที่ดีที่สุดที่ทำให้จุดบกพร่องในการบัดกรีน้อยลง แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าที่ดีที่สุดของปัจจัยต่างๆ

ปัจจัย	ค่าที่เหมาะสม	หน่วย
A) Preheat	420	(^{o}C)
B) Pot temp.	250	(^{o}C)
C) Angle	6.0	องศา
D) Lambda	40	สเกล
E) Chip	68	สเกล
F) Conveyer speed	1.4	เมตร/ นาที

จากค่าที่ได้การทดลองนี้จะนำไปทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองว่ามีความเหมาะสมต่อกระบวนการอย่างแท้จริง อีกทั้งแนวทางการทดลองในรุ่นของผลิตภัณฑ์นี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการทดลองกับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ ได้อีก ต่อไป

- **ค่าความสามารถของกระบวนการ**

จากการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ ของการบัดกรีด้วยคลื่น แล้วทำการวัดค่าความสามารถของกระบวนการจากการเก็บข้อมูล 100 ชิ้น พบว่าค่าดรรชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ของปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- Preheat 1 มีค่า Cpk เท่ากับ 26.58
- Preheat 2 มีค่า Cpk เท่ากับ 28.52
- Speed มีค่า Cpk เท่ากับ 26.48
- Pot temp มีค่า Cpk เท่ากับ 5.14

จากข้อมูลการทดสอบที่ได้ จากกราฟการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการหลังทำการปรับปรุงสามารถแสดงได้ดัง ภาคผนวก ง จะเห็นได้ว่าหลังจากเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงของเสียมีค่าค่าดรรชนีวัดความสามารถของกระบวนการดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบนี้จะใช้เพียงเพื่อยืนยันถึงสภาวะการใช้งานของปัจจัยหลังการปรับปรุงว่าเหมาะสมหรือไม่ในการศึกษาค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะ และการพิจารณาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยนั้น ต้องทำการศึกษาหลังจากการเก็บข้อมูลในเวลา 3 เดือน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะกล่าวในรายละเอียดในบทต่อไป

นอกจากนี้ในการศึกษาปัญหาจากกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น เนื่องจากความสูญเสียที่เกิดจากปัญหาของเครื่องจักร จึงจัดให้มีการจัดการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น โดยจัดทำแผนการจัดการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันดังต่อไปนี้

แผนการซ่อมบำรุงเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น มีดังต่อไปนี้

<u>วัตถุประสงค์</u> เพื่อทำให้เกิดความสะดวกต่อการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่อง บัดกรีด้วยคลื่น และการบำรุงรักษาชิ้นส่วน อุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีตลอดเวลา และงานออกมาจากเครื่อง บัดกรีด้วยคลื่นเกิดคุณภาพสูงสุดและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

<u>ขอบเขต</u> เครื่องบัดกรีด้วยคลื่นชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องจักรใช้ในการทำงานและการผลิต ผลิตภัณฑ์ Adapter และ Charger

<u>ผู้รับผิดชอบ</u> ช่างประจำเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น

<u>เครื่องมือในการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน</u> <u>Preventive Maintenance</u>

1) เวอร์เนียร์

2) ระดับน้ำ

3) เกจวัดมุม

4) ไม้บรรทัดเหล็ก

5) ชุดประแจบล๊อค

6) ชุดประแจแอล

7) ชุดประแจปากตาย

8) จารบี,น้ำมันโซล่า, น้ำมันหล่อลื่น,น้ำทินเนอร์

<u>รายละเอียดการซ่อมบำรุงรักษา</u>

1) Rail Conveyor

- ตรวจดูความหนาของแท่งทองเหลืองที่ยึดอยู่กับ Rail Conveyor ด้านใน ความหนาของ แท่งทองเหลืองตลอดแนวต้องเท่ากับ 2.0 - 3.5 มม. โดยใช้เวอร์เนียร์เป็นเครื่องมือตรวจสอบ ทั้งหมด 3 จุด (หัว,กลาง,ท้าย)

- มุมของ Rail Conveyor ในการติดตั้งต้องได้เท่ากับ 6°± 0.5 องศา โดยใช้เกจวัดมุมเป็นเครื่องมือ ตรวจสอบ

- ตรวจดูความเที่ยงตรงและขนาน คือ Rail Conveyor ต้องไม่มีการบิดงอและแอ่นข้างใดข้างหนึ่ง โดยใช้ระดับน้ำเป็นเครื่องมือตรวจสอบ

- ร่องสำหรับโซ่วิ่งต้องไม่มีอะไรอุดตัน และน๊อตทุก ๆ ตัวที่ยึด Rail Conveyor ต้องยึดแน่น

- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน / ครั้ง

- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

2) Finger

-ตรวจสอบว่าเกิดการบิดงอ หรือเอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง และขนานกับราง Rail Conveyer

- มุมของตัว Finger ที่ยึดติดโซ่ Rail Conveyor ต้องได้มุม 90°

- มุมของร่องขา Finger ที่จับยึด PCB ต้องอยู่ระหว่าง 100 - 115° องศา

- ร่อง Finger ช่วงใช้งานต้องอยู่ในระนาบเดียวกันและถูกล๊อคไว้อย่างแน่นหนา

- ตัว Finger ไม่มีขนาดอื่นหรือรุ่นอื่นมาปะปน

- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ครั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

3) Chain Rail Conveyor

- ข้อต่อโซ่ไม่สึกหรอ หรือมีข้อใดข้อหนึ่งฉีกขาด
- เวลาทำงานไม่มีเสียงดัง
- อยู่ในระนาบเดียวกันทั้ง 2 ข้าง
- ควรล้างด้วยน้ำมันโซล่า และเวลาประกอบใช้งานควรทาจารบีด้วยทุกครั้ง
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน / ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

4) Sprocket gear Dip - in

- ฟันเฟืองสมบูรณ์ทั้ง 14 ฟัน
- ฟันเฟืองไม่สึกหรอ หรือแตกหัก
- อยู่ในตำแหน่งที่จับยึดและหมุนไม่ได้ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา
- ไม่มีเสียงดังเกิดขึ้นเวลาทำงาน และเวลาประกอบต้องมีลูกปืนทั้งด้านบนและด้านล่าง
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน / ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

5) Bearing Sprocket Dip - In

- ไม่มีเสียงดังซึ่งเกิดจากการเสียดสีของลูกปืน หรือลูกปืนแตก
- Sprocket gear ที่ยึดแน่นต้องมีความคล่องตัวหมุนไปได้ทั้งซ้ายและขวา
- เวลาประกอบลูกปืนเข้าชุด Sprocket gear ลูกปืนต้องหมุนได้อย่างคล่องตัว
- ถ้าหมุน Sprocket gear ดูแล้วไม่มีความคล่องตัวให้เปลี่ยนลูกปืนใหม่ทันที
- เวลาประกอบควรใช้จารบีในการหล่อลื่น
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน / ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

6) Preheater 1

- ต้องสามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 - 599°C โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัด
- แท่ง Preheater ต้องไม่มีแท่งใดแท่งหนึ่งขาด
- กระจก Prehearter ไม่มีรอยแตกร้าว

- ระยะห่างระหว่างร่องขา Finger ที่รับแผ่นวงจรพิมพ์ถึงขอบกระจก Preheat 1 และ 2 เท่ากับ 70 - 100 มม.
- ต้องขนานกับ Rail Conveyor, และไม่เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง, ถูกจับยึดอย่างมั่นคง
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

7) Preheater 2

- ต้องสามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0-599° C โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัด
- แท่ง Preheater ต้องไม่มีแท่งใดแท่งหนึ่งขาด
- กระจก Preheater ไม่มีรอยแตกร้าว
- ระยะห่างระหว่างร่องขา Finger ที่รับแผ่นวงจรพิมพ์ถึงขอบกระจก Preheat 1 และ 2 เท่ากับ 70 - 100 มม.
- ต้องขนานกับ Rail Converyor และไม่อียงไปข้างใดข้างหนึ่ง ถูกจับยึดอย่างมั่นคง
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

8) Preheater Solder Pot

- ต้องสามารถปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0-399° C โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัด
- แท่ง Preheater ต้องไม่มีแท่งใดแท่งหนึ่ง หรือข้างใดข้างหนึ่งขาด
- แผ่น Prehearter ต้องยึดแนบสนิทกับ Solder Pot ทั้ง 3 ด้าน
- ต้องมีใยแก้วป้องกันความร้อนระเหยออกทั้ง 3 ด้าน
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

9) Belt Motor Pump

- ไม่มีการสึกหรอหรือฉีกขาด
- ไม่มีการหย่อนยานจนเกินไป
- อยู่ในร่องของมูเล่ย์ทั้งสองข้างและในระนาบเดียวกัน

- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

10) Solder Pot

- ต้องถอด Wave Solder W1 , W2 ออกมาทำความสะอาด
- Nozzle Wave Solder (W2) ต้องไม่อุดตัน
- ระดับน้ำตะกั่วไหลและพุ่งขึ้นมาแบบสม่ำเสมอ
- ไม่มีขี้ตะกั่ว (Dross) หรือขี้ตะกรั่นที่เกิดจากการเผาไหม้ของวัสดุอื่นอยู่ในน้ำตะกั่ว
- Solder Pot ต้องถูกจับยึดอย่างมั่นคงไม่เอียง ต้องได้ระดับเท่ากันทั้ง 4 มุม โดยใช้ระดับน้ำเป็นเครื่องมือตรวจสอบ
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

11) Bearing Motor Pump Solder Pot

- ไม่มีเสียงดังซึ่งเกิดจากการเสียดสีของลูกปืน, หรือลูกปืนแตก"
- เพลาของ Motor Pump Solder Pot ต้องหมุนได้อย่างคล่องตัวทั้งด้านซ้ายและขวา
- เวลาประกอบลูกปืนเข้ากับชุดเพลา Motor ลูกปืนต้องหมุนได้อย่างคล่องตัว
- เวลาประกอบควรใช้จารบีช่วยในการหล่อลื่น และทุก ๆ 1 เดือน ต้องอัดจารบีเข้าไปในเพลา
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

12) Motor Pump Solder Pot

- เช็คดูว่าน๊อตที่จับยึดมอเตอร์กับแท่นยึดหลวม หรือคลายตัวหรือไม่
- เช็คดูว่าสายไฟฟ้าของมอเตอร์ถูกเก็บเป็นระเบียบ และปลอดภัยหรือไม่
- เวลาทำงานของมอเตอร์ต้องไม่มีเสียงดังเกิดขึ้น
- พัดลมที่ติดอยู่ส่วนด้านหลังของมอเตอร์ต้องทำงาน
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- Check Sheet ในการทำ PM. Records ให้ยึดตามเอกสารอ้างอิง 6.3
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13) Pulley Solder Pot

- ตรวจดูว่า Pulley มีการสึกหรอหรือแตกข้างใดข้างหนึ่งหรือไม่
- Pulley ต้องถูกยึดด้วยเกลียวอย่างแน่นหนาบนเพลา
- Pulley ต้องไม่มีการบิดงอและสั่นคลอน
- เวลาประกอบเข้ากับสายพาน สายพานต้องอยู่ในร่อง Pulley และในระนาบเดียวกัน
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

14) Motor Driver Rail Conveyor

- เช็คดูว่าน๊อตที่ใช้จับยึดมอเตอร์กับแท่นยึดหลวม หรือคลายตัวหรือไม่
- เช็คดูว่าสายไฟฟ้าของมอเตอร์ถูกเก็บเป็นระเบียบ และปลอดภัยหรือไม่
- เวลาทำงานของมอเตอร์ต้องไม่มีเสียงดังเกิดขึ้น
- พัดลมที่ติดอยู่ส่วนด้านหลังของมอเตอร์ต้องทำงาน
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

15) Shaft Helical Screw Gear (Driver Rail Conveyor)

- ฟันเฟืองเฉียงต้องไม่มีการสึกหรอหรือแตกหัก
- เวลาฟันเฟืองประกอบเข้าด้วยกันต้องแนบสนิทและมีความคล่องตัว
- ทดลองหมุนได้ทั้ง 2 ด้าน คือ ซ้ายและขวา
- เวลาทำงานต้องไม่มีเสียงดังเกิดขึ้น
- เวลาประกอบฟันเฟืองต้องใช้จารบีเป็นสารหล่อลื่นและช่วยลดแรงเสียดทาน
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

16) Bearing Housing (Gear Driver Rail Conveyor)

- ไม่มีเสียงดังเกิดจากการเสียดสีของลูกปืน หรือลูกปืนแตก
- ลูกปืนของ Housing ที่ประกอบเรียบร้อยต้องมีความคล่องตัวหมุนลื่น
- ลูกปืนเมื่อประกอบกับเพลาของ Housing แล้ว ต้องไม่สั่นคลอน
- เวลาประกอบควรใช้จารบีเป็นสารหล่อลื่น
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง

- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

17) Electric System

- ตรวจเช็คดูสายไฟฟ้าทุกเส้นในตู้ควบคุมวงจรให้อยู่อย่างเป็นระเบียบและมีความปลอดภัย
- Magnetic Switch และ Auto - Breaker ทุก ๆ ตัว ต้องอยู่ในสภาพใช้งานได้
- สายไฟฟ้าต้องจัดเป็นสัดส่วนและยึดไว้อย่างมั่นคง
- ฝุ่นต่าง ๆ ในตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้า Wave ต้องไม่มี ควรใช้เครื่องดูดฝุ่น
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 เดือน/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

18) Motor Pump Thinner Clean Finger

- Moter Pump ต้องถูกยึดไว้อย่างมั่นคง และเช็คดูน็อตที่ล็อคมอเตอร์ทุกตัว
-ต้องแน่ใจว่าสายไฟฟ้าของมอเตอร์ถูกจัดเก็บไว้อย่างดีและมีความปลอดภัย
- เวลามอเตอร์ทำงานต้องไม่มีเสียงดังเกิดขึ้น
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์ / ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

19) Filter Air Pressure

- สายลมที่ต่อเข้า Filter ต้องถูกล็อคด้วยแหวนล็อคอย่างแน่นหนา
- ไม่มีลมรั่วซึมออกมาจากตัว Filter
- Filter Air Pressure ต้องสามารถปรับแรงดันได้ถึง 6 Bar
- Pressure gage ต้องไม่มีรอยแตกร้าว
- ตรวจท่อดักความชื้นต้องไม่มีน้ำขังอยู่ ควรระบายทิ้ง
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์ / ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

20) Pressure Gauge Control Flux

- Pressure gauge ต้องไม่มีรอยแตกร้าว
- ไม่มีลมรั่วซึมออกมาจากตัวข้อต่อลม Pressure gauge
- สามารถปรับแรงดันลมได้ตั้งแต่ 0.1 - 0.4 Kg / Cm^2
- สายลมที่ใช้ร่วมต้องไม่รั่วซึม
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์ / ครั้ง

- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

21) Pressure Gauge Control Air Knift

- Pressure gauge ต้องไม่มีรอยแตกร้าว
- ไม่มีลมรั่วซึมออกมาจากตัวข้อต่อลม Pressure gauge
- สามารถปรับแรงดันลมได้ตั้งแต่ 0.1 - 0.4 Kg / Cm^2
- สายลมที่ใช้ร่วมต้องไม่รั่วซึม
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์ / ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

22) Glass Preheater Unit 1,2"

- ต้องไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งของแผ่นกระจกแตกร้าว
- ถ้าแตกควรเปลี่ยนออกทันที
- ไม่มีคราบตะกั่วหรือคราบน้ำฟลั๊กซ์บนกระจก Preheater 1,2
- ไม่มี Fixture หรือวัสดุอื่น ๆ วางอยู่บน Preheater 1,2
- ถูกยึดไว้อย่างมั่นคง และแนบสนิทกับราง Preheater 1,2
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

23) Temperature Control

- ตัว Sensor อุณหภูมิทุกจุดและทุกตัวต้องถูกจับยึดอย่างมั่นคง
- สาย Sensor ต้องไม่มีรอยฉีกขาด
- สาย Sensor ต้องถูกจัดเก็บไว้อย่างเรียบร้อยและปลอดภัย
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์ / ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

24) Speed Control Rail Conveyor

- ต้องสามารถปรับความเร็วได้ตั้งแต่ 0 - 2.4 เมตร / นาที
- ต้องมีสกรูยึดตัว Volum ปรับกับแก่นเพลาปรับสเกลไว้อย่างมั่นคง
- Volum ปรับต้องไม่เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์ / ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

25) Floor Stainless Wave Solder m/c

- ต้องไม่มีสิ่งกีดขวางหรือเครื่องมือใด ๆ วางอยู่บนพื้น Stainless
- พื้น Stainless ต้องสะอาดและมันเงา
- พื้น Stainless ต้องไม่มีเศษตะกั่ว
- แผ่น Stainless ต้องแนบสนิทกับพื้นปูนและถูกยึดไว้อย่างแน่นหนา
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์ / ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

26) Body Wave Soldering m/c

- ต้องไม่มีฝุ่นละอองเกาะตามกระจกด้านข้างและบริเวณตัวเครื่องจักร
- ไม่มีวัสดุหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ วางอยู่บนเครื่องจักรหรือภายในบริเวณเครื่องจักร
- ต้องไม่มีน้ำฟลั๊กรั่วไหลภายในบริเวณเครื่องจักร
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

27) UPS. Control

- ต้องแน่ใจว่ามีแบตเตอรี่ หรือกระแสไฟฟ้าสะสมอยู่ในตัวเครื่อง
- ต้องเช็คให้แน่ใจทุกครั้งว่า UPS. พร้อมทำงาน
- สวิตช์ไฟฟ้าและปลั๊กทุกตัวของ UPS ต้องถูกประกอบอย่างครบถ้วน
- ต้องไม่มีฝุ่นละอองใด ๆ เกาะอยู่ตามเครื่อง UPS. และภายในแผงวงจร
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

28) Tank Flux Unit

- ต้องถอด Tank Flux ออกมาจากเครื่อง Wave Solder
- ถ่ายน้ำ Flux เก่าใน Tank Flux ออกทิ้งให้หมด
- ถอดตัว Cover ที่บังคับแท่ง Foam Flux ออกมาจาก Tank Flux
- ล้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ของ Tank Flux ด้วยน้ำ Thinner ให้สะอาด
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

29) Flux Controller Unit

- ถอดชุด Flux Control Unit ออกมาจาก Tank Flux

- วางในถาดซึ่งบรรจุด้วยน้ำ Thinner ไว้เรียบร้อยแล้ว

-ถอดลูกตุ้มพลาสติกออกมาจากลวดสปริงแล้วล้างลูกตุ้มพลาสติกให้สะอาด

- ล้างแท่ง Electrode ทั้ง 3 แท่ง ให้สะอาดและแก่นเพลาที่ยึดด้วย

- ล้างแก่นเพลาที่มีลวดสปริงทั้งภายในรูและภายนอกให้สะอาด

- ล้างแก่นเพลาที่มีตาแก้วให้สะอาดทุกพื้นที่ โดยเน้นบริเวณตาแก้วเป็นพิเศษ

- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง

- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

30) Foam Flux

- ต้องถอดออกมาจาก Tank Flux Unit

- ต้องเอามาแช่ในน้ำ Thinner แล้วต่อสายลมเข้าไปในแกน Foam Flux

- เปิดแรงดันลมไว้ที่ 0.4 Kg / Cm^2 ทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อให้สิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่เกาะอยู่ตามแกน Foam Flux หลุดออก แล้วเอาออกมาเช็ดด้วยผ้าแห้ง

- ต้องแน่ใจทุกครั้งว่า Foam Flux สามารถใช้งานได้โดยสังเกตจากฟองของ Foam Flux ต้องละเอียด ความโตของเม็ด Foam Flux ประมาณ 1 - 2 มม.

- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง

- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

31) Tube Air Knife

- ถอดท่อลม Air Knife ออกมาจาก Tray Air Knife

- ล้างด้วยน้ำทินเนอร์ให้สะอาด

- ให้เน้นเป็นพิเศษบริเวณรูของท่อ Air Knife ซึ่งมีขนาดเล็กมาก โดยใช้เหล็กเพลาเล็ก ๆ แย่ลงไปในรู จนแน่ใจทุกครั้งว่ารูไม่อุดตัน

- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง

- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

32) Tray Air Knife Unit

- ต้องถอดออกมาจาก Tank Flux

- ล้างด้วยน้ำ Thinner ให้สะอาด แล้วเช็ดให้แห้งด้วยเศษผ้า

- ต้องไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งของ Tray Knife บิดงอ

- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

33) Body Flux Controller machine

- ตัวเครื่องจักรภายนอกต้องสะอาดไม่มีฝุ่นละอองหรือคราบน้ำ Flux
- ภายในเครื่องและแผ่นวงจรไม่มีฝุ่นละออง ควรทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดฝุ่น
- สายยางน้ำ Flux - Thinner ที่ใช้ร่วมกับเครื่องต้องไม่อุดตันหรือรั่วไหล
- ตัวน๊อตที่ใช้ล็อคสายยาง Flux - thinner ต้องแน่ใจว่าแน่นทุกครั้ง
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

34) Box Keeping Flux - Thinner

- ต้องทำความสะอาดทั้งภายในและภายนอกกล่อง
- กล่องไม่มีการรั่วไหลของน้ำฟลั๊กซ์และทินเนอร์ออกมา
- ต้องไม่มีน้ำฟลั๊กซ์และทินเนอร์หก หรือรั่วไหลอยู่ในกล่อง
- ต้องมีเอกสารกำกับสารเคมีที่บรรจุภายในกล่อง
- ระยะเวลาในการตรวจเช็ค 1 สัปดาห์/ ครั้ง
- จัดทำใบรายงาน Check Sheet

4.3.2 การปรับปรุงแก้ไขปัญหากรณีที่ไม่ได้เปิด Turbulent wave (Wave2)

ปัญหานี้เกิดขึ้นได้เนื่องจากพนักที่ทำการควบคุมเครื่องจักรปฏิบัติหน้าที่บกพร่อง เนื่องจากในการบัดกรีจะใช้คลื่นแลมบ์ดา (Lambda wave) เป็นคลื่นหลักในการบัดกรีตัวงานกับแผ่นวงจรพิมพ์ด้านบัดกรี (Solder side) ด้วยลักษณะเด่นของน้ำตะกั่วที่มีลักษณะที่เรียบและกว้างจึงไม่เหมาะสำหรับงานที่มีชิ้นส่วนที่ไม่มีขา (Surface component) เพราะน้ำตะกั่วจะไม่สามารถพุ่งเข้าไปในจุดที่เป็นซอกมุมเล็กๆได้ แต่จะเหมาะสมกับงานที่เป็นชิ้นส่วนแบบมีขา (Plate through hole) ส่วนงานที่มีชิ้นส่วนที่ไม่มีขาจะผ่านการบัดกรีด้วยคลื่นเทอร์บูเลนท์ (Turbulent wave) ด้วยลักษณะเด่นของน้ำตะกั่วที่มีลักษณะที่พุ่งขึ้นไปในจุดซ่อนเร้นที่เป็นซอกมุมเล็กๆได้ ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้เกิดความบกพร่องบนตัวงานได้ ปัญหานี้อาจเกิดได้ในช่วงเริ่มเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากพนักงานลืม การแก้ไขปัญหาจึงได้กำหนดตารางแบบฟอร์ม เพื่อใช้สำหรับตรวจเช็คก่อนการปฏิบัติงานรุ่นต่อไป นอกจากนี้ยังมีการตรวจเช็คสำหรับปัจจัยอื่น ๆ ที่สำคัญของเครื่องบัดกรี เป็นจำนวน 4 ครั้งต่อวัน ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แบบฟอร์มการตรวจเช็คข้อกำหนดของเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น

Wave soldering Check list Date_____

Model_____

Parameter	Unit	Spec	Set up	8.00	11.00	14.00	17.00
1 Conveyor speed	m/min						
2 Solder Temperature	C						
3 Preheat temperature 1	C						
4 Preheat temperature 2	C						
5 Specific Gravity	-						
6 Solder level (pump on)	mm						
7 Air Pressure	kg/cm^2						
8 Spray Pressure	kg/cm^3						
9 Tank Pressure	kg/cm^4						
10 Setting scale Lambda W1	Scale						
11 Setting scale Turbulent W2	Scale						
12 Solder width Lambda W1	inch						
13 Solder width Turbulent W2	inch						
14 Solder hight	mm						
15 Cleaning finger pump	-						
16 Contact time	Sec						
17 Removed dross	-						

Action by : Technician

Checked by : ME engineer

Confirm by : IPQC Engineer

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาน้ำฟลักซ์สกปรก

ในการปรับปรุงปัญหาน้ำฟลักซ์สกปรกแก้ไขโดยมอบหมายให้พนักงานในส่วนที่รับผิดชอบขั้นตอนการบัดกรีด้วยคลื่น จัดตารางเวลาในการทำความสะอาดที่เก็บน้ำฟลักซ์ และเปลี่ยนน้ำฟลักซ์ใหม่เมื่อ ค่า Specific Gravity ของน้ำฟลักซ์ ไม่ตรงตามข้อกำหนด (Flux Specific Gravity คือ 0.794 ถึง 0.810 ที่ 25 ^{o}C)

การตรวจสอบและการบำรุงรักษา

ลำดับ	รายการ	ความถี่
1	ทำความสะอาดหัว Spray และ Sensor โดยใช้น้ำยาเช็คกระจก	1 ครั้ง / สัปดาห์
2	เช็คระดับน้ำ Flux ในถัง	1 ครั้ง / วัน
3	ทำความสะอาดชุด Spray Flux	1 ครั้ง / วัน
4	ตรวจสอบน้ำมันหล่อลื่นหรือจารบีทาในจุดหมุนต่างๆ	1 ครั้ง / เดือน

4.3.4 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาขาของชิ้นส่วนเอียงชิดกันมากเกินไป

ในการปรับปรุงปัญหาขาของชิ้นส่วนเอียงชิดกันมากเกินไป จะทำการเก็บข้อมูลของจำนวนจุดบกพร่องที่เกิดกับงานแต่ละรุ่น ว่าเป็นชิ้นส่วนตัวไหนที่ทำให้เกิดปัญหามากๆ แล้วส่งมอบข้อมูลนี้ให้กับวิศวกรในส่วนที่รับผิดชอบขั้นตอน Auto Component insertion ทำการวิเคราะห์และปรับแก้เครื่องจักรอัตโนมัติ ให้มีทิศทางของขาชิ้นส่วนเอียงตามข้อกำหนดและทำให้เกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุด

4.3.5 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาขาของชิ้นส่วนยาวมากเกินไป

ในการปรับปรุงปัญหาขาของชิ้นส่วนยาวมากเกินไป โดยทำการเก็บข้อมูลของจำนวนจุดบกพร่องที่เกิดกับงานแต่ละรุ่น แล้วพิจารณาว่าชิ้นส่วนใดบกพร่อง จึงไปทำการลดข้อกำหนดความยาวของขาชิ้นส่วน ทั้งในส่วนขั้นตอนการขึ้นรูปและ ส่วนของ ขั้นตอน Auto Component insertion โดย พนักงานที่รับผิดชอบในการผลิตนั้น ๆ

บทที่ 5

สภาพปัญหาและอุปสรรค

จากขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการที่ผ่านมา ทำให้ทราบถึงปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญต่อผลลัพธ์ของกระบวนการ และได้ค่าของการกำหนดระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อค่าสัดส่วนการเกิดของเสียในกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น ที่เป็นวัตถุประสงค์ของกระบวนการที่ศึกษา

5.1 สภาพปัญหาหลังทำการปรับปรุง

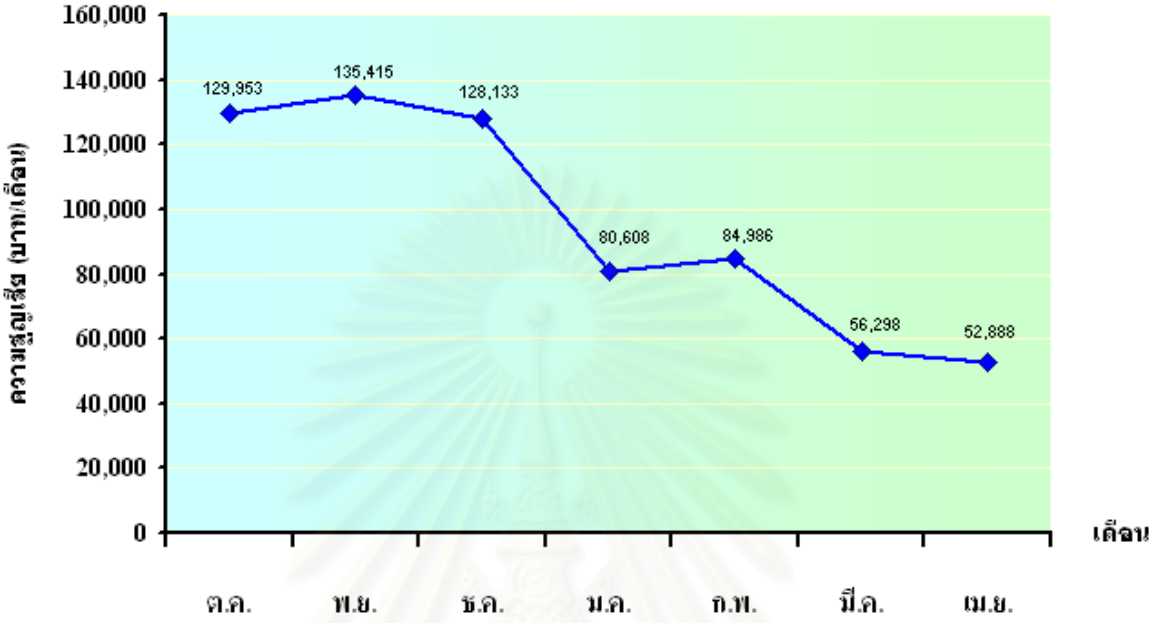
ความสูญเสียที่สามารถลดลง จากการปรับปรุงการทำงานโดยใช้การออกแบบการทดลองในการผลิต อะแดพเตอร์และชาร์เจอร์ (Adapter and charger) ในแต่ละรุ่นผลิตภัณฑ์สามารถลดปริมาณงานเสียจากกระบวนการการบัดกรีด้วยคลื่น และการปรับปรุงกระบวนการผลิตอื่น ๆ โดยเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 เดือน (ตั้งแต่ กุมภาพันธ์ถึงเมษายน)จากภาคผนวก ค สรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงผลตอบแทนหลังการปรับปรุงกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น

สภาวะ	ก่อนการปรับปรุง				ดำเนินการ	หลังการปรับปรุง			
เดือน	ตุลาคม	พฤษจิกายน	ธันวาคม	**เฉลี่ย 3 เดือน**	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	**เฉลี่ย 3 เดือน**
ปริมาณการผลิต (หน่วย)	3,363,122	3,656,545	3,402,232	**10,421,899**	2,419,385	2,766,259	2,521,853	1,850,765	**7,138,877**
เกณฑ์ของเสียในปัจจุบัน (หน่วย)	11,814	12,310	11,648	**35,773**	7,328	7,726	5,118	4,808	**17,652**
สัดส่วนของเสียในปัจจุบัน (PPM)	3,513	3,367	3,424	**3,432**	3,029	2,793	2,029	2,598	**2,473**
ความสูญเสียโดยประมาณการ(บาท)	**129,953**	**135,415**	**128,133**	**393,500**	**80,608**	**84,986**	**56,298**	**52,888**	**194,172**

จากตารางแสดงการวิเคราะห์ผลตอบแทนหลังทำการปรับปรุงกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น สามารถลดความสูญเสียโดยประมาณการโดยรวมทั้งกระบวนการผลิต ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ถึง เมษายน ปี 2548 ไปได้ทั้งสิ้น 194,172 บาท ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับปรุงกระบวนการด้วยการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ และการปรับปรุงกระบวนการผลิตในบทที่ 4 ซึ่งสามารถลดปริมาณ

ของเสียจาก 3,432 PPM ใน 3 เดือนก่อนปรับปรุง ภายหลังการปรับปรุง สัดส่วนลดลงเหลือ 2,473 PPM คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 27.9% เมื่อเทียบกับข้อมูลของเสียก่อนการปรับปรุง (ตุลาคม-



ธันวาคม)

รูปที่ 5.1 แนวโน้มค่าความสูญเสียที่ลดลงโดยประมาณการต่อเดือน

จากรูปที่ 5.1 แสดงแนวโน้มของค่าสูญเสียโดยประมาณการต่อเดือน ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสูญเสียมีแนวโน้มที่ลดลงภายหลังการปรับปรุงในกระบวนการผลิต

5.2 **อุปสรรค**

อุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นในการผลิต มี 4 ด้านดังต่อไปนี้

1) **วัตถุดิบ**

- **การออกแบบ** ในการวิจัยนี้ไม่สามารถทำการเปลี่ยนรูปแบบของผลิตภัณฑ์ได้เนื่องจากข้อกำหนดของลูกค้า หากจะทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ จะต้องแจ้งและได้รับอนุญาตจากลูกค้าก่อนจึงจะทำการเปลี่ยนแปลงได้
- **งานไม่ผ่านข้อกำหนด** เนื่องจากในบางครั้งวัดถุดิบเข้ามาไม่ตรงตามข้อกำหนด แต่การผลิตไม่สามารถรอวัตถุดิบได้ เนื่องจากเวลานำของการผลิตวัตถุดิบใหม่นาน เพราะต้องการผลิตให้ทันเวลาที่นัดหมายไว้กับลูกค้า

2) **วิธีการทำงาน**

- **การออกแบบกระบวนการผลิต** การบัดกรี การใส่ชิ้นส่วน การประกอบ ไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ในบางรุ่น
- **วิธีทดสอบ** ไม่เหมาะสมต่อการทดสอบผลิตภัณฑ์รุ่นนั้นๆ บางครั้งจำเป็นจะต้องสร้างวิธีทดสอบให้เฉพาะรุ่น แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางการเงินจึงจำเป็นต้องทำการดัดแปลงเพื่อให้สามารถใช้ร่วมกับรุ่นอื่นๆ ได้
- **การตรวจสอบและการวัด** เนื่องจากในโรงงานตัวอย่างมีพนักงานทำงาน 2 กะ จึงเกิดการผลัดเปลี่ยนคน ดังนั้น ความแม่นยำ และเที่ยงตรงในการวัด จึงเป็นการยากที่จะควบคุมการตรวจสอบเพื่อให้มั่นใจได้ว่าปัญหาเหล่านั้นได้รับการป้องกันและไม่เกิดซ้ำ

3) **เครื่องจักร**

- **การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ** เมื่อทำการศึกษาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและหลังทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง พบว่าสัดส่วนข้อบกพร่องมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของเสียก่อนทำการปรับปรุง ซึ่งปัญหาส่วนหนึ่งของการลดข้อบกพร่องที่จะต้องทำเป็นมาตรฐานคือ การฝึกอบรมพนักงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานแล้วทำให้เกิดปัญหาข้อบกพร่องจากการบัดกรีด้วยคลื่น รวมทั้งการจัดทำวิธีการทำงานให้เป็นเอกสารเพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติงานที่สามารถอ้างอิงได้
- **ปัจจัย** (Parameter) **ต่าง ๆของเครื่องบัดกรีด้วยคลื่นที่มีผลทำให้เกิด** Solder defect
  - Speed Conveyor เร็วหรือช้าเกินไป ไม่เหมาะสม
  - Pre-heater 1,2 อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปไม่เหมาะสม โดยจะต้องปรับให้ได้ตามลักษณะของกราฟ(profile)
  - Temperature Solder Pot อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปไม่เหมาะสม
  - Angle Rail Conveyor องศาของ Rail Conveyor ไม่เหมาะสม
  - Lambda wave องศาสูงหรือต่ำเกินไปไม่เหมาะสม
  - Chip จำนวนชิ้นส่วนต่อพื้นที่ที่สัมผัสกับ solder pot มากเกินไป
  - Flux Specific Gravity : ค่า SG.ไม่อยู่ในช่วงของข้อกำหนด คือ 0.794 ถึง 0.810 ที่ 25 ^{o}C

4) **คน**

- **ลักษณะนิสัยของพนักงานและความสูญเสีย** จากการศึกษาและวิจัยพบว่าไม่ว่าเราจะใช้ระบบจูงใจใด ๆ ก็ตามไม่สามารถที่จะเปลี่ยนลักษณะนิสัย และทัศนคติของคนงานได้ 100 % แต่ถึงแม้เราสามารถเปลี่ยนทัศนคติต่อต่อความสูญเสียให้คนงานทุกคนตระหนักถึงความสูญเสียก็ตาม เรายังพบว่ามีอีกมากมายหลายปัจจัยที่ผลต่อความสูญเสียที่เกิดขึ้นในโรงงาน เช่น ความโกรธ ความกังวล การขาดประสบการณ์ ขีดจำกัดทางด้านร่างกายและจิตใจ ความเลินเล่อ ปัจจัยเหล่านี้หากเกิดขึ้นในสถานที่ทำงานพบว่าจะทำให้เกิดความสูญเสียในสถานที่ทำงาน

- **ทักษะและความสามารถของพนักงาน** เนื่องจากทางบริษัทมีสภาพการเปลี่ยนแปลงพนักงานอยู่เรื่อยๆ จึงจำเป็นต้องรับพนักงานใหม่มาปฏิบัติงาน ซึ่งพนักงานใหม่นั้นยังขาดประสบการณ์ในการทำงาน และการฝึกหัดที่ต้องอาศัยระยะเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

ในการดำเนินการวิจัยที่ผ่านมา เป็นการนำหลักการทางสถิติและแนวทางควบคุมคุณภาพมาใช้เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต อะแดพเตอร์และชาร์เจอร์ (Adapter and charger) ซึ่งประกอบด้วย โดยในการวิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังกล่าว แล้วผลลัพธ์ที่ได้สามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ กล่าวคือ ลักษณะแรก สามารถกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ซึ่งส่งผลให้ค่า ผลลัพธ์ของกระบวนการ Wave soldering ดีขึ้น และแนวทางการปรับปรุงการผลิตอื่นๆที่ส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องโดยวิธีในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการนี้ ได้นำปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าสัดส่วนการเกิดของเสีย (DPU = Defect per unit) มาทำการออกแบบการทดลอง สำหรับการทดลองนี้จะใช้การออกแบบการทดลองในเชิง แฟกทอเรียล 2^k โดย k คือจำนวนของปัจจัยที่นำมาทดลองและ 2 คือ จำนวนระดับของแต่ละปัจจัย และกำหนดให้ที่แต่ละระดับของปัจจัยเป็นค่าต่ำกับสูง นั่นคือจะได้ว่า การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k สำหรับ 6 ปัจจัยโยที่เป็นแบบ 2^6 Full Factorial ที่มีการทำซ้ำ 2 ครั้งและมีการเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Center point) 5 จุด มาวิเคราะห์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ส่วนผลลัพธ์อีกลักษณะ คือสามารถลดค่าสูญเสียที่ต้องใช้จ่ายไปในการซ่อมตัวงานที่บกพร่อง จากการบัดกรีด้วยคลื่น สามารถลดความสูญเสียโดยประมาณการ ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ถึง เมษายน ปี 2548 ไปได้ทั้งสิ้น 194,172 บาท ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับปรุงกระบวนการด้วยการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ และการปรับปรุงกระบวนการผลิตในบทที่ 4 ซึ่งสามารถลดปริมาณของเสียจาก 3,432 PPM โดยเฉลี่ยใน 3 เดือนก่อนปรับปรุง ภายหลังการปรับปรุง สัดส่วนลดลงเหลือ 2,473 PPM คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 27.9% เมื่อเทียบกับข้อมูลของเสียก่อนการปรับปรุง (ตุลาคม-ธันวาคม ปี 2548)

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดจำนวนของเสียการนำหลักการทางสถิติวิศวกรรมมาใช้นั้นสามารถที่ปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้นจากการปรับปรุงครั้งแรกได้อีก โดยสามารถพิจารณาปรับปรุงและทำการวิเคราะห์ตัวแปรตอบสนอง หรือผลลัพธ์ของกระบวนการตัวอื่นๆ ได้อีก และนอกจากนี้ยังสามารถที่จะพิจารณาตัวแปรตอบสนองที่มากกว่า 1 ตัวไปพร้อมกันได้อีกด้วยเพื่อเป็นการ ลดค่าใช้จ่ายที่ใช้สำหรับการออกแบบการทดลอง อีกทั้งประหยัดเวลาที่ใช้ในการทดลองและดำเนินการผลิตอีกด้วย การนำหลักการทางสถิติวิศวกรรมมาใช้นั้น ทุกคนในองค์กรจำเป็นต้องมีการพัฒนาทักษะความรู้ความสามารถไปพร้อมๆ กัน ตั้งแต่พนักงานระดับปฏิบัติการไปจนถึงผู้บริหารระดับสูง เพื่อที่จะสามารถทำให้การดำเนินการแก้ไขปรับปรุงปัญหาต่างๆ ของกระบวนการมีความสอดคล้องกันไป

สำหรับการปรับปรุงกระบวนการหรือคุณภาพขององค์กรที่ต้องการพัฒนาและปรับปรุงองค์กรแบบก้าวกระโดด โดยการนำหลักการทางสถิติวิศวกรรมมาใช้หรืออาจจะประยุกต์วิธีการตามแนวทางของ ซิกซ์ ซิกม่า มาเป็นแนวทาง ผู้บริหารขององค์กรจำเป็นต้องเป็นผู้นำและให้การสนับสนุนให้บุคลากรในองค์กรนั้นมีความเข้าใจและความรู้เกี่ยวกับวิธีการ จึงจะช่วยให้การพัฒนาเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการรวมไปจนถึงการกระตุ้นทางตรงและทางอ้อมที่จะสนับสนุนให้บุคลากรขององค์กรนั้นมีความร่วมมือและมีทัศนคติที่ดีต่อการปรับปรุงและพัฒนา มิฉะนั้นแล้วการนำหลักการทางสถิติวิศวกรรมมาใช้ในองค์กร อาจไม่ประสบความสำเร็จและอาจจะเกิดเป็นผลเสียต่อองค์กรได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),2544.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2 (ประมวลผลด้วย MINITAB). พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป. การลดของเสียในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

ดำรง ทวีแสงสกุลไทย. การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สำนักพิมพ์เอ็ม แอนด์ อี จำกัด, 2540.

นวลพรรณ ใจงาม. การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม.กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2535.

พิศิษฐ์ เจริญกิจวิวัฒน์. การปรับปรุงคุณภาพสินค้าสำหรับลูกค้าในกรณีศึกษาของโรงงานประกอบแผงต่อสายเครื่องควบคุมไฟฟ้าและขั้วต่อปลายปลายไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

โยชิโนบุ นายาทานิ และคณะ. 7 New QC Tools เครื่องมือสู่คุณภาพยุคใหม่. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

วชิราภรณ์ เศรษฐนันท์. การลดชิ้นส่วนของเสียในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ภาษาอังกฤษ

Montgomery, Douglas C. Introduction to statistical Quality Control. 3rd ed. USA : John Wiley & Son, 1997.

Montgomery, D.C . Design and Analysis of Experiment. 4th ed. USA : John Wiley & Son, 1997.

Peter S. Pande, Robert P. Neuman, and Roland R. Cavanaugh. The Six Sigma Way Team Fieldbook. USA : McGraw-Hill, 2002.

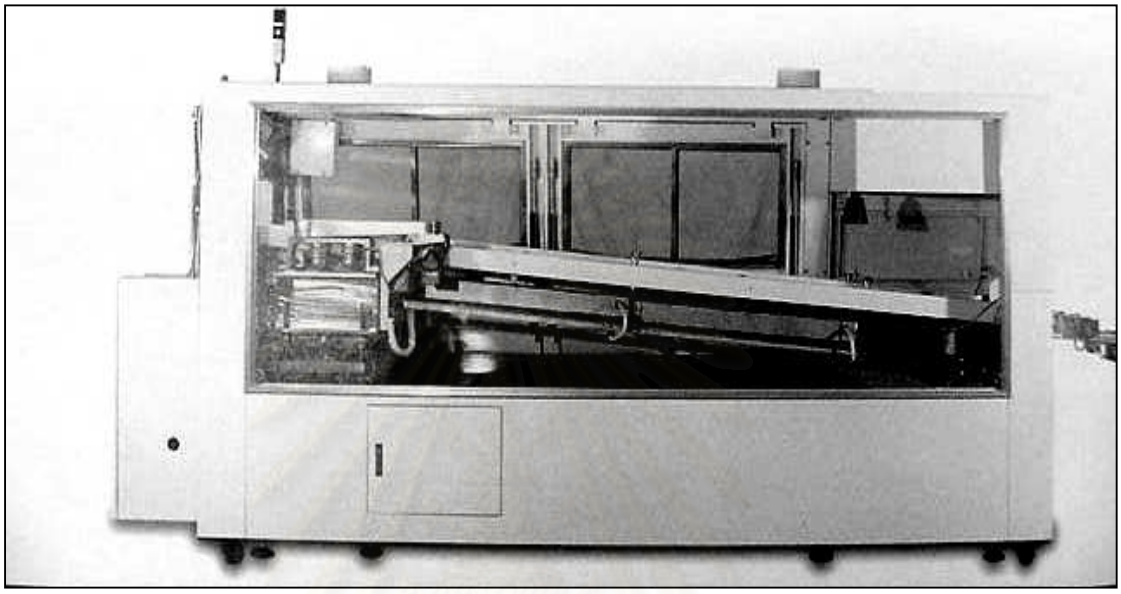
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

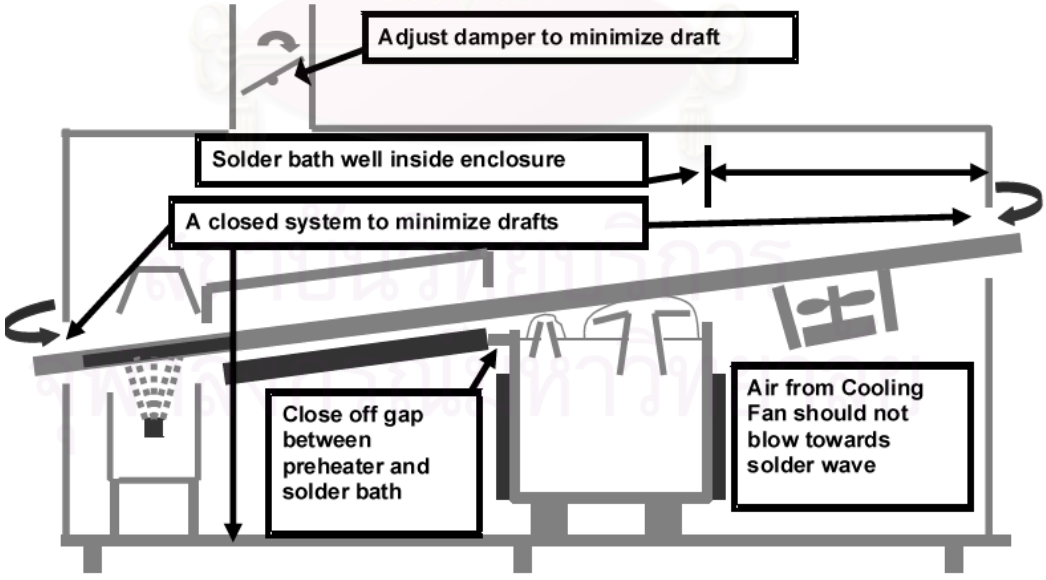
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น

ตัวอย่างของเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น



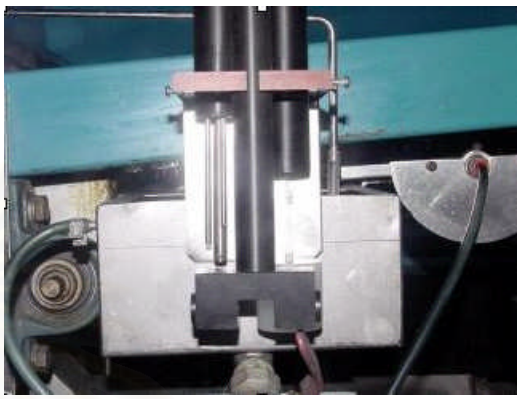
ลักษณะการทำงานโดยรวม แสดงดังรูปต่อไปนี้



<u>ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องบัดกรีด้วยคลื่น</u>

ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

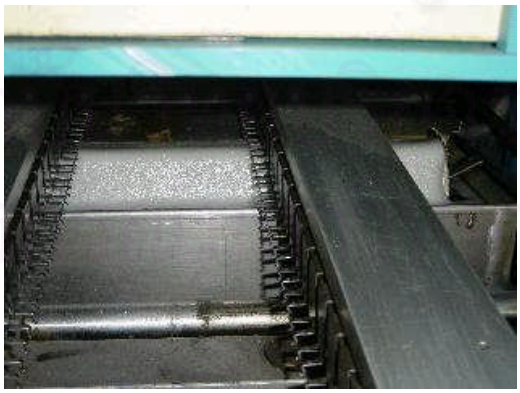
- **เครื่องควบคุมน้ำฟลักซ์อัตโนมัติ** (Auto flux controller)



หน้าที่ ควบคุมระดับน้ำฟลักซ์, ค่าความเข้มข้นของน้ำฟลักซ์ให้อยู่ในสเปคที่ใช้งานที่ 0.802 $\pm$ 0.008 และ แสดงค่าที่ได้จากการวัด เช่น ค่าความเข้มข้น,ค่าความสะอาดของน้ำฟลักซ์ และอุณหภูมิออกมา

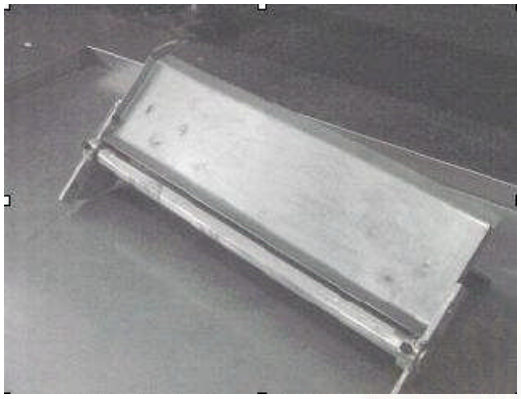
การทำงาน ตัวตรวจจับต่าง ๆ จะส่งค่าที่อ่านได้ไปยังหน่วยประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ปรับตั้งไว้ จากนั้นหน่วยประเมินผลก็จะส่งสัญญาณไปให้ตัวควบคุมนั้นทำงาน ตามเงื่อนไขที่ปรับตั้งไว้โดยอัตโนมัติ

- **น้ำฟลักซ์** (Flux water)



หน้าที่ เป็นตัวประสานในการบัดกรีระหว่างตะกั่วกับขาชิ้นส่วน และแผ่นตะกั่ว Copper pad บนแผ่น PWB เพื่อช่วยให้การบัดกรีง่ายและมีประสิทธิภาพ

- Air knife



หน้าที่ ลมจากAir Knife จะช่วยในการรีดน้ำฟลักซ์ใต้แผ่น PWB หลังจาก ผ่าน Foam flux มาแล้วให้สม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น ก่อนที่จะผ่านเข้ากระบวนการ ให้ความร้อนและการบัดกรีต่อไป

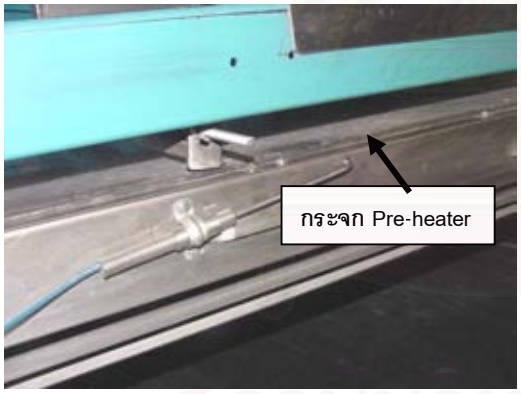
- **เครื่องฉีดน้ำฟลักซ์** (Spray Fluxer machine)

หน้าที่ ช่วยในการฉีดน้ำฟลักซ์ใต้แผ่น PWB ก่อนการบัดกรีระหว่างตะกั่วกับขาชิ้นส่วนและแผ่นตะกั่ว Copper pad บนแผ่น PWB

- **เครื่องให้ความร้อนกับตัวงาน 1 และ 2 (Pre-heater 1, 2)**

หน้าที่ ให้ความร้อนกับ Copper-pad และขางานบนแผ่น PWB ทำให้น้ำฟลักซ์ด้าน solder side แห้งเพื่อง่ายในการบัดกรีทำให้เครื่องจักร ทำการบัดกรีง่ายและเกิดคุณภาพสูง ป้องกัน Thermal shock ของตัวComponent และ Material SMD ต่าง ๆ

- **กระจก Pre-heater**

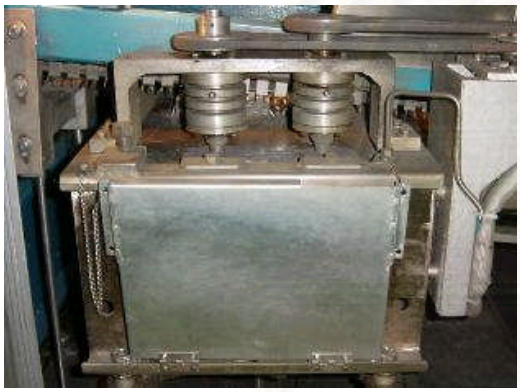


หน้าที่ ลดและกระจายความร้อนจากแท่ง Pre-heat ให้กับตัวงานอย่างสม่ำเสมอ ก่อนที่จะผ่านกระบวนการSolder ต่อไปและป้องกันตัวงานตกหล่นลง ไปที่แท่ง Pre-heat

- **ฝาปิดเครื่อง** Cover Pre-heat

หน้าที่ กักและเก็บความร้อนจากแท่ง Pre-heat ให้อยู่ในจุดที่เราใช้งานเพื่อให้ ตัวงานได้รับความร้อนสม่ำเสมอ และป้องกันการสูญเสียความร้อน ที่กระจายไปในส่วนที่ไม่ได้ใช้งาน

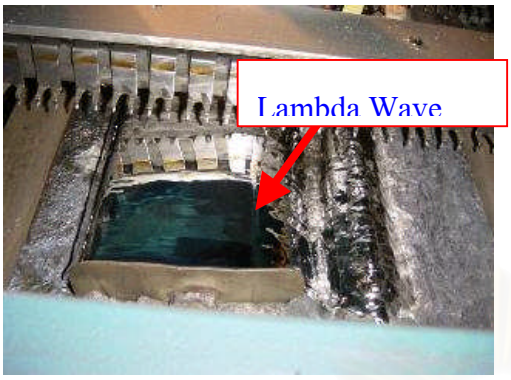
- **หม้อบัดกรี** (Solder Pot)

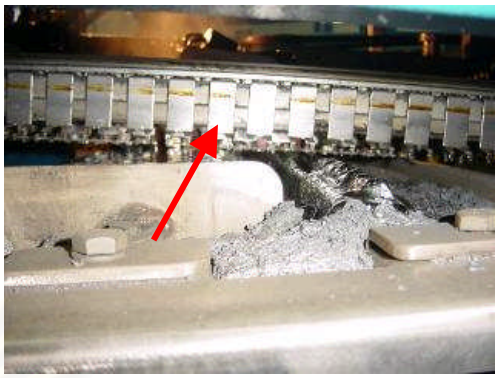


หน้าที่ : กักเก็บ,หลอมเหลวตะกั่วในการบัดกรี และควบคุมอุณหภูมิของน้ำตะกั่วที่ใช้ในการ Solder (245± 5 c ควบคุมด้วย temperature control)

การทำงาน การควบคุมจะใช้ thermocoupleเป็น sensorในการวัดอุณหภูมิและส่งค่าไปยัง temperature control เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ setไว้ จากนั้น temperature control จะส่งสัญญาณไปควบคุม heater ที่ให้ความร้อนเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่ setไว้โดยอัตโนมัติ

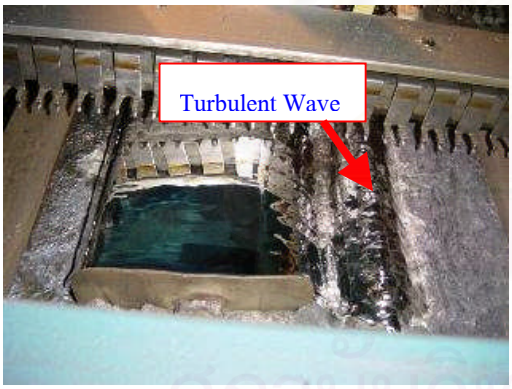
- Lambda Wave (W1)





หน้าที่ เป็นWave หลักในการบัดกรีตัวงานด้าน Solder side ด้วยลักษณะเด่นของน้ำตะกั่วที่มีลักษณะที่เรียบและกว้างจึงไม่เหมาะสำหรับงานที่มี ชิ้นส่วน SMD เพราะน้ำตะกั่วจะไม่สามารถพุ่งเข้าไปในจุดที่เป็นซอกมุมเล็กๆได้ แต่จะเหมาะสมกับงานที่มี ชิ้นส่วน ที่เป็น component

- Turbulent Wave (W2)

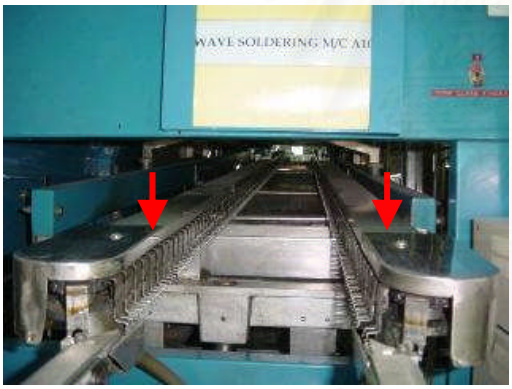


หน้าที่ บัดกรีตัวงานด้าน Solder side ด้วยลักษณะเด่นของน้ำตะกั่วที่มีลักษณะที่พุ่งขึ้นมาจึงเหมาะสำหรับงานที่มี ชิ้นส่วน SMD เพราะน้ำตะกั่วจะสามารถพุ่งเข้าไปในจุดซ่อนเร้นที่เป็นซอกมุมเล็กๆได้

- Finger

หน้าที่ รับตัวงานที่เข้ามาจาก Feed-in และยึดจับตัวงานที่จะทำการ Solder ผ่านเครื่อง Wave soldering m/c และส่งตัวงานสู่ Feed-out

- Rail Conveyor



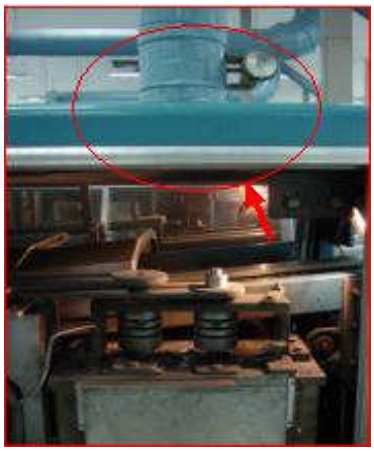
หน้าที่ ลำเลียงงานผ่านกระบวนการWave soldering ตั้งแต่การFlux , Pre-heater และการ Soldering ที่ Wave1,Wave2 จนจบกระบวนการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- UPS (Uninterrupted Power Supply)

หน้าที่ กรณีที่เกิดไฟฟ้าดับหรือขัดข้องและมีตัวงานค้างอยู่ในเครื่องWave soldering m/c เครื่องจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรอง(UPS)จะทำงานทันที โดยจะจ่ายไฟให้เครื่องจักรทำงานต่อไปโดยอัตโนมัติ เพื่อลำเลียงงานที่ค้างอยู่ออกมาจากเครื่องWave soldering และป้องการเสียหายของตัวงานจากการไหม้ด้วย

- Exhaust

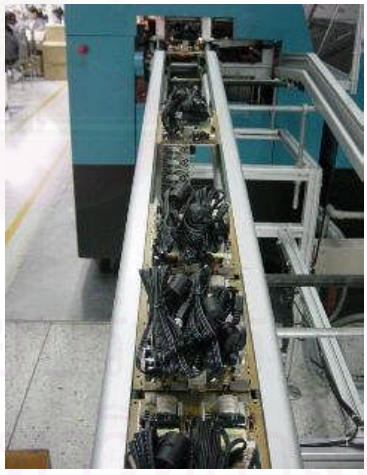


หน้าที่ ดูดควันหรือไอสารตะกั่วจากการ solder และควบคุมไม่ให้ควันหรือไอสารตะกั่วออกมาบริเวณนอกเครื่องWave soldering เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากควันหรือไอสารตะกั่ว

- Feed-in

หน้าที่ ลำเลียงงานจากกระบวนการ Hand insertion เข้าสู่กระบวนการ ของเครื่อง Wave soldering

- Feed-out



หน้าที่ : ลำเลียงตัวงานที่ผ่านการบัดกรีแล้วออกจากเครื่องWave soldering เข้าสู่กระบวนการ Touch Up

ภาคผนวก ข

สถิติของเสียก่อนการปรับปรุง

สถิติของเสีย ณ เดือนตุลาคม

Defect Visual Check list

Model : All model

Line : A1-16

Date/Month	October				Total defect(pcs)
	wk41	wk42	wk43	wk44	
AI- ชิ้นส่วนแตกหัก	22	10	11	23	66
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	0	0	0	0	0
SMD - จุดกาวมากเกินไป	14	16	21	19	70
-ชิ้นส่วนหลุดหาย	25	21	29	28	103
- ชิ้นส่วนวางไม่ตรง**pad**	28	25	27	26	106
HI - ชิ้นส่วนเสียหาย	30	26	25	21	102
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	0	0	0	0	0
- ชิ้นส่วนหลุดหาย	16	18	13	19	66
- ใส่ชิ้นงานกลับขั้ว	32	35	30	28	125
W/S - Solder short	580	557	508	489	2134
- Solder Hole	160	135	146	142	583
- No Solder	280	271	298	228	1077
- Solder Icecle	32	34	37	29	132
- Solder Ball	22	28	26	27	103
- Cold Solder	231	198	203	218	850
- Insufficient Solder	19	13	20	12	64
- Solder short hair line	0	1	0	0	1
- Solder short under part	29	32	19	16	96
- ตะกั่วขึ้นแผ่นวงจรพิมพ์	11	10	8	16	45
TU - ชิ้นส่วนเสียหาย	481	392	351	489	1713
- Solder Short	98	87	79	91	355
- Solder Ball	13	16	10	15	54
- แผ่นทองแดงร่อน	3	4	3	0	10
- ชิ้นส่วนหลุดหาย	378	401	318	302	1399
ICT - ไม่ผ่านเครื่องตรวจสอบ	389	351	349	297	1386
- ชิ้นส่วนเสียหาย เนื่องจากเข็ม	59	49	47	57	212
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	3	4	5	4	16
CA - ชิ้นส่วนเสียหาย	5	9	6	6	26
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	1	0	2	2	5
ATS- ไม่ผ่านเครื่องทดสอบฟังก์ชัน	203	198	195	189	785
- ตัวงานระเบิด	2	8	12	3	25
- ไม่มี input และ output	14	15	19	16	64
Final- Case เป็นรอย	12	6	7	15	40
Other	-	-	-	-	-
Total Qty (pcs)	840785	840780	840785	840772	3363122
Defect Qty (pcs)	3192	2970	2824	2827	11813
Scrap unit (pcs)	20	26	30	25	101
Defect rate (PPM)	3796	3532	3359	3362	3513

สถิติของเสีย ณ เดือนพฤศจิกายน

Defect Visual Check list
Model : All model
Line : A1-16

Date/Month	November				Total defect(pcs)
	wk41	wk42	wk43	wk44	
AI- ชิ้นส่วนแตกหัก	16	20	10	10	56
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	0	0	0	0	0
SMD - จุดดาวมากเกินไป	17	21	14	16	68
-ชิ้นส่วนหลุดหาย	23	20	22	18	83
- ชิ้นส่วนวางไม่ตรง**pad**	25	23	24	26	98
HI - ชิ้นส่วนเสียหาย	28	32	36	30	126
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	0	0	0	0	0
- ชิ้นส่วนหลุดหาย	17	19	23	17	76
- ใส่ชิ้นงานกลับขั้ว	28	25	36	20	109
W/S - Solder short	644	585	692	588	2509
- Solder Hole	180	191	129	142	642
- No Solder	259	247	298	265	1069
- Solder Icecle	35	28	36	31	130
- Solder Ball	19	23	21	25	88
- Cold Solder	240	195	187	194	816
- Insufficient Solder	18	21	11	19	69
- Solder short hair line	1	0	0	1	2
- Solder short under part	14	25	36	18	93
- ตะกั่วขึ้นแผ่นวงจรพิมพ์	7	6	13	4	30
TU - ชิ้นส่วนเสียหาย	439	475	501	474	1889
- Solder Short	94	92	89	83	358
- Solder Ball	12	11	17	14	54
- แผ่นทองแดงร่อน	6	3	0	0	9
- ชิ้นส่วนหลุดหาย	389	391	326	460	1566
ICT - ไม่ผ่านเครื่องตรวจสอบ	345	367	320	291	1323
- ชิ้นส่วนเสียหาย เนื่องจากขึ้ม	33	35	29	31	128
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	5	4	0	3	12
CA - ชิ้นส่วนเสียหาย	4	6	3	2	15
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	6	4	2	3	15
ATS- ไม่ผ่านเครื่องทดสอบฟังก์ชัน	176	214	159	223	772
- ตัวงานระเบิด	1	11	17	0	29
- ไม่มี input และ output	11	9	13	7	40
Final- Case เป็นรอย	8	10	12	7	37
Other	-	-	-	-	-
Total Qty (pcs)	914150	914145	914130	914120	3656545
Defect Qty (pcs)	3100	3113	3076	3022	12311
Scrap unit (pcs)	25	28	32	10	95
Defect rate (PPM)	3391	3405	3365	3306	3367

สถิติของเสีย ณ เดือนธันวาคม

Defect Visual Check list

Model : All model

Line : A1-16

Date/Month	December				Total defect(pcs)
	wk41	wk42	wk43	wk44	
AI- ชิ้นส่วนแตกหัก	22	16	14	11	63
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	0	0	0	0	0
SMD - จุดกาวมากเกินไป	12	11	20	9	52
-ชิ้นส่วนหลุดหาย	13	18	16	17	64
- ชิ้นส่วนวางไม่ตรง**pad**	20	16	18	22	76
HI - ชิ้นส่วนเสียหาย	25	23	19	29	96
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	0	0	0	0	0
- ชิ้นส่วนหลุดหาย	18	19	15	20	72
- ใส่ชิ้นงานกลับขั้ว	30	20	26	24	100
W/S - Solder short	554	578	598	622	2352
- Solder Hole	143	174	153	145	615
- No Solder	251	296	237	294	1078
- Solder Icecle	27	26	21	30	104
- Solder Ball	24	17	15	31	87
- Cold Solder	203	218	210	187	818
- Insufficient Solder	17	12	19	18	66
- Solder short hair line	0	1	0	0	1
- Solder short under part	23	28	27	24	102
- ตะกั่วขึ้นแผ่นวงจรพิมพ์	16	12	14	8	50
TU - ชิ้นส่วนเสียหาย	398	323	381	341	1443
- Solder Short	88	90	82	86	346
- Solder Ball	13	14	19	15	61
- แผ่นทองแดงร่อน	8	4	4	0	16
- ชิ้นส่วนหลุดหาย	490	398	379	405	1672
ICT - ไม่ผ่านเครื่องตรวจสอบ	283	265	273	299	1120
- ชิ้นส่วนเสียหาย เนื่องจากซ็อม	34	36	28	29	127
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	6	3	3	0	12
CA - ชิ้นส่วนเสียหาย	8	5	7	6	26
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	3	0	2	3	8
ATS- ไม่ผ่านเครื่องทดสอบฟังก์ชัน	227	209	232	211	879
- ตัวงานระเบิด	7	12	13	6	38
- ไม่มี **input** และ **output**	20	17	15	18	70
Final- Case เป็นรอย	7	13	9	5	34
Other	-	-	-	-	-
Total Qty (pcs)	850558	850560	850555	850559	3402232
Defect Qty (pcs)	2990	2874	2869	2915	11648
Scrap unit (pcs)	40	31	36	17	124
Defect rate (PPM)	3515	3379	3373	3427	3424

ภาคผนวก ค

สถิติของเสียหลังการปรับปรุง 3 เดือน

Defect Visual Check list
Model : All model
Line : A1-16

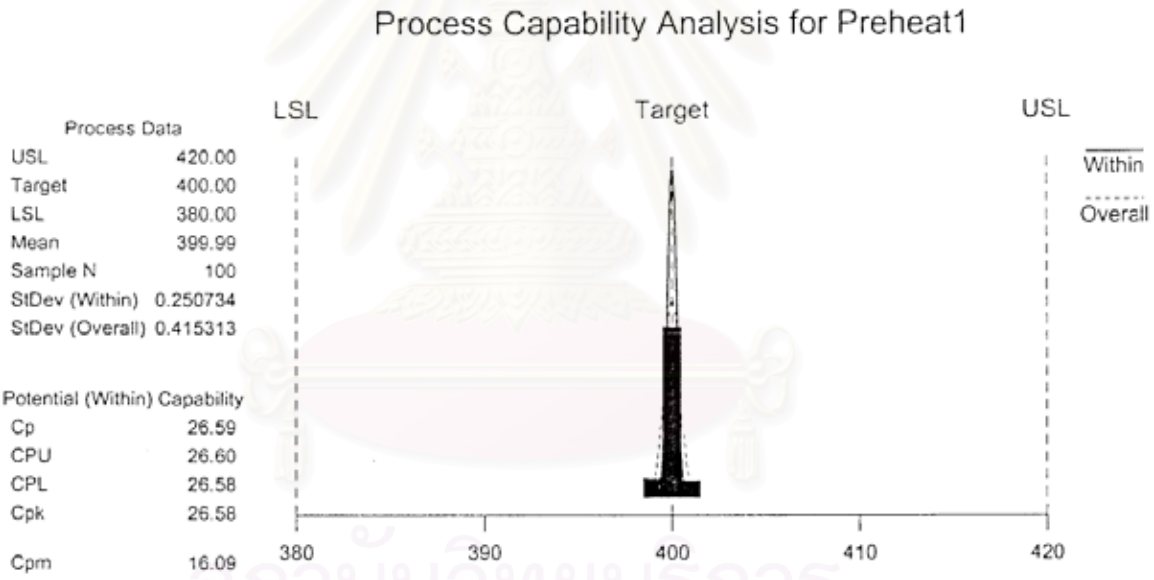
Date/Month	Febuary	March	April	Total defect(pcs)
AI- ชิ้นส่วนแตกหัก	30	26	22	78
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	0	0	0	0
SMD - จุดกาวมากเกินไป	31	17	12	60
-ชิ้นส่วนหลุดหาย	39	23	13	75
- ชิ้นส่วนวางไม่ตรง**pad**	34	25	20	79
HI - ชิ้นส่วนเสียหาย	45	28	25	98
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	0	0	0	0
- ชิ้นส่วนหลุดหาย	19	17	18	54
- ใส่ชิ้นงานกลับขั้ว	38	28	30	96
W/S - Solder short	1941	1655	1554	5150
- Solder Hole	1290	980	943	3213
- No Solder	480	259	251	990
- Solder Icecle	95	35	27	157
- Solder Ball	32	19	24	75
- Cold Solder	291	180	203	674
- Insufficient Solder	35	18	17	70
- Solder short hair line	1	1	0	2
- Solder short under part	38	14	23	75
- ตะกั่วขึ้นแผ่นวงจรพิมพ์	5	6	10	21
TU - ชิ้นส่วนเสียหาย	881	593	398	1872
- Solder Short	398	94	88	580
- Solder Ball	27	12	13	52
- แผ่นทองแดงร่อน	2	3	6	11
- ชิ้นส่วนหลุดหาย	785	389	404	1578
ICT - ไม่ผ่านเครื่องตรวจสอบ	611	445	383	1439
- ชิ้นส่วนเสียหายเนื่องจากเข็ม	81	33	34	148
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	1	4	4	9
CA - ชิ้นส่วนเสียหาย	27	4	8	39
- แผ่นวงจรพิมพ์แตก	1	5	2	8
ATS- ไม่ผ่านเครื่องทดสอบฟังก์ชัน	403	176	227	806
- ตัวงานระเบิด	1	0	5	6
- ไม่มี **input** และ **output**	32	11	20	63
Final- Case เป็นรอย	32	18	24	74
Other	-	-	-	-
Total Qty (pcs)	2,766,259	2,521,853	1,850,765	7,138,877
Defect Qty (pcs)	7726	5118	4808	17652
Scrap unit (pcs)	10	18	27	55
Defect rate (PPM)	2793	2029	2598	2473

ภาคผนวก ง
ความสามารถของกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น

ความสามารถของกระบวนการบัดกรีด้วยคลื่น ของปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ ของการบัดกรีด้วยคลื่น มีดังนี้

- Preheat 1 (^{O}C)
- Preheat 2 (^{O}C)
- Speed (m/min)
- Pot temperature (^{O}C)

- ความสามารถของกระบวนการ Preheat 1



Process Data	
USL	420.00
Target	400.00
LSL	380.00
Mean	399.99
Sample N	100
StDev (Within)	0.250734
StDev (Overall)	0.415313

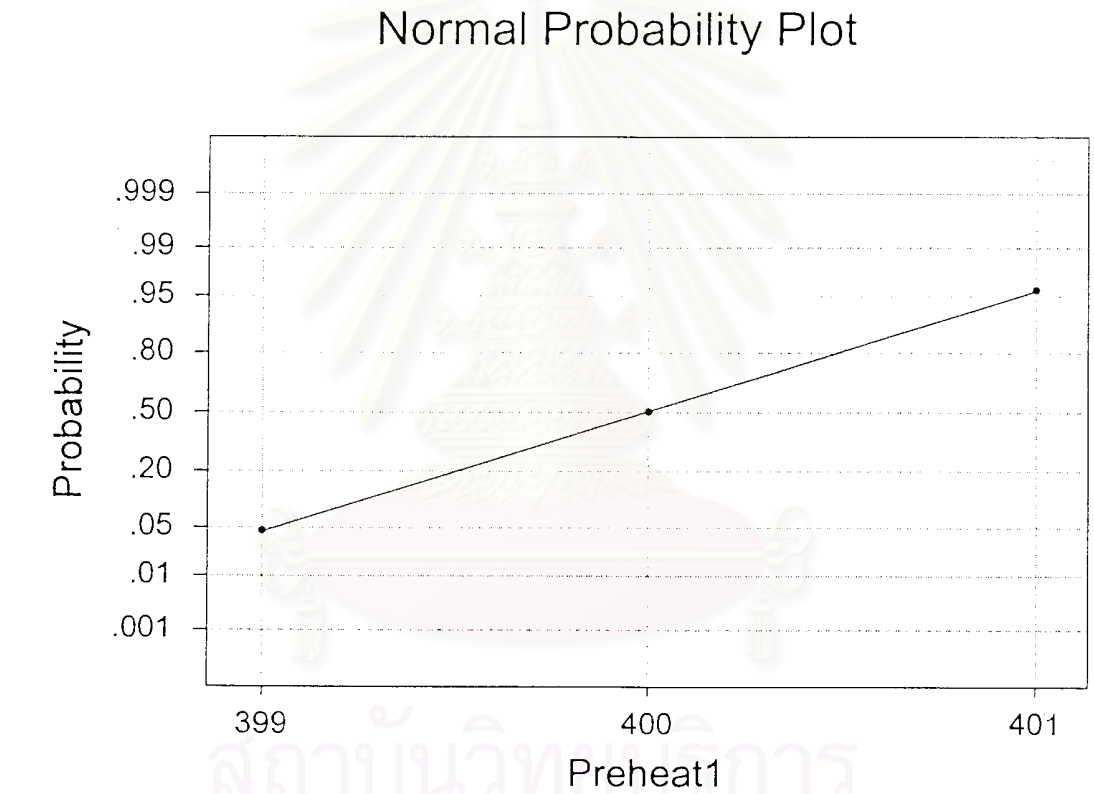
Potential (Within) Capability	
Cp	26.59
CPU	26.60
CPL	26.58
Cpk	26.58
Cpm	16.09

Overall Capability	
Pp	16.05
PPU	16.06
PPL	16.04
Ppk	16.04

Observed Performance	
PPM < LSL	0.00
PPM > USL	0.00
PPM Total	0.00

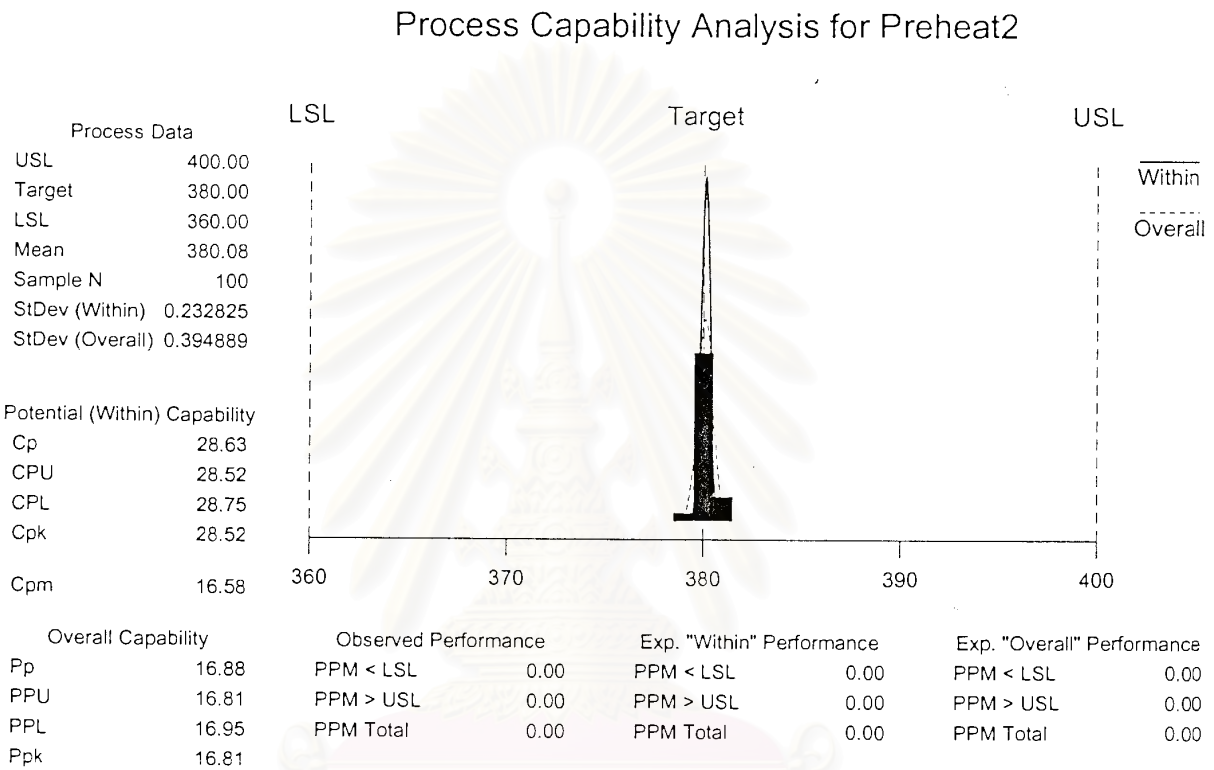
Exp. "Within" Performance	
PPM < LSL	0.00
PPM > USL	0.00
PPM Total	0.00

Exp. "Overall" Performance	
PPM < LSL	0.00
PPM > USL	0.00
PPM Total	0.00

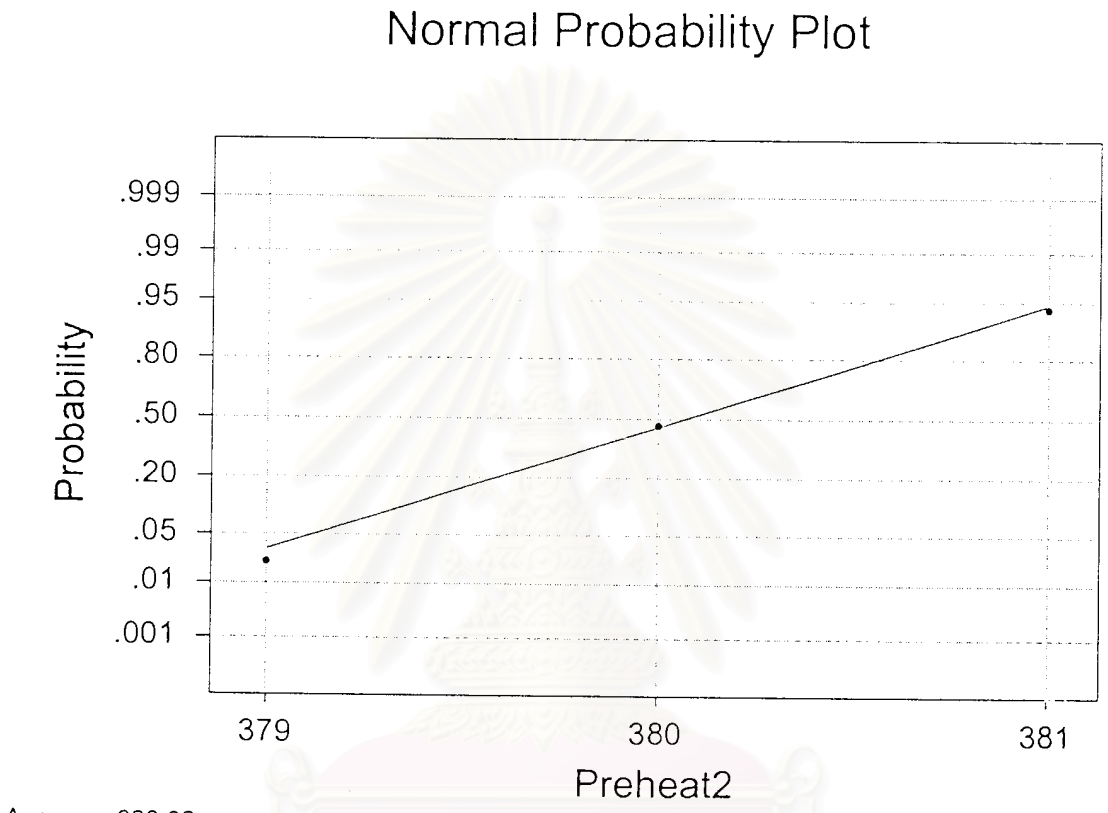


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ความสามารถของกระบวนการ Preheat 2

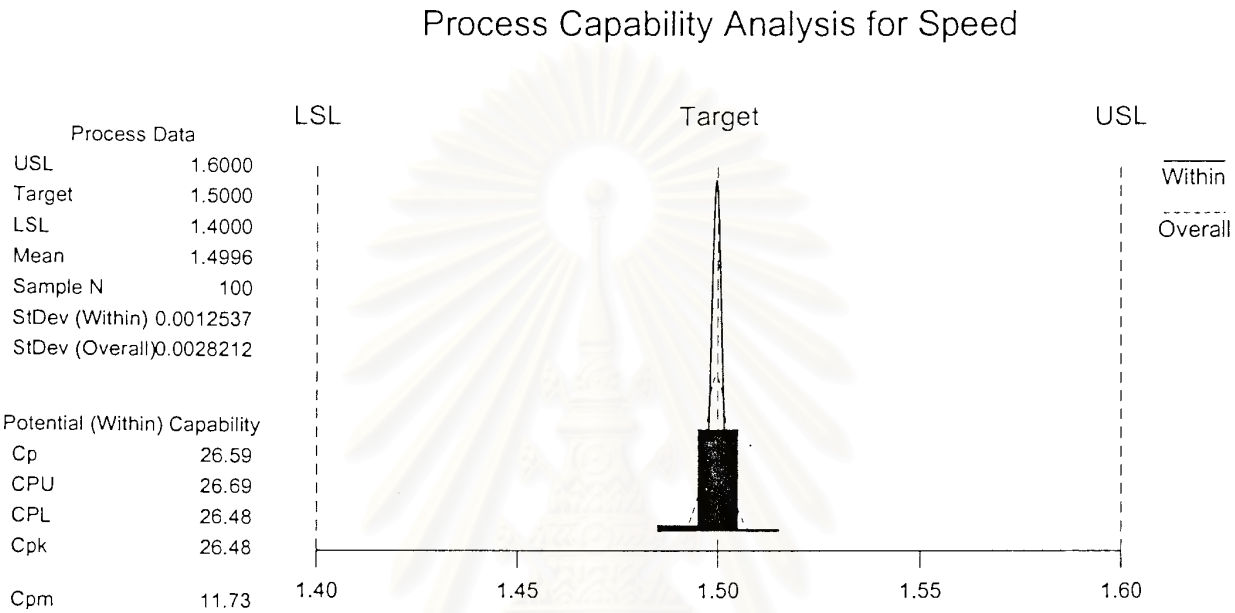


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ความสามารถของกระบวนการ Speed



Process Data	
USL	1.6000
Target	1.5000
LSL	1.4000
Mean	1.4996
Sample N	100
StDev (Within)	0.0012537
StDev (Overall)	0.0028212

Potential (Within) Capability	
Cp	26.59
CPU	26.69
CPL	26.48
Cpk	26.48
Cpm	11.73

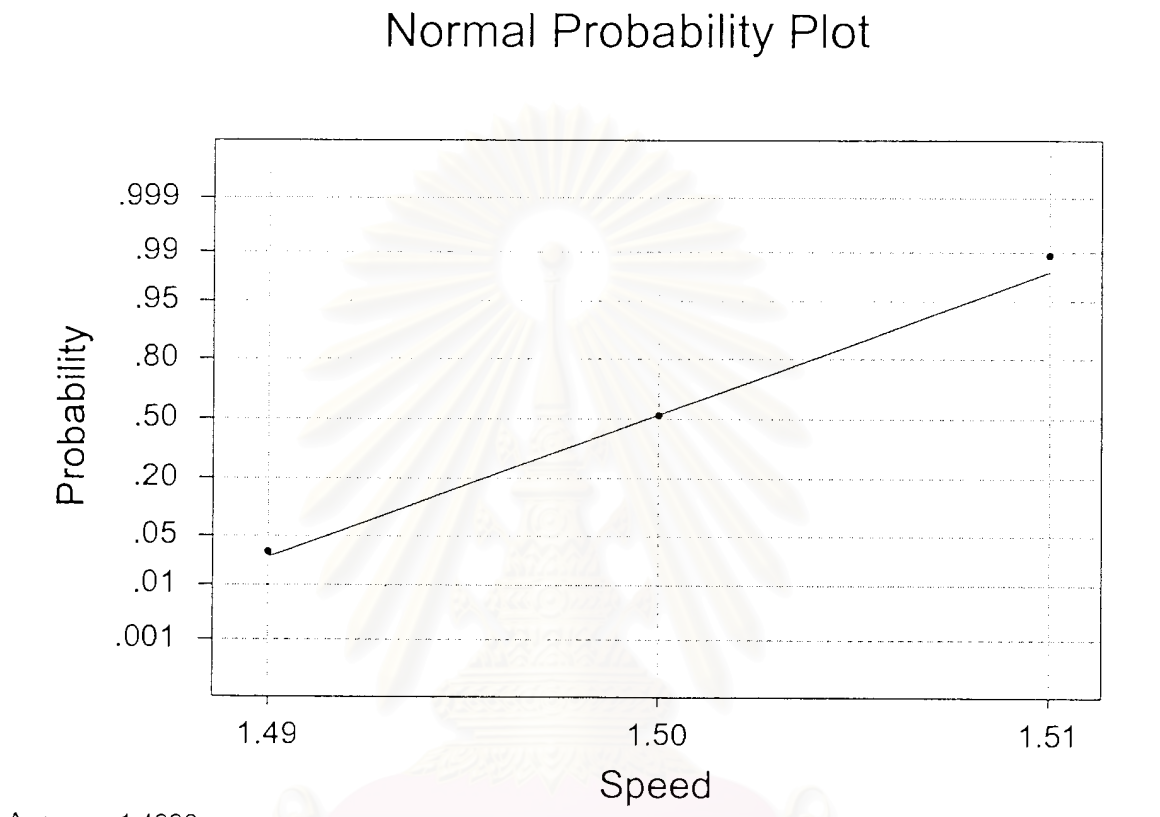
Overall Capability	
Pp	11.82
PPU	11.86
PPL	11.77
Ppk	11.77

Observed Performance	
PPM < LSL	0.00
PPM > USL	0.00
PPM Total	0.00

Exp. "Within" Performance	
PPM < LSL	0.00
PPM > USL	0.00
PPM Total	0.00

Exp. "Overall" Performance	
PPM < LSL	0.00
PPM > USL	0.00
PPM Total	0.00

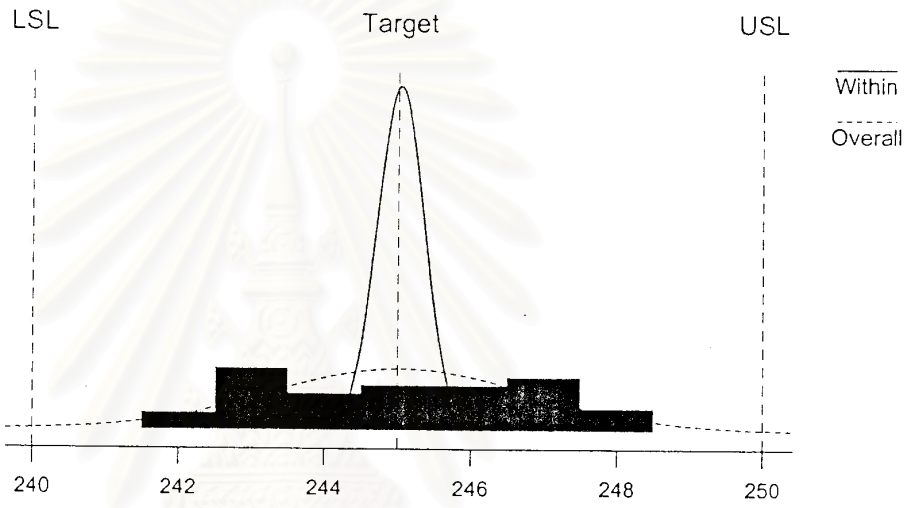
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ความสามารถของกระบวนการ Pot temperature

Process Capability Analysis for Pot temp



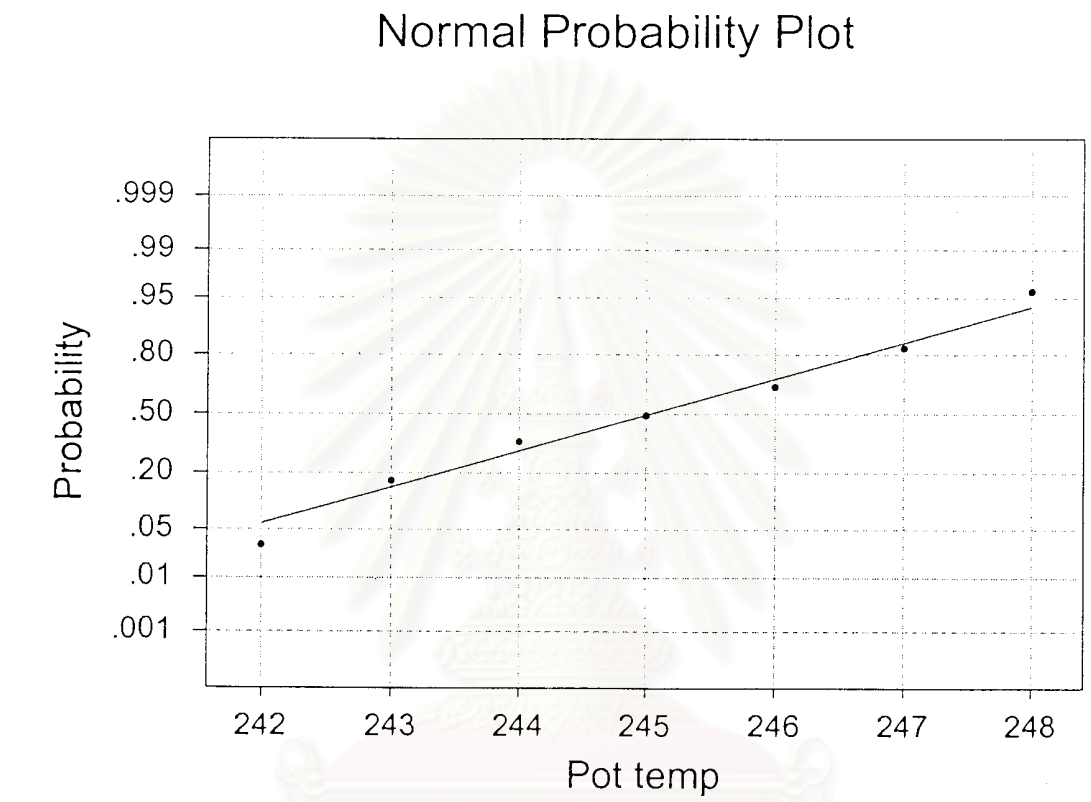
Process Data	
USL	250.00
Target	245.00
LSL	240.00
Mean	245.03
Sample N	100
StDev (Within)	0.32237
StDev (Overall)	1.79934

Potential (Within) Capability	
Cp	5.17
CPU	5.14
CPL	5.20
Cpk	5.14
Cpm	0.93

Overall Capability	
Pp	0.93
PPU	0.92
PPL	0.93
Ppk	0.92

Observed Performance		Exp. "Within" Performance		Exp. "Overall" Performance	
PPM < LSL	0.00	PPM < LSL	0.00	PPM < LSL	2591.22
PPM > USL	0.00	PPM > USL	0.00	PPM > USL	2871.33
PPM Total	0.00	PPM Total	0.00	PPM Total	5462.55

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

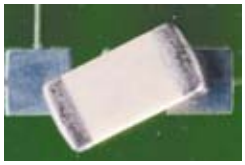


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

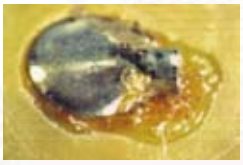
ภาคผนวก จ
ตัวอย่างของเสียในกระบวนการต่างๆ

•ขั้นตอน Auto Component insertion

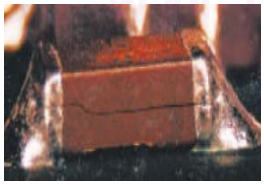
•ขั้นตอน Surface Mount Device (SMD)



■ ขั้นตอน Wave Soldering



■ ขั้นตอน Touch up



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกริ่งทิพย์ ศรีธรรม เกิดวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2522 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย