การปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

นางสาวอรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPROVEMENT OF OPTICAL TRANSCEIVER TESTING PROCESS IN ELECTRONICS INDUSTRY

Miss Orawan Pitukkiattikul

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 2008
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์
โดย	นางสาวอรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล : การปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. (IMPROVEMENT OF OPTICAL TRANSCEIVER TESTING PROCESS IN ELECTRONICS INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 112 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในการป้องกันการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ โดยใช้หลักการซิกซ์ซิกม่า ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ การนิยามปัญหา (Define Phase), การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase), การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase), การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) และการควบคุมกระบวนการทดสอบ (Control Phase) จากการศึกษากระบวนการทดสอบ ปัญหาที่พบคือ ผลิตภาพการผลิตจากกระบวนการทดสอบ 3 models หลักมีค่าต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 88.9% คิดเป็นมูลค่าของของเสียเฉลี่ย 14,000 เหรียญสหรัฐต่อเดือน จึงได้ทำการเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาศึกษาโดยเลือก 1 ใน 3 models หลัก และคัดเลือกตัวแปรที่จะนำมาศึกษาโดยการใช้เทคนิคลักษณะบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) และเทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) จะได้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทดสอบล้มเหลว คือการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากวิธีการทำความสะอาดสายไฟเบอร์และฝุ่นจากที่พักสายไฟเบอร์ (LC holder)

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการทดสอบพบว่า ผลิตภาพการผลิตจากกระบวนการทดสอบของผลิตภัณฑ์ที่เลือกนำมาศึกษามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 84.49% เป็น 92.82% คิดเป็นมูลค่าของของเสียที่ลดลงจากเฉลี่ย 676.04 เหรียญสหรัฐต่อ 100 ชิ้น เหลือประมาณ 312.96 เหรียญสหรัฐต่อ 100 ชิ้น หรือลดมูลค่าของของเสียได้ 53.71%

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต อรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ปีการศึกษา 2551

4971524121 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : SIX SIGMA / IMPROVEMENT OF TESTING PROCESS / OPTICAL TRANSCEIVER

ORAWAN PITUKKIATTIKUL : IMPROVEMENT OF OPTICAL TRANSCEIVER TESTING PROCESS IN ELECTRONICS INDUSTRY. ADVISOR : ASSOC.PROF.DAMRONG THAWESAENGSKULTHAI, 112 pp.

The objective of this research is to improve testing process of optical transceiver in order to prevent dust and scratch on lens by applying six sigma approaches consisting of 5 phases - Define phase, Measure phase, Analysis phase, Improve phase and Control phase. Based on the result of studying, it was founded 3 main models have shown the low yield - average about 88.9%. There is equal to the cost of defects around 14,000 $ per month. In this regard, one has been selected from 3 main models to study. Importantly, the methodologies to screen factors comprise Failure Mode and Effect Analysis, Cause and Effect Diagram techniques and Reliability Theory. Accordingly, the factors which affect significantly to the testing process are both dust and scratch on lens occurred from fiber cleaning method and dust from LC holder.

Yield of testing process after implementation have been improved significantly from 84.49% to 92.82%, which is equivalence to the cost of defect reducing from 676.04$ to 312.96$ per 100 units, approximately cost of defect saving 53.71%.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Industrial Engineering Student's Signature อรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้ทางทฤษฎี และคำแนะนำต่างๆ รวมทั้งการติดตามงานวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และรองศาสตราจารย์จรูญ มหิทธาฟองกุล ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็น พร้อมทั้งตรวจสอบถึงความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงาน ตลอดจนพนักงานทุกท่านของกระบวนการทดสอบในโรงงานกรณีศึกษาที่ได้สละเวลาช่วยเหลือให้ข้อมูลและข้อแนะนำตลอดจนให้ความร่วมมือในการปฏิบัติตามแนวทางที่ผู้วิจัยแนะนำเพื่อให้การทำงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อนทุกคนที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุนและให้กำลังใจ ตลอดจนขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาแก้ผู้วิจัย ทำให้สามารถทำงานวิจัยนี้ได้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.. ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. จ
กิตติกรรมประกาศ.. ฉ
สารบัญ... ช
สารบัญตาราง.. ฌ
สารบัญภาพ... ฎ

บทที่ 1 บทนำ... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา... 1
1.2 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา.............. 3
1.3 การศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน... 4
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Objective)... 6
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.. 6
1.6 แนวทางการดำเนินงานวิจัย.. 6
1.7 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.. 7
บทที่ 2 การสำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง................................ 8
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.. 8
2.1.1 ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)... 8
2.1.2 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)................................... 18
2.1.3 วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering)................... 28
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.. 31
บทที่ 3 การนิยามปัญหา.. 34
3.1 การกำหนดทีมงานดำเนินการ... 34
3.2 การศึกษากระบวนการทดสอบ... 34
3.3 สภาพปัญหาในปัจจุบัน.. 36
3.4 การกำหนดปัญหา.. 37
3.5 การกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและเครื่องมือที่เลือกใช้.............. 45
3.6 สรุปการนิยามปัญหา.. 47

หน้า

บทที่ 4 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 48
4.1 การคำนวณจำนวนตัวอย่าง……………….. 48
4.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด... 48
4.3 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)......... 54
4.4 สรุปผลขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา.................................. 59
บทที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 60
5.1ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบ... 60
5.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ.. 66
5.3 สรุปผลการทดสอบปัจจัย.. 77
บทที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 79
6.1ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ.. 79
6.2 การดำเนินการปรับปรุง แก้ไขกระบวนการ……….................................... 79
6.3 สรุปผลการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ.. 86
บทที่ 7 การควบคุมกระบวนการทดสอบ 87
7.1 แนวทางการควบคุม... 87
7.2 ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการทดสอบ... 89
บทที่ 8 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.. 91
8.1 สรุปผลงานวิจัย.. 91
8.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย.. 92
8.3 ข้อเสนอแนะ... 92

รายการอ้างอิง.. 93
ภาคผนวก.. 94
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง.. 95
ภาคผนวก ข มาตรฐานการทำงาน….. 102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.. 112

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ประเภทของแผ่นตรวจสอบ…………………………………………………	19
2.2	ตัวอย่างการเก็บข้อมูล……………………………………………………..	21
2.3	ประเภทของกราฟ…………………………………………………………..	22
3.1	ค่าเฉลี่ย ผลิตภาพการผลิต (yield) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2551 ถึงเดือนกรกฎาคม 2551………………………………………………	38
3.2	Process FMEA ของกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง…………	41
3.3	เครื่องมือและตัววัดผลในขั้นตอนต่างๆ………………………………………	46
4.1	ผลการวิเคราะห์การเห็นพ้องจากการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์…………………………………………………………………………..	50
4.2	การตีความค่าค่าสัมประสิทธิ์ Cohen's kappa…………………………………	53
5.1	SEM/EDX result ของกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ (Wiper paper) และฝุ่นบนหน้าเลนส์ของตัวรับสัญญาณทางแสง……………………………………	67
5.2	การวิเคราะห์การกระจายตัวของจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ	68
5.3	การคำนวณค่า MTTF ของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ	71
5.4	การวิเคราะห์การกระจายตัวของจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง………………………………………………………………………..	73
5.5	การคำนวณค่า MTTF ของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง………………………………………………………………………..	76
6.1	การวิเคราะห์การกระจายตัวของจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ……………………………………………………………….	81
6.2	การคำนวณค่า MTTF ของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ……………………………………………………………….	83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

ตารางที่		หน้า
6.3	ผลการทดสอบความเบี่ยงเบนของข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง…………….	85
6.4	ผลการทดสอบค่ามัธยฐานของข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง………………..	86
8.1	ผลิตภาพการผลิต (yield) ของกระบวนการทดสอบของ Model C……………..	91
8.2	ผลิตภาพการผลิต (yield) และมูลค่าของของเสียของ Model C………………..	91

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

ภาพที่		หน้า
1.1	โครงสร้างของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์...	2
1.2	ตัวอย่างของตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver)………………	4
1.3	ผลิตภาพการผลิต (yield) และปริมาณการผลิตของตัวรับส่งสัญญาณทางแสงรูปแบบหนึ่ง………………………………………………………………………	5
1.4	ผลิตภาพการผลิต (yield) และมูลค่าของเสีย (cost of defects)………………	5
2.1	ขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้ในซิกซ์ ซิกม่า…………………………………………	11
2.2	แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)………………………………………...	12
2.3	สาเหตุและบ่อเกิดของผลกระทบ (C&E Matrix)………………………………..	13
2.4	วิเคราะห์ผลกระทบต่อความล้มเหลว (FMEA)…………………………………	13
2.5	แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)……………………………………………..	14
2.6	ขอบข่ายงานคุณภาพ (QFD)……………………………………………………	14
2.7	ปรากฏการณ์ทรงกรวย (Funnel Effect)………………………………………...	15
2.8	ตัวอย่างแผนผังพาเรโต………………………………………………………..	20
2.9	ตัวอย่างแผนผังการกระจาย……………………………………………………..	23
2.10	ตัวอย่างแผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบบวก……………………………	24
2.11	ตัวอย่างแผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบลบ……………………………..	24
2.12	ตัวอย่างแผนผังการกระจายที่ไม่มีสหสัมพันธ์…………………………………..	25
2.13	ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม…………………………………………………………	26
2.14	ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบปกติ……………………………………………………	27
2.15	ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบแยกเป็นเกาะ…………………………………………..	27
2.16	ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบระฆังคู่…………………………………………………	27
2.17	ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบฟันปลา………………………………………………..	28
2.18	ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบหน้าผา…………………………………………………	28
2.19	ความสัมพันธ์ของ MTTF, MTTR และ MTBF………………………………..	31
3.1	แผนภาพกระบวนการทดสอบโดยรวม…………………………………………..	35
3.2	ผลิตภาพการผลิต (yield) และปริมาณการผลิตของตัวรับส่งสัญญาณทางแสง.	36
3.3	ผลิตภาพการผลิต (yield) และมูลค่าของเสีย (cost of defects)………………	37

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่		หน้า
3.4	การคาดการณ์ปริมาณการสั่งซื้อของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2551 ถึง เดือนธันวาคม 2551…………………………………………………………..	38
3.5	แผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุของการทดสอบล้มเหลวที่กระบวนการทดสอบ ต่างๆ……………………………………………………………………..	39
3.6	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทดสอบล้มเหลว………………………………	44
3.7	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทดสอบล้มเหลวของ Model C……………………	45
4.1	การคำนวณขนาดตัวอย่าง………………………………………………....	48
4.2	แผนภาพการวิเคราะห์การเห็นพ้องจากการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบน หน้าเลนส์…………………………………………………………………...	52
4.3	กระบวนการทดสอบที่อาจทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ (Macro Process Map)………………………………………………………	55
4.4	ขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ Adjust Test………………………………..	56
4.5	ขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ Jitter Test…………………………………	56
4.6	ขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ BERT Test………………………………...	57
4.7	ขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ Final Test………………………………….	57
4.8	แผนผังแสดงเหตุและผล…………………………………………………….	58
5.1	การทำความสะอาดหน้าเลนส์หัวเสียบด้วยกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์..	61
5.2	ที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)………………………………………………	62
5.3	ภาพขยายที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)……………………………………	62
5.4	Fiber Microscope…………………………………………………………	63
5.5	ส่วนประกอบของ Fiber Microscope………………………………………..	63
5.6	หัวเสียบสายไฟเบอร์ (Fiber Connector)……………………………………	64
5.7	รูเสียบหน้าเลนส์บนชิ้นงาน………………………………………………....	64
5.8	หัวเสียบถูกเสียบเข้าไปในตัวชิ้นงานเพื่อเข้าสู่กระบวนการทดสอบ……………	65
5.9	เครื่องตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง………..	65
5.10	SEM/EDX Spectrum ของกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ (Wiper paper) และฝุ่นบนหน้าเลนส์ของตัวรับสัญญาณทางแสง……………………………..	67
5.11	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปใน ที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ……….	69

ภาพที่		หน้า
5.12	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ..........	69
5.13	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ..........	70
5.14	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ..........	72
5.15	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง..	73
5.16	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง..	74
5.17	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง..	74
5.18	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง..	77
6.1	Fiber Microscope..	79
6.2	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ	81
6.3	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ	82
6.4	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ	82
6.5	การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ	84
6.6	เปรียบเทียบความเบี่ยงเบนของข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง......................	85
7.1	กระบวนการทดสอบแบบใหม่..	88
7.2	ผลิตภาพการผลิต (yield) ของกระบวนการทดสอบของ Model C................	89
7.3	ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทดสอบล้มเหลวของของ Model C ก่อนและหลังปรับปรุง..	90
7.4	ผลิตภาพการผลิต (yield) และมูลค่าของของเสียของ Model C..................	90

บทที่ 1

บทนำ

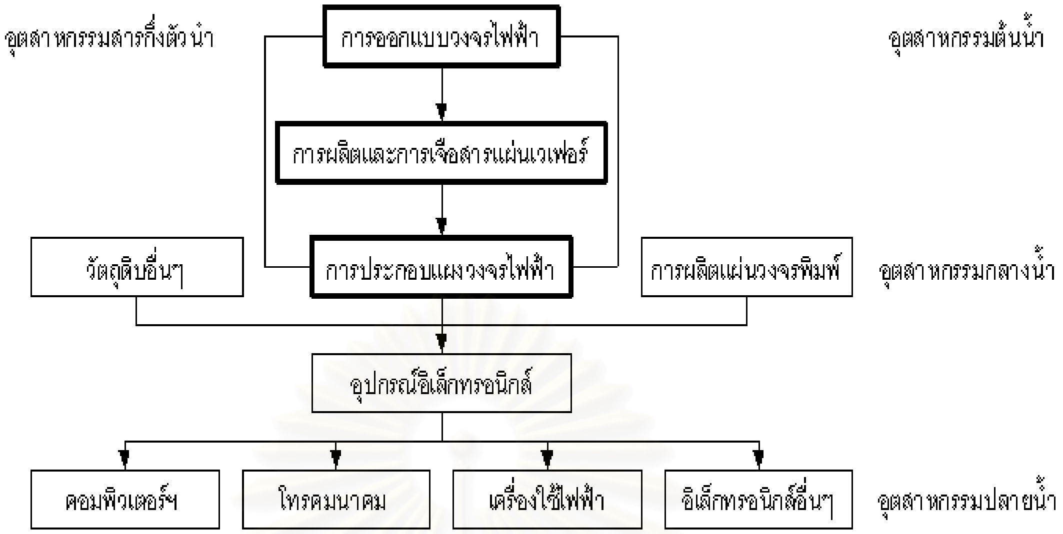
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจไทย โดยโครงสร้างของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. อุตสาหกรรมต้นน้ำ (Upstream Industry) เป็นอุตสาหกรรมขั้นพื้นฐานสำหรับการผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การผลิตและเจือสารแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Fabrication) , การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board : PCB) , การออกแบบแผงวงจรรวม (Integrated Circuit : IC) เป็นต้น โดยในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการผลิตอุตสาหกรรมต้นน้ำบางประเภท แต่ส่วนใหญ่ยังใช้เทคโนโลยีขั้นต่ำอยู่ ส่วนการผลิตและเจือสารแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Fabrication) นั้นเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มสูง แต่ประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตได้เอง

2. อุตสาหกรรมกลางน้ำ (Midstream Industry) หมายถึงอุตสาหกรรมที่ผลิตชิ้นส่วนและส่วนประกอบของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น แผงวงจรรวม (Integrated Circuit : IC) , แผ่นวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board : PCB) , ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยได้มีการลงทุนในอุตสาหกรรมประเภทนี้สูงมาก ไม่ว่าจะเป็นการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ การร่วมลงทุน และบริษัทในประเทศเอง ซึ่งบริษัทต่างชาติและบริษัทร่วมลงทุนจากต่างชาติจะมีขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งโดยมากแล้วจะใช้เครื่องจักร, วัตถุดิบรวมทั้งเทคโนโลยีจากบริษัทแม่จากต่างประเทศ ส่วนบริษัทที่เป็นของคนไทยเองนั้นส่วนใหญ่แล้วจะเป็นมีขนาดเล็กหรือไม่ก็เป็นการทำสัญญาการผลิต (Subcontracting) ซึ่งกระบวนการผลิตของบริษัทจะไม่ซับซ้อนมากนักและปัจจัยการผลิตหลักคือแรงงาน ซึ่งชิ้นส่วนและอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมกลางน้ำที่มีมูลค่าการส่งออกสูง และมีแนวโน้มว่าจะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นอีก ได้แก่ แผงวงจรรวม (Integrated Circuit : IC) และแผ่นวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board : PCB)

3. อุตสาหกรรมปลายน้ำ (Downstream Industry) เป็นการผลิตสินค้าขั้นสุดท้ายของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องรับวิทยุและโทรทัศน์ เป็นต้น



รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ที่มา: ฝ่ายวิจัย ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) อ้างถึงใน “อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ฟื้นหรือยุบ (1),” กรุงเทพธุรกิจ (17 กันยายน 2545): 6.

จุดแข็งที่สำคัญของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของไทยคือ เป็นฐานการผลิตเพื่อการส่งออกที่สำคัญของสหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ โดยเฉพาะญี่ปุ่นที่เข้ามาลงทุนจำนวนมากในไทย ประกอบกับไทยมีแรงงานที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ทั้งความละเอียด ประณีต ซึ่งเหมาะกับความต้องการของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนจุดอ่อนของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของไทย คือ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่มีเทคโนโลยีในการผลิตซับซ้อนและต้องใช้เงินลงทุนค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ ดังนั้นผู้ประกอบการภายในประเทศจึงยังไม่มีเทคโนโลยีการผลิตเป็นของตนเองยังคงต้องนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศหรือเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านทางบริษัทแม่ในต่างประเทศ อีกทั้งผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมนี้มีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีค่อนข้างรวดเร็ว การผลิตภายในประเทศจึงอยู่ในส่วนของการรับคำสั่งมาผลิต (Original Equipment Manufacturing : OEM) หรือรับจ้างประกอบและทดสอบผลิตภัณฑ์แล้วจึงส่งออกไปขายตามคำสั่งของบริษัทแม่เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังขาดการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนไม่มีความชำนาญในด้านการตลาดสำหรับผู้ประกอบการท้องถิ่น ขณะที่บริษัทที่แข่งขันในตลาดโลกได้ ส่วนใหญ่จะเป็นกิจการร่วมทุนกับต่างชาติหรือเป็นกิจการของต่างประเทศที่เข้ามาลงทุนในไทย ทำให้แรงงานไทยขาดโอกาสในการพัฒนาฝีมือระดับสูง นอกจากนี้ การเชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรมสนับสนุนกับอุตสาหกรรมหลักที่ยังมีไม่มาก

เท่าที่ควร ส่งผลให้การผลิตของไทยมีต้นทุนสูงขึ้น ขณะที่ปัจจุบันไทยเริ่มสูญเสียความได้เปรียบทางการแข่งขันให้กับประเทศเพื่อนบ้าน อาทิ จีนและเวียดนาม จากการที่ค่าแรงงานเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้เกิดการย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศเพื่อนบ้านมากขึ้น ทำให้การแข่งขันภายในอุตสาหกรรมนี้มีค่อนข้างสูง

เครื่องมือหนึ่งที่จะสามารถเพิ่มความได้เปรียบทางการแข่งขันได้ ก็คือการผลิตผลิตภัณฑ์ตรงตามมาตรฐานหรือความต้องการของลูกค้าภายใต้ต้นทุนที่ต่ำกว่า แนวคิดในการลดของเสียจากกระบวนการผลิตโดยการใช้เครื่องมือต่างๆ ในการปรับปรุงจึงเกิดขึ้น

1.2 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา

1.2.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัท

โรงงานกรณีศึกษาประกอบธุรกิจในการรับจ้างผลิตส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Manufacturing Services : EMS) มีโรงงานในประเทศไทย จีน และสหรัฐอเมริกา โดยโรงงานในประเทศไทยได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล ได้แก่ การรับรองระบบบริหารคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9001:2000 , การรับรองระบบบริหารสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐาน ISO14001, การรับรองระบบบริหารงานคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมการสื่อสารโทรคมนาคมตามมาตรฐาน TL 9000 และการรับรองระบบบริหารคุณภาพของอุตสาหกรรมยานยนต์ตามมาตรฐาน ISO/TS 16949:2002 โดยโรงงานกรณีศึกษามีพนักงานรวมทั้งสิ้นประมาณ 5,000 คน

1.2.2 ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษา ได้แก่ส่วนประกอบออพติคอลต่างๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้คือตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver) รูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณในเครือข่าย

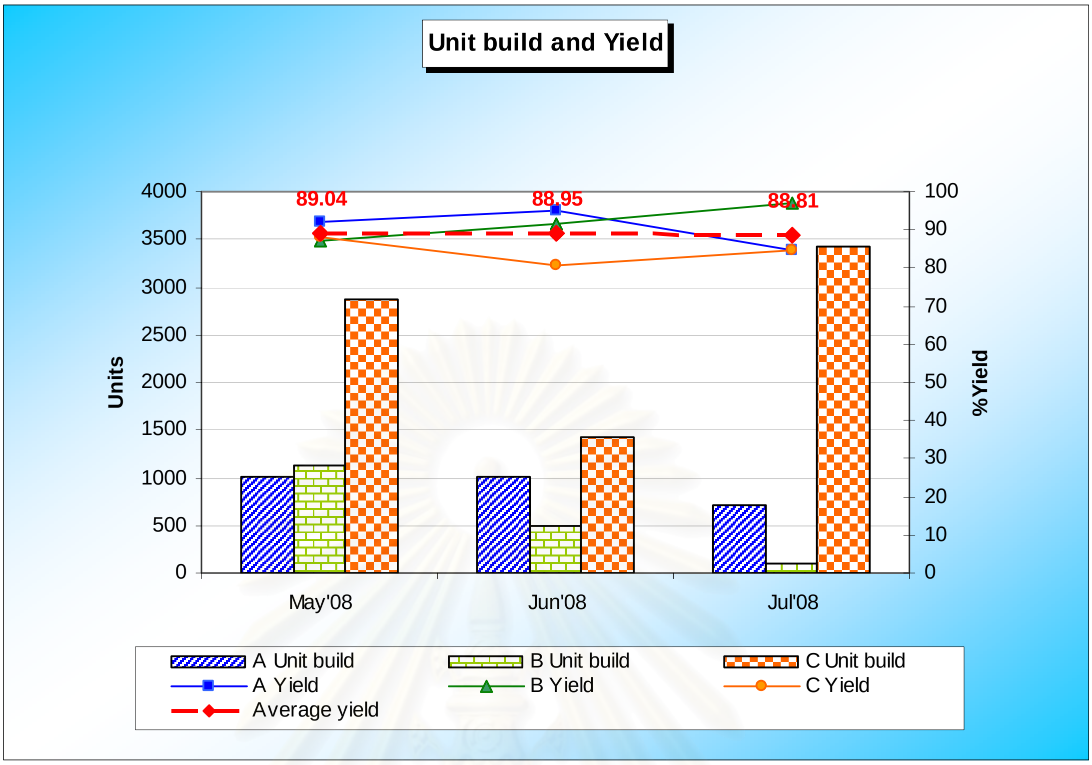
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างของตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver)

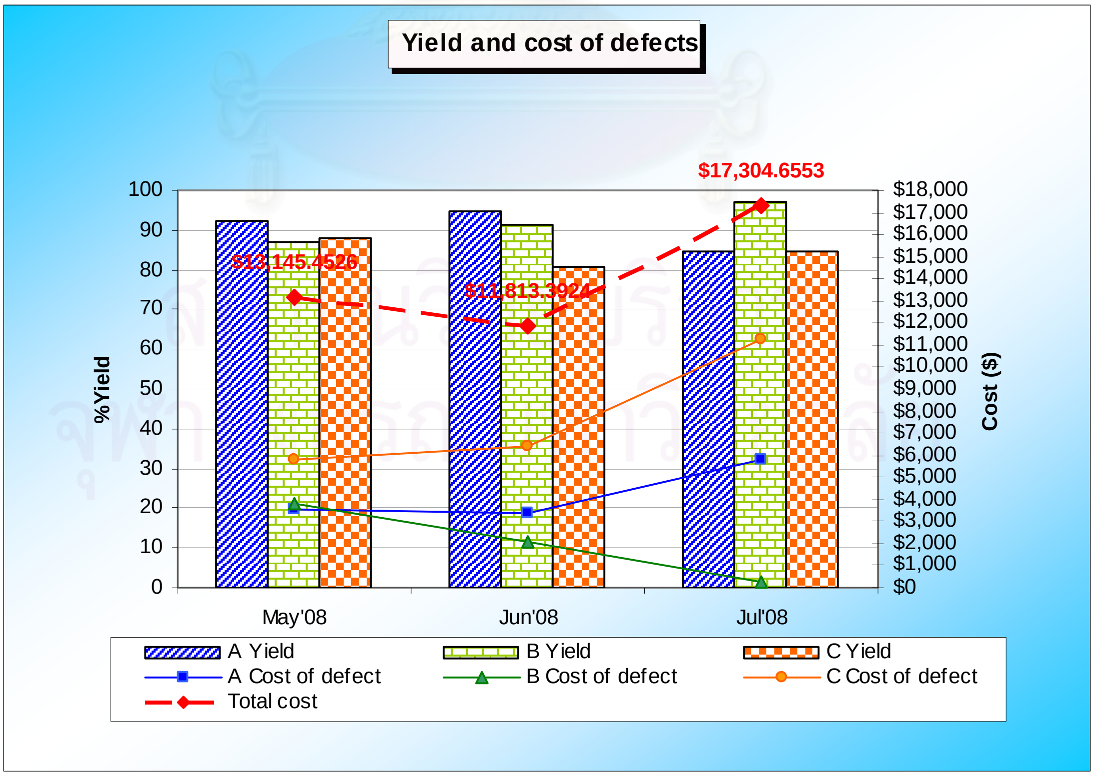
1.3 การศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน

จากข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าผลิตภาพการผลิต (yield) จากกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver) รูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีการผลิตอยู่ 3 modelหลัก ได้แก่ Model A, B และ C มีค่าเฉลี่ยของผลิตภาพการผลิต (yield) 3 เดือนล่าสุด ได้แก่ เดือน พฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม อยู่ที่ 88.9% ซึ่งคิดเป็นมูลค่าของของเสียเฉลี่ย 14,000 เหรียญสหรัฐต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 1.3 และ 1.4 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.3 กราฟแสดง ผลิตภาพการผลิต (yield) และปริมาณการผลิตของตัวรับส่งสัญญาณทางแสงรูปแบบหนึ่ง



รูปที่ 1.4 กราฟแสดง ผลิตภาพการผลิต (yield) และมูลค่าของเสีย (cost of defects)

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Objective)

เพื่อปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในการป้องกันการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ศึกษาเฉพาะกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

1.5.2 ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ในกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

1.6 แนวทางการดำเนินงานวิจัย

1.6.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล และการนิยามปัญหา (Define Phase)

- ศึกษาผลงานทางวิชาการ งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- ศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบันและกำหนดวัตถุประสงค์งานวิจัย

1.6.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

- ศึกษากระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง
- รวบรวมข้อมูลและสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด
- วิเคราะห์ข้อมูลและจัดชั้นความถี่ตามหลักการสถิติ (Pareto Analysis)

1.6.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

- วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดฝุ่นและรอยขีดบนหน้าเลนส์
- ทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยเครื่องมือทางสถิติ

1.6.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)

- วิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัว รับส่งสัญญาณทางแสง
- ดำเนินการทดลองใช้แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
- วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1.6.5 ขั้นตอนการควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control Phase)

- พิจารณาเลือกเครื่องมือในการควบคุมตัวแปรนั้นๆ
- ทำการตรวจวัดปริมาณการทดสอบล้มเหลวในกระบวนการทดสอบตัว รับส่งสัญญาณทางแสงหลังการทดลองแก้ไข
- สรุปผลการปรับปรุง

1.6.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.6.7 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ของตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

1.7.2 ผลการทดสอบล้มเหลวจากกระบวนการทดสอบอันเนื่องจากการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ของตัวรับส่งสัญญาณทางแสงลดลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การสำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

2.1.1.1 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

Six Sigma หมายถึง ระดับคุณภาพของกระบวนการผลิตที่ยอมให้มีของเสียในระบบได้เพียง 3.4 ชิ้นต่อการผลิตสินค้าล้านชิ้น และนอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือช่วยธุรกิจให้สามารถแก้ปัญหาคุณภาพของระบบการปฏิบัติการได้อีกด้วย หรืออาจพูดได้ว่า เป็นกระบวนการทางธุรกิจที่ให้องค์กรต่างๆ ปรับปรุงขีดความสามารถโดยการออกแบบและตรวจสอบกิจกรรมทางธุรกิจประจำวัน เพื่อลดสิ่งสูญเปล่าและลดการใช้ทรัพยากร (3.4 หน่วยในล้านหน่วย) แต่ขณะเดียวกันก็เพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าในเรื่องของคุณภาพและความรวดเร็ว (ชมัยพร, 2551)

2.1.1.2 ประวัติของซิกซ์ ซิกม่า

Six Sigma เกิดขึ้นจากการค้นพบของบริษัทโมโตโรลล่า ในปี พ.ศ. 2529 และนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนและปรับกระบวนการทำงานให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ของบริษัท ต่อมามีบริษัทชั้นนำของโลกได้ประยุกต์ใช้วิธีนี้อีกหลายแห่ง เช่น Honeywell International, General Electric (GE), Sony, Eastman Kodak เป็นต้น ต่างใช้วิธีการนี้เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ

2.1.1.3 แนวคิดหลักของซิกซ์ ซิกม่า

วิธีการ Six Sigma เกิดขึ้นหลังจากที่ได้มีการใช้วิธีการอื่นในการปรับปรุงคุณภาพ อาทิ Quality Control, TQM, Zero Defects ในช่วงทศวรรษก่อนหน้า โดย Six Sigma มีความแตกต่างกับวิธีการอื่นตรงที่

- เป็นกระบวนการที่รวบรวมหลักการปรับปรุงต่างๆได้แก่ การเปรียบเทียบ (Benchmarking) การเพิ่มผลิตภาพ (Productivity Improvement) การขยายงานในเชิงกลยุทธ์ (Strategic Deployment) รวมไปถึงการนำหลักการทางสถิติและเทคนิค (Statistical and Techniques) มาใช้ในกระบวนการทำงาน

- มีจุดเน้นที่ชัดเจนในรูปของผลตอบแทนที่สามารถวัดได้ในเชิงปริมาณของทุกโครงการที่อยู่ในกระบวนการนี้
- เห็นผลสำเร็จอย่างรวดเร็ว เพราะการบริหารแบบนี้จะเน้นการบริหารจากบนลงล่าง (Top-down Management) ที่ผู้บริหารต้องผลักดันแนวความคิดและการปรับปรุงให้เกิดขึ้น โดยการสร้างให้พนักงานทุกระดับสามารถเข้าใจ และปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม
- มีการสร้างทีมงานที่กำหนดบทบาทไว้ชัดเจน ได้แก่ แชมเปี้ยน (Champions) หัวหน้ากลุ่มสายดำ (Master Black Belts) กลุ่มสายดำ (Black Belts) และกลุ่มสายเขียว (Green Belts)

2.1.1.4 ทีมงานและบทบาทหน้าที่

แชมเปี้ยน (Champions) ดูแลการบริหารและรับผิดชอบโครงการ Six Sigma ระดับนโยบายขององค์กร โดยริเริ่มโครงการวางแผน สร้างระบบและการปฏิบัติงาน รวมทั้งคัดเลือกบุคลากร และควบคุมระยะเวลาในการปรับปรุง แชมเปี้ยนมี 3 ประเภทคือ

1. ด้านบริหาร (Executive Champion) เป็นบุคคลที่ผู้บริหารระดับสูงหรือ CEO แต่งตั้งขึ้นหรืออาจจะเป็นผู้บริหารระดับสูงหรือ CEO เอง เพื่อเป็นผู้ดูแลการบริหารและรับผิดชอบในระดับองค์กรโดยรวมทั้งหมด มักจะต้องเป็นผู้มีภาวะผู้นำสูง มีความเด็ดขาดในการทำงาน

2. ด้านการดำเนินงาน (Deployment Champion) เป็นบุคคลที่ต้องรายงานตรงต่อ Executive Champion มักจะอยู่ในระดับหน่วยธุรกิจหรือหน่วยปฏิบัติการหรือโรงงาน ดูแลรับผิดชอบในด้านการสร้างระบบและลงมือปฏิบัติงานต่างๆที่เกี่ยวกับโครงการ เช่น การแปรนโยบายไปสู่พนักงานระดับต่างๆ การสื่อสารภายในองค์กร การวางแผน การวางอัตรากำลังและคัดเลือกบุคลากร รวมทั้งกำหนดและควบคุมเรื่องระยะเวลาอีกด้วย

3. ผู้ดูแลโครงการ (Project Champions) เป็นบุคคลที่รายงานตรงกับ Executive Champion เช่นกัน และมักจะมีระยะเวลาการอยู่ในตำแหน่ง (ส่วนใหญ่ประมาณ 2 ปี) ดูแลรับผิดชอบทางด้านการกำหนด คัดเลือก ลงมือปฏิบัติและติดตามผลงานโครงการต่างๆ ให้กับกลุ่มสายดำ (Black Belts) โดยจะคอยสนับสนุนทางด้านเทคนิคและจัดหาเงินทุนสำหรับการทำโครงการด้วย

หัวหน้ากลุ่มสายดำ (Master Black Belts) เป็นกลุ่มคนที่ได้รับการคัดเลือกจากกลุ่มแชมเปี้ยนให้เป็นผู้เชี่ยวชาญประจำองค์กร ในด้านการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับยุทธศาสตร์ Six Sigma ให้ทั้งองค์กรได้รับรู้ โดยเป็นผู้ที่อุทิศเวลาเต็มร้อยให้กับยุทธศาสตร์นี้ เป็นผู้ฝึกสอนและให้คำปรึกษาแก่กลุ่มสายดำ (Black Belts) ให้คำปรึกษากับแชมเปี้ยน (Champion) ในการวางระบบวางแผน คัดเลือกโครงการ คัดเลือกบุคลากร การอบรมบุคลากร และเป็นผู้บริหารโครงการโดยรวม

ทั้งหมด มักจะใช้ที่ปรึกษาภายนอกในระยะเริ่มต้นเพื่อให้คำปรึกษาในการวางโครงสร้าง การดำเนินงาน และด้านเทคนิคปฏิบัติ

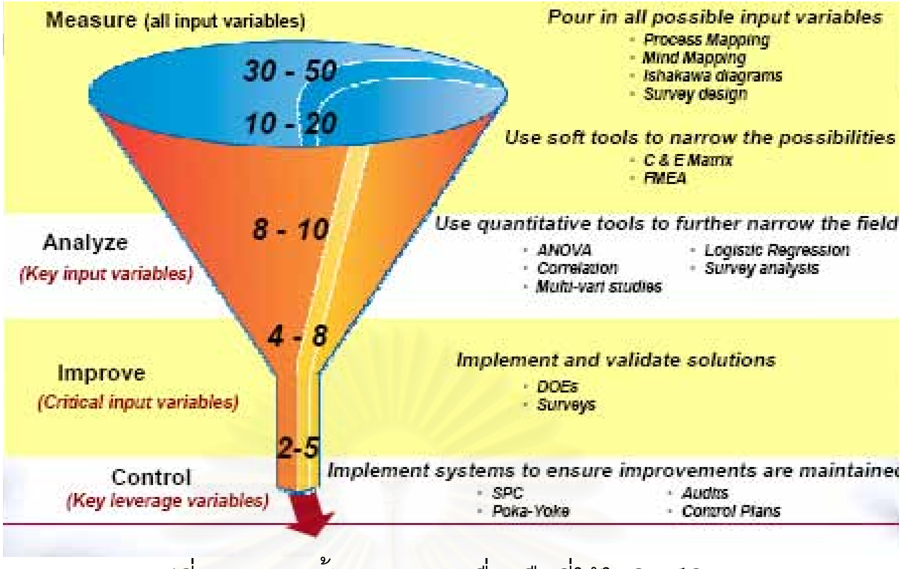
กลุ่มสายดำ (Black Belts) เป็นหัวหน้าโครงการบริหารลูกทีมที่มักจะมีลักษณะแบบข้ามสายงาน ขึ้นตรงต่อหัวหน้ากลุ่มสายดำ เป็นผู้ใช้เครื่องมือต่างๆและความรู้ของยุทธศาสตร์ Six Sigma ให้เป็นประโยชน์กับโครงการที่รับผิดชอบ จะต้องทำงานประจำแบบเต็มเวลา กลุ่มนี้จะได้รับการฝึกอบรมเข้มเกี่ยวกับสถิติและเทคนิคการแก้ไขปัญหา

กลุ่มสายเขียว (Green Belts) กลุ่มนี้จะทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยกลุ่มสายดำในการทำโครงการ แต่จะทำงานแบบไม่เต็มตัว โดยมักจะเป็นผู้ที่อยู่ในสายงานที่เกี่ยวข้องกับโครงการนั้นๆ

2.1.1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

DMAIC เป็นขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการทางธุรกิจที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

- D-Define การนิยามปัญหา คือ การกำหนดเป้าหมายการปรับปรุงกระบวนการทำงานที่สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและยุทธศาสตร์ขององค์กร
- M-Measure การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา คือ การวัดประเด็นหลักๆของกระบวนการทำงานในปัจจุบัน ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายและสาเหตุที่เป็นไปได้ นำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดวางตามช่วงระยะเวลาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุหลักที่แท้จริงและจัดชั้นความถี่ตามหลักการสถิติ (Pareto Analysis)
- A-Analyze การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อดูถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งมีการแจกแจงความสัมพันธ์ว่าอยู่ในรูปแบบใด โดยต้องมั่นใจว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดได้ถูกนำมาพิจารณาแล้ว
- I-Improve การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ คือ การหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงาน คัดเลือกแนวทางที่ให้ประโยชน์สูงสุดโดยใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการใช้เทคนิคอย่างเหมาะสม กำหนดออกมาในรูปของแผนงาน ผลักดันไปสู่การปฏิบัติ วัดและประเมินผล
- C-Control การควบคุมกระบวนการ คือ การควบคุมเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าการเบี่ยงเบนจากเป้าหมายได้ถูกแก้ไขเรียบร้อยแล้วก่อนที่จะเกิดการสูญเสีย โดยการนำร่องจัดทำมาตรฐานของกระบวนการในระดับต่างๆ กำหนดกลไกการควบคุม และการติดตามกระบวนการเหล่านั้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจรวมไปถึงการฝึกอบรมบุคลากร การทำข้อสรุปและกระจายผลไปสู่กลุ่มต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งให้ข้อแนะนำสำหรับการวางแผนในอนาคต



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้ในซิกซ์ ซิกม่า

<u>การนิยามปัญหา (Define Phase)</u>

เป็นขั้นตอนที่ต้องการระบุถึงสิ่งที่ลูกค้าคาดหวัง เป้าหมายของทีมงาน รวมถึงขอบเขตของโครงการว่าเป็นอย่างไร

สิ่งที่ต้องคำนึงถึง : ใครคือลูกค้า

กำหนด : - สิ่งที่ลูกค้าคาดหวัง

- เป้าหมายของทีม

- ขอบเขตของโครงการ

ขั้นตอน : - Update Project Charter ศึกษาเพิ่มเติม และทบทวนหัวข้อใน project charter

- Define Customer Requirements กำหนดสิ่งที่ลูกค้าต้องการ (Critical-To-Quality Characteristics: CTQs)

- Document Process กำหนดขั้นตอนการทำงานย่อย ในปัจจุบัน

<u>การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)</u>

ขั้นตอน : - Identify what to measure กำหนดว่าจะวัดอะไร

- Develop data collection plan วางแผนการเก็บข้อมูล

- Perform Measurement System Analysis วิเคราะห์ระบบการวัดว่าดีเพียงพอหรือไม่

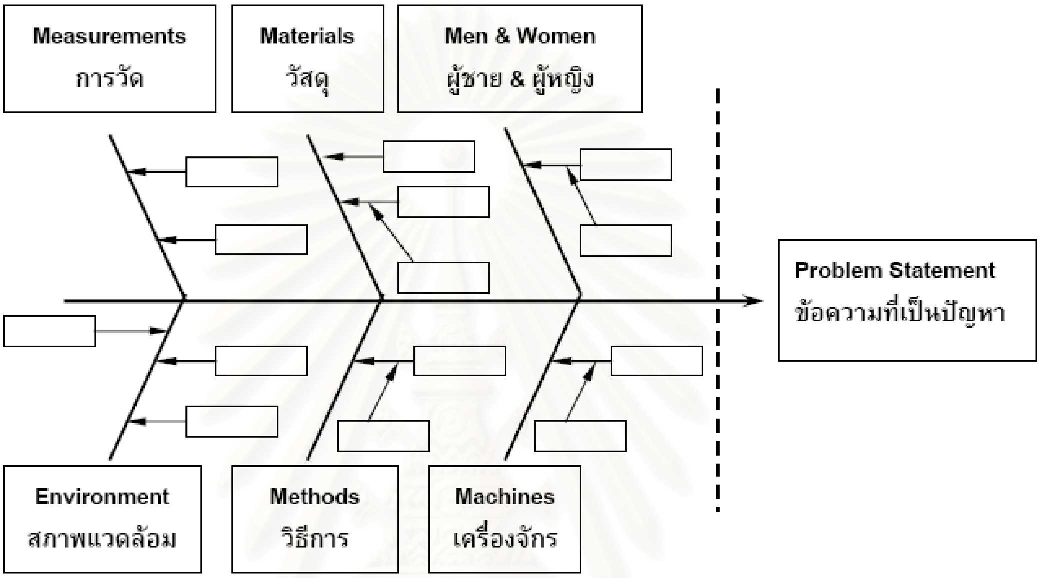
- Perform data collection เก็บข้อมูล

- Perform capability analysis วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) เลือกลักษณะ CTQ (Select CTQ Characteristic) โดยใช้เครื่องมือต่างๆเข้ามาช่วยในการดำเนินการให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น

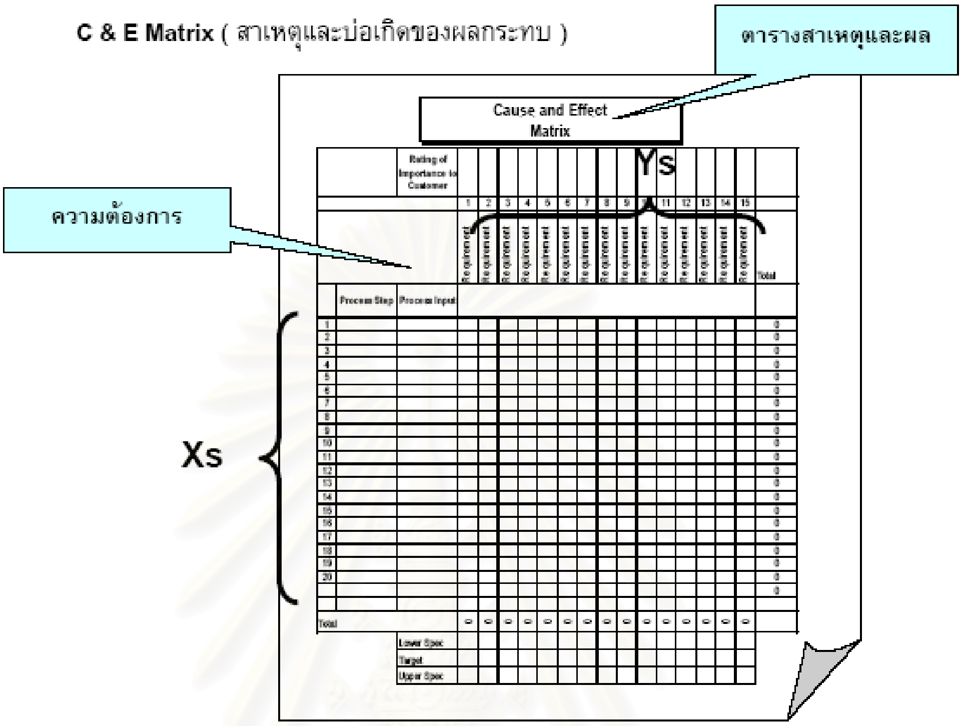
- ผังก้างปลา (Fishbone diagram) อาศัยหลักของ 5M และ 1E มาทำการวิเคราะห์ปัญหา



รูปที่ 2.2 แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Cause and Effect Matrix (C&E Matrix) สาเหตุและบ่อเกิดของผลกระทบ

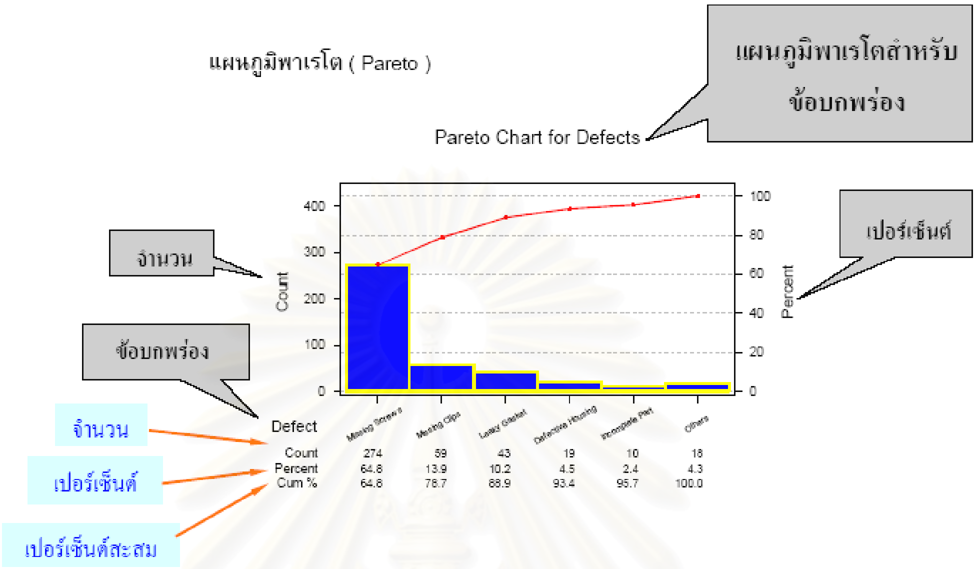


รูปที่ 2.3 สาเหตุและบ่อเกิดของผลกระทบ (C&E Matrix)

- Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) วิเคราะห์ผลกระทบต่อความล้มเหลว

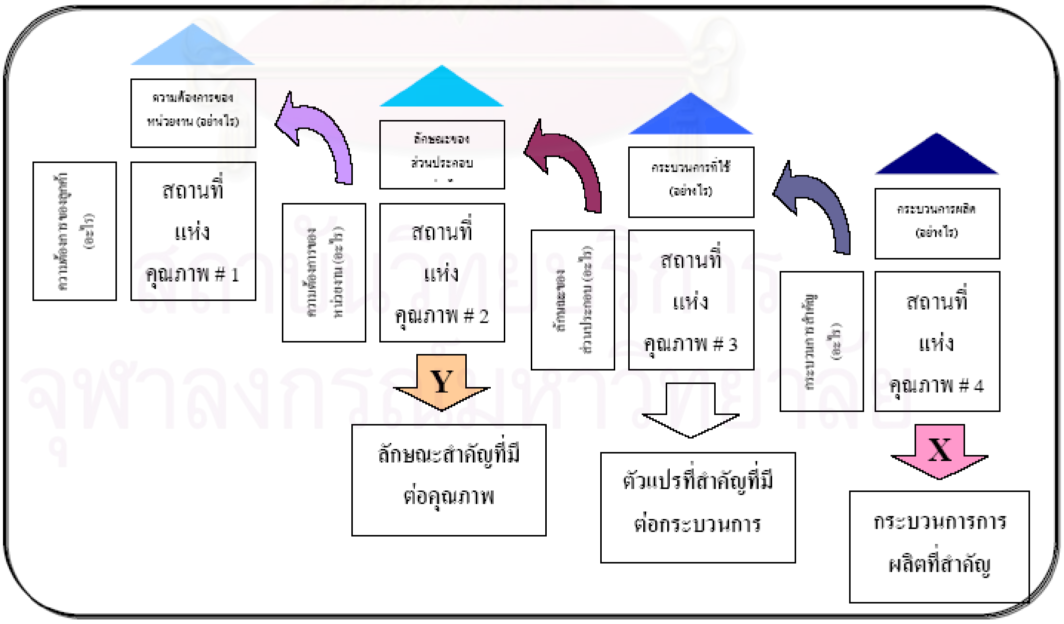
รูปที่ 2.4 วิเคราะห์ผลกระทบต่อความล้มเหลว (FMEA)

- แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)



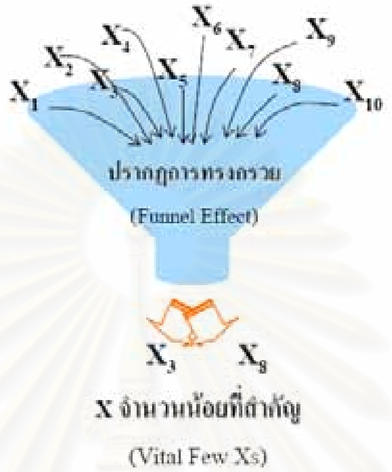
รูปที่ 2.5 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

- QFD (Quality Function Deployment) ขอบข่ายงานคุณภาพ



รูปที่ 2.6 ขอบข่ายงานคุณภาพ (QFD)

หลักการนี้ มีสาเหตุย่อยๆนั้นมีอยู่มาก แต่สาเหตุหลักจริงๆนั้นมีอาจจะไม่มากนัก เช่นเดียวกับปรากฏการณ์ทรงกรวย (Funnel Effect) ที่พยายามค้นหาสาเหตุต่างๆที่มีอยู่มากมาย โดยนำมากลั่นกรองให้เหลือจำนวนที่สำคัญเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 2.7 ปรากฏการณ์ทรงกรวย (Funnel Effect)

2) กำหนดมาตรฐานผลงาน (Define Performance Standards) โดยการใช้เครื่องมือ

- Rolled Throughput Yield (RTY)
- Defects per unit (DPU), Defects Per Million Opportunities (DPMO)
- Process capability (Cp, Cpk), Process performance (Pp, Ppk)

3) ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis) โดยทำให้ระบบการวัดมีความถูกต้อง ซึ่งใช้วิธีการความสามารถในการทำซ้ำ และการดำเนินการซ้ำ (Gage Repeatability and Reproducibility : Gage R&R)

<u>การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)</u>

ขั้นตอน : - วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนภาพช่วย เช่น Pareto Chart , Histogram, Boxplot , Scatter Plot, Run Chart

- กำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา โดยใช้วิธีการระดมสมอง (Brain storming) แผนผังก้างปลา (Fishbone diagram), Cause and Effect Matrix, Relation Diagram, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)
- ทดสอบความมีนัยสำคัญของสาเหตุของปัญหา โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing), การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA), Correlation and Regression
- ทบทวนผลสรุป

<u>การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)</u>

เพื่อหาวิธีการปรับปรุงให้ได้ตามที่ต้องการของลูกค้า และทบทวนความคุ้มค่าของวิธีการปรับปรุง

ขั้นตอน : - Generate Improvement Alternatives ค้นหาวิธีการปรับปรุง และเลือกวิธีการที่เหมาะสม

- Pilot Run ทดสอบเบื้องต้นว่าวิธีการนั้นใช้ได้จริง

- Validate Improvement ทดสอบว่าวิธีการนั้นตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้

- Create “Should Be” Process Map เขียนขั้นตอนการทำงานย่อยหลังการปรับปรุง

- Update FMEA ทบทวน FMEA

- Perform Cost/Benefit Analysis วิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุน

เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ :

• Brainstorming

- ให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการออกความคิดเห็น

- เปิดกว้างกับทุกความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นโดยไม่วิจารณ์

• FMEA เสนอแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงงานตามแต่ละสาเหตุในตาราง FMEA

• Tree Diagram เสนอแนวทางการปรับปรุง ช่วยในการสื่อสาร ประเมินเลือกแนวทางการแก้ไขตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

เครื่องมือช่วยในการปรับปรุงด้านคุณภาพ :

• เทคนิคป้องกันความผิดพลาด (Mistake Proofing, Poka Yoke)

• การออกแบบการทดลอง

- การใช้การทดลองเพื่อหาผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยนำเข้า

- ใช้การออกแบบการทดลองที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ประหยัดจำนวนการทดลอง

เครื่องมือช่วยในการปรับปรุงด้านเวลา :

• การจัดลำดับงาน

• การจัดสมดุลงาน

• การจัดคิวแยก

• การลดความสูญเปล่าด้วย ECRS - การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และ การทำให้ง่าย (Simplify)

การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

อาจหมายความรวมถึง การติดตามการดำเนินงานของกลุ่มที่ได้รับผลจากการปรับปรุงแล้วเสร็จและมีผลลัพธ์ที่เห็นได้ โดยมีการเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ได้วางเอาไว้ตั้งแต่ต้นโครการ การควบคุมโครงการนี้เป็นการควบคุมหลังจากขั้นตอนการปรับปรุง โดยที่ผลลัพธ์ที่ออกมานั้นจะมากหรือน้อยกว่าเป้าหมายก็ตามที แต่สิ่งที่ได้รับนั้นเราเรียกว่าผลลัพธ์ของโครงการ

ขั้นตอน : - ตรวจจับปัญหา (Detection) โดย Visual Display ใช้กราฟ เพื่อดูสภาพความเป็นจริงเทียบกับเป้าหมาย, Visual Control (Control Chart)

- สร้างแผนควบคุม (Control Plan) เป็นตารางสรุป สิ่งที่จะควบคุมในแต่ละกระบวนการ วิธีการควบคุม การปฏิบัติหากไม่เป็นไปตามที่คาดไว้

- จัดทำมาตรฐานวิธีปฏิบัติงาน (Standard Operating Procedures) หลังจากมีการปรับปรุงงานแล้ว ควรมีการรวบรวมและบันทึกวิธีการทำงานใหม่ เพื่อให้สามารถอ้างอิงได้และเป็นมาตรฐานในการทำงานต่อไป

2.1.1.6 ประโยชน์ในการนำ Six Sigma ไปใช้ในองค์กร

1. สามารถแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ และเสริมสร้างกลยุทธ์ใหม่ให้ธุรกิจ

2. บริหารจัดการและพัฒนาองค์กรโดยใช้ข้อมูลจริงและใช้หลักการทางสถิติซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

3. สร้างทีมงานในองค์กรให้แข็งแกร่ง โดยประสานความร่วมมือของพนักงานแต่ละส่วนซึ่งมีผลการปฏิบัติงานโดดเด่น และสามารถวัดผลได้

4. เพิ่มผลประกอบการด้านการเงินจากโครงการประหยัดต้นทุน เพิ่มผลกำไรจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์และขยายการดำเนินงานเพื่อเพิ่มผลกำไร พร้อมทั้งมุ่งเน้นการตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า

5. พัฒนาบุคลากรให้มีศักยภาพสูงขึ้น และปรับองค์กรให้เป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้

2.1.1.7 ปัจจัยแห่งความสำเร็จ

1. ผู้บริหารระดับสูงต้องแสดงวิสัยทัศน์และความเป็นผู้นำในการปรับปรุง และคัดเลือกพนักงานที่มีความรู้ความสามารถในการปรับปรุงเพื่อให้เกิดความสำเร็จ

2. องค์กรต้องมีความพร้อม เช่น จัดทีมงานที่มีความรู้ด้าน Six Sigma งบประมาณ วัฒนธรรมที่พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง และระบบสารสนเทศที่สามารถตรวจสอบได้

3. มีนโยบายคุณภาพที่เน้นการปรับปรุงองค์กรให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า

2.1.2 **เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด** (7 QC Tools)

เครื่องมือคุณภาพเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพในกระบวนการทำงาน ซึ่งช่วยศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา การเลือกปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบันของปัญหา การค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุแห่งปัญหาที่แท้จริงเพื่อการแก้ไขได้ถูกต้อง ตลอดจนช่วยในการจัดทำมาตรฐานและควบคุมติดตามผลอย่างต่อเนื่อง (สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2550) ได้แก่

- แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)
- แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)
- กราฟ (Graph)
- แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)
- แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)
- แผนภูมิควบคุม (Control Chart)
- ฮิสโตแกรม (Histogram)

2.1.2.1 **แผ่นตรวจสอบ** (Check Sheet)

แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) คือ แบบฟอร์มที่มีการออกแบบช่องว่างต่างๆไว้เรียบร้อย เพื่อจะใช้ในการบันทึกข้อมูลได้ง่ายและสะดวก ถูกต้อง ไม่ยุ่งยาก ในการออกแบบฟอร์มทุกครั้งต้องมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน

<u>วัตถุประสงค์ของการออกแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูล</u>

- เพื่อควบคุมและติดตาม (Monitoring) ผลการดำเนินการผลิต
- เพื่อการตรวจสอบ
- เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของความไม่สอดคล้อง

ตารางที่ 2.1 ประเภทของแผ่นตรวจสอบ

ลักษณะของแผ่นตรวจสอบ	วัตถุประสงค์	การนำไปใช้
1. กระดาษเปล่า	ข้อมูลทั่วไป	ใช้บันทึกเท่านั้น ไม่นำไปวิเคราะห์ต่อ
2. ตารางแสดงความถี่	นับจำนวนตำหนิ	ใช้จำแนกข้อมูลเพื่อนำไปทำแผนผัง/กราฟ
3. ตารางกรอกตัวเลข	นับจำนวนของเสีย/จำนวนคน ข้อมูลจากการวัด/การทดสอบ	ใช้เขียนแผนผังควบคุม ผังการกระจาย ฮิสโตแกรม หรือแผนภูมิกราฟ
4. ตารางการทำเครื่องหมาย	ทำเครื่องหมายแทนการเขียน	ใช้จำแนกข้อมูล ทำผังพาเรโตหรือกราฟ
5. ตารางแบบสอบถาม	สอบถามข้อคิดเห็น	หาความถี่ ทำผังพาเรโต
6. ตารางแบบอื่นๆ	การตรวจสอบเฉพาะเรื่อง	ใช้ตามวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่อง เช่น แบบสอบถามสำหรับเลือกเมนูอาหาร

<u>ขั้นตอนการออกแบบแผ่นตรวจสอบ</u>

- กำหนดวัตถุประสงค์และตั้งชื่อแผ่นตรวจสอบ
- กำหนดปัจจัย (4M)
- ทดลองออกแบบ กำหนดสัญลักษณ์
- ทดลองนำไปใช้เก็บข้อมูล
- ปรับปรุงแก้ไข ทดลองเก็บ
- กำหนดการใช้แผ่นตรวจสอบ (5W 1H)
- นำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุป
- แบบฟอร์มข้อมูลดิบ และแบบฟอร์มสรุป

<u>ข้อควรจำในการออกแบบแผ่นตรวจสอบ</u>

- ต้องมีวัตถุประสงค์ในการใช้แผ่นตรวจสอบ
- กรอกข้อมูลสะดวก ง่ายต่อการบันทึก
- ยิ่งมีการเขียนหรือคัดลอกมากเท่าใด โอกาสผิดย่อมมากเท่านั้น
- สะดวกต่อการอ่านค่าหรือใช้ในการวิเคราะห์
- ต้องพอสรุปผลได้ทันทีที่กรอกข้อมูลเสร็จ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ก่อนใช้แผ่นตรวจสอบจริง ผู้ออกควรทดลองเก็บข้อมูลก่อนใช้จริง
- มีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.1.2.2 **แผนผังพาเรโต** (Pareto Diagram)

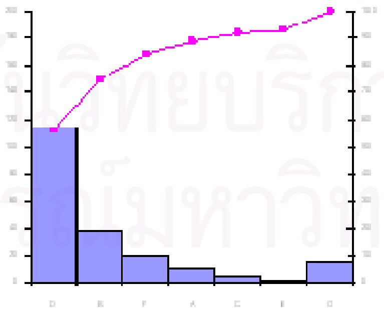
แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram) เป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของความบกพร่องกับปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้น

เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังพาเรโต

- เมื่อต้องการกำหนดสาเหตุที่สำคัญ (Critical Factor) ของปัญหาเพื่อแยกออกมาจากสาเหตุอื่นๆ
- เมื่อต้องการยืนยันผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหา โดยเปรียบเทียบ " ก่อนทำ " กับ " หลังทำ "
- เมื่อต้องการค้นหาปัญหาและหาคำตอบในการดำเนินกิจกรรมแก้ปัญหา

ประโยชน์ของแผนผังพาเรโต

- สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าหัวข้อใดเป็นปัญหามากที่สุด
- สามารถเข้าใจว่าแต่ละหัวข้อมีอัตราส่วนเป็นเท่าใดในส่วนทั้งหมด
- ใช้กราฟแท่งบ่งชี้ขนาดของปัญหา ทำให้โน้มน้าวจิตใจได้ดี
- ไม่ต้องใช้การคำนวณที่ยุ่งยาก ก็สามารถจัดทำได้และใช้ในการเปรียบเทียบผลได้
- ใช้สำหรับการตั้งเป้าหมาย ทั้งตัวเลขและปัญหา



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างแผนผังพาเรโต

<u>โครงสร้างของแผนผังพาเรโต</u>

- ประกอบด้วยกราฟแท่งและกราฟเส้น
- นอกจากแกนในแนวตั้ง (แกน Y) และแกนแนวนอน (แกน X) กราฟพาเรโตจะมีแกนแสดงร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ (%) ของข้อมูลสะสมอยู่ทางด้านขวามือของแผนผังด้วย
- ความสูงของแท่งกราฟจะเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย จากซ้ายมือไปขวามือ ยกเว้นในกลุ่ม ข้อมูลที่เป็น " ข้อมูลอื่นๆ " จะนำไปไว้ที่ตำแหน่งสุดท้ายของแกนในแนวนอนเสมอ

<u>ขั้นตอนการสร้างแผนผังพาเรโต</u>

- ตัดสินใจว่าจะศึกษาปัญหาอะไร และต้องการเก็บข้อมูลชนิดไหน เช่น

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการเก็บข้อมูล

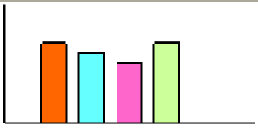
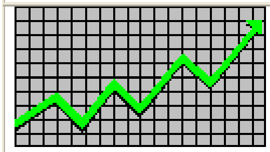
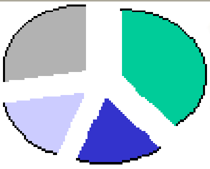
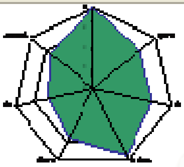
เลือกปัญหา (แกน Y)	ชนิดข้อมูล (แกน X)
• จำนวนเสีย (ชิ้น)	• ลักษณะของเสีย
• ความถี่ของการเกิด (ครั้ง)	• ตำแหน่งของเสีย
• มูลค่า	• 4 M

- กำหนดวิธีการเก็บข้อมูลและช่วงเวลาที่จะทำการเก็บ
- ออกแบบแผ่นบันทึก
- นำไปเก็บข้อมูล
- นำข้อมูลมาสรุปจัดเรียงลำดับ
- เขียนแผนผังพาเรโต

2.1.2.3 **กราฟ** (Graph)

กราฟ (Graph) คือ แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติที่ใช้เมื่อต้องการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลของข้อมูลดังกล่าว เพื่อทำให้ง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ

ตารางที่ 2.3 ประเภทของกราฟ

ประเภทของกราฟ	ลักษณะเฉพาะ
 กราฟแท่ง	• ใช้เมื่อมีข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ข้อมูล โดยใช้การเปรียบเทียบที่พื้นที่ของกราฟ • ไม่เหมาะสมที่จะใช้ดูแนวโน้มในระยะยาว แต่เหมาะสำหรับข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา
 กราฟเส้น	• ใช้สำหรับดูแนวโน้ม การพยากรณ์ในอนาคต หรือทำนายผลจากข้อมูลในอดีตได้ • ใช้ในการควบคุมแผนงานให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
 กราฟวงกลม	• พื้นที่ของกราฟเท่ากับ 100% แต่ละส่วนที่แบ่งออกมาจะแสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนในแต่ละส่วนประกอบของข้อมูลว่าเป็นกี่ส่วยขององค์ประกอบทั้งหมด
 กราฟใยแมงมุง	• เป็นกราฟรูปหลายเหลี่ยม ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความมากน้อยของแต่ละส่วน โดยกำหนดตำแหน่งจุดลงในแต่ละเส้นแกนของกราฟ ใช้เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง หรือเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

2.1.2.4 **แผนผังแสดงเหตุและผล** (Cause & Effect Diagram)

แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) คือ แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของปัญหา(ผล) กับปัจจัยต่างๆ (สาเหตุที่เกี่ยวข้อง) พัฒนามาจากมหาวิทยาลัยโตเกียว โดยศาสตราจารย์ Kaoru Ishikawa ในปี ค.ศ.1943

<u>เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังสาเหตุและผล</u>

• เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา

• เมื่อต้องการทำการศึกษา ทำความเข้าใจกับกระบวนการอื่นหรือกระบวนการของแผนกอื่น

• เมื่อต้องการให้ระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกคนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

<u>การสร้างผังก้างปลา</u>

- กำหนดปัญหาหรืออาการที่จะต้องหาสาเหตุอย่างชัดเจน
- กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ
- ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
- หาสาเหตุหลักของปัญหา
- จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
- ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

<u>การแก้ปัญหาจากผังก้างปลา</u>

- ตัดสาเหตุที่ไม่จำเป็นออก
- ลำดับความเร่งด่วนและความสำคัญของปัญหา
- ถ้ายืนยันสาเหตุนั้นไม่ได้ ต้องกลับไปเก็บข้อมูลอีกครั้ง
- คิดหาวิธีแก้ไข
- กำหนดวิธีการแก้ไข กำหนดผู้รับผิดชอบ เวลาเริ่มต้น ระยะเวลาเสร็จ
- ต้องมีการติดตามผลการแก้ไขในรูปแบบที่เป็นตัวเลขสามารถวัดได้

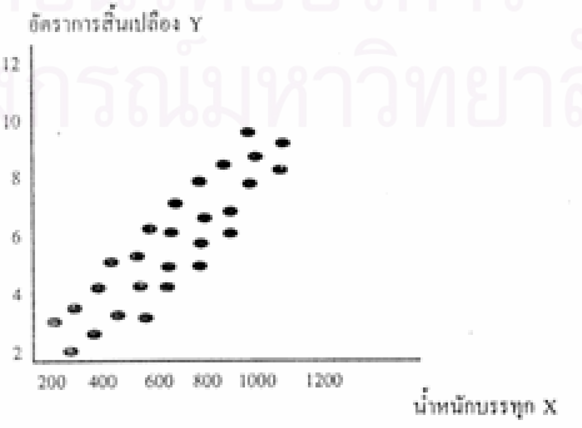
2.1.2.5 แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)

แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram) คือ ผังที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว ว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริง โดย

ตัวแปร X คือ ตัวแปรอิสระ หรือค่าที่ปรับเปลี่ยนไป

ตัวแปร Y คือ ตัวแปรตาม หรือผลที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวแปร X

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างแผนผังการกระจาย

<u>เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังการกระจาย</u>

- เมื่อต้องการจะบ่งชี้สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา
- เมื่อต้องการจะตัดสินใจว่าผลกระทบ 2 ตัวซึ่งมีความสัมพันธ์กันอยู่ มีปัญหาที่เกิดจากสาเหตุเดียวกันหรือไม่
- เมื่อต้องการอธิบายความสัมพันธ์ก้างปลา (X) ที่ได้จากการระดมสมอง ว่ามีผลกระทบต่อหัวปลา (Y) หรือไม่
- เมื่อต้องการใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือตัวแปร 2 ตัวที่เราสนใจศึกษาว่าจะมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เช่น ส่วนสูงมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักหรือไม่

<u>การอ่านแผนผังการกระจาย</u>

- แผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบบวก (Positive Correlation)

แบบบวกชัดเจน แบบบวกไม่ชัดเจน

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างแผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบบวก

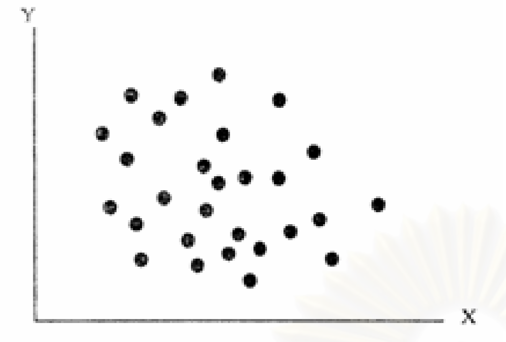
- แผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบลบ (Negative Correlation)

แบบลบชัดเจน แบบลบไม่ชัดเจน

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างแผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบลบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

• ผังการกระจายไม่มีสหสัมพันธ์ (Non-Correlation)



แสดงว่า การเพิ่มหรือลดค่าของ X อาจทำให้ค่า Y เป็นไปได้ทั้งเพิ่มและลด

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างแผนผังการกระจายที่ไม่มีสหสัมพันธ์

2.1.2.6 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือ แผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการ โดยการติดตามและตรวจจับข้อมูลที่อยู่ออกนอกขอบเขต

<u>ลักษณะของความผันแปร</u>

• ความผันแปรตามธรรมชาติ (Common Cause) เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างเล็กๆ น้อยๆ ที่เกิดขึ้นจากปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น ผู้ปฏิบัติงาน วัตถุดิบ เป็นต้น ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพ โดยชิ้นงานที่ออกมาแต่ละชิ้นจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งยอมรับได้และอยู่ในพิกัดที่กำหนดทางเทคนิคซึ่งได้อนุญาตเอาไว้แล้วในพิกัดความเผื่อ (Tolerance) ของชิ้นงาน

• ความผันแปรจากความผิดปกติ (Special Cause) เกิดขึ้นเนื่องจากความผิดพลาดของปัจจัยต่างๆในการผลิต ซึ่งจำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของชิ้นงานกลับมาสู่สภาวะปกติ

<u>ชนิดของแผนภูมิควบคุม</u>

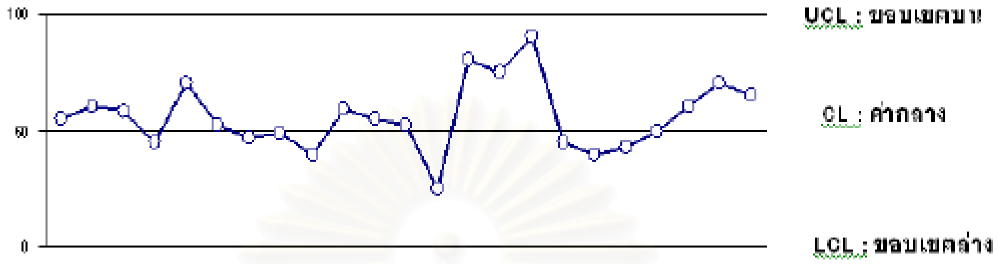
แผนภูมิที่ชนิดของข้อมูลเป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง, หน่วยวัด (Continuous Data)

• X-R Chart ข้อมูลต่อเนื่องที่มีการจัดกลุ่ม หาพิสัยในกลุ่มได้
• X Chart ข้อมูลต่อเนื่องที่ไม่มีการจัดกลุ่ม หาพิสัยกลุ่มไม่ได้

แผนภูมิที่ชนิดของข้อมูลเป็นข้อมูลแบบช่วง, หน่วยนับ (Discrete Data)

• PN Chart ข้อมูลจำนวนของเสีย เมื่อขนาดแต่ละกลุ่มเท่ากัน
• P Chart ข้อมูลสัดส่วนของเสีย เมื่อขนาดแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน

- C Chart ข้อมูลจำนวนตำหนิบนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเท่ากัน
- U Chart ข้อมูลจำนวนตำหนิบนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดไม่เท่ากัน



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

2.1.2.7 **ฮิสโตแกรม** (Histogram)

ฮิสโตแกรม (Histogram) คือ กราฟแท่งแบบเฉพาะ โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดงความถี่และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจ โดยเรียงลำดับจากน้อย ที่ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่าง

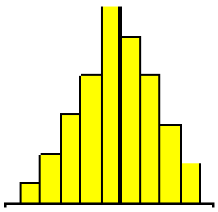
<u>เมื่อไรจึงจะใช้แผนภาพฮิสโตแกรม</u>

- เมื่อต้องการตรวจสอบความผิดปกติ โดยดูการกระจายของกระบวนการทำงาน
- เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์ที่กำหนด หรือค่าสูงสุด-ต่ำสุด
- เมื่อต้องการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process Capability)
- เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root Cause)
- เมื่อต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว
- เมื่อข้อมูลมีจำนวนมากๆ

<u>ลักษณะต่างๆ ของฮิสโตแกรม</u>

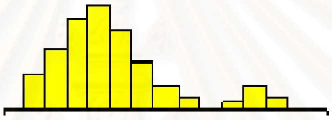
- แบบปกติ (Normal Distribution) การกระจายของการผลิตเป็นไปตามปกติ ค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



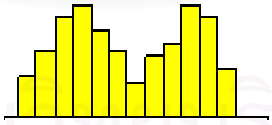
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบปกติ

• แบบแยกเป็นเกาะ (Detached Island Type) พบเมื่อกระบวนการผลิตขาดการปรับปรุงหรือการผลิตไม่ได้ผล



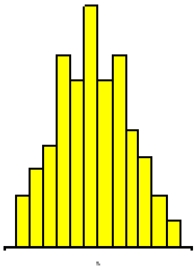
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบแยกเป็นเกาะ

• แบบระฆังคู่ (Double Hump Type) พบเมื่อนำผลิตภัณฑ์ของเครื่องจักร 2 เครื่อง หรือ 2 แบบมารวมกัน



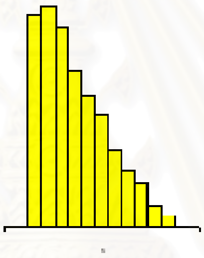
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบระฆังคู่

• แบบฟันปลา (Serrated Type) พบเมื่อเครื่องมือวัดมีคุณภาพต่ำ หรือการอ่านค่ามีความแตกต่างกันไป



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบฟันปลา

• แบบหน้าผา (Cliff Type) พบเมื่อมีการตรวจสอบแบบ Total Inspection เพื่อคัดของเสียออกไป



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบหน้าผา

2.1.3 **วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ** (Reliability Engineering)

ความน่าเชื่อถือ (Reliability) เป็นคุณสมบัติ (ค่าความน่าจะเป็น : Probability) ที่ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมตามช่วงเวลาที่กำหนด ภายใต้สภาวะการใช้งานที่ปกติ

วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering) จึงเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการทดสอบ การวิเคราะห์ความน่าจะเป็น และการสำรวจ ที่ใช้ในการประมาณค่าความน่าเชื่อถือ และสามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบกระบวนการ

2.1.3.1 **การทดสอบความเชื่อถือได้**

การทดสอบความเชื่อถือได้ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท

1) การทดสอบหาอายุการใช้งาน (Longevity tests) เป็นการวัดและทดสอบหาอายุการใช้งานเต็มที่ (ในช่วงที่อัตราการล้มเหลวคงที่)

- อายุใช้งาน เป็นหนึ่งในเกณฑ์คุณภาพ (Quality Criteria) ที่ถูกใช้งานโดยสามารถรักษาคุณลักษณะทางคุณภาพ (Quality Characteristics) ตลอดช่วงอายุการใช้งาน
- มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์จะสามารถใช้งานได้ตามข้อกำหนด
- ผลการทดสอบใช้รับประกันคุณภาพของสินค้าได้ และสร้างความเชื่อมั่นให้ผู้ใช้งาน

2) การทดสอบ Mean Time Between Failure : MTBF (MTBF test) เป็นการทดสอบหาเวลาเฉลี่ยในการล้มเหลว ซึ่งในบางครั้งอาจจะวัดเป็น MCBF (Mean Cycles Between Failure) สำหรับผลิตภัณฑ์ซึ่งมีการใช้งานเป็นวัฏจักร (Cycles)

3) การทดสอบหาอายุการปฏิบัติงาน (Operating life test) เป็นการทดสอบเพื่อดูความสามารถในการปฏิบัติงานโดยไม่มีความล้มเหลวเลยในช่วงเวลาที่กำหนดไว้อย่างต่ำ

4) การทดสอบขอบเขตความเชื่อถือได้ (Reliability margin test) เป็นการทดสอบเพื่อวัดขอบเขตหรือช่วงของความปลอดภัยระหว่างสภาพแวดล้อมรุนแรงสุดขีดกับขีดจำกัดความสามารถของผลิตภัณฑ์ว่าจะทนสภาพแวดล้อมรุนแรงเหล่านั้นได้แค่ไหน

2.1.3.2 อัตราความล้มเหลว (Failure Rate)

อัตราความล้มเหลว (Failure Rate) เป็นหน่วยพื้นฐานสำหรับการวัดความน่าเชื่อถือ เป็นการวัดสัดส่วนการชำรุดของอุปกรณ์ที่ถูกทดสอบหรือความถี่ของการขัดข้องระหว่างชั่วโมงปฏิบัติการภายใต้การทำงานปกติ

$$FR(N) = \frac{-\Delta n}{\Delta t} \qquad (1)$$

โดยที่ $-\Delta n$ = จำนวนครั้งของการขัดข้อง

Δt = จำนวนชั่วโมงการทำงาน

2.1.3.3 เวลาเฉลี่ยก่อนความล้มเหลว (Mean Time To Failure : MTTF)

เวลาเฉลี่ยก่อนความล้มเหลว (Mean Time To Failure : MTTF) เป็นค่าที่บอกระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนนั้นๆว่ามีอายุการใช้งานเฉลี่ยเท่าใดจึงจะเกิดความเสียหายหรือชำรุด ใช้กับชิ้นส่วนที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้ (Nonrepairable items)

$$MTTF = \frac{T}{n} \qquad (2)$$

โดยที่ T = เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ

n = จำนวนความล้มเหลว ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นจากความบกพร่องของผู้ผลิตหรือเกิดจากการสึกหรอ

ค่าของ T ขึ้นอยู่กับลักษณะของการทดสอบ ซึ่งมี 2 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1 (type I censoring) เป็นการทดสอบที่กำหนดระยะเวลาในการทดสอบ นั่นคือ จะยุติการทดสอบเมื่อถึงเวลาที่กำหนด

ประเภทที่ 2 (type II censoring) เป็นการทดสอบที่กำหนดจำนวนความล้มเหลว นั่นคือ จะยุติการทดสอบเมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ล้มเหลวถึงจำนวนที่กำหนด

การทดสอบทั้ง 2 ประเภท อาจกระทำได้ 2 วิธี คือการทดสอบโดยมีการทดแทน (replacement test) และการทดสอบโดยไม่มีการทดแทน (nonreplacement test) การทดสอบโดยมีการทดแทน คือการทดสอบที่ทุกครั้งที่มีผลิตภัณฑ์ล้มเหลวผลิตภัณฑ์นั้นจะถูกซ่อมหรือทดแทนด้วยชิ้นใหม่ เพื่อให้จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ระหว่างทดสอบมีอยู่ n ชิ้นเสมอ ส่วนการทดสอบโดยไม่มีการทดแทน เป็นการทดสอบที่ไม่มีการทดแทนผลิตภัณฑ์ที่ล้มเหลว

2.1.3.4 **เวลาเฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว** (Mean Time Between Failure : MTBF)

เวลาเฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว (Mean Time Between Failure : MTBF) เป็นค่าที่บอกระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนนั้นๆว่ามีอายุการใช้งานเฉลี่ยเท่าใดจึงจะเกิดความเสียหายหรือชำรุดเช่นเดียวกับค่า MTTF แต่โดยส่วนใหญ่ MTBF จะใช้กับชิ้นส่วนที่มีการซ่อมแซมได้ (repairable items) จึงมีการรวมระยะเวลาระหว่างซ่อมแซมเข้าไปด้วย

$$MTBF = \frac{T}{n} \tag{3}$$

สถาบันวิทยบริการ

โดยที่ T = เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ

n = จำนวนครั้งของความล้มเหลวเฉลี่ย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

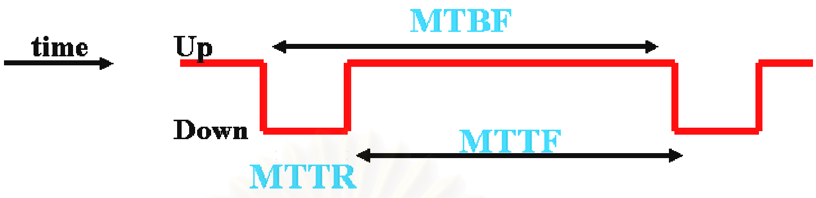
2.1.3.5 **เวลาเฉลี่ยสำหรับการซ่อมแซม** (Mean Time To Repair : MTTR)

เวลาเฉลี่ยสำหรับการซ่อมแซม (Mean Time To Repair : MTTR) เป็นค่าเวลาสำหรับการซ่อมแซม ที่คิดตั้งแต่การเริ่ม Breakdown จนกระทั่งซ่อมเสร็จสมบูรณ์

$$MTTR = \frac{\text{ผลรวมเวลาของการซ่อมบำรุง}}{\text{ผลรวมอัตราการชำรุด}} \tag{4}$$

2.1.3.6 **ความสัมพันธ์ของ** MTTF, MTTR **และ** MTBF

ความสัมพันธ์ของ MTTF, MTTR และ MTBF สามรถแสดงได้ดังรูป 2.19



รูปที่ 2.19 ความสัมพันธ์ของ MTTF, MTTR และ MTBF

จะได้ $$MTBF = MTTF + MTTR \quad (5)$$

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์ (2550)

งานวิจัยนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการประสบปัญหาคุณภาพ มีจำนวนของเสียเกิดขึ้น จึงทำการวิจัยเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดจำนวนของเสียในโรงงานตัวอย่าง การดำเนินงานเริ่มจากศึกษากระบวนการผลิต วิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการผลิตพร้อมกับประเมินผลความสำเร็จจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอาศัยหลักการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k จากการปรับปรุงกระบวนการผลิต จำนวนของเสียลดลง คิดเป็นจำนวนเงินประมาณ 314,656.2 บาท และคุณภาพผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามเป้าหมายคุณภาพ ณ ระดับ 98.6%

2.2.2 สุพัฒตรา เกษราพงศ์ (2550)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพในการลดของเสียโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกมา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ การกำหนดนิยามของปัญหา (Define), การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure), การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze), การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve) และการควบคุมตัวแปร (Control) ขั้นตอนเริ่มต้นของการศึกษาได้ทำการศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแผนภาพแสดงเหตุและผล หาความรุนแรงของปัญหาด้วย FMEA ทำการปรับปรุง

เพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเพียง 80% แรกของสาเหตุทั้งหมด และจัดทำมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหา

2.2.3 ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์(2550)

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกส์ ซิกม่า มาช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ เพื่อศึกษาแนวทางการลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตและค้นหาปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแผนภาพก้างปลา การระดมสมองและการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) แล้วจึงทำการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5% และการออกแบบการทดลองแบบ 2^3 ทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็น 0.0257% ลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 70

2.2.4 ภัทรา อายุวัฒน์ (2546)

งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านสำเร็จอันเนื่องมาจากข้อบกพร่องต่างๆ โดยนำวิธีการตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่ามาประยุกต์ใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการรับน้ำหนักกด (Gramload) ของชุดหัวอ่านสำเร็จ ซึ่งเป็นข้อกำหนดด้านผลิตภัณฑ์ของลูกค้า และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ปริมาณของเสียลดลง โดยหน่วยวัดผลระดับการปรับปรุงของงานวิจัยที่กำหนดคือ ปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย Defect Part Per Million (DPPM) ขั้นตอนการวิจัยจะดำเนินตามขั้นตอนตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่าทั้ง 5 ขั้นตอนโดยเริ่มจากขั้นตอนนิยามปัญหา ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการและขั้นตอนควบคุมกระบวนการผลิตตามลำดับ ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่าสามารถลดจำนวนของเสียได้ 91.88%

2.2.5 วสันต์ พุกผาสุก (2550)

งานวิจัยนี้มี วัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและปรับปรุงคุณภาพผิวงานชุบโครเมี่ยมโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า เริ่มจากขั้นตอน การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) มีการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นและแสดงในรูปแบบ Pareto และวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการด้วยค่า Process Capability (Cpk) ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) มีการสร้างแผนที่กระบวนการผลิต (Process Map) การวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อทำการค้นหา

สาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA Process) วิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบนับ (Measurement System Analysis) ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) นั้นจะทำการวิเคราะห์ทีละสาเหตุ ทีละปัจจัย (One Factor at a Time) โดยใช้วิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) มีการออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล และขั้นตอนการควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control Phase) โดยใช้เครื่องมือคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เพื่อแสดงถึงวิธีการปฏิบัติงานและขจัดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากวิธีการ ผลจากการปรับปรุง พบว่า ค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงจาก146,295 PPM เหลือเพียง 25,780 PPM และทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียจาก 774,714 เหลือ 128,648 บาทต่อเดือน โดยสามารถลดระดับการเกิดของเสียลง 82เปอร์เซ็นต์ซึ่งบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การนิยามปัญหา

3.1 การกำหนดทีมงานดำเนินการ

การกำหนดทีมงานดำเนินการ ได้ทำการคัดเลือกผู้มีความรู้และความชำนาญในส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง เพื่อช่วยในการระดมความคิดและวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือและเทคนิคต่างๆที่ใช้ในการดำเนินงาน เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ซึ่งทีมงานดำเนินงานประกอบด้วยบุคคลที่มาจากส่วนต่างๆ ดังนี้

- วิศวกรฝ่ายควบคุมการผลิต (Process Engineer)
- วิศวกรฝ่ายควบคุมการทดสอบ (Test Engineer)
- วิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ (Quality Engineer)

ในทีมงานนี้ ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นวิศวกรฝ่ายควบคุมการผลิต (Process Engineer)

3.2 การศึกษากระบวนการทดสอบ

กระบวนการทดสอบโดยรวมสามารถอธิบายได้ด้วยแผนภาพ ดังแสดงในรูป 3.1 โดยที่กระบวนการทดสอบที่มีการตัดสินผลการทดสอบว่าผลการทดสอบผ่านหรือผลการทดสอบล้มเหลว จะแสดงในกรอบสีทึบ ซึ่งได้แก่กระบวนการ Adjust Test, Jitter Test, BERT Test และ Final Test

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

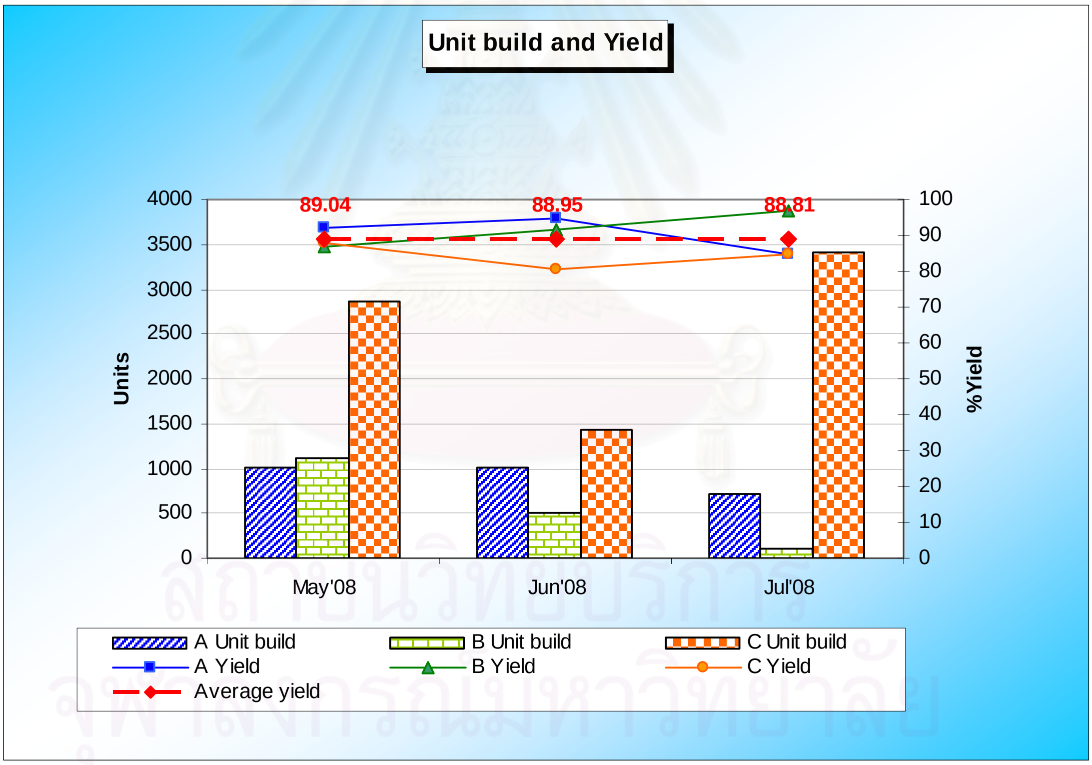
กระบวนการทดสอบ	คำอธิบาย (Description)
Firmware Loading	ทำการ load software บรรจุลงใน chip ที่อยู่บนแผ่น PCBA
DDM II Chamber	ทดสอบการทำงานที่อุณหภูมิที่กำหนด เพื่อเป็นการเร่งกระบวนการทดสอบ (Burn-in)
Dust Inspection	ตรวจสอบฝุ่นที่หน้าเลนส์ของตัวงาน
Adjust Test	ปรับค่า Software ให้ได้ค่าตามที่มาตรฐานกำหนด
Jitter Test	ทดสอบการส่งสัญญาณทางแสงด้านตัวส่ง (Transmitter)
BERT Test	ทดสอบการรับสัญญาณทางแสงด้านตัวรับ (Receiver)
Dust Inspection	ตรวจสอบฝุ่นที่หน้าเลนส์ของตัวงาน
Final Test	Load Barcode และ Serial Number ของแต่ละลูกค้า และทดสอบ Software ขั้นตอนสุดท้าย

รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพกระบวนการทดสอบโดยรวม

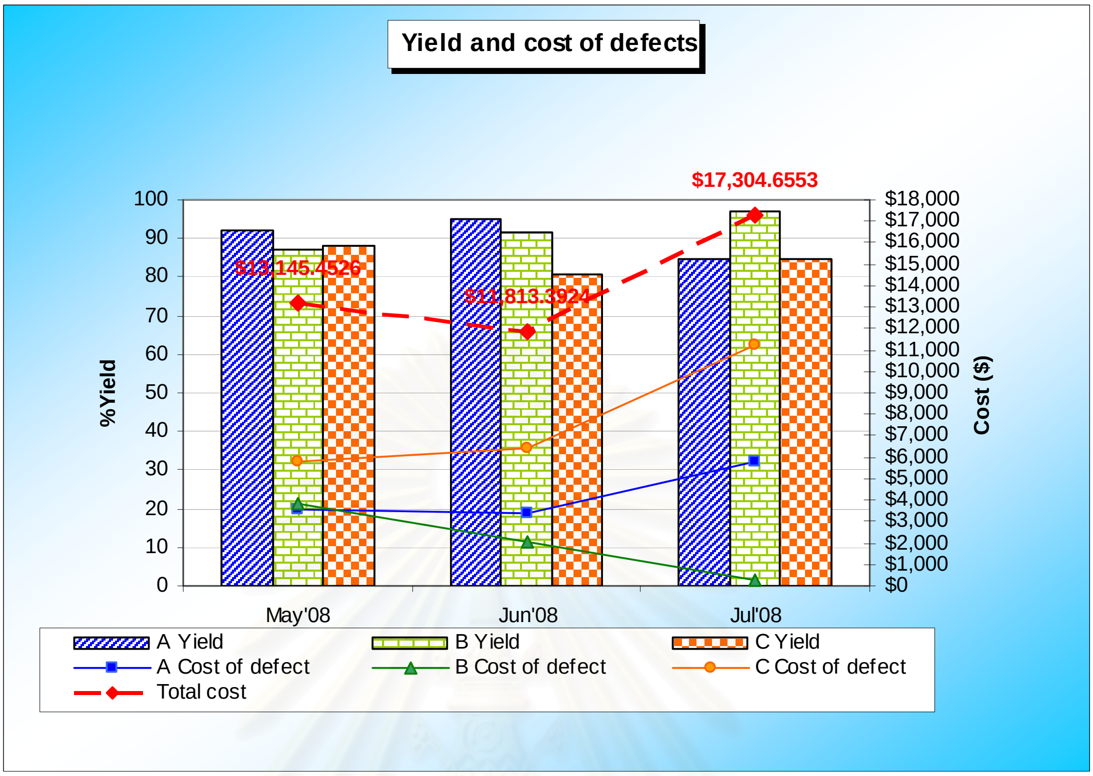
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

จากข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าผลิตภาพการผลิต (yield) จากกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver) รูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีการผลิตอยู่ 3 models หลัก ได้แก่ Model A, B และ C โดยมีค่าเฉลี่ยของผลิตภาพการผลิต (yield) ของทั้ง 3 models เดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม อยู่ที่ 89.04%, 88.95% และ 88.81% ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยของผลิตภาพการผลิต (yield) 88.9% ต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 เมื่อคำนวณเป็นมูลค่าของของเสียของทั้ง 3 models จะได้มูลค่าของของเสียเฉลี่ยของทั้ง 3 models เดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม อยู่ที่ 13,145 เหรียญสหรัฐ, 11,813 เหรียญสหรัฐ และ 17,305 เหรียญสหรัฐ คิดเป็นมูลค่าของของเสียเฉลี่ยประมาณ 14,000 เหรียญสหรัฐต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 กราฟแสดง ผลิตภาพการผลิต (yield) และปริมาณการผลิตของตัวรับส่งสัญญาณทางแสง



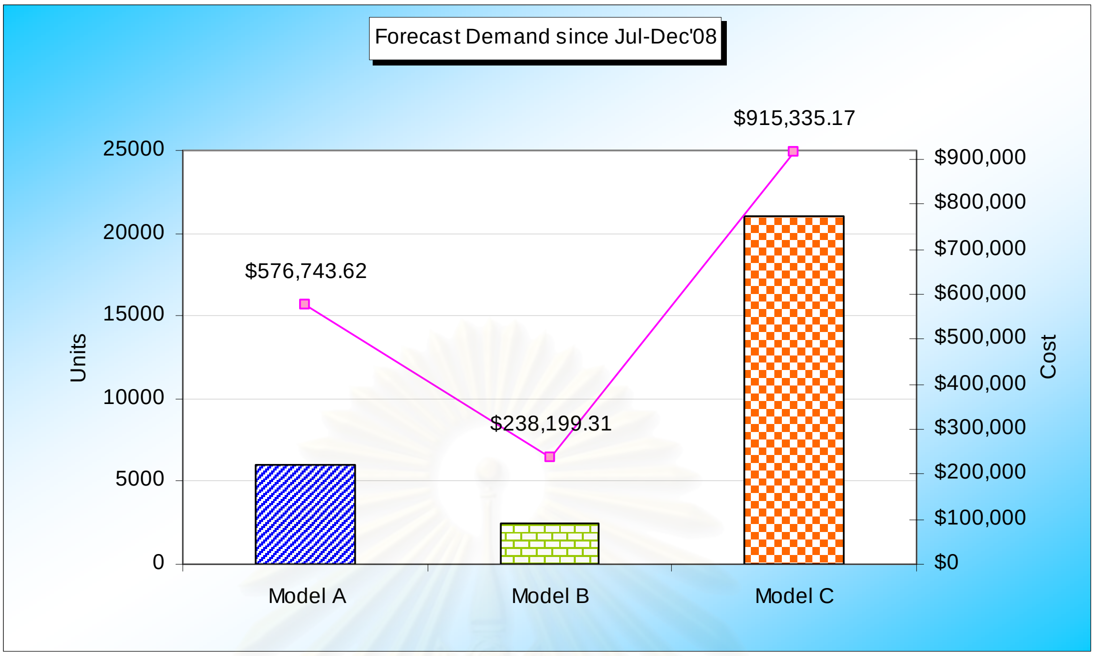
รูปที่ 3.3 กราฟแสดง ผลิตภาพการผลิต (yield) และมูลค่าของเสีย (cost of defects)

3.4 การกำหนดปัญหา

3.4.1 การวิเคราะห์ที่มาของปัญหา

3.4.1.1 การเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาศึกษา

การเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาศึกษา ได้ทำการวิเคราะห์จากข้อมูลทางด้านการตลาดและผลิตภาพการผลิต (yield) จากกระบวนการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และตารางที่ 3.1 ตามลำดับ โดยรูปที่ 3.4 จะแสดงปริมาณการคาดการณ์การสั่งซื้อตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคมและคำนวณเป็นราคาขายของแต่ละ model จะเห็นว่า Model A, B และ C มีปริมาณการคาดการณ์การสั่งซื้ออยู่ที่ 6,000 ชิ้น, 2,450 ชิ้น และ 21,000 ชิ้น คำนวณเป็นราคาขายของแต่ละ Model มีค่า 576,744 เหรียญสหรัฐ, 238,199 เหรียญสหรัฐ และ 915,335 เหรียญสหรัฐ ตามลำดับ



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงการคาดการณ์ปริมาณการสั่งซื้อของผลิตภัณฑ์
ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2551 ถึงเดือนธันวาคม 2551

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าเฉลี่ยผลิตภาพการผลิต (yield) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2551 ถึงเดือนกรกฎาคม 2551

Model	Average yield (May-Jul'08)
Model A	90.53%
Model B	91.78%
Model C	84.49%

จากข้อมูลดังกล่าว พบว่า Model C มีปริมาณการคาดการณ์การสั่งซื้อสูงสุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากค่าผลิตภาพการผลิต (yield) เฉลี่ยของทั้ง 3 models พบว่า Model C มีผลิตภาพการผลิต (yield) ต่ำสุด ดังนั้น จึงเลือกที่จะพิจารณาหาทางแก้ไขปรับปรุงผลิตภัณฑ์ Model C เป็นอันดับแรก

3.4.1.2 การเลือกปัจจัยที่จะนำมาศึกษา

การเลือกปัจจัยที่จะนำมาศึกษา ได้ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยทั้งหมดที่ทำให้เกิดการทดสอบล้มเหลวในกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

• การทดสอบล้มเหลวอันเนื่องจากแผ่นวงจรไฟฟ้า (Print Circuit Board Assembly : PCBA)

• เครื่องทดสอบไม่ได้ตามมาตรฐาน

• สายไฟเบอร์แตกหัก

• Fixture ไม่ผ่านการตรวจสอบก่อนนำมาใช้

• การทดสอบล้มเหลวอันเนื่องจากตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx)

• ฝุ่นบนหน้าเลนส์ทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx)

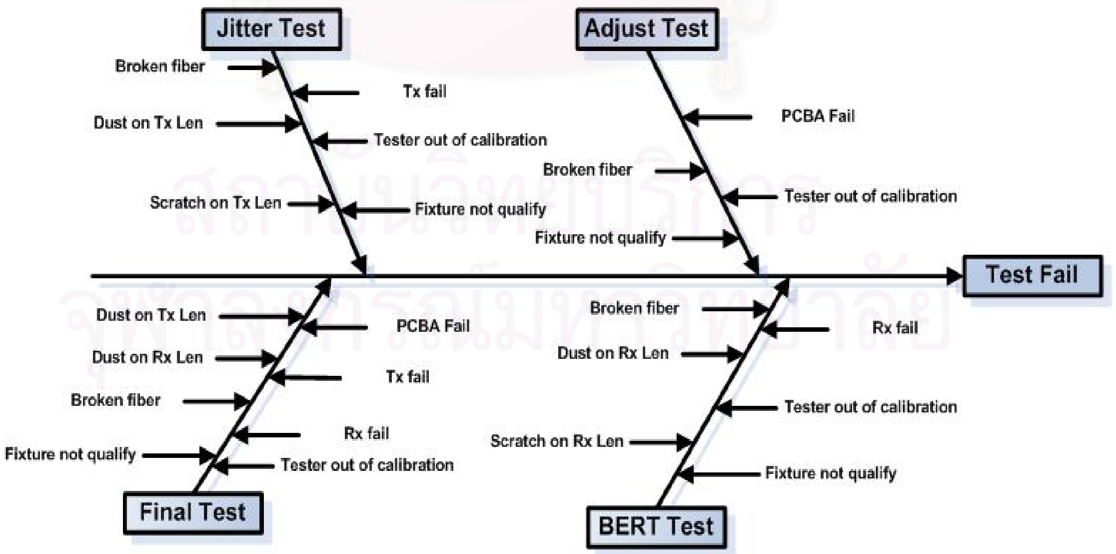
• รอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx)

• การทดสอบล้มเหลวอันเนื่องจากตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx)

• ฝุ่นบนหน้าเลนส์ทางด้านตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx)

•รอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ทางด้านตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx)

สามารถนำตัวแปรข้างต้นมาจำแนกตามกระบวนการทดสอบได้ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุของการทดสอบล้มเหลวที่กระบวนการทดสอบต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการทดสอบล้มเหลวมีทั้งสิ้น 10 ปัจจัย เพื่อเป็นการพิจารณาปัจจัยที่ควรทำการปรับปรุงแก้ไขก่อน จึงได้ทำการพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ลักษณะบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) แสดงได้ดังตารางที่ 3.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 แสดง Process FMEA ของกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

Process	Failure mode	Effect of failure	Sev	Cause of failure	Occ	Current control		Det	RPN	Recommended action	Responsibility and target completion date	Action results				
						Prevention	Detection					Action taken	Sev	Occ	Det	RPN
Firmware loading	Program Error	Unable to test	7	1.Software Reliability	2	Operator training and certification	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							
	Server crash	Unable to test	7	1.Network connection	2	Backup data daily	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							
DDM II chamber	Unit is not turn on	Fail Adjust test	7	1.Fuse on board are broken	3	PM	Functional test	1	21							
	Wrong program	Fail Adjust test	7	1.Technician error	3	Auditor check	Functional test	1	21							
	Temperature not properly	Fail Adjust test	7	1.Characteristic of chamber	3	PM	Functional test	1	21							
Adjust test	Program Error	Unable to test	7	1.Network connection	2	Backup data daily	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							
	Fail Adjust test	Fail Test	7	1.PCBA fail	5	Operator training and certification	Not pass test	1	35							
			7	2.Tester out of calibration	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
			7	3.Broken fiber	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
			7	4.Fixture not qualify	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
	Server crash	Unable to test	7	1.Network down	2	Backup data daily	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

41

Process	Failure mode	Effect of failure	Sev	Cause of failure	Occ	Current control		Det	RPN	Recommended action	Responsibility and target completion date	Action results				
						Prevention	Detection					Action taken	Sev	Occ	Det	RPN
Jitter test	Program Error	Unable to test	7	1.Network connection	2	Backup data daily	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							
	Fail Jitter test	Fail Test	7	1.Tx fail	3	Operator training and certification	Not pass test	1	21							
			7	2.Tester out of calibration	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
			7	3.Dust on Tx Len	7	Operator training and certification	Not pass test	1	49							
			7	4.Scratch on Tx Len	6	Operator training and certification	Not pass test	1	42							
			7	5.Broken fiber	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
			7	6.Fixture not qualify	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
	Server crash	Unable to test	7	1.Network down	2	Backup data daily	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							
BERT test	Program Error	Unable to test	7	1.Network connection	2	Backup data daily	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							
	Fail BERT test	Fail Test	7	1.Rx fail	3	Operator training and certification	Not pass test	1	21							
			7	2.Tester out of calibration	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
			7	3.Dust on Rx Len	4	Operator training and certification	Not pass test	1	28							
			7	4.Scratch on Rx Len	3	Operator training and certification	Not pass test	1	21							
			7	5.Broken fiber	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
			7	6.Fixture not qualify	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
	Server crash	Unable to test	7	1.Network down	2	Backup data daily	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							

42

Process	Failure mode	Effect of failure	Sev	Cause of failure	Occ	Current control		Det	RPN	Recommended action	Responsibility and target completion date	Action results				
						Prevention	Detection					Action taken	Sev	Occ	Det	RPN
Final Test	Program Error	Unable to test	7	1.Network connection	2	Backup data daily	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							
	Fail final test	Fail test	7	1.PCBA fail	1	Operator training and certification	Not pass test	1	7							
			7	2.Tx fail	1	Operator training and certification	Not pass test	1	7							
			7	3.Rx fail	1	Operator training and certification	Not pass test	1	7							
			7	4.Tester out of calibration	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
			7	5.Dust on Tx Len	1	Operator training and certification	Not pass test	1	7							
			7	6.Dust on Rx Len	1	Operator training and certification	Not pass test	1	7							
			7	7.Broken fiber	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
			7	8.Fixture not qualify	2	Operator training and certification	Not pass test	1	14							
	Server crash	Unable to test	7	1.Network connection	2	Backup data daily	Operator	1	14							
			7	2.Power Failure	3	UPS installed	Operator	1	21							
	Wrong safety s/n	Wrong EEPROM Data	8	1.Workmanship error	1	Serial number matching	VPD	2	16							
			8	2.Iligible label printing	1	number matching	VPD	1	8							
	Wrong Customer barcode	Wrong EEPROM Data	8	Workmanship error	1	Operator training and certification	VPD	1	8							

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

43

เมื่อนำค่า RPN (Risk Priority Number) มาแสดงในรูปของกราฟ Pareto จะได้ปัจจัยที่ส่งผลกระทบเรียงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 เมื่ออ้างอิงตามหลักการของ Pareto ที่ควรแก้ไขสาเหตุที่อยู่ภายใน 80 เปอร์เซ็นต์ก่อน จะได้ตัวแปร ดังต่อไปนี้

• ฝุ่นบนหน้าเลนส์ทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx)

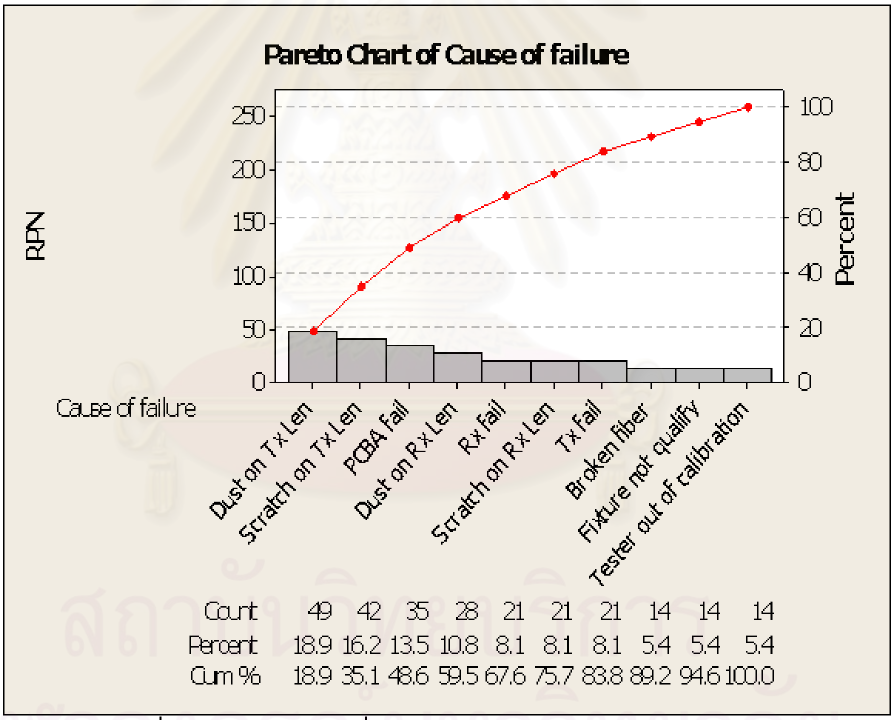
• รอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx)

• การทดสอบล้มเหลวอันเนื่องจากแผงวงจรไฟฟ้า (Print Circuit Board Assembly : PCBA)

• ฝุ่นบนหน้าเลนส์ทางด้านตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx)

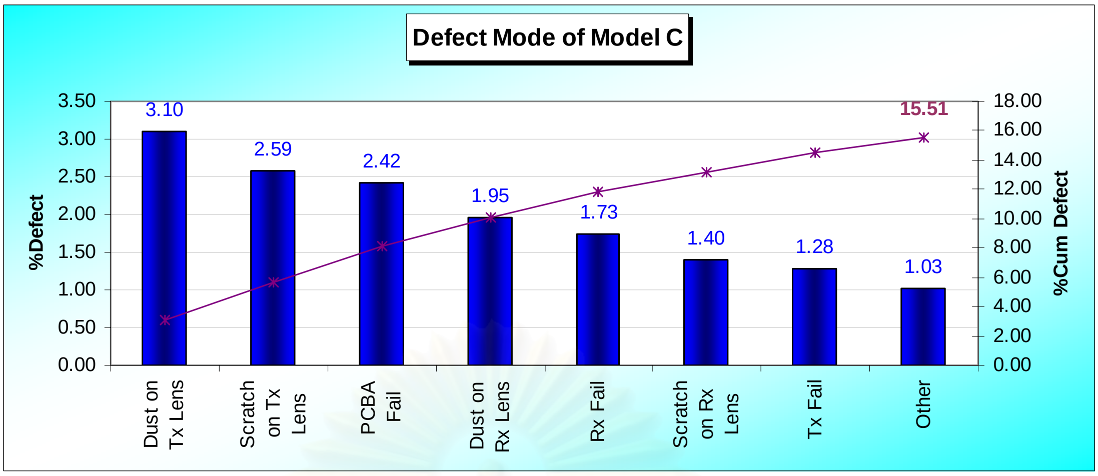
• การทดสอบล้มเหลวอันเนื่องจากตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx)

• รอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ทางด้านตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx)



รูปที่ 3.6 แสดงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทดสอบล้มเหลว

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากผลิตภาพการผลิต (yield) ของกระบวนการทดสอบของ Model C พบว่าผลิตภาพการผลิต (yield) ของกระบวนการทดสอบ 84.49% สามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การทดสอบล้มเหลวที่เกิดขึ้นประมาณ 15.51% โดยเปอร์เซ็นต์การทดสอบล้มเหลวที่เกิดขึ้นนี้ เกิดจากฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ทั้งทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) และตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx) เช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทดสอบล้มเหลวของ Model C

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกทำการวิเคราะห์ในส่วนของการทดสอบล้มเหลวที่เกิดจากฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ทั้งทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) และตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx) เท่านั้นแต่จะไม่วิเคราะห์ในส่วนของการทดสอบล้มเหลวอันเนื่องจากแผงวงจรไฟฟ้า (PCBA) และจากตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx) เอง เนื่องจากนอกเหนือขอบเขตการทำงาน ทั้งนี้จึงได้ส่งเรื่องเพื่อแจ้งให้ทางแผนกที่เกี่ยวข้องดำเนินการเพื่อปรับปรุงต่อไป

3.5 การกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและเครื่องมือที่เลือกใช้

เครื่องมือที่เลือกใช้และตัววัดผลในขั้นตอนต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แสดงเครื่องมือและตัววัดผลในขั้นตอนต่างๆ

วงจร (Phase)	**เครื่องมือที่ใช้**	**ตัววัดผล**	**ประโยชน์ในการดำเนินการ**
การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)	การศึกษาระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA)	Cohen's kappa coefficient : K	แสดงถึงความสามารถของระบบการวัดในส่วนของความแม่นยำและเที่ยงตรง เพื่อยืนยันก่อนการดำเนินการในขั้นตอนต่อไป
	การระดมความคิดเพื่อแจกแจงสาเหตุและผลกระทบของกระบวนการ (Cause and Effect Diagram)	ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญเบื้องต้น	ทำให้เห็นภาพรวมของปัญหาทั้งระบบ และครอบคลุมปัจจัยนำเข้าทั้งหมด
การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)	การเชื่อถือได้ของผลิตภัณฑ์ (Reliability)	ค่า MTTF	เพื่อทดสอบและหาตัวแปรที่ส่งผลกระทบอย่างแท้จริง
การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)	การเชื่อถือได้ของผลิตภัณฑ์ (Reliability) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)	ค่า MTTF P-Value	เพื่อทดสอบและหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละตัวแปร เพื่อยืนยันความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของตัวแปร
การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)	มาตรฐานการทำงาน (Work Instruction)		เพื่อเป็นมาตรฐานในการดำเนินงานอย่างถูกต้องแก่ผู้ปฏิบัติงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 สรุปการนิยามปัญหา

จากขั้นตอนการนิยามปัญหา ได้มีการระดมความคิดโดยพิจารณาจากข้อมูลต่างๆ ทั้งการพิจารณาผลิตภาพการผลิต (yield) จากกระบวนการทดสอบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลทางด้านการตลาด อันได้แก่ข้อมูลการคาดการณ์การสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิก้างปลา การวิเคราะห์ลักษณะบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) และการพิจารณาลำดับความสำคัญตามหลักการของพาเรโต (Pareto Diagram) ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่จะทำการแก้ไขและปรับปรุง คือ Model C และตัวแปรที่จะทำการวิเคราะห์ แก้ไขได้แก่ ฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ทั้งทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) และตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx) จากนั้นจึงทำการกำหนดเครื่องมือและตัววัดผลต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

4.1 การคำนวณจำนวนตัวอย่าง (Sample size Calculation)

จำนวนหรือขนาดของตัวอย่าง (Sample size) ที่สุ่มขึ้นมาทดสอบ จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับระดับความเชื่อมั่น (Confidence) ในข้อมูลที่ทดสอบ ค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ นั่นคือถ้าต้องการความเชื่อมั่นในผลการทดลองสูง ก็ต้องใช้ค่าใช้จ่ายมาก โดยทั่วไปแล้ว หลักการในการเลือกจำนวนชิ้นตัวอย่างมาทดสอบ มีดังนี้

1. การทดสอบชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วน จะใช้ตั้งแต่หลายสิบ จนถึงหลานร้อยตัวอย่าง
2. การทดสอบหน่วยย่อย หรือระบบย่อย จะใช้มากจนถึง 10 หรือ 20 ตัวอย่าง
3. การทดสอบตัวระบบเอง จะใช้ 1-10 ตัวอย่าง

จากการคำนวณโดยการกำหนดค่าความเชื่อถือได้และระดับความเชื่อมั่นโดยใช้โปรแกรมมินิแท็ป (MINITAB) จะได้ขนาดตัวอย่าง 29 ตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงกำหนดให้ขนาดของชิ้นตัวอย่างเท่ากับ 30 ตัวอย่างทุกการทดลอง

```
Demonstration Test Plans

Reliability Test Plan
Distribution: Weibull, Shape = 3
Reliability Goal = 0.9, Target Confidence Level = 95%


                             Actual
Failure  Testing  Sample  Confidence
   Test     Time    Size       Level
      0        1      29     95.2899
```

รูปที่ 4.1 การคำนวณขนาดตัวอย่าง

4.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

GR&R (Gage Repeatability and Reproducibility) เป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA) มีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด

Gage คือเกณฑ์มาตรฐานหรือการประเมินค่า ซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทคือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. Variable คือการตรวจสอบด้วยค่าที่อ่านได้เป็นตัวเลข

2. Attribute คือการตรวจสอบที่บ่งบอกเป็นงานดี (G : Good) , งานเสีย (No Good : NG)

• Repeatability คือความแปรปรวนของผลการวัดค่าจากเครื่องมือวัด เมื่อวัดชิ้นงานเดิมหลาย ๆ ครั้งด้วยเครื่องวัดตัวเดิม

• Reproducibility คือความแปรปรวนของผลการวัดจากคนอ่านค่า เมื่อใช้เครื่องมือวัดเดียวกันและวิธีวัดเดียวกัน

ดังนั้นจึงได้มีการวิเคราะห์ระบบการวัดในกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงขึ้น ซึ่งระบบการวัดหรือการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์นั้น จะใช้เกณฑ์การตัดสินใจจากพนักงานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์เป็นหลัก ดังนั้นจึงเลือกใช้เทคนิค Attribute Agreement Analysis ในการวิเคราะห์ ซึ่งใช้หลักการเดียวกัน นั่นคือ Repeatability จะบ่งบอกถึงความสามารถของพนักงานในการมีความเห็นพ้องกับค่าเดิม (Within Appraisers) ส่วน Reproducibility จะบ่งบอกถึงความสามารถของพนักงานในการมีความเห็นพ้องกับคนอื่นๆ (Between Appraisers) และความถูกต้องของการตรวจสอบจะแสดงได้ โดยการเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ทราบค่าแล้ว (Known Standard)

4.2.1 การออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดชิ้นงานมาตรฐาน (Known Standard) สำหรับใช้ในการตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ความสามารถของระบบการตรวจสอบ โดยจะทำการตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมด 30 ชิ้น และกำหนดให้

• 45% เป็นงานดี (Good : G) เท่ากับ 13 ชิ้น

• 45% เป็นงานเสีย (No Good : NG) เท่ากับ 13 ชิ้น

• 10% เป็นงานแบบก้ำกึ่ง (Marginal) เท่ากับ 4 ชิ้น โดยเป็นงานดีแบบก้ำกึ่ง (Marginal conformity) 2 ชิ้น และงานเสียแบบก้ำกึ่ง (Marginal nonconformity) 2 ชิ้น

2) คัดเลือกพนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมและปฏิบัติงานในกระบวนการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ จำนวน 3 คน

3) สุ่มพนักงานมาทำการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์แบบสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพของชิ้นงานว่า “ผ่าน (Good : G)” หรือ “ไม่ผ่าน (No Good : NG)” พร้อมการบันทึกผลการตรวจสอบจนครบทุกชิ้น

4) สุ่มพนักงานมาอีก แล้วดำเนินการเหมือนขั้นตอนที่ 3 ทำเช่นนี้ไปจนครบการประเมินผลจากพนักงานทั้ง 3 คน

5) ทำการตรวจสอบซ้ำ โดยกำหนดให้พนักงานแต่ละคนทำการตรวจสอบซ้ำอีก 1 ครั้ง

6) วิเคราะห์ผลโดยใช้ Attribute Agreement Analysis

4.2.2 การศึกษาความถูกต้องของระบบการวัด

4.2.2.1 ผลลัพธ์ในการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิค Attribute Agreement Analysis ของพนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน แสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์การเห็นพ้องจากการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์

Attribute Agreement Analysis for Response

```
Date of study:    1 Oct 08
Reported by:      Orawan P
Name of product:  Transceiver
Misc:
```

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
A	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
B	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
C	30	30	100.00	(90.50, 100.00)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
A	fail	1	0.182574	5.47723	0.0000
	pass	1	0.182574	5.47723	0.0000
B	fail	1	0.182574	5.47723	0.0000
	pass	1	0.182574	5.47723	0.0000
C	fail	1	0.182574	5.47723	0.0000
	pass	1	0.182574	5.47723	0.0000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
A	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
B	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
C	30	29	96.67	(82.78, 99.92)

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

Assessment Disagreement

Appraiser	# pass / fail	Percent	# fail / pass	Percent	# Mixed	Percent
A	0	0.00	0	0.00	0	0.00
B	0	0.00	0	0.00	0	0.00
C	0	0.00	1	6.67	0	0.00

pass / fail: Assessments across trials = pass / standard = fail.
fail / pass: Assessments across trials = fail / standard = pass.
Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
A	fail	1.00000	0.129099	7.74597	0.0000
	pass	1.00000	0.129099	7.74597	0.0000
B	fail	1.00000	0.129099	7.74597	0.0000
	pass	1.00000	0.129099	7.74597	0.0000
C	fail	0.93326	0.129099	7.22899	0.0000
	pass	0.93326	0.129099	7.22899	0.0000

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	29	96.67	(82.78, 99.92)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
fail	0.964427	0.0471405	20.4586	0.0000
pass	0.964427	0.0471405	20.4586	0.0000

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

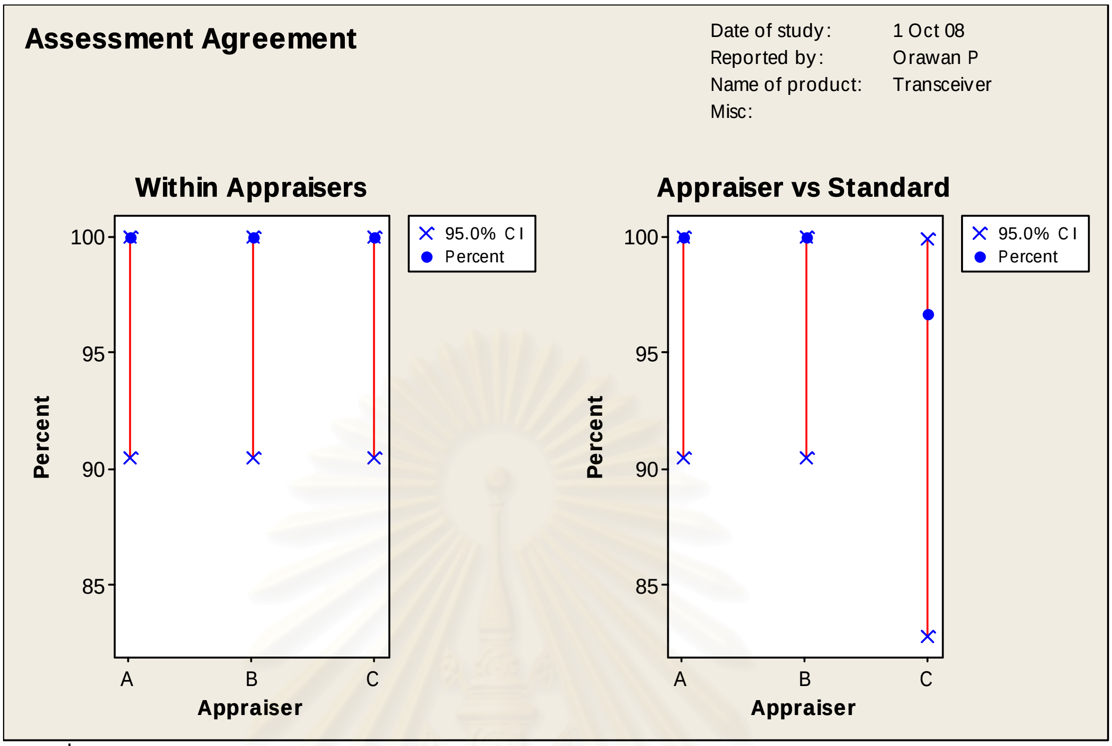
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	29	96.67	(82.78, 99.92)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
fail	0.977753	0.0745356	13.1179	0.0000
pass	0.977753	0.0745356	13.1179	0.0000

Attribute Agreement Analysis



รูปที่ 4.2 แผนภาพการวิเคราะห์การเห็นพ้องจากการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์

4.2.2.2 วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

เทคนิค Attribute Agreement Analysis สามารถวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการตรวจสอบในกระบวนการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ได้โดยการอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์ Cohen's kappa (Cohen's kappa coefficient) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดทางสถิติระหว่างผู้ให้ความเห็นสองฝ่าย ว่ามีความเห็นตรงกันมากหรือน้อยอย่างไร โดยค่าสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 1.0 หมายถึงทุกฝ่ายเห็นตรงกันหมด ส่วน 0.0 หมายถึง ไม่มีฝ่ายใดเห็นตรงกันเลย โดยที่ Landis และ Koch ได้ให้การตีความค่าสัมประสิทธิ์ Cohen's kappa : K ไว้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงการตีความค่าค่าสัมประสิทธิ์ Cohen's kappa (Landis and Koch, 1977)

K	Interpretation
< 0	No agreement
0.01 — 0.20	Slight agreement
0.21 — 0.40	Fair agreement
0.41 — 0.60	Moderate agreement
0.61 — 0.80	Substantial agreement
0.81 — 1.00	Almost perfect agreement

ดังนั้นจากตารางที่ 4.1 สามารถสรุปได้ดังนี้

		K	%Assessment Agreement
Within Appraisers (Repeatability)	A	1	100
	B	1	100
	C	1	100
Each Appraiser vs Standard (Accuracy)	A	1	100
	B	1	100
	C	0.93326	96.67
	Overall	0.977753	96.67
Between Appraisers (Reproducibility)		0.964427	96.67

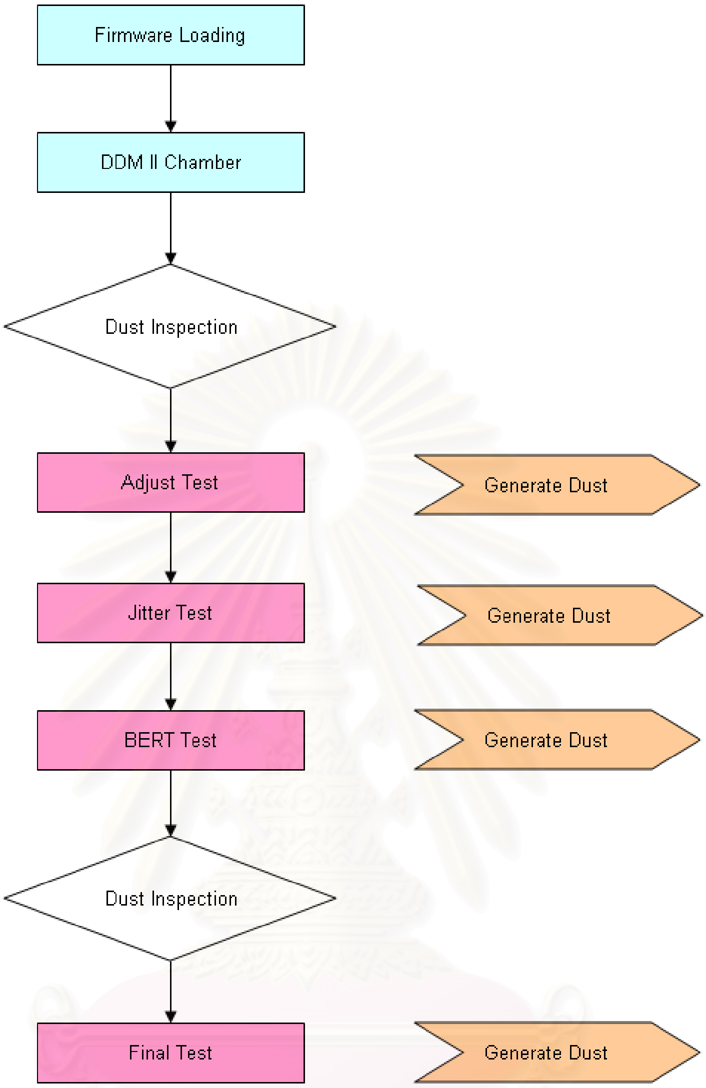
ในส่วนของ Within Appraisers (Repeatability) จะเห็นว่า ค่า K มีค่าเท่ากับ 1 ทั้ง 3 คน แสดงว่าพนักงานทั้ง 3 คนมีความสามารถในการตัดสินใจซ้ำได้ตรงกับครั้งแรก ในส่วนของ Each Appraiser vs Standard (Accuracy) จะเห็นว่าพนักงาน A และพนักงาน B มีค่า K เท่ากับ 1 แสดงว่าการตัดสินใจนั้นถูกต้องตามค่าชิ้นงานมาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนพนักงาน C มีค่า K เท่ากับ 0.93326 เนื่องจากตัดสินใจไม่ตรงกับค่าชิ้นงานมาตรฐานที่กำหนดไว้ 1 ค่า จาก 30 ค่า แต่จากค่า K ดังกล่าวนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าในตารางที่ 4.2 พนักงาน C ยังคงมีการตัดสินใจที่ดีและยอมรับได้ รูปที่ 4.2 จะแสดงในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์การเห็นพ้อง โดยที่รูปทางซ้ายมือจะแสดงการตัดสินใจซ้ำ (Repeatability) ของพนักงานแต่ละคน จะเห็นว่าพนักงานทั้ง 3 คนมีความสามารถในการตัดสินใจซ้ำได้ตรงกับครั้งแรก เป็น 100% ส่วนรูปทางขวาจะแสดงถึงการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัดสินใจที่ถูกต้อง(Accuracy) ของพนักงาน เมื่อเทียบกับชิ้นงานมาตรฐานที่ทราบค่า (Known sample) จะเห็นว่าพนักงาน A และ พนักงาน B สามารถตัดสินใจได้ถูกต้อง 100% ส่วนพนักงาน C สามารถตัดสินใจได้ถูกต้อง 96.67% สรุปได้ว่าระบบการตรวจสอบนี้ พนักงานมีความสามารถในการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ได้อย่างถูกต้อง นั่นคือสามารถยอมรับในความสามารถของระบบการตรวจสอบนี้และสามารถใช้ดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้

4.3 **การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล** (Cause and Effect Diagram)

จากสภาพปัญหาในปัจจุบันที่พบว่าผลิตภาพการผลิต (yield) จากกระบวนการทดสอบต่ำ ซึ่งเกิดการทดสอบล้มเหลว อันเนื่องจากการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์นั้น สามารถสรุปกระบวนการที่อาจทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งได้แก่ ขั้นตอน Adjust Test, Jitter Test, BERT Test และ Final Test ซึ่งจะได้มีการวิเคราะห์กระบวนการของแต่ละขั้นตอนการทดสอบนั้นๆต่อไป



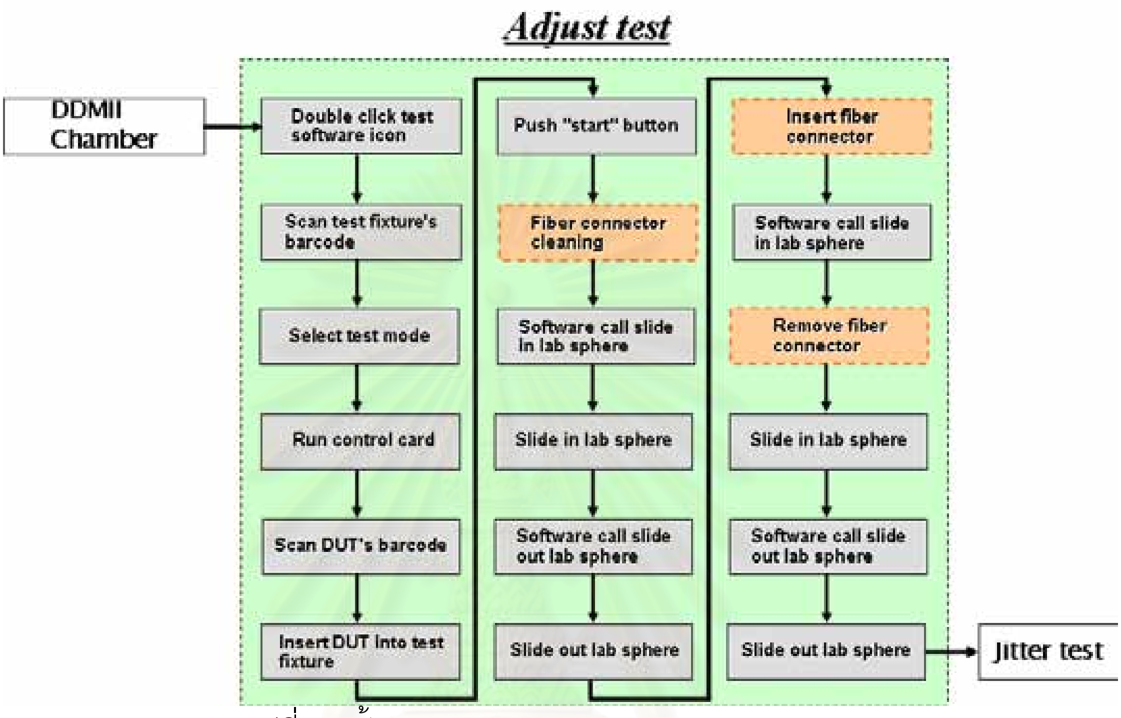
รูปที่ 4.3 กระบวนการทดสอบที่อาจทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์

(Macro Process Map)

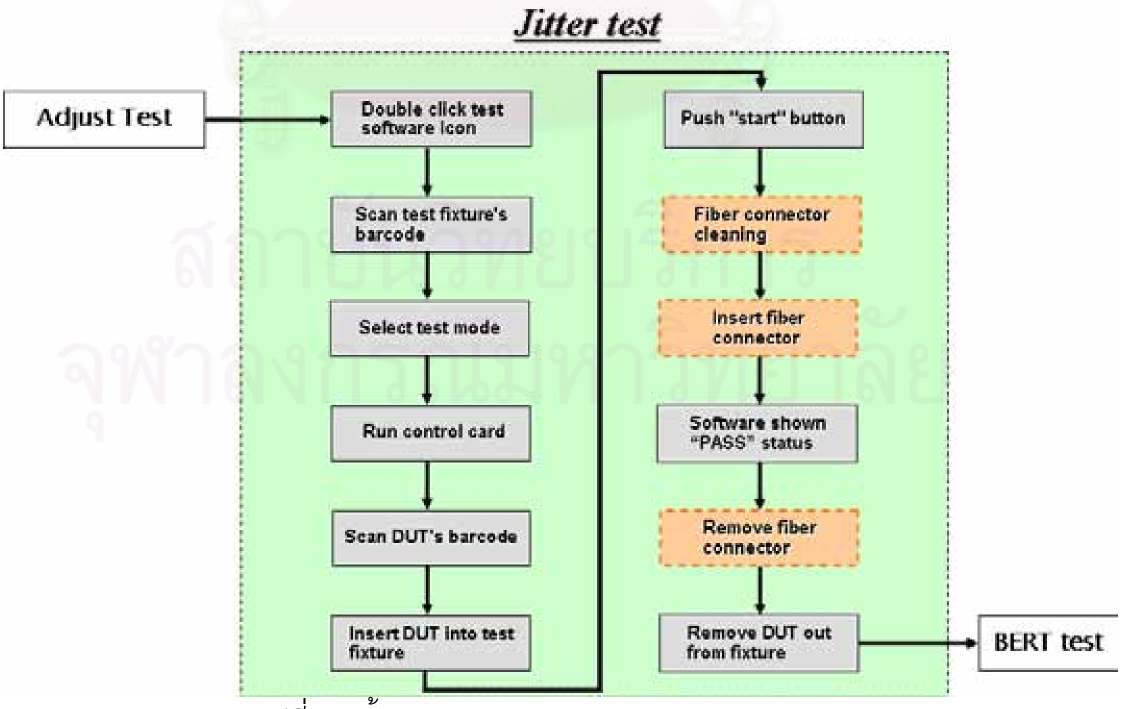
4.3.1 **การวิเคราะห์กระบวนการของ** Adjust Test, Jitter Test, BERT Test **และ** Final Test (Micro Process Map)

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ในขั้นตอนย่อยต่างๆของทั้ง 4 กระบวนการทดสอบ อันได้แก่ กระบวนการ Adjust Test, Jitter Test, BERT Test และ Final Test ซึ่งขั้นตอนย่อยของแต่ละกระบวนการทดสอบหากนำมาพิจารณาถึงโอกาสในการทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์แล้วนั้น จะได้ขั้นตอนหรือปัจจัยที่ทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ดังแสดงในกรอบที่เป็นเส้นประ ส่วนขั้นตอนหรือ

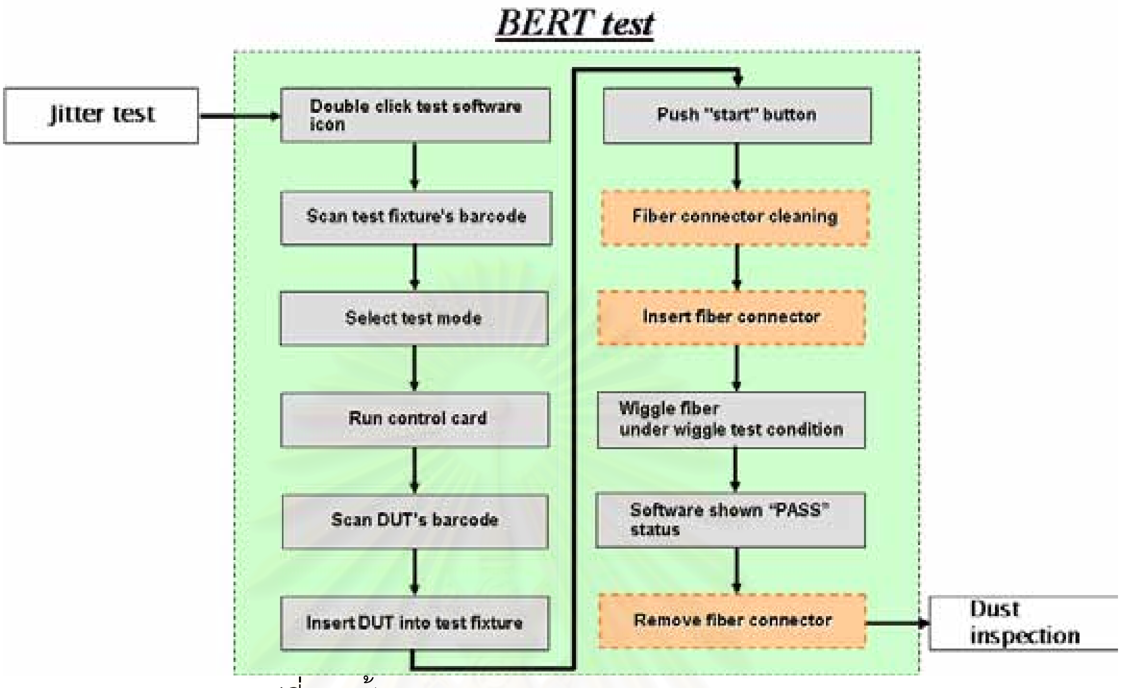
ปัจจัยที่ไม่สามารถทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ได้นั้น จะแสดงด้วยกรอบเส้นทึบ ดังรูปที่ 4.4 – 4.7 ตามลำดับ



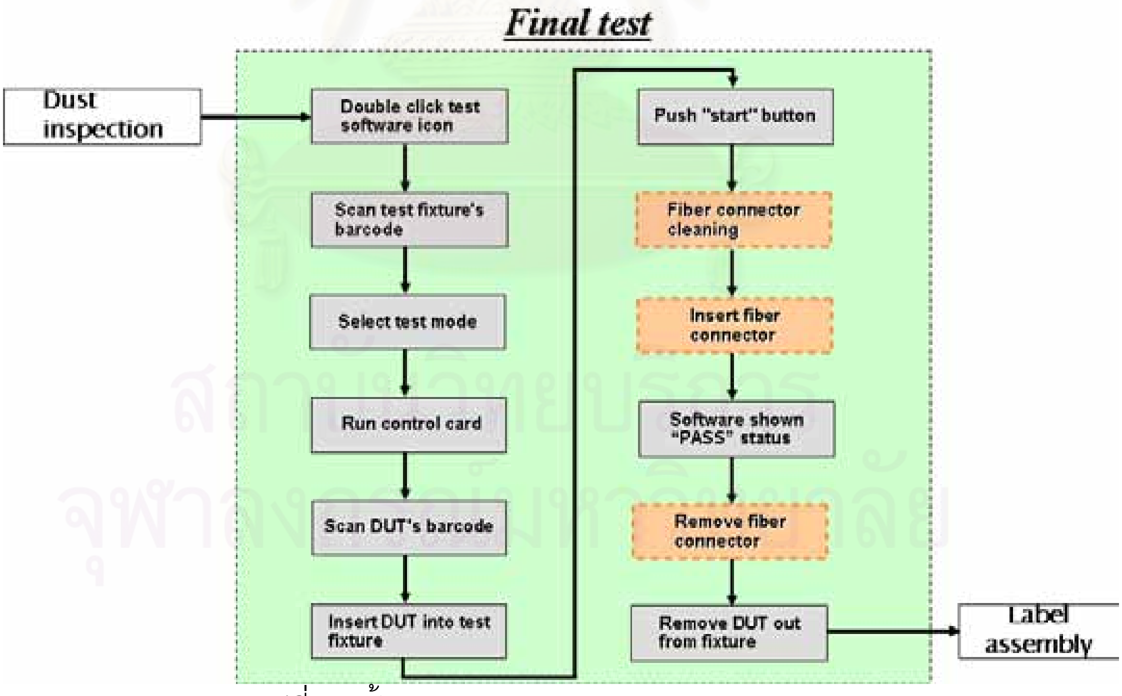
รูปที่ 4.4 ขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ Adjust Test



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ Jitter Test



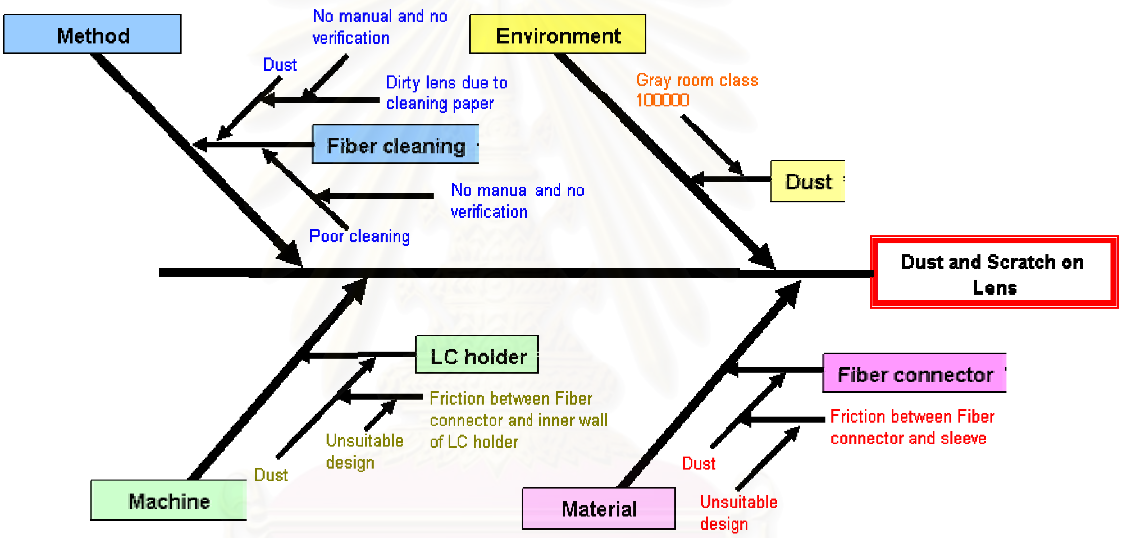
รูปที่ 4.6 ขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ BERT Test



รูปที่ 4.7 ขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ Final Test

จากขั้นตอนย่อยของกระบวนการทดสอบทั้ง 4 กระบวนการ พบว่าการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์นั้น อาจเกิดจากขั้นตอนการสวมเข้าและถอดออกของสายไฟเบอร์

(Fiber Connector) จากตัวชิ้นงาน ทั้งนี้การใส่สายไฟเบอร์เข้าไปในชิ้นงานนั้น เพื่อเป็นการจำลองการใช้งาน เปรียบเสมือน input สัญญาณทางแสง (Optical power) เข้าสู่ตัวงาน ดังนั้นกระบวนการทดสอบทั้ง 4 กระบวนการจึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนนี้ โดยสายไฟเบอร์ (Fiber Connector) จะมีหัวเสียบเพื่อเสียบเข้ากับตัวงานทางด้านเลนส์ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx) และเลนส์ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณทางแสง (Trasmitter : Tx) นอกจากนี้ ยังพบว่าในขั้นตอนของการทำความสะอาดสายไฟเบอร์ (Fiber connector cleaning) นั้น ไม่มีขั้นตอนการตรวจสอบที่แน่ชัด จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ได้ ซึ่งสามารถนำมาปัจจัยดังกล่าวมาวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิก้างปลาได้ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แผนผังแสดงเหตุและผล

จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิก้างปลาจะได้ปัจจัยที่ทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ ดังต่อไปนี้ ซึ่งจะได้นำไปวิเคราะห์ต่อไป

- การทำความสะอาดสายไฟเบอร์ (Fiber Cleaning)
- ที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)
- หัวเสียบสายไฟเบอร์ (Fiber connector)

ส่วนปัจจัยเรื่องสิ่งแวดล้อมนั้น จะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากนอกเหนือขอบเขตความรับผิดชอบของผู้วิจัย ทำให้ไม่สามารถนำปัจจัยดังกล่าวมาแก้ไขได้

4.4 สรุปผลขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้ คือ ผลของการวิเคราะห์ความเห็นพ้องของระบบการตรวจสอบ และผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล โดยจะนำผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้ไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

4.4.1 ผลจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

จากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด โดยการพิจารณาจากเกณฑ์การตัดสินใจของพนักงานที่ปฏิบัติงานในขั้นตอนการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ พบว่าพนักงานมีความสามารถในการตรวจสอบฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ได้อย่างถูกต้อง โดยที่มีค่าค่าสัมประสิทธิ์ Cohen's kappa : K อยู่ในช่วง 0.81 – 1.00 ทั้งในส่วนของ Within Appraisers (Repeatability), Between Appraisers (Reproducibility) และ Appraiser vs Standard (Accuracy) นั่นคือข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดนี้สามารถใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่างๆได้

4.4.2 ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล

จากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล จะได้ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ 3 ปัจจัย ได้แก่

- การทำความสะอาดสายไฟเบอร์ (Fiber Cleaning)
- ที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)
- สายไฟเบอร์ (Fiber connector)

ซึ่งจะได้นำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

5.1 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบ

จากขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ได้สรุปปัจจัยนำเข้าที่ทดสอบทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่

- การทำความสะอาดสายไฟเบอร์ (Fiber Cleaning)
- ที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)
- หัวเสียบสายไฟเบอร์ (Fiber connector)

ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนดำเนินการทดสอบ ดังนี้

5.1.1 การทำความสะอาดสายไฟเบอร์ (Fiber Cleaning)

ในกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงจะใช้สายไฟเบอร์ (Optical Fiber) ซึ่งมีหัวเสียบ (Connector) เสียบเข้ากับชิ้นงานทางด้านเลนส์ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx) และเลนส์ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) โดยก่อนที่จะเสียบหัวเสียบ (Fiber Connector) เข้ากับตัวชิ้นงานนั้น จะต้องทำความสะอาดหน้าเลนส์ของหัวเสียบทุกครั้ง โดยใช้กระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ (Wiper Paper) ดังรูปที่ 5.1 อย่างไรก็ตาม การทำความสะอาดหน้าเลนส์ของหัวเสียบนี้ ยังไม่มีวิธีการยืนยัน (Verification) ถึงความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบว่าสะอาดหรือไม่ เพียงใด ดังนั้นหากหน้าเลนส์ของหัวเสียบนี้ไม่สะอาด และเมื่อหัวเสียบถูกเสียบเข้ากับชิ้นงาน จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดฝุ่นที่บริเวณหน้าเลนส์ของตัวชิ้นงานได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.1 การทำความสะอาดหน้าเลนส์หัวเสียบด้วยกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์

รายละเอียดในการทำการทดลอง มีดังนี้

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

- กระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ (Wiper paper) ที่ใช้แล้ว
- ตัวรับสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) ที่พบฝุ่นจากกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

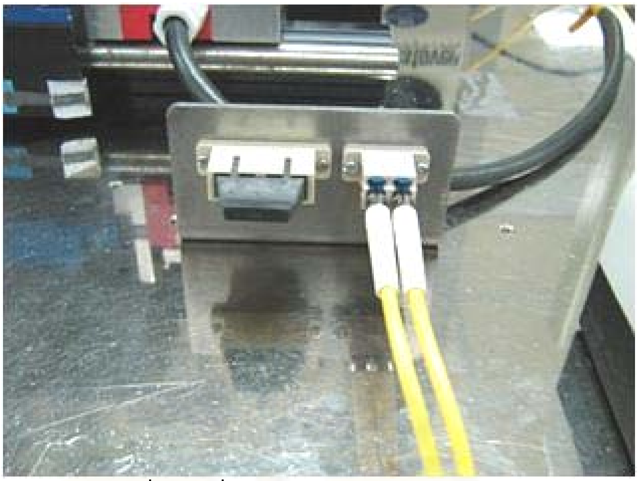
<u>ขั้นตอนในการทดลอง</u>

- ส่งกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ (Wiper paper) ที่ใช้แล้วและตัวรับสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) ที่พบฝุ่นจากกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงไปทำการวิเคราะห์อนุภาค (Particle Analysis) โดยใช้เทคนิค SEM/EDX (Scanning Electron Microscope/ Energy Dispersive X-ray Analysis)

5.1.2 **ที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)**

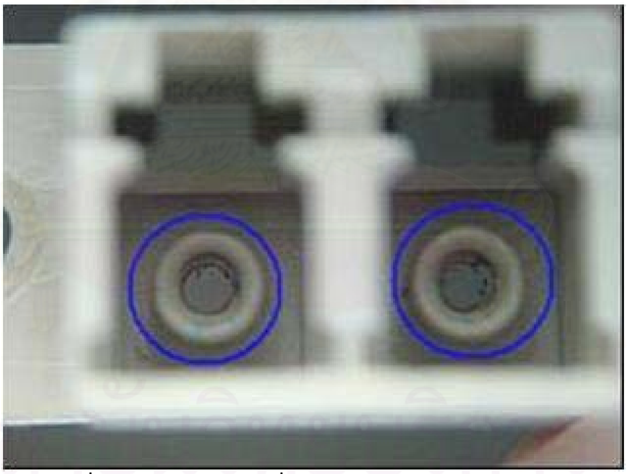
สายไฟเบอร์ที่ใช้ในกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงนี้ เมื่อไม่ได้ใช้งานจะถูกเสียบไว้กับที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) ดังแสดงในรูปที่ 5.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 ที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)

ที่พักสายไฟเบอร์นี้ อาจมีฝุ่นอยู่ภายใน และเมื่อเสียบหัวเสียบเข้าไป ฝุ่นอาจจะมาเกาะที่หน้าเลนส์หัวเสียบได้ และหน้าเลนส์หัวเสียบนี้เองที่จะเป็นตัวนำพาฝุ่นไปสู่หน้าเลนส์ของตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

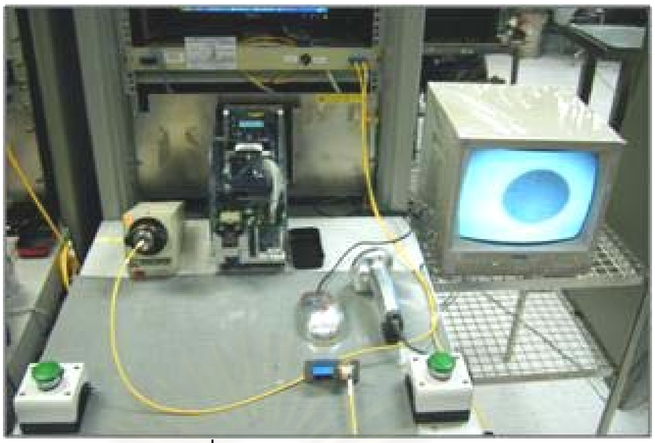


รูปที่ 5.3 ภาพขยายที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)

รายละเอียดในการทำการทดลอง มีดังนี้

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

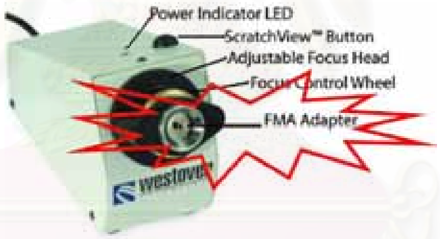
- สายไฟเบอร์พร้อมหัวเสียบที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ไม่ได้เกิดจากหัวเสียบสายไฟเบอร์ที่ได้ผ่านการใช้งานมาแล้ว
- เครื่อง Fiber Microscope ใช้ในการตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบ ดังรูป 5.4



รูปที่ 5.4 Fiber Microscope

<u>ขั้นตอนในการทดลอง</u>

1) ทำความสะอาด FMA Adapter ของ Fiber Microscope ทุกครั้ง ก่อนใช้ในการตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทดลองไม่ได้เกิดจากการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปใน FMA Adapter



รูปที่ 5.5 ส่วนประกอบของ Fiber Microscope

2) เสียบหัวเสียบ (Fiber Connector) เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)

3) ดึงหัวเสียบสายไฟเบอร์ออกมา และทำการตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบด้วยเครื่อง Fiber Microscope

4) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 จนกระทั่งตรวจพบฝุ่นหรือรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

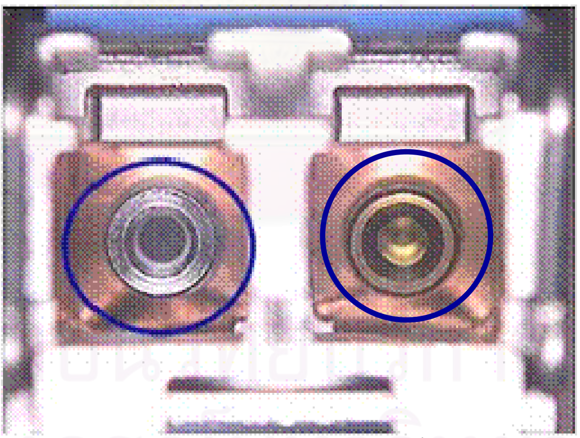
5) บันทึกจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นหรือรอยขีดข่วนขึ้น

6) ทำซ้ำจนครบ 30 ชิ้นตัวอย่าง

5.1.3 **หัวเสียบสายไฟเบอร์** (Fiber Connector)

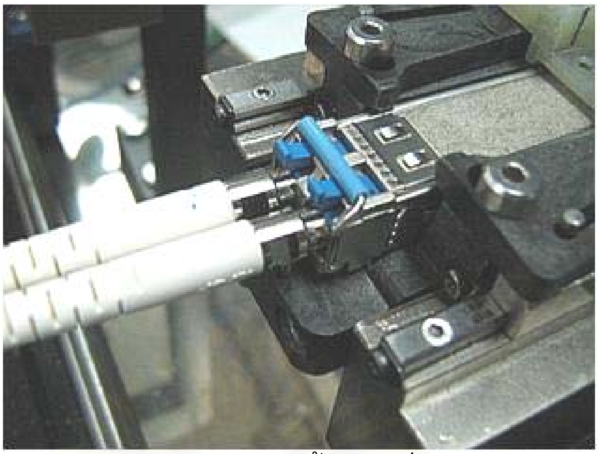
หัวเสียบสายไฟเบอร์ (Fiber Connector) เป็นชิ้นส่วนที่เป็นพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 5.6 ในขณะที่รูเสียบหน้าเลนส์บนชิ้นงานเป็นชิ้นส่วนโลหะ ดังแสดงในรูปที่ 5.7 ดังนั้นเมื่อเสียบหัวเสียบเข้าไปในตัวชิ้นงานเพื่อเข้าสู่กระบวนการทดสอบ ดังรูปที่ 5.8 จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของฝุ่นและรอยรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ตัวงานได้

รูปที่ 5.6 หัวเสียบสายไฟเบอร์ (Fiber Connector)



รูปที่ 5.7 รูเสียบหน้าเลนส์บนชิ้นงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 หัวเสียบถูกเสียบเข้าไปในตัวชิ้นงานเพื่อเข้าสู่กระบวนการทดสอบ

รายละเอียดในการทำการทดลอง มีดังนี้

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

- สายไฟเบอร์พร้อมหัวเสียบที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ไม่ได้เกิดจากหัวเสียบสายไฟเบอร์ที่ได้ผ่านการใช้งานมาแล้ว
- เครื่องตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง ดังรูป 5.9

รูปที่ 5.9 เครื่องตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

<u>ขั้นตอนในการทดลอง</u>

1) ทำความสะอาดส่วนที่ใช้ในการเสียบเข้าไปที่หน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Inspection tip) ทุกครั้ง ก่อนใช้ในการตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง เพื่อให้มั่นใจว่าฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทดลองไม่ได้มาจากเครื่องนี้

2) ตัวรับส่งสัญญาณทางแสงที่ใช้ในการทดลองต้องผ่านการทำความสะอาดหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสงมาแล้ว เพื่อให้แน่ใจว่าฝุ่นที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดจากขั้นตอนก่อนหน้านี้

3) เสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์ (Fiber Connector) เข้าไปในตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver) ทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx)

4) ตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสงด้วยเครื่องตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

5) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 3 และขั้นตอนที่ 4 จนกระทั่งตรวจพบฝุ่นหรือรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง

6) บันทึกจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบเข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสง แล้วทำให้เกิดฝุ่นหรือรอยขีดข่วนขึ้น

7) ทำซ้ำจนครบ 30 ชิ้นตัวอย่าง

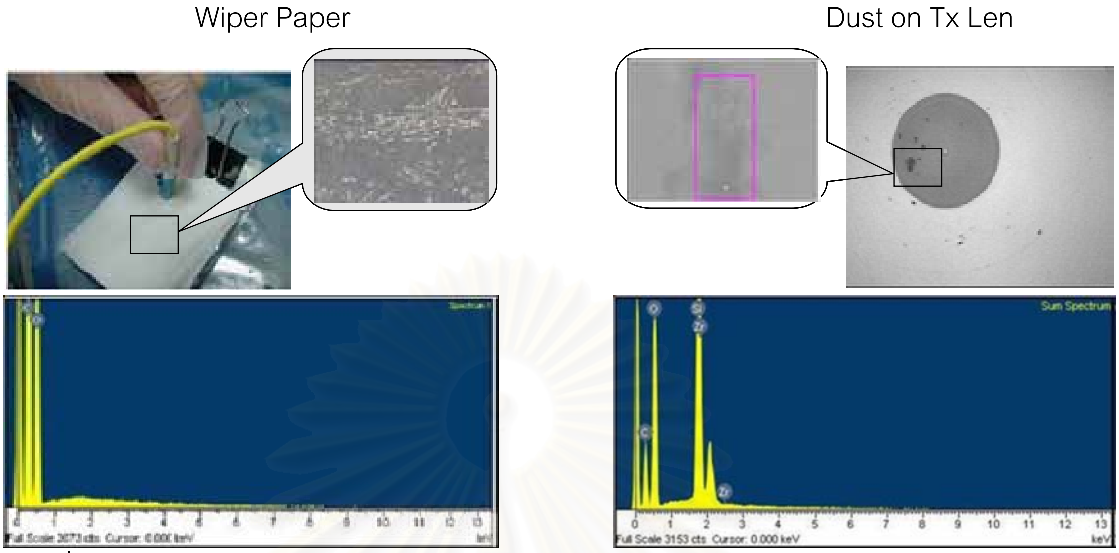
การทดลองนี้เลือกทำการทดลองเฉพาะด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) เพื่อใช้เป็นตัวแทนทางด้านตัวรับสัญญาณทางแสง (Reciever : Rx) ด้วยเนื่องจากการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ตามสถิติจะพบปัญหาที่ทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) มากกว่า และทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองอีกด้วย

5.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.2.1 การวิเคราะห์การทำความสะอาดสายไฟเบอร์ มีผลต่อการเกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

ผลการวิเคราะห์อนุภาค (Particle Analysis) โดยใช้เทคนิค SEM/EDX สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.10 และตารางที่ 5.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.10 แสดง SEM/EDX Spectrum ของกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ (Wiper paper) (ซ้าย) และฝุ่นบนหน้าเลนส์ของตัวรับสัญญาณทางแสง (ขวา)

ตารางที่ 5.1 แสดง SEM/EDX result ของกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ (Wiper paper) และฝุ่นบนหน้าเลนส์ของตัวรับสัญญาณทางแสง

Element	Wiper paper		Dust on Tx Len	
	Weight%	Atomic%	Weight%	Atomic%
C	51.51	58.59	27.12	39.47
O	48.49	41.41	40.72	44.49
Si	-	-	22.90	14.26
Zr	-	-	9.26	1.77

จากผลดังกล่าว จะเห็นว่าสามารถตรวจพบคาร์บอน (Carbon : C) และออกซิเจน (Oxygen : O) ได้ในปริมาณสูงบนพื้นผิวของกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ ในขณะที่บริเวณที่มีฝุ่นบนหน้าเลนส์ของตัวรับสัญญาณทางแสงนั้น จะตรวจพบคาร์บอน (Carbon : C) , ออกซิเจน (Oxygen : O), ซิลิคอน (Silicon : Si) และเซอร์โคเนียม (Zirconium : Zr) โดยที่ปริมาณของคาร์บอนและออกซิเจนที่ตรวจพบนั้น จะมีปริมาณน้อยกว่าที่ตรวจพบบนกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์

ดังนั้น จึงอาจสรุปได้ว่าการทำความสะอาดหน้าเลนส์หัวเสียบโดยใช้กระดาษ แต่ไม่มีวิธีการยืนยัน (Verification) ถึงความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบว่าสะอาดหรือไม่ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ของตัวรับส่งสัญญาณทางแสงได้

5.2.3 การวิเคราะห์ที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) **มีผลต่อการเกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ**

ผลการทดลองที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) มีผลต่อการเกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.2.3.1 การวิเคราะห์การกระจายตัว

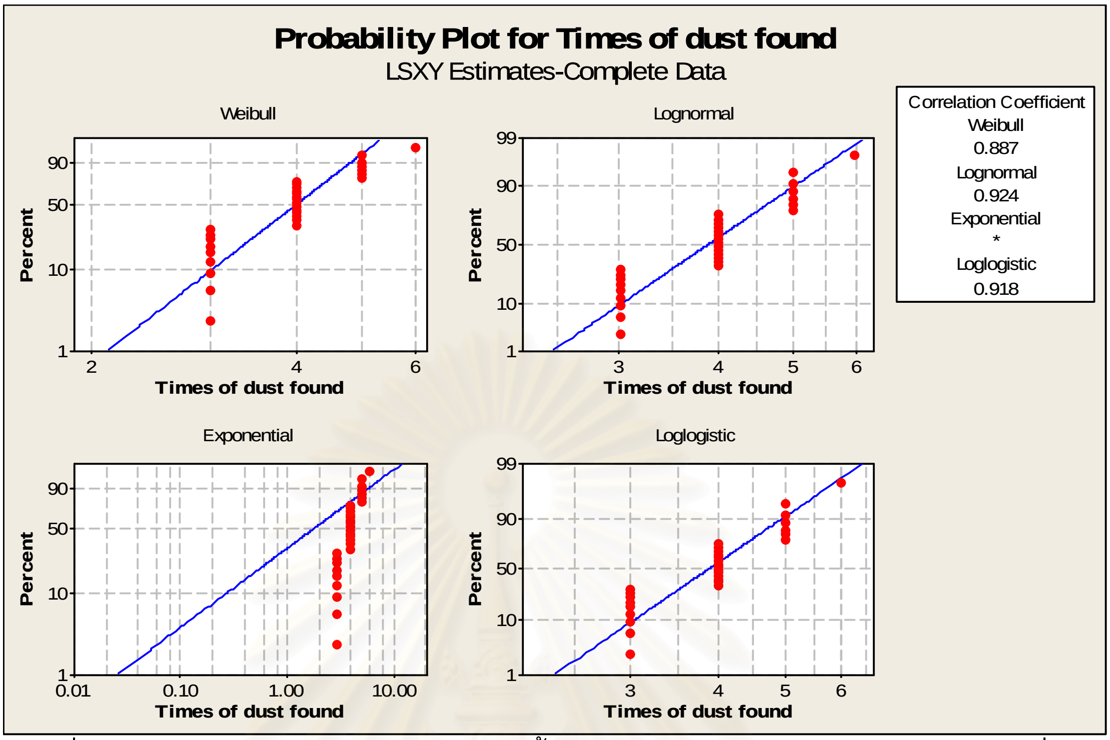
นำผลการทดลองที่ได้จากขนาดตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ซึ่งค่าที่ได้คือจำนวนครั้งของการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ มาวิเคราะห์การกระจายตัวว่าอยู่ในรูปแบบใด โดยใช้โปรแกรมทางสถิติในการช่วยคำนวณ ผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.2 โดยค่าในตารางจะแสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลนั้นควรอยู่ในรูปของการกระจายตัวแบบใด ระหว่างการกระจายตัวในรูปแบบของ Weibull, Lognormal, Exponential, Loglogistic, Normal และ Logistic ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่า Correlation Coefficient ที่มากที่สุด ข้อมูลจากการทดลองสามารถนำมาพล็อตดูการกระจายตัวได้ดังแสดงในรูปที่ 5.11 – 5.13

ตารางที่ 5.2 แสดงการวิเคราะห์การกระจายตัวของจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

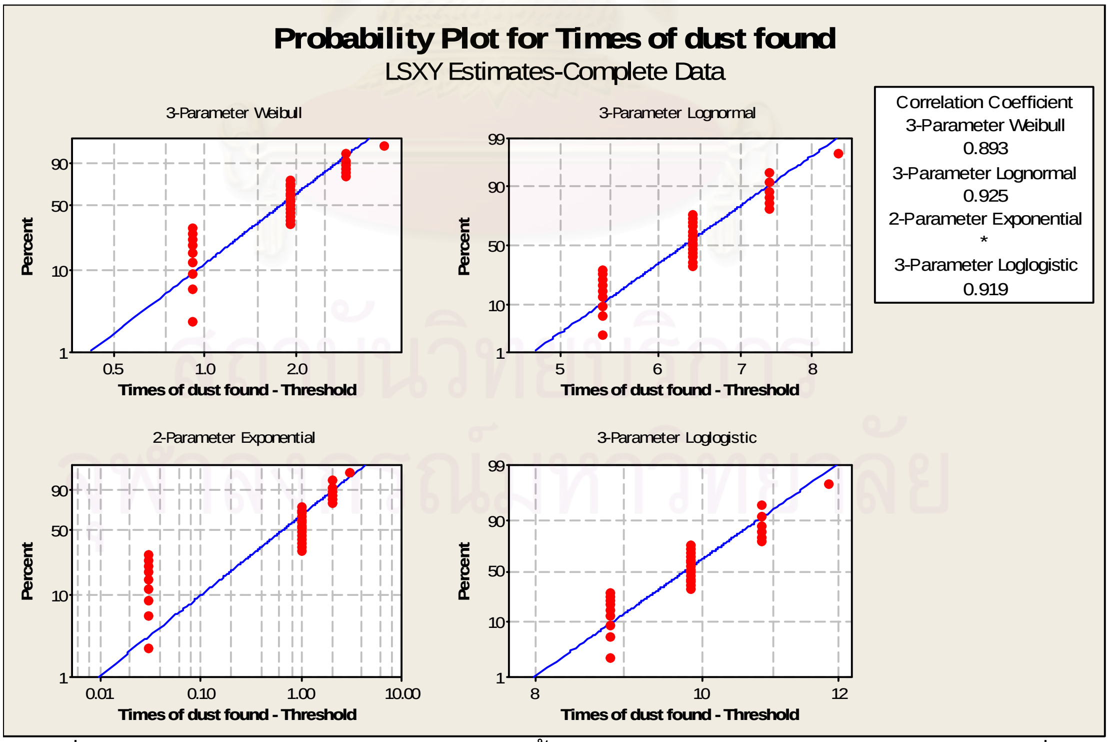
Distribution ID Plot: Times of dust found

Goodness-of-Fit

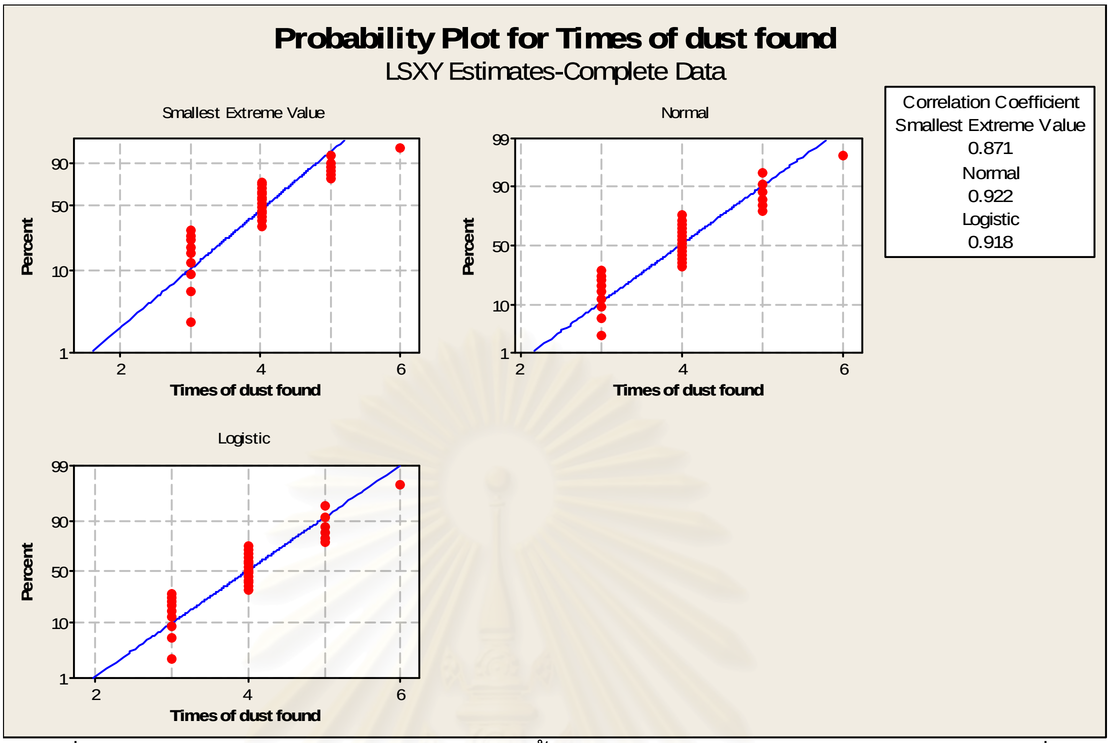
Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	3.745	0.887
Lognormal	2.614	0.924
Exponential	18.016	*
Loglogistic	2.731	0.918
3-Parameter Weibull	3.156	0.893
3-Parameter Lognormal	2.545	0.925
2-Parameter Exponential	5.445	*
3-Parameter Loglogistic	2.592	0.919
Smallest Extreme Value	4.831	0.871
Normal	2.504	0.922
Logistic	2.545	0.918



รูปที่ 5.11 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ



รูปที่ 5.12 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ



รูปที่ 5.13 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

จากตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.11 – 5.13 จะเห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลควรอยู่ในรูปของ Lognormal เนื่องจากมีค่า Correlation Coefficient ที่มากที่สุด

5.2.3.2 **การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของการกระจายตัว** (Parametric Distribution Analysis)

เป็นการพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ของค่าเวลาเฉลี่ยก่อนความล้มเหลว (MTTF) ซึ่งเวลาเฉลี่ยก่อนความล้มเหลว (MTTF) เป็นค่าที่บอกระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนนั้นๆว่ามีอายุการใช้งานเฉลี่ยเท่าใดจึงจะเกิดความเสียหายหรือชำรุด ดังนั้นการทดลองนี้ MTTF จึงเป็นค่าที่บอกว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC holder) เฉลี่ยกี่ครั้ง จึงจะทำให้เกิดฝุ่นขึ้นที่เลนส์ของหัวเสียบ ซึ่งการคำนวณค่า MTTF นั้น จะต้องระบุการกระจายตัวของข้อมูลด้วย ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ผ่านมาจะได้การกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบ Lognormal สามารถคำนวณค่า MTTF โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ ได้ดังตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.14

ตารางที่ 5.3 แสดงการคำนวณค่า MTTF ของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

Distribution Analysis: Times of dust found

Variable: Times of dust found

Censoring Information	Count
Uncensored value	30

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Lognormal

Parameter Estimates

		Standard	95.0% Normal CI	
Parameter	Estimate	Error	Lower	Upper
Location	1.35813	0.0354939	1.28857	1.42770
Scale	0.194408	0.0243012	0.152165	0.248379

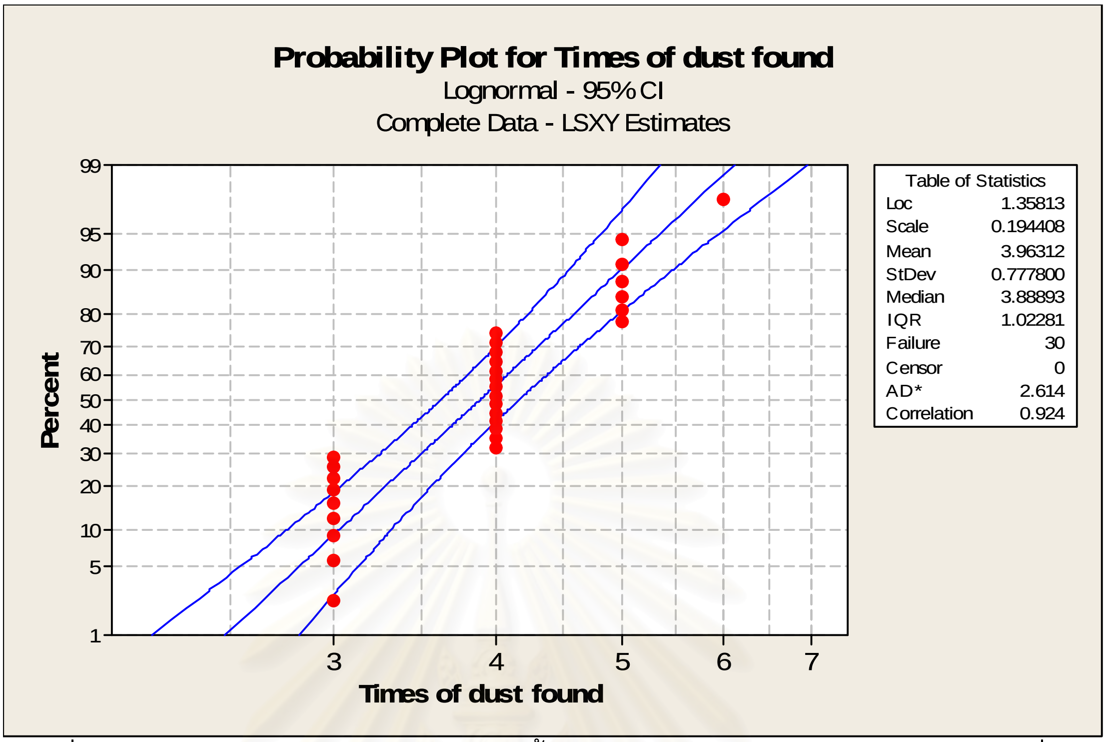
Log-Likelihood = -34.845

Goodness-of-Fit
Anderson-Darling (adjusted) = 2.614
Correlation Coefficient = 0.924

Characteristics of Distribution

		Standard	95.0% Normal CI	
	Estimate	Error	Lower	Upper
Mean(MTTF)	3.96312	0.141907	3.69452	4.25124
Standard Deviation	0.777800	0.106393	0.594887	1.01696
Median	3.88893	0.138033	3.62758	4.16910
First Quartile(Q1)	3.41101	0.133356	3.15940	3.68265
Third Quartile(Q3)	4.43381	0.173344	4.10676	4.78692
Interquartile Range(IQR)	1.02281	0.133610	0.791773	1.32126

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.14 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

จากตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.14 จะพบว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC holder) สามารถทำให้เกิดฝุ่นขึ้นที่หน้าเลนส์หัวเสียบได้ โดยมีค่า MTTF เท่ากับ 3.9631 หรืออาจสรุปได้ว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ประมาณ 4 ครั้งจึงจะทำให้เกิดฝุ่นขึ้นที่หน้าเลนส์หัวเสียบ

5.2.4 การวิเคราะห์หัวเสียบสายไฟเบอร์ (Fiber Connector) มีผลต่อการเกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

ผลการทดลองหัวเสียบสายไฟเบอร์ (Fiber Connector) มีผลต่อการเกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.2.4.1 การวิเคราะห์การกระจายตัว

นำผลการทดลองที่ได้จากขนาดตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ซึ่งค่าที่ได้คือจำนวนครั้งของการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver) ทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง มาวิเคราะห์การกระจายตัวว่าอยู่ในรูปแบบใด โดยใช้โปรแกรมทางสถิติในการช่วยคำนวณ

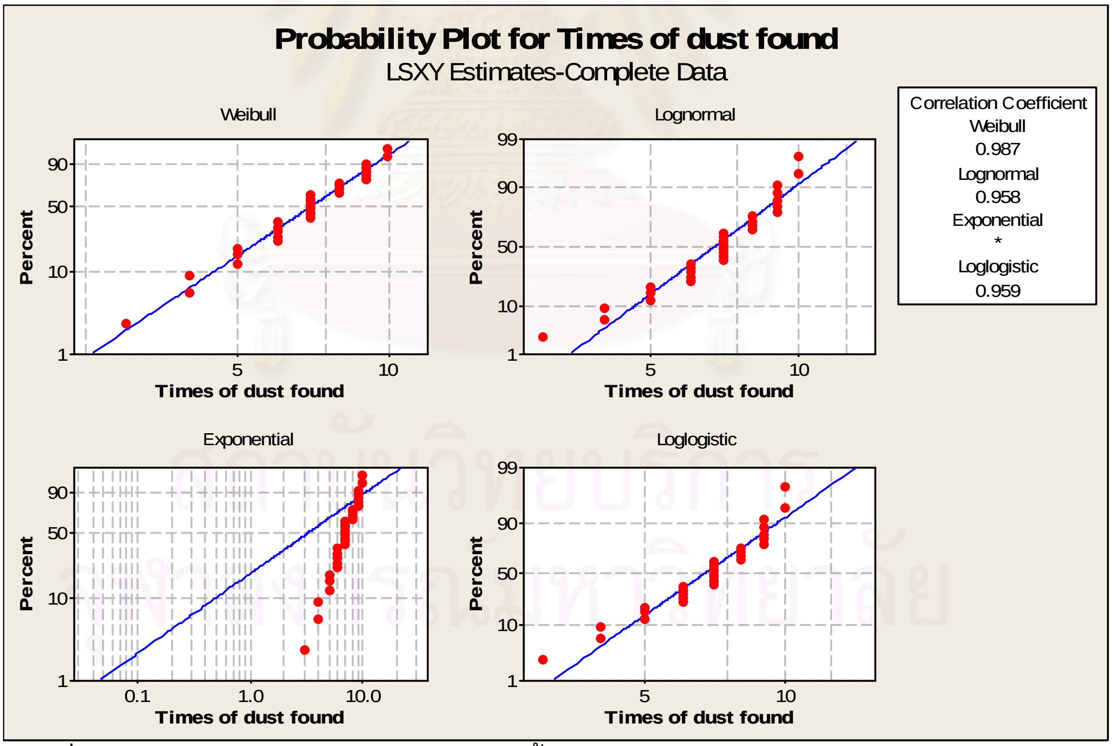
ผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.4 และข้อมูลจากการทดลองสามารถนำมาพล็อตดูการกระจายตัวได้ดังแสดงในรูปที่ 5.15 – 5.17

ตารางที่ 5.4 แสดงการวิเคราะห์การกระจายตัวของจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง

Distribution ID Plot: Times of dust found

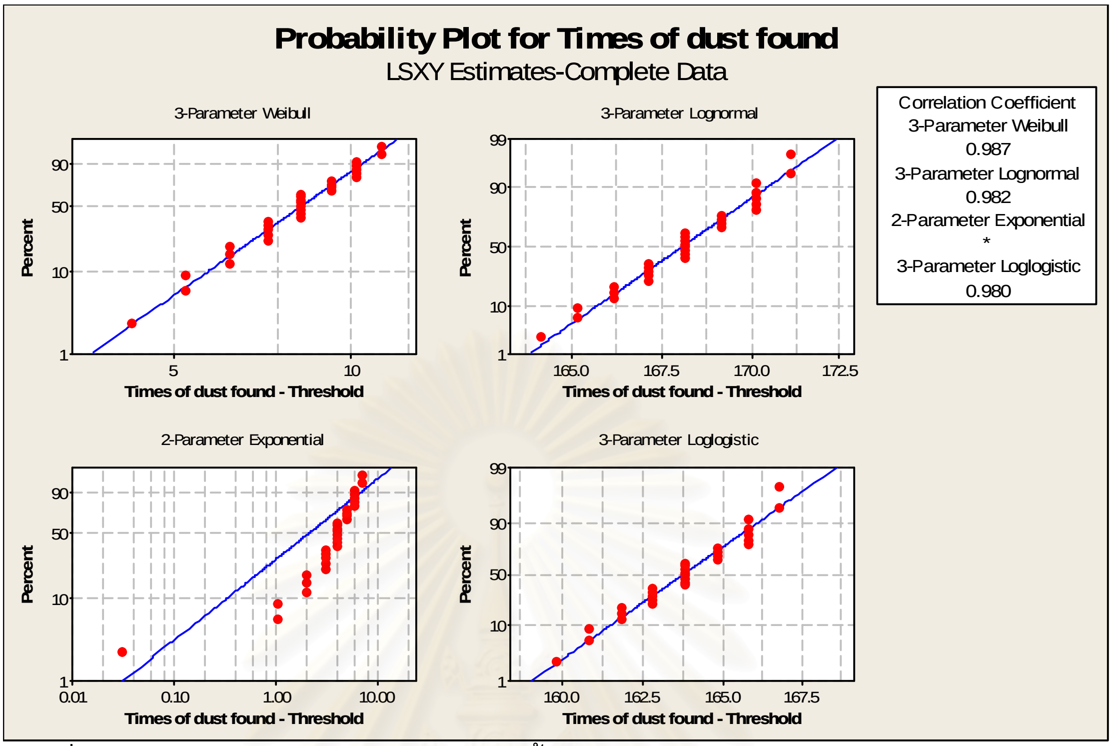
Goodness-of-Fit

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	0.844	0.987
Lognormal	1.177	0.958
Exponential	15.503	*
Loglogistic	1.193	0.959
3-Parameter Weibull	0.865	0.987
3-Parameter Lognormal	0.874	0.982
2-Parameter Exponential	8.480	*
3-Parameter Loglogistic	0.923	0.980
Smallest Extreme Value	1.273	0.977
Normal	0.872	0.983
Logistic	0.922	0.980

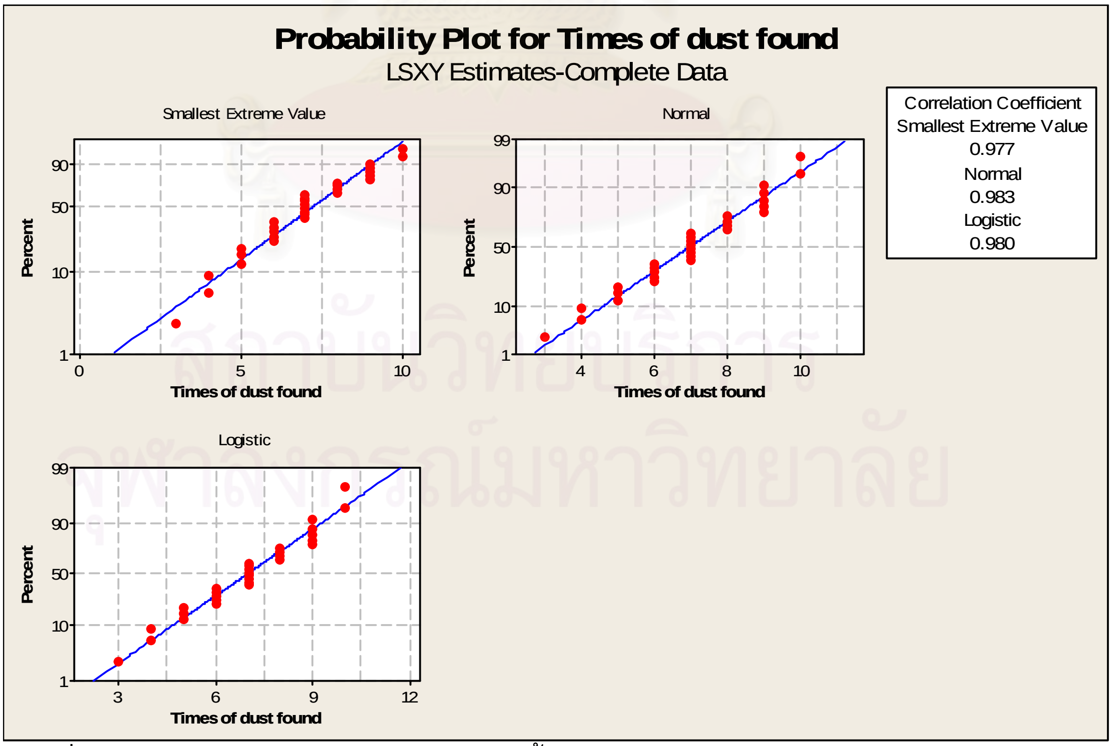


รูปที่ 5.15 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.16 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง



รูปที่ 5.17 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง

จากตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.15 – 5.17 จะเห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลควรอยู่ในรูปของ Weibull เนื่องจากมีค่า Correlation Coefficient ที่มากที่สุด

5.2.3.2 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของการกระจายตัว (Parametric Distribution Analysis)

เป็นการพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ของค่าเวลาเฉลี่ยก่อนความล้มเหลว (MTTF) ดังนั้นการทดลองนี้ MTTF จึงเป็นค่าที่บอกว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver) ทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (transmitter : Tx) เฉลี่ยกี่ครั้ง จึงจะทำให้เกิดฝุ่นขึ้นที่เลนส์ของตัวส่งสัญญาณทางแสง ซึ่งการคำนวณค่า MTTF นั้นจะต้องระบุการกระจายตัวของข้อมูลด้วย ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ผ่านมาจะได้การกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบ Weibull สามารถคำนวณค่า MTTF โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ ได้ดังตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.18

ตารางที่ 5.5 แสดงการคำนวณค่า MTTF ของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง

Distribution Analysis: Times of dust found

Variable: Times of dust found

Censoring Information	Count
Uncensored value	30

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution: Weibull

Parameter Estimates

		Standard	95.0% Normal CI	
Parameter	Estimate	Error	Lower	Upper
Shape	4.22320	0.686482	3.07099	5.80771
Scale	7.65573	0.348012	7.00314	8.36912

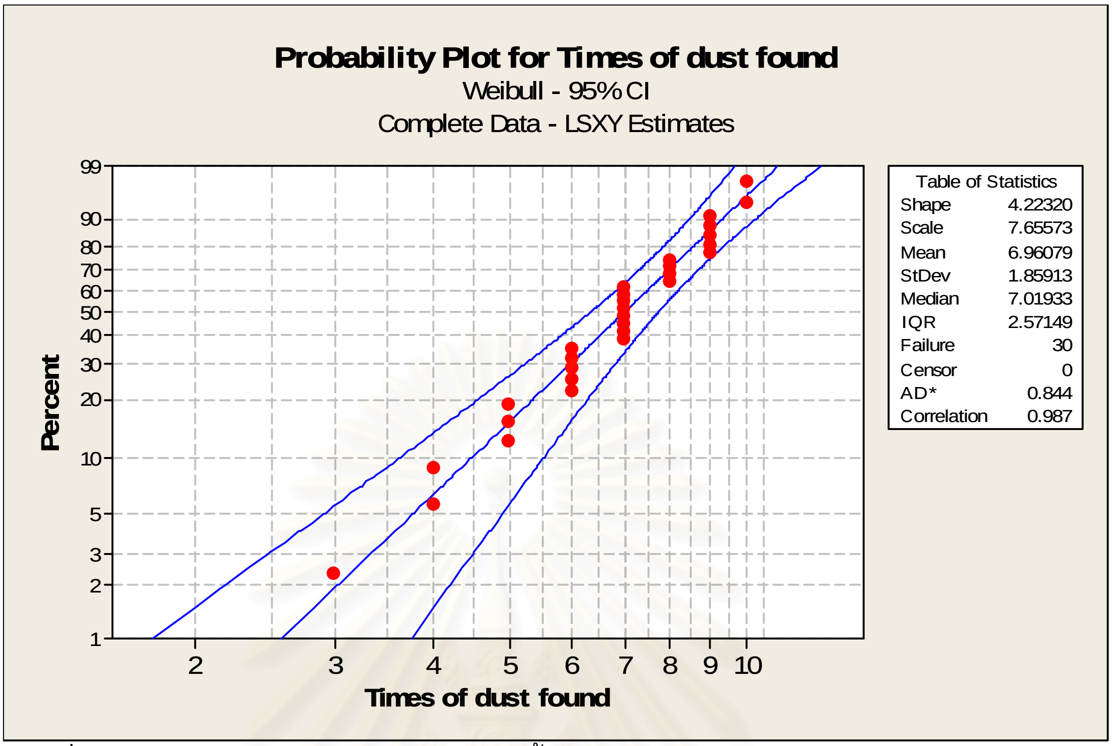
Log-Likelihood = -59.319

Goodness-of-Fit
Anderson-Darling (adjusted) = 0.844
Correlation Coefficient = 0.987

Characteristics of Distribution

		Standard	95.0% Normal CI	
	Estimate	Error	Lower	Upper
Mean(MTTF)	6.96079	0.338124	6.32864	7.65607
Standard Deviation	1.85913	0.249957	1.42846	2.41965
Median	7.01933	0.356175	6.35483	7.75332
First Quartile(Q1)	5.69986	0.419534	4.93414	6.58440
Third Quartile(Q3)	8.27134	0.365138	7.58577	9.01887
Interquartile Range(IQR)	2.57149	0.367095	1.94388	3.40172

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.18 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสงแล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง

จากตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.18 จะพบว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver) ทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) ไม่สามารถทำให้เกิดฝุ่นขึ้นที่หน้าเลนส์ของตัวส่งสัญญาณทางแสงได้ โดยมีค่า MTTF เท่ากับ 6.9608 หรืออาจสรุปได้ว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) ประมาณ 7 ครั้งจึงจะทำให้เกิดฝุ่นขึ้นที่หน้าเลนส์ตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) แต่โดยปกติแล้วการทดสอบจะอนุญาตให้มีการเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวงานได้เพียง 2 ครั้ง ซึ่งมีค่าต่ำกว่า MTTF จึงสามารถสรุปได้ว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver) ไม่ส่งผลต่อการเกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (Optical Transceiver)

5.3 สรุปผลการทดสอบปัจจัย

จากผลการทดสอบปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย พบว่าเหลือเพียง 2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ คือ การทำความสะอาดสายไฟเบอร์ (Fiber Cleaning) และที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) ผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ที่ได้ทั้ง 2 ปัจจัยดังกล่าวนั้น จะนำไปพิจารณาและวิเคราะห์ในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

6.1 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

จากผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จะได้ 2 ปัจจัยที่ควรนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้แก่

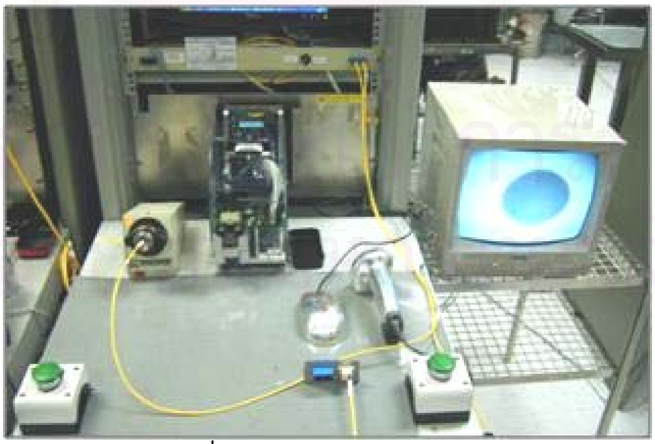
- การทำความสะอาดสายไฟเบอร์ (Fiber Cleaning)
- ที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)

ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนดำเนินการปรับปรุง แก้ไข ดังนี้

6.2 การดำเนินการปรับปรุง แก้ไขกระบวนการ

6.2.1 การทำความสะอาดสายไฟเบอร์ (Fiber Cleaning)

เนื่องจากการทำความสะอาดหัวเสียบสายไฟเบอร์นั้นยังไม่มีวิธีการยืนยัน (Verification) ความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบว่าหลังจากทำความสะอาดแล้ว หน้าเลนส์หัวเสียบสายไฟเบอร์นั้นสะอาดหรือไม่ เพียงใด จึงได้ดำเนินการแก้ไขโดยเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบสายไฟเบอร์หลังจากทำความสะอาดด้วยกระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์แล้ว โดยใช้เครื่อง Fiber Microscope ดังแสดงในรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 Fiber Microscope

6.2.2 **ที่พักสายไฟเบอร์** (LC Holder)

ฝุ่นจากที่พักสายไฟเบอร์ (LC holder) ดำเนินการแก้ไขโดยให้ช่างเทคนิคทำการขยายโพรงด้านในของที่พักสายไฟเบอร์ เพื่อให้มีช่องว่างระหว่างหัวเสียบสายไฟเบอร์และผนังด้านในที่พักสายไฟเบอร์ หลังจากนั้นทำการทดสอบผลหลังการดำเนินการปรับปรุง โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ในข้อ 5.1.2 ดังนี้

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

- สายไฟเบอร์พร้อมหัวเสียบที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ไม่ได้เกิดจากหัวเสียบสายไฟเบอร์ที่ได้ผ่านการใช้งานมาแล้ว
- เครื่อง Fiber Microscope ใช้ในการตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบ

<u>ขั้นตอนในการทดลอง</u>

1) ทำความสะอาด FMA Adapter ของ Fiber Microscope ทุกครั้ง ก่อนใช้ในการตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทดลองไม่ได้เกิดจากการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปใน FMA Adapter

2) เสียบหัวเสียบ (Fiber Connector) เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder)

3) ดึงหัวเสียบสายไฟเบอร์ออกมา และทำการตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบด้วยเครื่อง Fiber Microscope

4) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 จนกระทั่งตรวจพบฝุ่นหรือรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

5) บันทึกจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นหรือรอยขีดข่วนขึ้น

6) ทำซ้ำจนครบ 30 ชิ้นตัวอย่าง

6.2.2.1 การวิเคราะห์การกระจายตัว

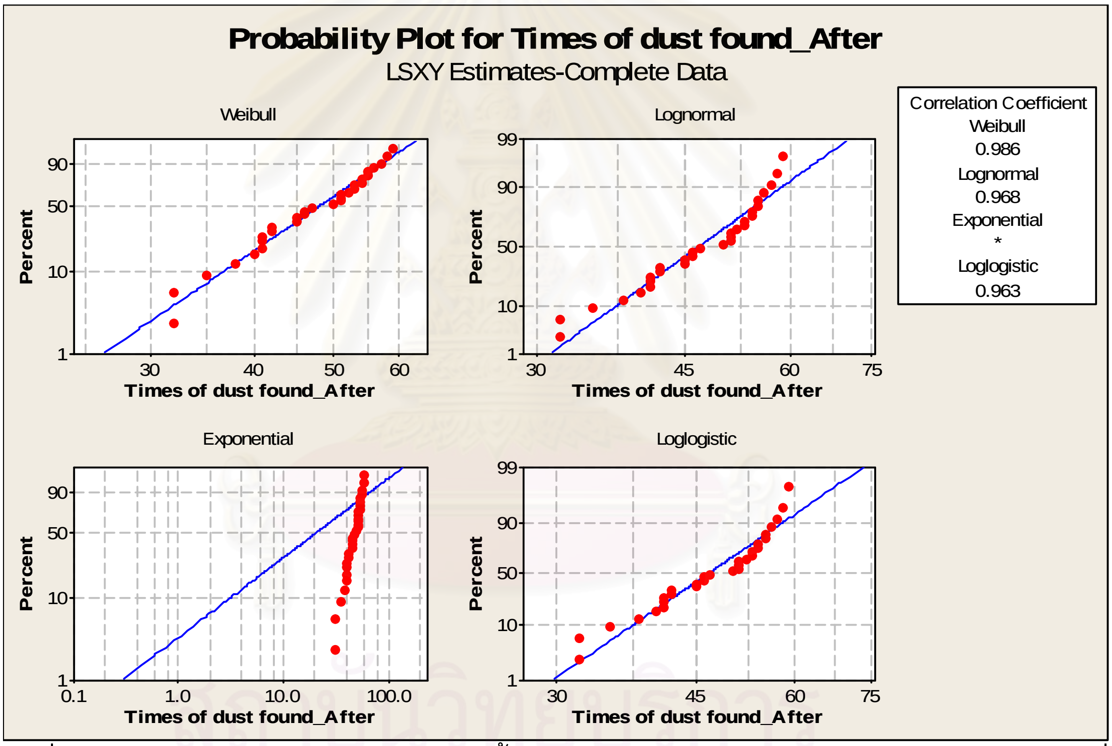
นำผลการทดลองที่ได้จากขนาดตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ซึ่งค่าที่ได้คือจำนวนครั้งของการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ มาวิเคราะห์การกระจายตัวว่าอยู่ในรูปแบบใด โดยใช้โปรแกรมทางสถิติในการช่วยคำนวณ ผลการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.1 และข้อมูลจากการทดลองสามารถนำมาพล็อตดูการกระจายตัวได้ดังแสดงในรูปที่ 6.2 – 6.4

ตารางที่ 6.1 แสดงการวิเคราะห์การกระจายตัวของจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

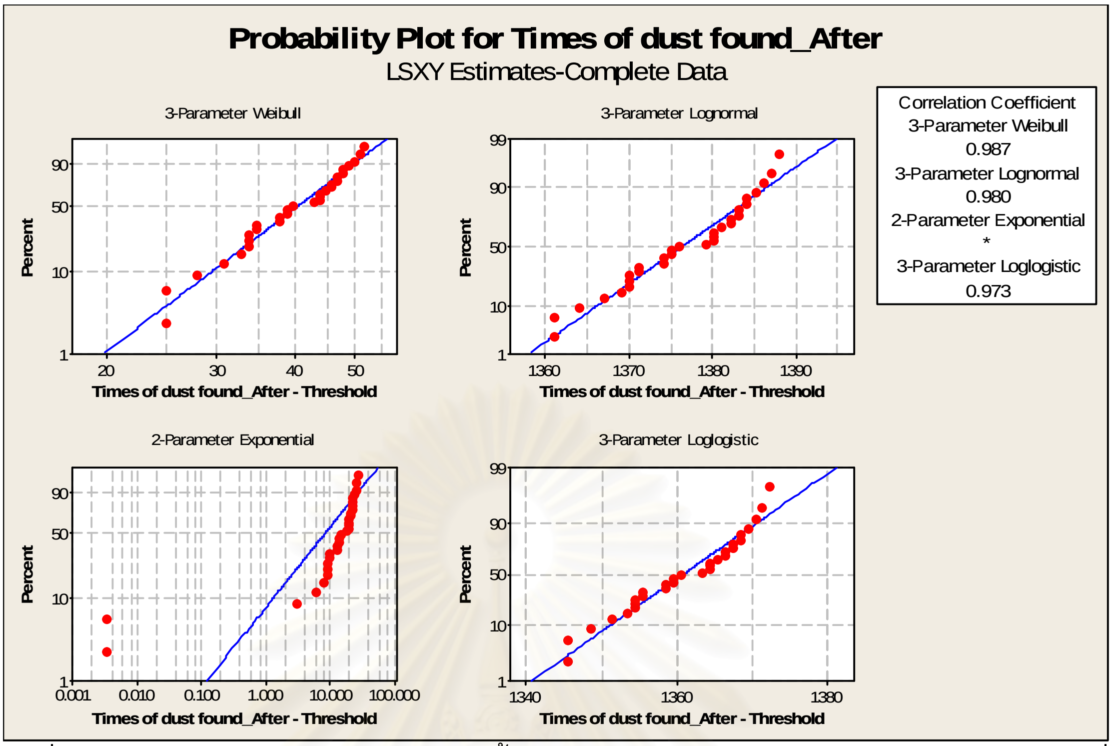
Distribution ID Plot: Times of dust found_After

Goodness-of-Fit

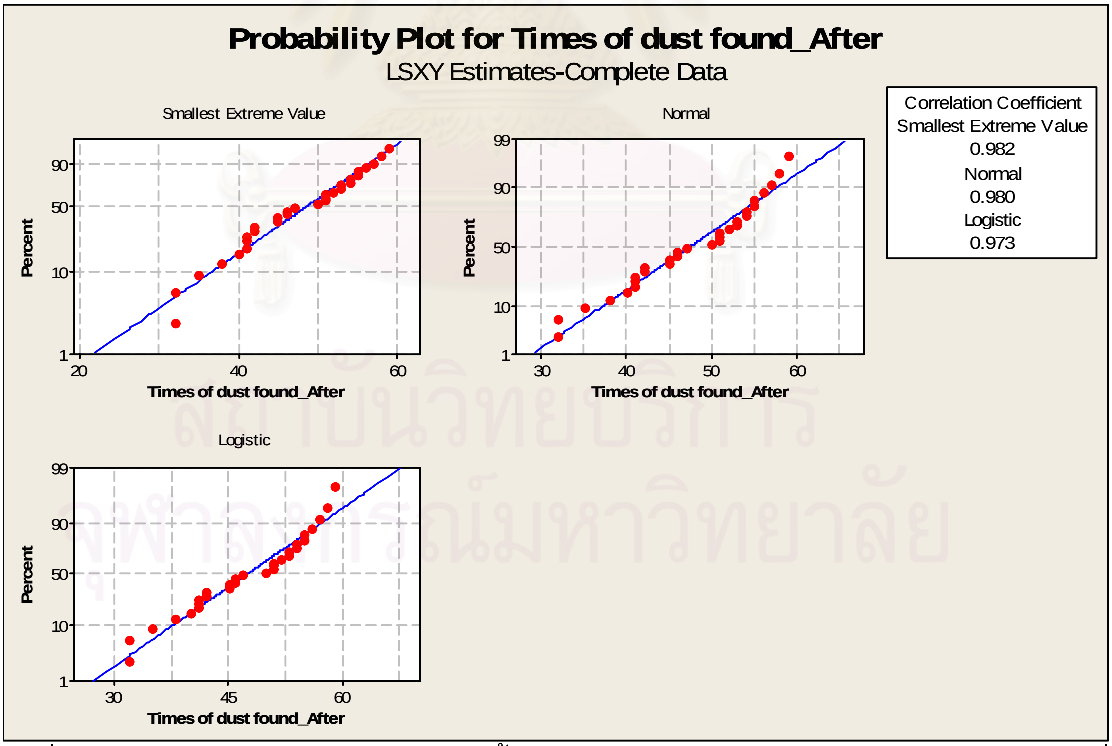
Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	0.738	0.986
Lognormal	1.051	0.968
Exponential	19.960	*
Loglogistic	1.173	0.963
3-Parameter Weibull	0.736	0.987
3-Parameter Lognormal	0.866	0.980
2-Parameter Exponential	7.396	*
3-Parameter Loglogistic	1.026	0.973
Smallest Extreme Value	0.822	0.982
Normal	0.862	0.980
Logistic	1.023	0.973



รูปที่ 6.2 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ



รูปที่ 6.3 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ



รูปที่ 6.4 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

จากตารางที่ 6.1 และรูปที่ 6.2 – 6.4 จะเห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลควรอยู่ในรูปของ Weibull เนื่องจากมีค่า Correlation Coefficient ที่มากที่สุด

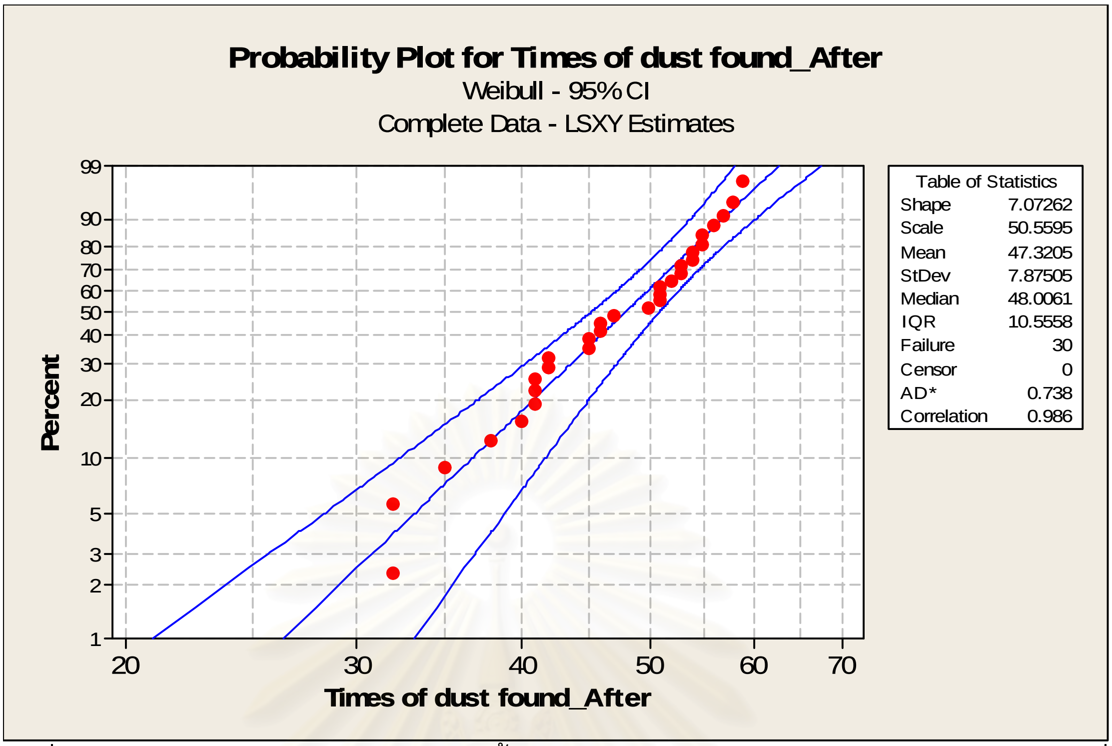
6.2.2.2 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของการกระจายตัว (Parametric Distribution Analysis)

เป็นการพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ของค่าเวลาเฉลี่ยก่อนความล้มเหลว (MTTF) ดังนั้นการทดลองนี้ MTTF จึงเป็นค่าที่บอกว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC holder) เฉลี่ยกี่ครั้ง จึงจะทำให้เกิดฝุ่นขึ้นที่เลนส์ของหัวเสียบ ซึ่งการคำนวณค่า MTTF นั้น จะต้องระบุการกระจายตัวของข้อมูลด้วย ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ผ่านมาจะได้การกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบ Weibull สามารถคำนวณค่า MTTF โดยใช้โปรแกรมทางสถิติได้ดังตารางที่ 6.2 และรูปที่ 6.5

ตารางที่ 6.2 แสดงการคำนวณค่า MTTF ของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

Distribution Analysis: Times of dust found_After

```
Variable: Times of dust found_After

Censoring Information  Count
Uncensored value          30

Estimation Method: Least Squares (failure time(X) on rank(Y))

Distribution:   Weibull


Parameter Estimates

                     Standard   95.0% Normal CI
Parameter  Estimate     Error     Lower     Upper
Shape       7.07262   1.16017   5.12805   9.75457
Scale       50.5595   1.37172   47.9412   53.3208

Log-Likelihood = -102.405

Goodness-of-Fit
Anderson-Darling (adjusted) = 0.738
Correlation Coefficient = 0.986


Characteristics of Distribution

                                    Standard   95.0% Normal CI
                          Estimate     Error     Lower     Upper
Mean(MTTF)                 47.3205   1.44193   44.5772   50.2328
Standard Deviation         7.87505   1.09697   5.99353   10.3472
Median                     48.0061   1.46313   45.2224   50.9612
First Quartile(Q1)         42.3934   1.88682   38.8520   46.2576
Third Quartile(Q3)         52.9492   1.38686   50.2996   55.7384
Interquartile Range(IQR)   10.5558   1.57572   7.87825   14.1435
```



รูปที่ 6.5 การกระจายตัวของข้อมูลจำนวนครั้งในการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในเข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) แล้วทำให้เกิดฝุ่นบนหน้าเลนส์หัวเสียบ

จากตารางที่ 6.2 และรูปที่ 6.5 จะพบว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ (LC holder) สามารถทำให้เกิดฝุ่นขึ้นที่หน้าเลนส์หัวเสียบได้ โดยมีค่า MTTF เท่ากับ 47.3205 หรืออาจสรุปได้ว่าการเสียบหัวเสียบสายไฟเบอร์เข้าไปในที่พักสายไฟเบอร์ประมาณ 47 ครั้งจึงจะทำให้เกิดฝุ่นขึ้นที่หน้าเลนส์หัวเสียบ

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนการดำเนินการปรับปรุงและหลังการดำเนินการปรับปรุงพบว่าค่า MTTF เพิ่มจาก 3.9631 เป็น 47.3205

6.2.2.3 การทดสอบความมีนัยสำคัญของผลหลังการดำเนินการปรับปรุง

ทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

<u>ทดสอบความเบี่ยงเบนของข้อมูล (Test for variances)</u>

สมมุติฐานทางสถิติ $H_0 : \sigma^2_{Before} = \sigma^2_{After}$

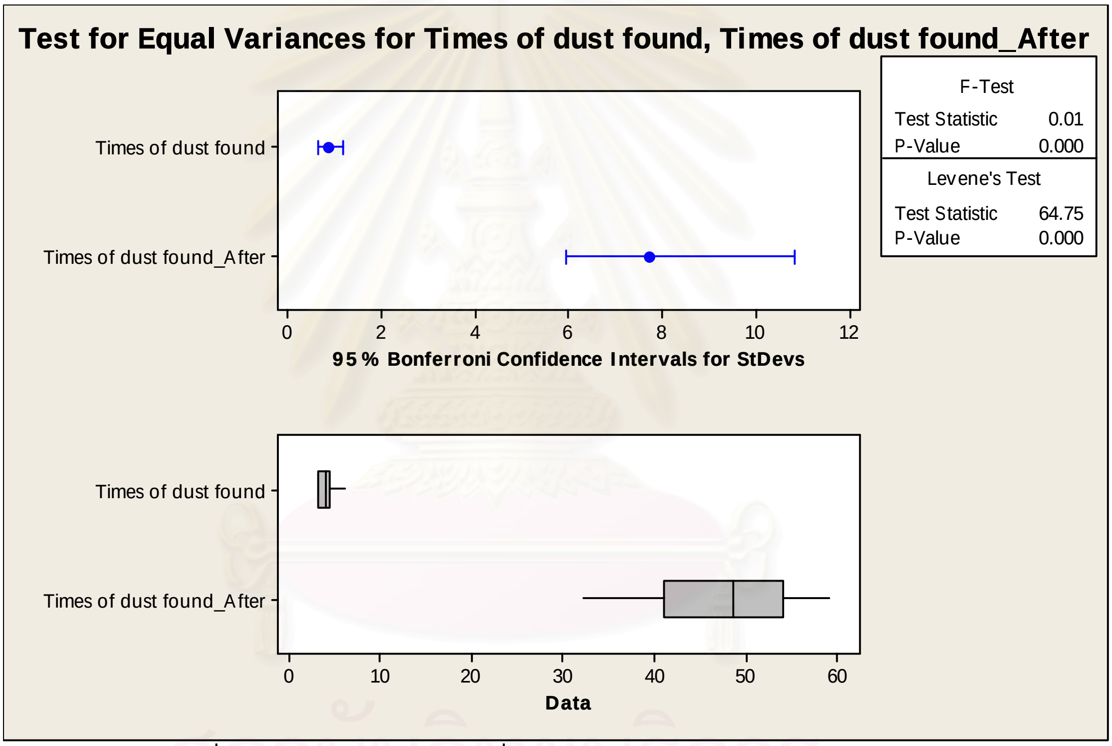
$H_1 : \sigma^2_{Before} \neq \sigma^2_{After}$

ผลการทดสอบสมมติฐาน สามารถแสดงได้ ดังดังตารางที่ 6.3 และรูปที่ 6.6

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการทดสอบความเบี่ยงเบนของข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง

Test for Equal Variances: Times of dust found, Times of dust found_After

```
95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

                          N    Lower    StDev    Upper
      Times of dust found  30  0.62423  0.80872   1.1375
Times of dust found_After  30  5.93276  7.68608  10.8109


F-Test (normal distribution)
Test statistic = 0.01, p-value = 0.000


Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 64.75, p-value = 0.000
```



รูปที่ 6.6 เปรียบเทียบความเบี่ยงเบนของข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง

จากตารางที่ 6.3 และรูปที่ 6.6 เปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ สามารถดูได้จาก p-value ที่ Levene's Test เนื่องจากข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ใช่ Normal Distribution มีค่า p-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นหมายความว่าค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Mood Median Test

สมมุติฐานทางสถิติ $H_0 : M_{Before} = M_{After}$

$H_1 : M_{Before} \neq M_{After}$

ผลการทดสอบสมมติฐาน สามารถแสดงได้ ดังดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 แสดงผลการทดสอบค่ามัธยฐานของข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง

Mood Median Test: Times of dust found_LC holder versus Level

```
Mood median test for Times of dust found_LC holder
Chi-Square = 60.00    DF = 1    P = 0.000

                                Individual 95.0% CIs
Level  N<=  N>  Median  Q3-Q1  -------+---------+---------+---------
0       30   0     4.0    1.3  *
1        0  30    48.5   13.0                          (---*--)
                               -------+---------+---------+---------
                                     15        30        45

Overall median = 19.0

A 95.0% CI for median(0) - median(1): (-47.2,-41.0)
```

ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นหมายความว่าค่ามัธยฐาน (Median) ของข้อมูลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง พบว่าค่าความเบี่ยงเบนและค่ามัธยฐาน (Median) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นคือการปรับปรุงที่พักสายไฟเบอร์ (LC holder) โดยการขยายโพรงด้านใน สามารถปรับปรุงกระบวนการทดสอบได้

6.3 สรุปผลการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

จากผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา มี 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ คือ การทำความสะอาดสายไฟเบอร์ (Fiber Cleaning) และที่พักสายไฟเบอร์ (LC Holder) จึงได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยการเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดหน้าเลนส์ของหัวเสียบสายไฟเบอร์ด้วยเครื่อง Fiber Microscope และทำการขยายโพรงด้านในของที่พักสายไฟเบอร์ (LC holder) ตามลำดับ

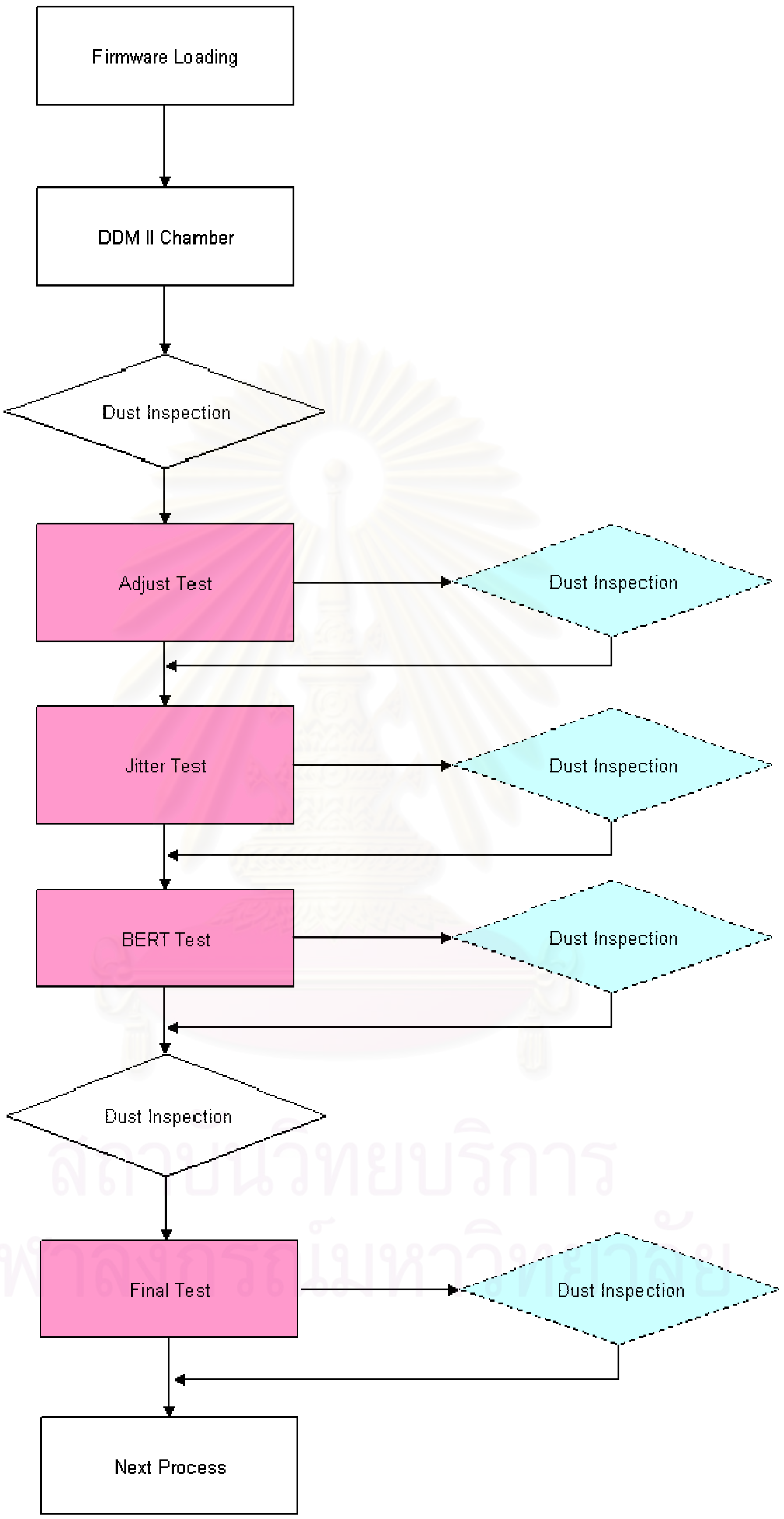
บทที่ 7

การควบคุมกระบวนการ

7.1 แนวทางการควบคุม

จากขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยการเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดหน้าเลนส์ของหัวเสียบสายไฟเบอร์ด้วยเครื่อง Fiber Microscope จึงได้ทำการควบคุมกระบวนการ โดยทุกสถานีการทดสอบทั้งที่ Adjust, Jitter, BERT และ Final Test จะมีการเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดบนหน้าเลนส์หัวเสียบสายไฟเบอร์หลังจากทำความสะอาดโดยใช้กระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ ดังรูปที่ 7.1 ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบความสะอาดหน้าเลนส์ของหัวเสียบสายไฟเบอร์ด้วยเครื่อง Fiber Microscope ที่เพิ่มเข้าไปใหม่นี้ จะแสดงด้วยกรอบที่เป็นเส้นประ ซึ่งมีความแตกต่างจากกระบวนการเดิมที่มีอยู่แล้ว เนื่องจากกระบวนการเดิมที่มีอยู่แล้วเป็นการตรวจสอบฝุ่นที่หน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง แต่ขั้นตอนใหม่ที่เพิ่มเข้าไปจะเป็นการตรวจสอบฝุ่นที่หน้าเลนส์ของหัวเสียบสายไฟเบอร์ นอกจากนี้ยังมีการสร้างมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction) สำหรับวิธีการทำความสะอาดและการตรวจสอบความสะอาดของหน้าเลนส์หัวเสียบสายไฟเบอร์ขึ้นด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

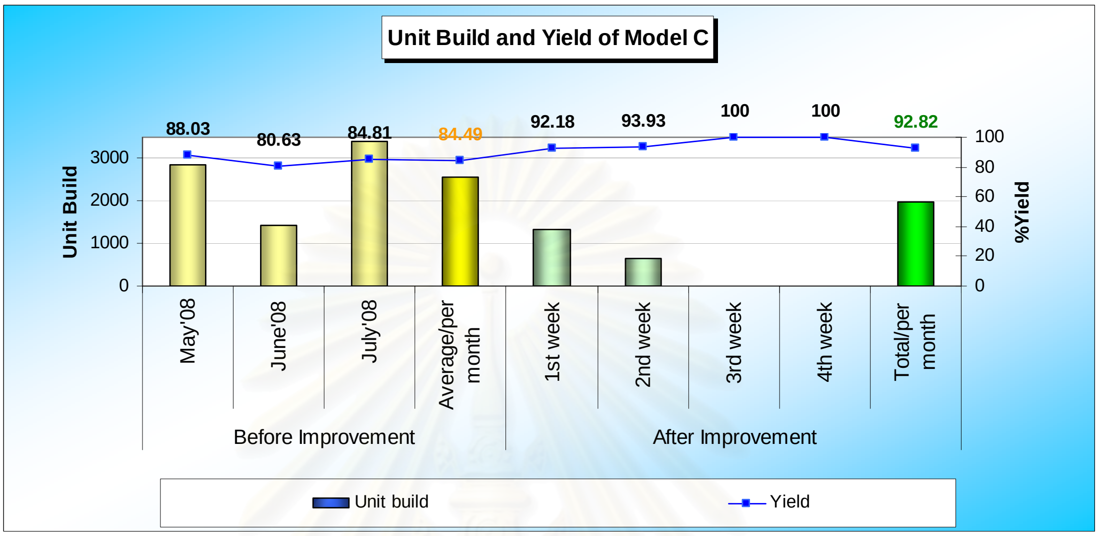


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.1 กระบวนการทดสอบแบบใหม่

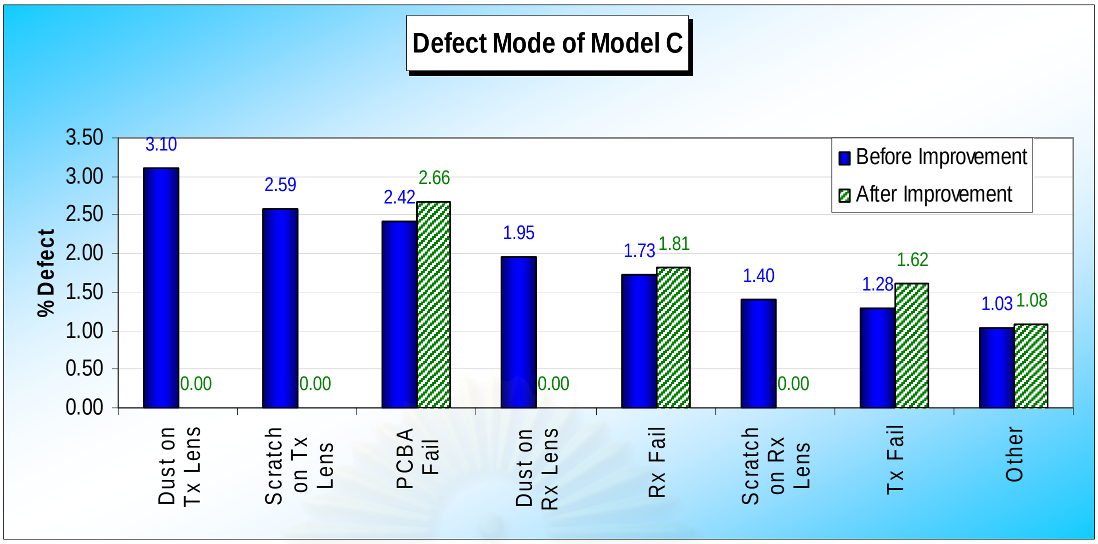
7.2 ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการทดสอบ

หลังการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการทดสอบ ได้ทำการเก็บข้อมูลผลิตภาพการผลิต (yield) ของกระบวนการทดสอบของ Model C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ดังรูปที่ 7.2

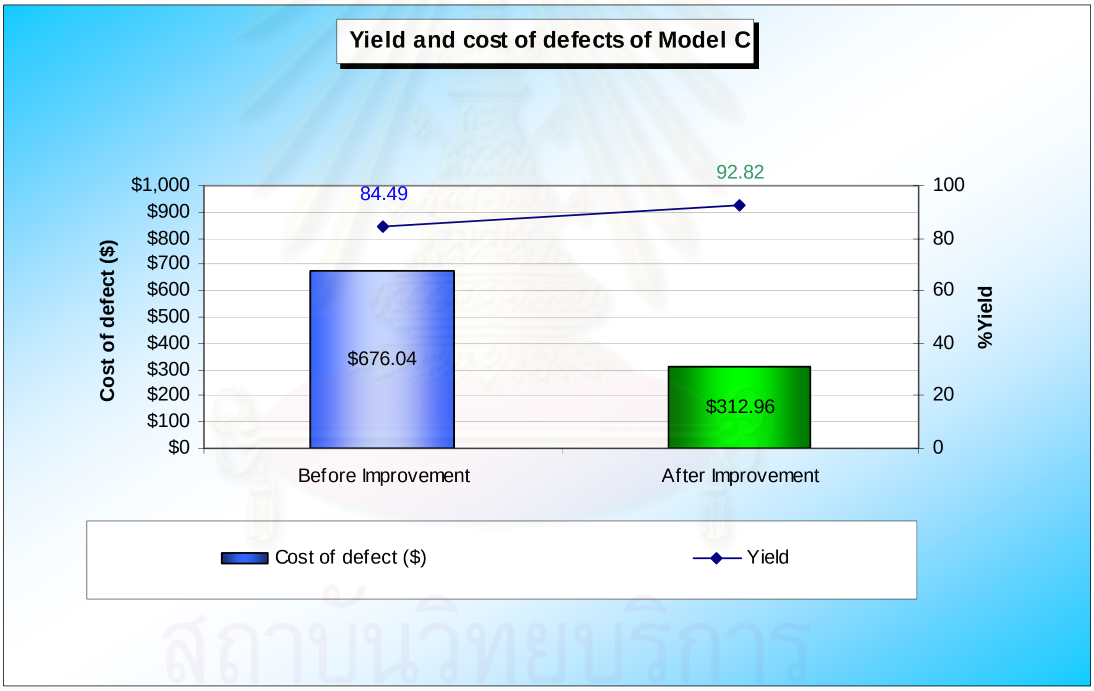


รูปที่ 7.2 ผลิตภาพการผลิต (yield) ของกระบวนการทดสอบของ Model C

จากรูปที่ 7.2 จะเห็นว่าผลิตภาพการผลิต (yield) ของกระบวนการทดสอบของ Model C มีค่าเพิ่มขึ้น จากค่าเฉลี่ยต่อเดือน ก่อนปรับปรุง 84.49% เพิ่มขึ้นเป็นผลิตภาพเฉลี่ยต่อเดือนหลังปรับปรุง 92.82% โดยที่ไม่พบการทดสอบล้มเหลวอันเนื่องจากการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ทั้งทางด้านตัวส่งสัญญาณทางแสง (Transmitter : Tx) และตัวรับสัญญาณทางแสง (Receiver : Rx) ทั้งนี้เนื่องจากการสัมฤทธิผลในการแก้ปัญหาและการป้องกันการเกิดฝุ่นที่หน้าเลนส์ของตัวงาน จึงเป็นสาเหตุให้การเกิดรอยขีดข่วนที่หน้าเลนส์นั้นหายไปด้วย เนื่องจากการเกิดฝุ่นที่หน้าเลนส์เป็นสาเหตุให้ต้องมีการทำความสะอาดหน้าเลนส์ จึงทำให้เกิดรอยขีดข่วนที่หน้าเลนส์ตามมา ดังนั้นการแก้ปัญหาการเกิดฝุ่นได้ จึงเป็นการแก้ปัญหาเรื่องของรอยขีดข่วนด้วยเช่นกัน ในส่วนของการทดสอบล้มเหลวที่ยังตรวจพบอยู่นั้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสาเหตุที่อยู่นอกขอบเขตของงานวิจัยนี้ อันได้แก่การทดสอบล้มเหลวเนื่องจากแผงวงจรไฟฟ้า (PCBA) และเนื่องจากตัววัตถุดิบเอง (ตัวส่งสัญญาณทางแสงและตัวรับสัญญาณทางแสง) ดังแสดงในรูป 7.3



รูปที่ 7.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทดสอบล้มเหลวของของ Model C ก่อนและหลังปรับปรุง



รูปที่ 7.4 ผลิตภาพการผลิต (yield) และมูลค่าของของเสียของ Model C

จากรูป 7.4 พบว่าผลิตภาพการผลิต (yield) ของกระบวนการทดสอบของ Model C ที่เพิ่มขึ้นจาก 84.49% เป็น 92.82%ส่งผลให้มูลค่าของของเสียลดลงจากเฉลี่ยร้อยละ 676.04 เหรียญสหรัฐต่อ 100 ชิ้น เหลือประมาณร้อยละ 312.96 เหรียญสหรัฐต่อ 100 ชิ้น หรือลดมูลค่าของของเสียได้ 53.71%

บทที่ 8

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสง โดยใช้แนวทางตามหลักการของซิกซ์ ซิกม่า คือขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ซึ่งเมื่อดำเนินการแก้ไขแล้ว สามารถปรับปรุงผลิตภาพการผลิตในกระบวนการทดสอบของ Model C ได้ดังตารางที่ 8.1 นั่นคือผลิตภาพเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุง 84.49% เพิ่มขึ้นเป็นผลิตภาพเฉลี่ยต่อเดือนหลังปรับปรุง 92.82%

ตารางที่ 8.1 ผลิตภาพการผลิต (yield) ของกระบวนการทดสอบของ Model C

	Before Improvement				After Improvement				
	May	June	July	Avg/ per month	1st week	2nd week	3rd week	4th week	Total/ per month
Unit build	2864	1428	3418	2570	1313	651	1	1	1966
%Yield	88.03	80.63	84.81	84.49	92.18	93.93	100	100	92.82

โดยเมื่อคำนวณเป็นมูลค่าของของเสีย จะสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 8.2 หรืออาจกล่าวได้ว่าสามารถลดมูลค่าของของเสียได้เฉลี่ย 53.71%

ตารางที่ 8.2 ผลิตภาพการผลิต (yield) และมูลค่าของของเสียของ Model C

	Before Improvement	After Improvement
Yield per month (%)	84.49	92.82
Cost of defect per 100 units ($)	676.04	312.96

8.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นโรงงานรับจ้างประกอบและส่งผลิตภัณฑ์หลังประกอบเสร็จออกนอกประเทศตามคำสั่งของลูกค้า ซึ่งตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2551 – ปัจจุบัน บริษัทได้รับผลกระทบจากภาวะเศรษฐกิจตกต่ำทั่วโลก ทำให้ยอดการสั่งซื้อ(ประกอบ) มีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจำนวนการผลิตก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงจึงแตกต่างกันบ้าง ซึ่งอาจส่งผลต่อการนำมาคำนวณมูลค่าของของเสียต่อเดือนได้

8.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากตัวรับส่งสัญญาณทางแสงมีกระบวนการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตัวรับส่งสัญญาณทางแสงรูปแบบอื่นๆได้ แต่ทั้งนี้เนื่องจากการดำเนินการปรับปรุงมีการเพิ่มขั้นตอนการทำงาน รวมไปถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นด้วย นอกจากนี้เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนนั้น เป็นเพียงแนวทางหนึ่งเท่านั้น หากมีการประยุกต์ใช้แนวทางตามหลักการของซิกซ์ ซิกม่าในอุตสาหกรรมอื่น ควรมีการพิจารณาถึงความถูกต้องและความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA). กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549.

กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์. การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตฟริต กรณีศึกษา : โรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์. เอกสารประกอบการเรียนรายวิชาทฤษฎีความเชื่อถือได้ (Reliability Theory). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์. การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยเทคนิค ซิกส์ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

ภัทรา อายุวัฒน์. การลดของเสียที่เกิดจากค่าการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่านสำเร็จไม่ได้ตามข้อกำหนดในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

วสันต์ พุกผาสุก. การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษา : บริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

สุพัฒตรา เกษราพงศ์. การประยุกต์ใช้หลักการซิกซ์ซิกมา เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดจากระบบเติมหมึก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2550.

เสรี ยูนิพันธ์,จรูญ มหิทธาฟองกุล และดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. เทคนิคการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ฮิโตชิ คุเมะ. ฮิโตชิ คุเมะ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบ

Sample No.	Known standard	Appraiser					
		A#1	A#2	B#1	B#2	C#1	C#2
1	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
2	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
3	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
4	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
5	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
6	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
7	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
8	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
9	Marginal pass	pass	pass	pass	pass	fail	fail
10	Marginal pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
11	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
12	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
13	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
14	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
15	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
16	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
17	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
18	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
19	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
20	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
21	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
22	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
23	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
24	Marginal fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
25	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
26	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
27	fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบ (ต่อ)

Sample No.	Known standard	Appraiser					
		A#1	A#2	B#1	B#2	C#1	C#2
28	Marginal fail	fail	fail	fail	fail	fail	fail
29	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass
30	pass	pass	pass	pass	pass	pass	pass

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลการทดสอบที่พักสายไฟเบอร์มีผลต่อการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์หัวเสียบสายไฟเบอร์

Sample No.	Times of dust found	
	Before Improvement	After Improvement
1	6	54
2	3	38
3	4	32
4	4	56
5	4	55
6	4	45
7	5	58
8	4	41
9	4	51
10	4	41
11	5	55
12	3	51
13	4	53
14	4	50
15	5	32
16	4	52
17	3	47
18	5	59
19	4	46
20	3	51
21	3	46
22	4	42
23	5	45
24	3	57

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลการทดสอบที่พักสายไฟเบอร์มีผลต่อการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์หัวเสียบสายไฟเบอร์ (ต่อ)

Sample No.	Times of dust found	
	Before Improvement	After Improvement
25	5	40
26	4	35
27	3	53
28	3	54
29	3	41
30	4	42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลการทดสอบหัวเสียบสายไฟเบอร์มีผลต่อการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง

Sample No.	Times of dust found
1	9
2	8
3	9
4	7
5	9
6	9
7	8
8	3
9	7
10	7
11	6
12	7
13	4
14	10
15	8
16	5
17	5
18	7
19	9
20	6
21	8
22	7
23	5
24	4
25	6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลการทดสอบหัวเสียบสายไฟเบอร์มีผลต่อการเกิดฝุ่นและรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ตัวรับส่งสัญญาณทางแสง (ต่อ)

Sample No.	Times of dust found
26	6
27	7
28	7
29	6
30	10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

มาตรฐานการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข-1 มาตรฐานการทำงานที่ใช้ในการตรวจสอบความสะอาดหน้าเลนส์หัวเสียบสายไฟเบอร์

Document No. WI-PE001008-023	Title : Fiber Cleaning Method Page 1 of 9	Rev. 01

Rev.	Originator	History
01	Orawan P.	Initial Release procedure for Optical Fiber cleaning

1. PURPOSE

This document describes the procedure of optical fiber cleaning for 4G LW Module before testing.
เอกสารนี้อธิบายถึงขั้นตอนการทำความสะอาดหน้าเลนส์ของสายเสียบงานก่อนการ test งาน 4G LW Module

2. SCOPE

Address the procedure of Optical fiber cleaning of product 4G LW Module.
เอกสารนี้อธิบายถึงขั้นตอนการทำความสะอาดหน้าเลนส์ของสายเสียบงานก่อนการ test งาน 4G LW Module

3. RESPONSIBILITIES/AUTHORITIES

- Production operator — Performs work instruction/visual aids
  Production operator — ปฏิบัติงานตามขั้นตอนการทำงาน หรือ Visual aids
- Production supervisor — Supervise the implementation of process step.
  Production supervisor — ดูแลให้เป็นไปตามขั้นตอนการทำงาน
- Process engineer — Revise and update process flow
  Process engineer — แก้ไข และจัดเตรียม process flow ให้ทันสมัย
- Quality engineer — Control quality in production line
  Quality engineer — ควบคุมการผลิตในสายการผลิตให้มีคุณภาพ
- Maintenance engineer — Maintenance the equipment and tooling in the production line.
  Maintenance engineer — คงไว้ และพัฒนาการควบคุมตัวแปรในการผลิต เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ

4. DEFINITIONS/ABBREVIATIONS

PCBA — Printed Circuit Board Assembly
SFF — Small Form Factor
PGG — Pluggable
HASS — Highly Accelerated Stress Screen

5. SAFETY

5.1 In the event of an emergency, employees are directed to contact the site emergency number immediately.
เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน พนักงานต้องติดต่อแผนกฉุกเฉินโดยตรงทันที

5.2 Each employee shall complete a Safety Orientation Program prior to assignment to a work Station. Material Safety Data Sheets (MSDS) for materials used at each workstation are on File with the Safety Department.
พนักงานทุกคนต้องผ่านการอบรมความปลอดภัยก่อนที่จะปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายซึ่งในสายการผลิตจะต้องมีแฟ้ม MSDS จากแผนก SAFETY ประจำอยู่

5.3 No employee is expected to under take a job until they have received instruction on how to perform it properly and have been authorized to perform that job.
ไม่อนุญาตให้พนักงานที่ไม่ผ่านการฝึกอบรมวิธีการทำงานเข้าปฏิบัติงาน

5.4 Issued protective equipment shall be worn at all times in the work area. (Refer to QP# Environmental Health and Safety Procedure.
สวมอุปกรณ์ป้องกันตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน เช่น แว่นตานิรภัย, ที่ครอบหู ฯลฯ

5.5 Employees must notify their supervisor and Environmental Health and Safety & Security Section immediately in the event of an accident.
พนักงานต้องแจ้งให้หัวหน้างานและแผนกชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมและแผนกความปลอดภัยตลอดจนแผนกรักษาความปลอดภัยทราบทันทีเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

5.6 General requirement
ความต้องการทั่ว ๆ ไป

5.6.1 Only operators who have been trained on this equipment are allowed to operate it.
อนุญาติให้เฉพาะบุคคลที่ได้รับการฝึกอรบมเท่านั้นในการใช้เครื่องมือ

5.6.2 Keep the machine and work area clean and clear of any materials that may have potentially hazards or degrade the performance of the machine.
เก็บรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ และ ทำความสะอาดพื้นที่ที่ทำงาน และเก็บเครื่องมือที่มีโอกาสจะทำอันตรายผู้อื่นหรือจะทำให้การทำงานของเครื่องมือเครื่องใช้ลดถอดลง

5.6.3 Always follow Fabrinet Environmental Health and Safety Procedure.

ทำตามขั้นตอนการทำงานของแผนกชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อมเสมอ

5.6.4 Gloves must be contamination-free during the operational hours. Inspect gloves occasionally, two or three times before changing a new pair of gloves, and clean with an approved cleaner if the contamination is found.
ถุงมือจะต้องสะอาดตลอดเวลาที่จะปฏิบัติงาน ตรวจสอบถุงมือเป็นครั้งคราว 2-3 ครั้ง ก่อนเปลี่ยนคู่ใหม่ และทำความสะอาดเมื่อเห็นว่าสกปรก

6. Reference Document

WI-PE001008-000 Process flow for 4G LW Module
WI-PE001010-007 FVMI

7. EQUIPMENT AND SUPPLIES

Before start cleaning procedure must be required the following standard equipment
ก่อนที่จะเริ่มทำความสะอาดสายเสียบงานจะต้องเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

7.1 Fiber Inspection Stations (ชุดตรวจสอบสาย Fiber)

Fiber inspection station as shown in Figure 1 are including inspection microscope and video monitor which designed for inspecting patch cords and ferrules just after polishing. In general used after polishing to inspect for fine defects incurred during the polishing or cleaning process.

ชุดตรวจสอบสาย Fiber จะประกอบด้วยเครื่องส่องสายและจอแสดงผลดังรูปที่ 1 ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ใช้สำหรับตรวจสอบสายและหัวสายหลังจากที่ทำความสะอาดแล้วโดยปกติแล้วจะใช้ในการตรวจสอบความสะอาดและความเสียหายที่เกิดขึ้น

(a) (b)

Figure 1: Fiber inspection station (a) video monitor (b) inspection microscope
รูปที่ 1 : ชุดตรวจสอบสาย Fiber (a) จอแสดงผล (b) เครื่องส่องสาย

7.2 Wiper Paper (กระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์)

Wiper paper as shown in Figure 2, is very absorbent and softer. Consequently, they will not scratch the surface of optical fiber over time.

กระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์ดังแสดงใน รูปที่. 2 เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับและมีความนุ่มนอกจากนั้นจะต้องไม่ทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนหน้าเลนส์ในหลังจากการทำความสะอาด

Figure 2: Wiper Paper
รูปที่ 2: กระดาษทำความสะอาดหน้าเลนส์

7.3 Lens cleaning solvent (น้ำยาทำความสะอาดหน้าเลนส์)

Sometime must be used Lens cleaning solvent as shown in Figure 3, to clean optical fiber. This is because the dust and the dirt is stick on the optical surface and can't remove by wiper paper. Therefore, to remove dust and the dirt with high efficiency must be cleaning using wiper paper and lens cleaning solvent.

ในบางครั้งเราอาจจะต้องใช้น้ำยาทำความสะอาดหน้าดังรูปที่3 เลนส์ช่วยในการทำความสะอาดหัวเสียบเนื่องมาจากเราไม่สามารถทำความสะอาดหัวเสียบให้สะอาดได้โดยใช้กระดาษทำความสะอาดเพียงอย่างเดียวดังนั้นการเราจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำยาทำความสะอาดหน้าเลนส์ควบคู่กับกระดาษทำความสะอาดในการทำความสะอาดหัวเสียบให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

Figure 3: Lens Cleaning solvent
รูปที่ 3: น้ำยาทำความสะอาดหน้าเลนส์

8. WORK STATION READINESS CHECK

N/A

9. PROCEDURE

9.1 PRE-PROCESSING INSPECTION

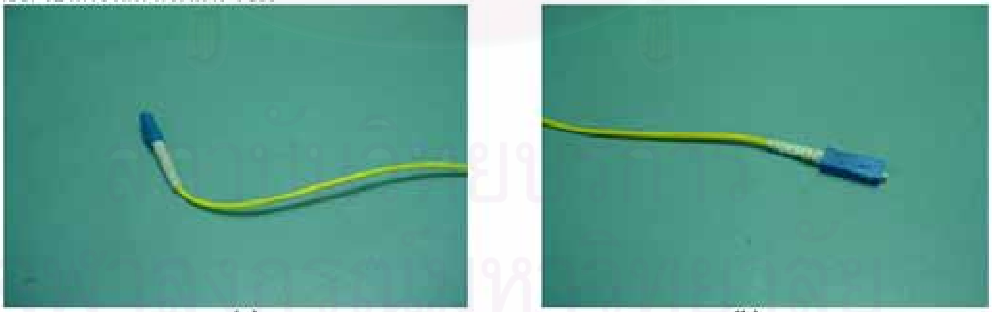
Reference with VFA No. VA01048

9.2 WORKING PROCEDURE

9.2.1 Optical Fiber Cleaning Procedure (ขั้นตอนการทำความสะอาดหน้าเลนส์)

9.2.1.1 Bring LC or SC connector in Figure 4, that needs to connect with unit and machine to inspect lens cleanliness using microscope machine as shown in Figure 5. Contamination inspection will perform every time before testing on new module.

นำสายหัว LC หรือ SC ดังรูปที่ 4 ที่จะนำมาเสียบเข้ากับตัวงานหรือเครื่อง Test มาส่องดูคราบสกปรกของเลนส์ว่ามีคราบสกปรกหรือไม่ที่เครื่อง Microscope ดังรูปที่ 5 ในการตรวจสอบความสะอาดของหัวเสียบเราจะปฏิบัติทุกครั้งก่อนเสียบสาย Fiber เข้าตัวงานที่จะทำการ Test



(a) (b)

Figure 4: Optical connector (a) LC type (b) SC type
รูปที่ 4: หัวเสียบงาน (a) หัวสายชนิด LC (b) หัวสายชนิด SC

Figure 5: Microscope machine
รูปที่ 5: เครื่อง microscope

9.2.1.2 Verify lens cleanliness from Monitor as shown in Figure 6.
ตรวจสอบความสะอาดของหัวเสียบจากจอ Monitor ดังรูป 6

(a) (b)

Figure 6: Monitor (a) lens cleanliness (b) lens contamination
รูปที่ 6: จอภาพแสดงผล (a) หน้าเลนส์สะอาด (b) หน้าเลนส์สกปรก

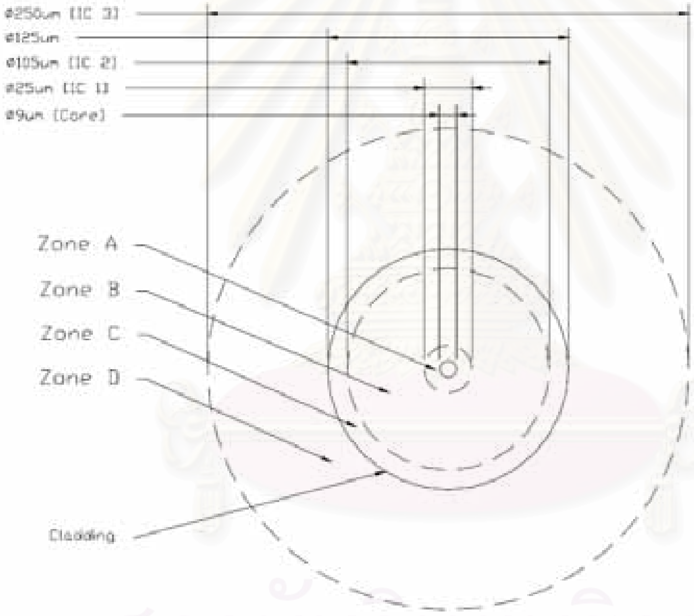
9.2.1.3 After verify leans cleanliness of the optical fiber and found dirt on the lens as shown in Figure 6b, must be cleaning using wiper paper and/or lens cleaning solvent as shown in Figure 7. Use care when cleaning, and avoid pressing on your optical device with the tissue. Pressing too hard may lead to scratches on the surface of optical fiber. Just rub gently on the wiper paper using a straight movement. Use only clean, fresh soft tissues and never apply them twice on same area.

หลังจากตรวจสอบความสะอาดของหัวเสียบหากพบสิ่งสกปรกดังรูปที่ 6b ให้ทำความสะอาดเลนส์ของหัวเสียบโดยนำหัวเสียบมาเช็ดกับกระดาษทำความสะอาดซึ่งใช้ควบคู่กับน้ำยาทำความสะอาดเลนส์ ดังรูปที่ 7 การทำความสะอาดหัวเสียบจะต้องทำอย่างระมัดระวังและไม่ควรกดหัวเสียบแรงจนเกินไปในขณะทำความสะอาดเพราะจะทำให้ผิวหน้าของหัวเสียบเกิดรอยขีดข่วนได้ เพียงแต่ถูเป็นแนวเส้นตรงลงบนกระดาษทำความสะอาดและบริเวณของกระดาษทำความสะอาดที่เคยถูกใช้ไปแล้วก็ไม่ควรจะนำหัวสายมาทำความสะอาดซ้ำบริเวณเดิมอีก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Figure 7: Lens cleaning using wiper paper and lens cleaning solvent
รูปที่ 7: การทำความสะอาดหน้าเลนส์ของหัวเสียบโดยใช้กระดาษร่วมกับน้ำยาทำความสะอาดหน้าเลนส์

9.2.1.4 Make sure the fiber connector is clean as shown in Figure 6a before using by refer table of accept/reject criteria for SM test patch cord.
ตรวจสอบและทำความสะอาดจนกระทั่งหน้าเลนส์ของหัวเสียบสะอาดดังรูปที่ 6a แล้วจึงจะนำหัวที่เช็ดสะอาดแล้วเสียบเข้ากับตัวงานได้ โดยอ้างอิงจากตารางเกณฑ์การตัดสินใจ accept/reject



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Zone A : Center section of the fiber; Imaginary Circle #1 of diameter ϕ25um, which is about 3 times the size of the ϕ9um Fiber Core.
บริเวณส่วนกลางของ Fiber กำหนดให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 um ซึ่งจะมีขนาดโดยประมาณเป็น 3 เท่าของแกนกลาง fiber ที่มีขนาด 9 um

Document No.	Title : Fiber Cleaning Method	Rev.
WI-PE001008-023	Page 6 of 9	01

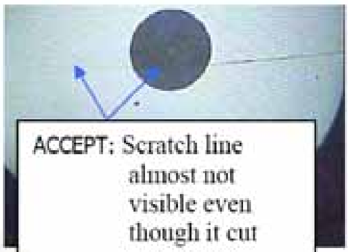
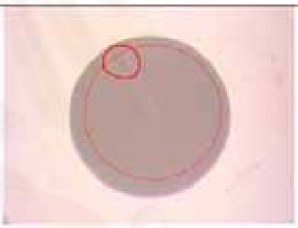
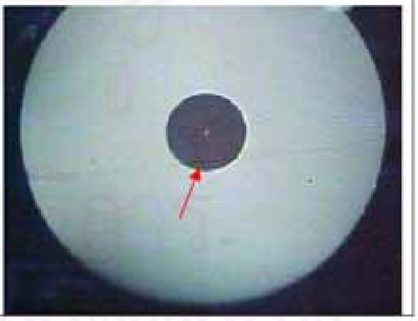
Zone B : Area enclosed between Zone A and the Imaginary Circle #2 of ϕ105, which is about one Fiber Core diameter spacing inside of the outer edge of the cladding.
พื้นที่ระหว่าง zone A และ วงกลมวงที่ 2 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 105 um

Zone C : Area enclosed between Zone B and the ϕ125um, the outer edge of the cladding.
พื้นที่ระหว่าง zone B และ วงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 um ซึ่งเป็นชั้นนอกสุดของ Cladding

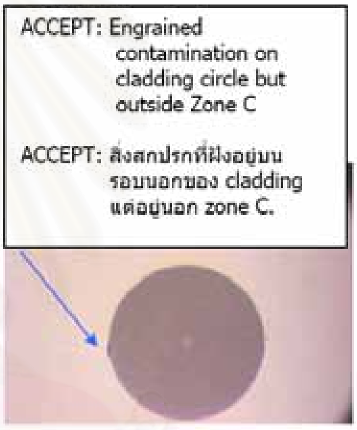
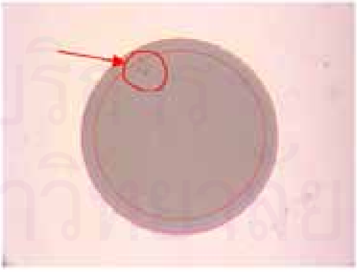
Zone D : Area enclosed between the Imaginary Circle #3 of ϕ250um, which is twice the diameter of the Cladding.
พื้นที่ระหว่างวงกลม วงที่ 3 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 um ซึ่งมีขนาดเป็น 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของ Cladding

	Criteria เกณฑ์การตัดสินใจ	Photo รูป
Zone A	It should not have any form of 1. Scratches 2. Pitting or 3. Contaminations จะต้องไม่ปรากฏสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้ 1. รอยขีดข่วน 2. หลุม หรือ 3. สิ่งสกปรก	
	Example of contaminations (black) and pitting (white) ตัวอย่างสิ่งสกปรก (จุดสีดำ) และ หลุม (จุดสีขาว)	

Document No. WI-PE001008-023	Title : Fiber Cleaning Method Page 7 of 9	Rev. 01

	Criteria เกณฑ์การตัดสินใจ	Photo รูป
Zone B	Scratches : <5um in width on the wider portion of the scratch line. <=3 scratch lines. Pitting : <10um in diameter 10-30um in diameter <5 counts Contamination : Not acceptable Any feature that extends into the other zone should be evaluated based on criteria of the smaller zone. รอยขีดข่วน : กว้าง < 5 um มีจำนวน <=3 รอย หลุม : เส้นผ่านศูนย์กลาง < 10um เส้นผ่านศูนย์กลาง 10-30um <5 จุด สิ่งสกปรก : ไม่ยอมรับ หากพบสิ่งต่างๆดังกล่าวขยายไปยัง zone อื่น ให้พิจารณาโดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจของ zone ที่เล็กกว่า.	 ACCEPT: Scratch line almost not visible even though it cut across the cladding ACCEPT: รอยขีดข่วน เห็นได้ไม่ชัดเจน ถึงแม้ว่าจะตัดผ่าน cladding ก็ตาม
	REJECT: Contaminations REJECT: พบสิ่งสกปรก	
	REJECT: Scratch line very visible and width wider than 5um at widest portion. REJECT: รอยขีดข่วนเห็นได้ชัดเจน และส่วนที่กว้างที่สุดนั้นมีขนาดกว้างกว่า 5 um	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	Criteria เกณฑ์การตัดสินใจ	Photo รูป
Zone C & D	Contamination : <5 counts Any feature that extends into the other zone should be evaluated based on criteria of the smaller zone. สิ่งสกปรก : <5 จุด หากพบสิ่งต่างๆดังกล่าวขยายไปยัง zone อื่น ให้พิจารณาโดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจของ zone ที่เล็กกว่า.	 
	REJECT : Contaminations > 5 REJECT : สิ่งสกปรก > 5 จุด	

Document No. WI-PE001008-023	Title : Fiber Cleaning Method Page 9 of 9	Rev. 01

9.3 POST-PROCESSING INSPECTION
Reference with VFA No. VA01048

10. RETENTION RECORD

Item	Record Name	Retention Time		Responsibility
		Hard Copy	Soft File	
	N/A			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล เกิดเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ.2525 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยมหิดลในปีการศึกษา 2546 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2549 ปีพ.ศ.2547-2550 ได้ทำงานในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพของบริษัทผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และปีพ.ศ. 2552-ปัจจุบัน ได้ทำงานในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายควบคุมการผลิตของบริษัทรับจ้างผลิตส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย