

## บทที่ 3

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 31 ข้อมูลเบื้องต้น

แนวความคิดที่เกี่ยวกับปรับปรุงระบบการบำรุงรักษา และวิธีการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง (Splice Machine) ที่เสียหายบ่อยครั้งในสายการผลิตของอุปกรณ์ขยายสัญญาณทางแสง (EDFA module) และจากกรณีศึกษาพบว่าความเสียหายต่อเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง (Splice Machine) มีปัญหาหลัก ๆ ของความเสียหายจาก 3 ถึง 4 อาการเสียด้วยกัน รวมทั้งยังทำให้เกิดความเสียหาย (Break-down) ของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง (Splice Machine) เป็นอย่างมาก โดยเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงที่ใช้งานในสายการผลิต (Assembly Line) โดยทางฝ่ายซ่อมบำรุงได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ พบว่ามีเวลาของการเกิดความเสียหายต่อเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง (Down times) มากที่สุดเมื่อเทียบกับเครื่องจักรชนิดอื่น ๆ ในสายการผลิต

จากข้อมูลเกี่ยวกับวิธี การซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง (Splice Machine) ที่ทางฝ่ายซ่อมบำรุงนั้นนำมาเป็นหลักการปฏิบัติงานบำรุงรักษา สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ คู่มือการซ่อมบำรุง และ Work instructions

##### 3.1.1 คู่มือการซ่อมบำรุงใช้งานเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง

ผู้วิจัยได้รับมาพร้อมกับตัวเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง ตั้งแต่เป็นเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงใหม่มาจากโรงงานผลิตเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง

ตามคู่มือการใช้งานเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง (Splice machine) ได้อธิบายวิธีการในการซ่อมบำรุงรักษา โดยเริ่มจาก

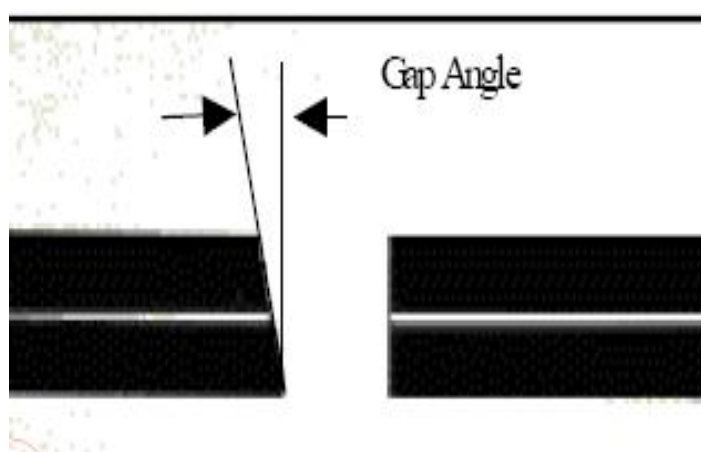
- 1) เครื่องเชื่อมสายไฟเบอร์ออกแบบมาให้ใช้สำหรับสายไฟเบอร์ โดยเฉพาะหำมนำสายชนิดอื่น ๆ มาใช้ร่วมกับเครื่อง
- 2) ตัวหัวเชื่อมสาย (Electrode) นั้นใช้กระแสไฟฟ้าแรงสูงหำมสัมผัสตัวหัวเชื่อมสายขณะเครื่องทำการเชื่อมหรือก่อนและหลังการเชื่อมสายทันที
- 3) หำมทำความสะอาดตัวหัวเชื่อมสาย (Electrode) โดยใช้การเช็ดทำความสะอาด
- 4) ให้ทำความสะอาดหัวเชื่อมสาย (Electrode) โดยการเชื่อมทำความสะอาดเท่านั้น

5) ห้ามใช้ของแข็งหรือของ มีคม กับตัวเครื่องเชื่อมสายไฟเบอร์

6) ห้ามทำการปรับแต่งเครื่องเชื่อมสายไฟเบอร์ด้วยตัวเอง

และได้กล่าวถึงจุดตรวจสอบของการเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง ดังแสดงต่อไปนี้

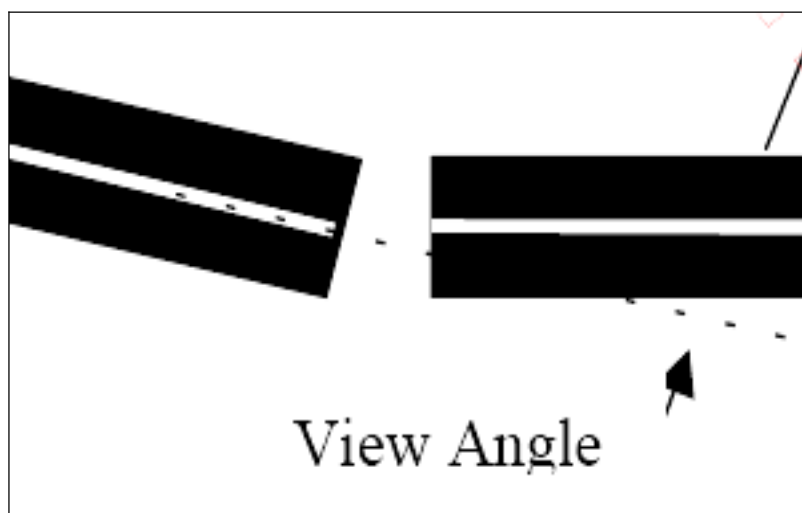
7) ตรวจสอบมุมตัด (Gap angles) โดยตรวจสอบตัวสายไฟเบอร์จากเครื่องเชื่อมสาย ว่าการตัดจากเครื่องตัดนั้นสามารถใช้สายที่ตัดแล้วได้หรือไม่ ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1

สายไฟเบอร์ที่ตัดไม่ดี

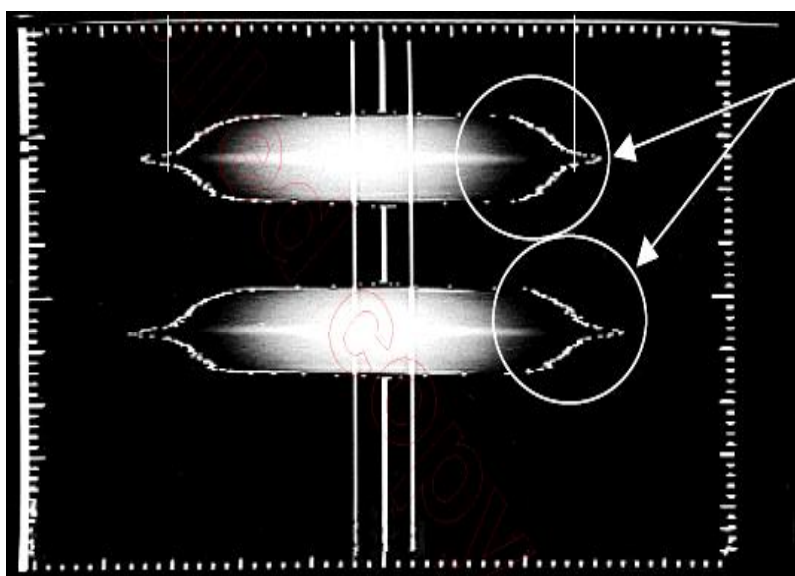
8) ตรวจสอบภาพการตัด (View angles) โดยการตรวจสอบว่าการที่เราวางสายไฟเบอร์ทั้งสองด้านนั้นมีการวางที่เอียงหรือไม่ หรือมุมวางสายไฟเบอร์นั้นตรงหรือไม่ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2

การวางสายไฟเบอร์ที่ไม่ดี

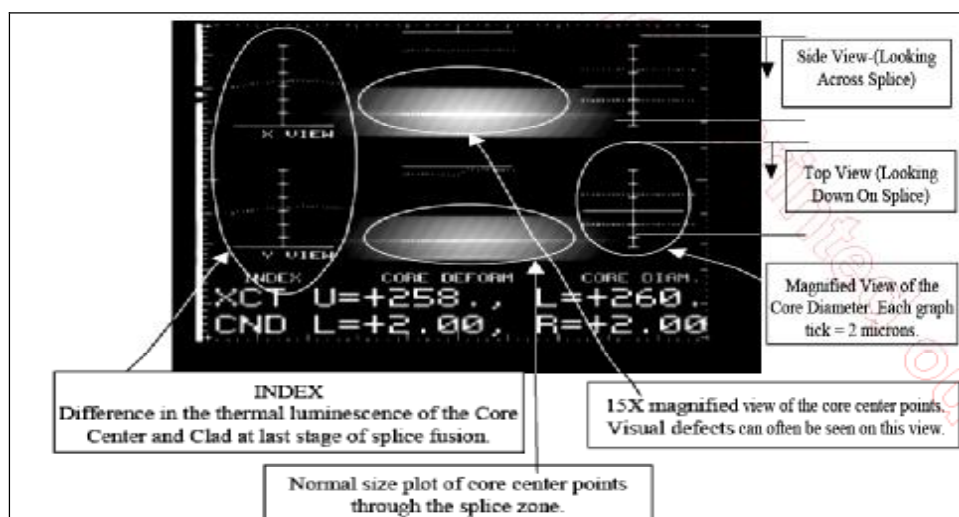
9) ตรวจสอบภาพแสงในการเชื่อมสายไฟเบอร์ ทั้งสองด้านทั้งด้านหน้าและหลังนั้น มีขนาดใกล้เคียงกันหรือไม่ ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3

แสงทั้งสองด้าน

10) ตรวจสอบภาพจากด้านแกน X และด้านแกน Y ว่าจุดเส้นแกนไฟเบอร์ และความตรงของเส้นใยปลานั้นมีความใกล้เคียงกับเส้นตรงมาก ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4

จากเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงจากการบันทึกของเครื่อง

11) ทำความสะอาดตัวหัวเชื่อม (Electrode) ทุก ๆ 15-20 ครั้งของการเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง

12) ตรวจสอบและทำการ Download program ของเครื่องทุกครั้งในการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยตัวเครื่องต้องถูกตรวจสอบข้อมูลภายในหุกรอบการบำรุงรักษา

13) ทำการเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงโดยใช้สายเส้นใยแก้วนำแสง จี3 (G3-G3) ในการทดสอบเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงจะทำการเชื่อมสายไฟเบอร์ 3 ครั้งโดยจะต้องได้ค่าการประมาณความสูญเสียในสายจากเครื่องเชื่อม (Estimate loss <0.08 dB) และค่าสูญเสียจากการวัดด้วยเครื่องมือวัด (Measured loss <0.09 dB)

14) ทำการเปลี่ยนหัวเชื่อม (Electrode) เมื่อเครื่องเชื่อมสายไม่สามารถทำการเชื่อมสายไฟเบอร์ให้ได้ค่าสูญเสีย (Loss) ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ หรือครบอายุการใช้งาน

15) ทำการสอบเทียบตำแหน่งมอเตอร์ (Calibrate Motor home position)

16) ทำการปรับค่าทางแสง (Optical path alignment) จะทำเมื่อทดลองทำทั้งหมดแล้วปรากฏว่าไม่สามารถทำให้ค่าสูญเสีย (Loss) นั้นต่ำกว่าค่าที่กำหนดได้

17) การปรับแต่งค่ากระจกทั้งบนและล่าง (Mirror upper and lower) โดยจะตั้งเมื่อเกิดการเคลื่อนจากตำแหน่งเดิมของกระจกตัวต่าง ๆ โดยมองจากการวางสายเส้นใยแก้วนำแสง และการสะท้อนแสงเป็นหลัก

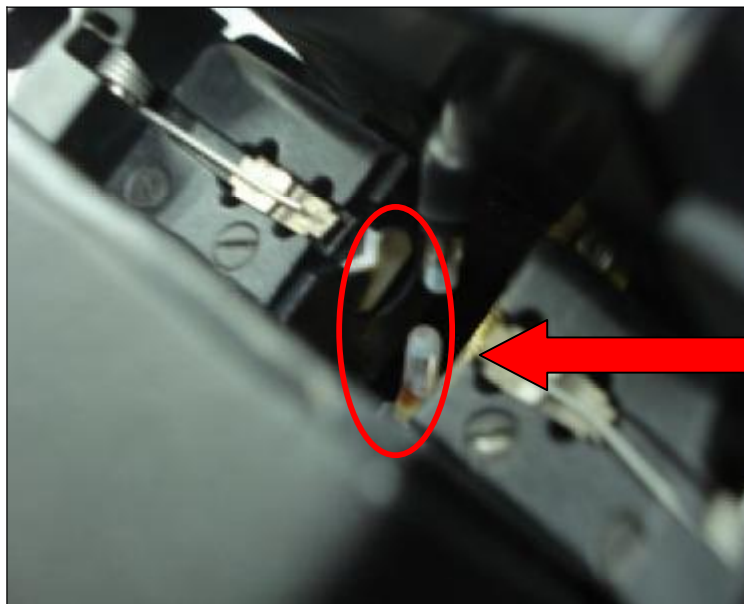
18) ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ทุก ๆ 1 เดือน

### 3.1.2 Work Instruction เครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง

ได้รับมาจากทีมงานเจ้าของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง ซึ่งเป็นลูกค้าของโรงงานได้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานที่ต่างประเทศในขณะที่ตัวเครื่องจักรยังมีสภาพที่ใหม่ และสมบูรณ์พร้อม ใช้งาน โดยข้อมูลจากทั้งสองที่เป็นแนวทางการปฏิบัติงานนั้นมีความแตกต่างกันในหลายส่วน ทำให้เกิดความสับสนในการทำงานบำรุงรักษาจริง ดังนั้นในทางปฏิบัติ จำเป็นต้องหาแนวทางในการทำการซ่อมบำรุงรักษาเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงในปัจจุบันนี้

ขั้นตอนการซ่อมบำรุงกำหนดให้มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุก ๆ 1 เดือน และมีวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามขั้นตอนการซ่อมบำรุง มีดังนี้

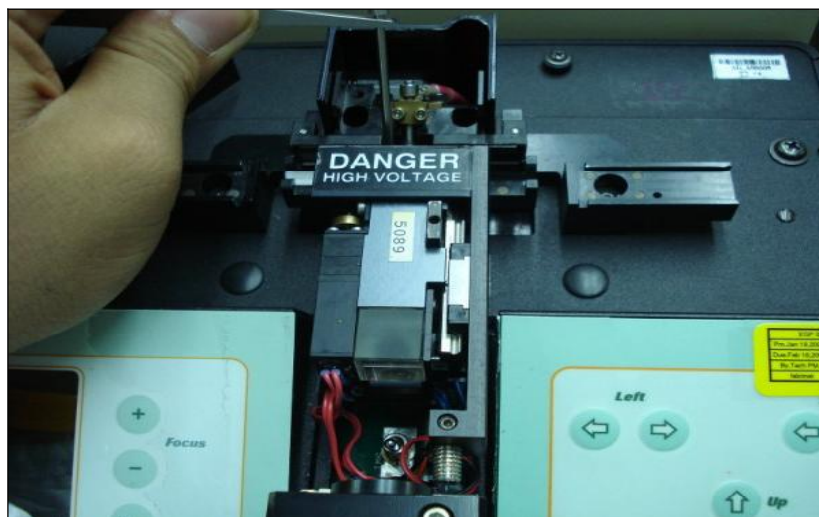
- 1) ทำความสะอาดหัวเชื่อมสาย (Electrode) ดังแสดงในภาพที่ 3.5 โดยใช้แปรงชนิดอ่อน
- 2) ทำความสะอาดที่วางสาย (Fiber-clamp) โดยใช้สำลีอ่อน (Form swap)
- 3) ทำความสะอาดร่องตัววี (V-Groove) โดยใช้สำลีอ่อน (Form swap)
- 4) ทำความสะอาดหัวเชื่อมสาย (Electrode)
- 5) ตรวจสอบตำแหน่งของ หัวเชื่อม (Electrode) จากตัวเครื่องเชื่อมสายว่าปกติหรือไม่ และทำการเปลี่ยนทุก ๆ 2,500 ครั้งของการใช้งาน โดยจะใช้ตัวปรับตั้ง (Alignment steel) ดังแสดงในภาพที่ 3.6 มาใช้วัดการปรับตั้งศูนย์กลางระหว่าง หัวเชื่อมสาย (Electrode) ทั้งสองด้าน ดังแสดงในภาพที่ 3.7 หรือดูบริเวณ กระจาปะแก้วของหัวเชื่อมสายจะเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีขาวขุ่นเป็นบริเวณกว้าง



ภาพที่ 3.5  
แสดงตำแหน่งของตัวหัวเชื่อม (Electrode)



ภาพที่ 3.6  
แสดงอุปกรณ์ปรับตั้ง (Alignment steel)



ภาพที่ 3.7  
แสดงภาพการใช้งานแกนปรับตั้ง (Alignment steel)

- 6) ตรวจสอบการทำงานของกระจก 1 (Mirror 1) ว่ายังสามารถทำงานได้ปกติ ถ้าสกปรกให้ทำความสะอาด
- 7) ตรวจสอบการทำงานของกระจก 2 (Mirror 2) ว่ายังสามารถทำงานได้ปกติ ถ้าสกปรกให้ทำความสะอาด
- 8) ตรวจสอบการทำงานของกระจก 3 และ 4 (Mirror 3 and 4) ว่ายังสามารถทำงานได้ปกติทั้งด้านบนและล่าง
- 9) ทำความสะอาดกระจก (Mirror) ทั้งหมดโดยใช้กระดาษทำความสะอาดแว่น (Lens cleaner)
- 10) ลงข้อมูลตัวนับจำนวนครั้งการเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง ทุกครั้งเมื่อทำการเปลี่ยนหัวเชื่อมสาย (Electrode) ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8

แสดงจุดลบค่าของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง

11) ทดลองเชื่อมสายไฟเบอร์โดยใช้สายเส้นใยแก้วนำแสง จี3 ให้ได้ค่าสูญเสีย (Loss < 0.07) ถ้าไม่ได้ให้ทำการแก้ไขให้สามารถใช้งานได้

12) ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุกระยะ 1 เดือน และทำการบันทึกค่าทั้งหมดในการทำการบำรุงรักษาลงในตาราง

### 3.2 ข้อมูลการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ปัจจุบัน

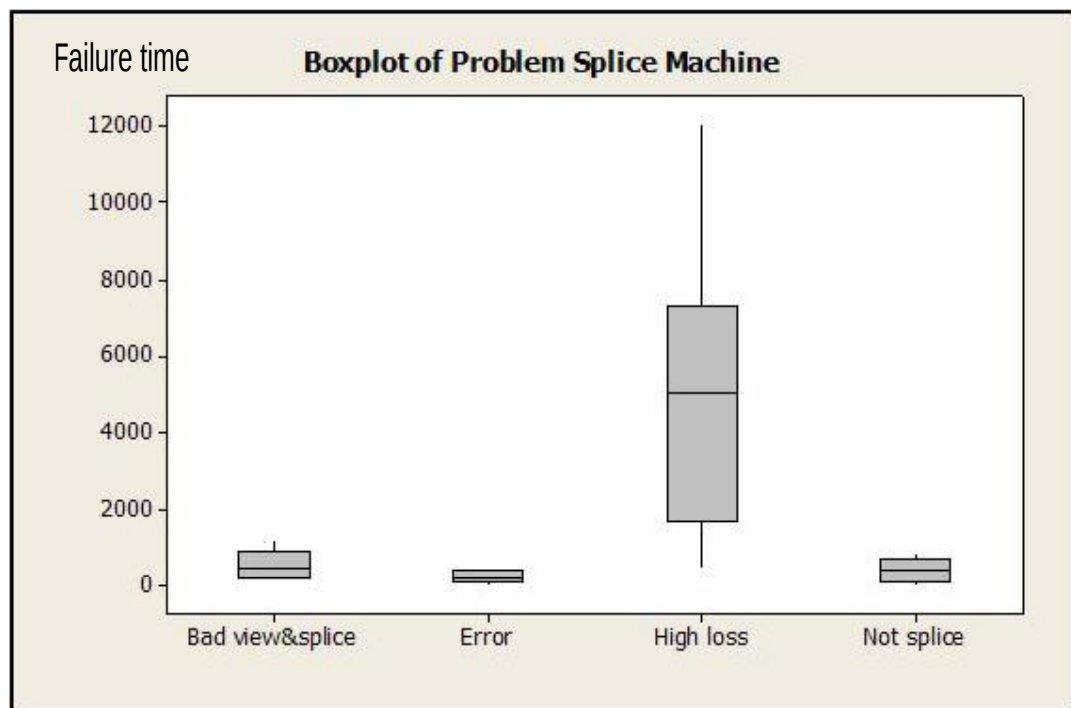
ระยะเวลาที่เกิดความเสียหายของเครื่องจักรตั้งแต่ต้นเดือนมกราคม พ.ศ. 2550 ถึง กันยายน พ.ศ. 2550 ซึ่งพบว่าระยะเวลาที่เกิดความเสียหายของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงที่เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ แสดงตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.9 พบว่าเดือนที่มีระยะเวลาการเกิดความสูญเสีย (Down time) สูงสุดในเดือน กันยายน สูงถึง 34,275 นาที และที่ต่ำสุดในเดือน เมษายน คือ 741 นาที โดยสาเหตุที่เกิดความสูญเสียต่ำในเดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมคือ ปริมาณการผลิตลดลงจากการสั่งซื้อของลูกค้าน้อยลง

## ตารางที่ 3.1

รายละเอียดของปัญหา

| เดือน   | ปัญหาหลัก             | ระยะเวลาที่สูญเสีย |
|---------|-----------------------|--------------------|
| ม.ค 07  | High loss             | 4715               |
|         | Error                 | 455                |
|         | Not splice            | 623                |
|         | Bad view & splice     | 713                |
|         |                       | 6506               |
| ก.พ 07  | High loss             | 6386               |
|         | Error                 | 171                |
|         | Not splice            | 741                |
|         | Bad view & splice     | 911                |
|         |                       | 8209               |
| มี.ค 07 | High loss             | 7607               |
|         | Error                 | 56                 |
|         | Not splice            | 841                |
|         | Bad view & splice     | 1165               |
|         |                       | 9669               |
| เม.ย 07 | High loss             | 484                |
|         | Error                 | 0                  |
|         | Not splice            | 12                 |
|         | Bad view & splice     | 245                |
|         |                       | 741                |
| พ.ค 07  | High loss             | 716                |
|         | Error                 | 190                |
|         | Not splice            | 25                 |
|         | Bad view & splice     | 218                |
|         |                       | 1149               |
| มี.ย 07 | High loss             | 4643               |
|         | Error                 | 483                |
|         | Not splice            | 260                |
|         | Bad view & splice     | 237                |
|         |                       | 5623               |
| ก.ค. 07 | High loss             | 5326               |
|         | Error                 | 307                |
|         | Not splice            | 617                |
|         | Bad view & splice     | 805                |
|         |                       | 7055               |
| ส.ค. 07 | High loss             | 12045              |
|         | Error                 | 103                |
|         | Not splice            | 245                |
|         | Bad view & splice     | 232                |
|         |                       | 12625              |
| ก.ย. 07 | High loss             | 30799              |
|         | Error                 | 967                |
|         | Not splice            | 1027               |
|         | Bad view & splice     | 1482               |
|         |                       | 34275              |
|         | ระยะเวลารวม (นาที)    | 86852              |
|         | ระยะเวลารวม (ชั่วโมง) | 1430.866667        |

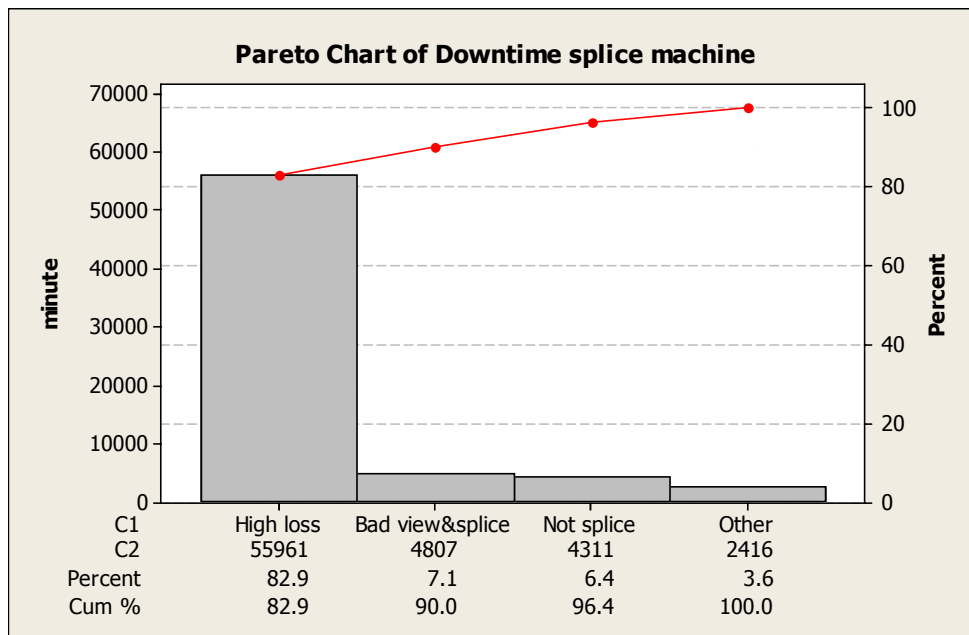
จากตารางที่ 3.1 แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการสำรวจ และพบว่าจำนวนของปัญหาหลัก ๆ ที่เกิดมี 4 ปัญหาคือ 1) High loss, 2) Error, 3) Not splice และ 4) Bad view & splice



ภาพที่ 3.9

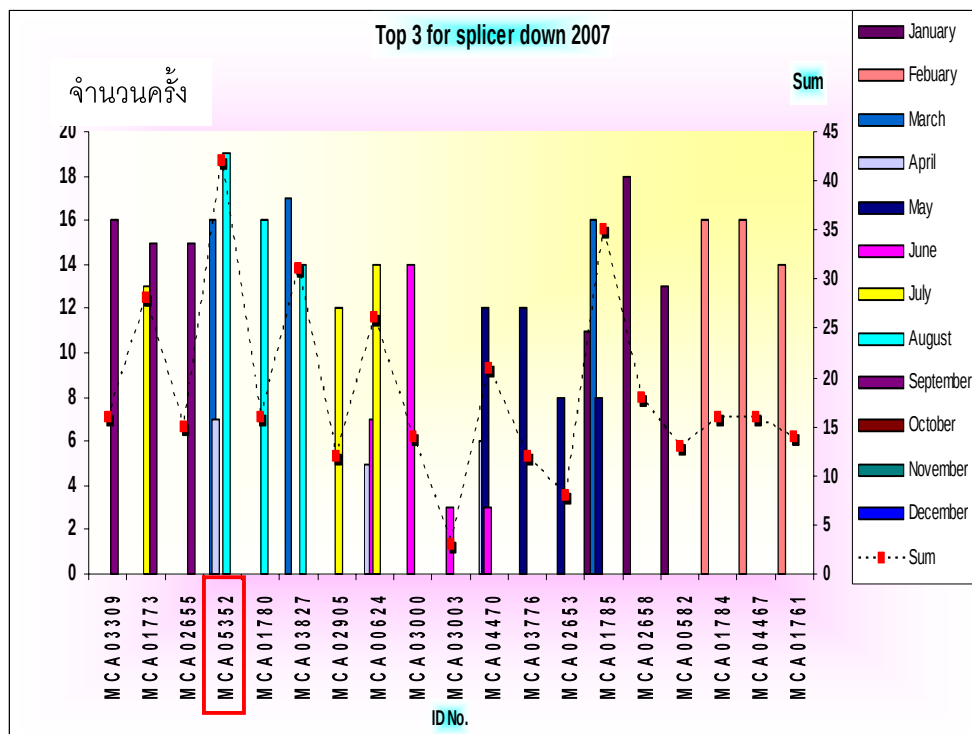
Box-plot แสดงระยะเวลาสูญเสียรวม

ภาพที่ 3.9 แสดง Box-plot ของระยะเวลาการสูญเสียรวมของปัญหาหลักแต่ละประเภท โดยแยกเป็นรายปัญหาซึ่งผลที่ได้นั้นสอดคล้องกับตารางที่ 3.1 ซึ่งพบว่าปัญหา High Loss เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง อันดับสองคือ Bad view & splice อันดับที่สามคือ Not splice และที่ต่ำสุดอันดับสุดท้ายคือ ปัญหา Error และภาพที่ 3.10 แสดง Pareto chart ของปัญหาที่เกิดขึ้น จึงพบว่าปัญหา High loss มีความสูญเสียสูงที่สุดถึง 82.9% ซึ่งมีความมากที่สุดตามมาด้วยอันดับที่สองคือปัญหา Bad view & Splice คิดเป็น 7.1% ปัญหาอันดับสาม คือ Not splice คิดเป็น 6.4% และอันดับสุดท้าย คือ Error คิดเป็น 3.6% ของทั้งหมด



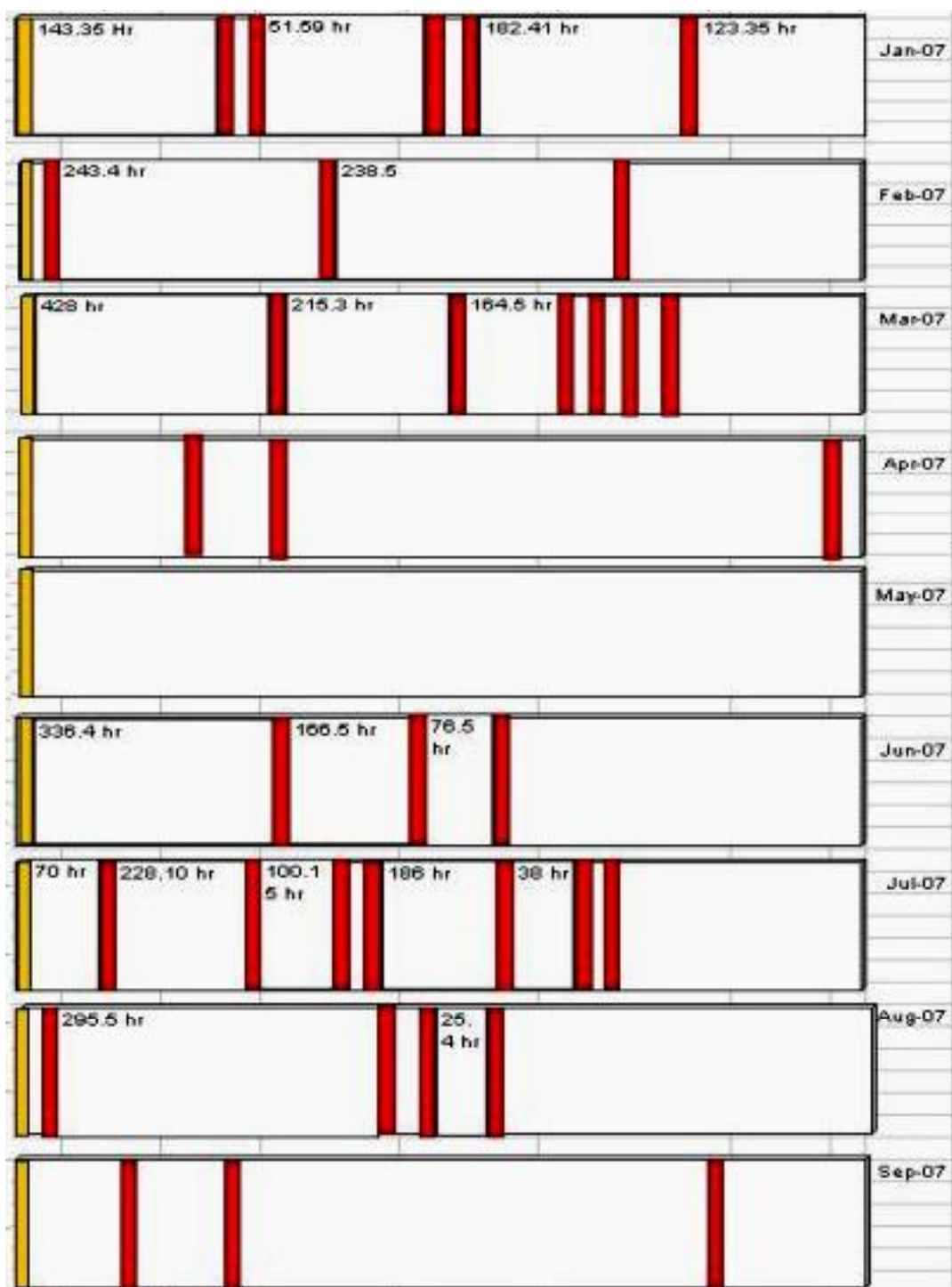
ภาพที่ 3.10

Pareto chart ของอาการสูญเสียต่างๆ



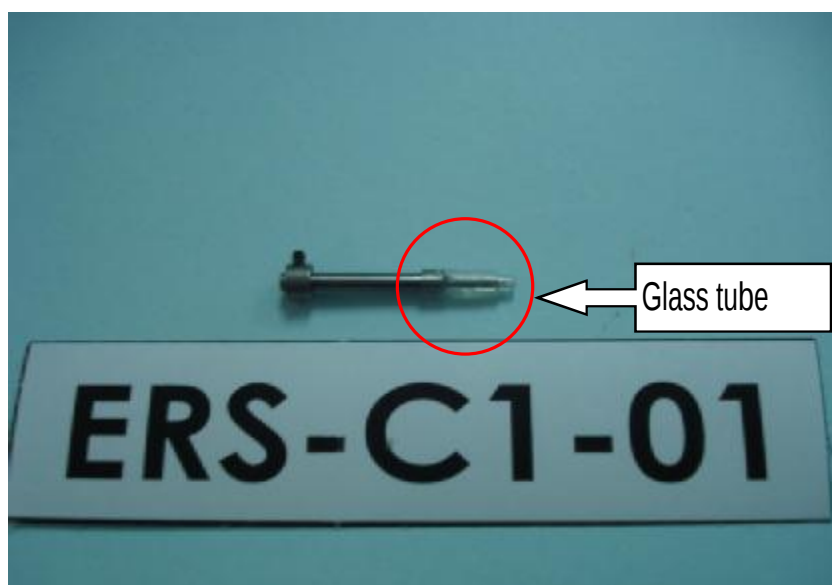
ภาพที่ 3.11

จำนวนครั้งที่เกิดการสูญเสียของเครื่องจักร



ภาพที่ 3.12  
การเกิดความสูญเสีย (Down times) ของเครื่อง MCA05352

นอกจากนี้ยังได้นำการเก็บรวบรวมข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงแต่ละเครื่อง ซึ่งได้แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 3.11 และ ภาพที่ 3.12 ซึ่งพบว่า Splice Machine MCA05352 มีปริมาณการเกิดความเสียหายเป็นอันดับหนึ่ง ในระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2550 จนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2550 โดยเวลาสูญเสียรวมทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 48.82 ชั่วโมง ซึ่งถ้านับรวมเป็นจำนวนครั้งจะมีถึง 68 ครั้ง และ ในเดือนที่เกิดความเสียหายมากที่สุดอยู่ในเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2550 ได้เกิดความเสียหายทั้งหมดเป็นจำนวนทั้งสิ้น 19 ครั้ง ซึ่งประมาณการเกิดความเสียหายทุก 1-2 วันต่อรอบ โดยค่า High Loss นั้นส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นจากหัวเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงที่มีปัญหาเป็นหลัก และการใช้งานในสายการผลิตมีหัวเชื่อมทั้ง 2 แบบ คือ แบบมาตรฐาน และแบบที่ใช้จริง คือ แบบที่มีครอบแก้ว เมื่อทดลองเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้หัวเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงทั้งสองแบบนี้ พบว่า ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นในสายชนิดเดียวกันและเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงเครื่องเดียวกัน โดยการใช้โปรแกรมคำนวณ (Minitab rev.15) คำนวณความแตกต่างทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ค่าความแตกต่างอยู่ที่  $-0.0005$  dB ซึ่งเปรียบเทียบค่าสูญเสียตามข้อกำหนดไม่เกิน  $0.07$  dB แล้วการใช้งานหัวเชื่อมทั้งสองแบบพบว่าไม่เกิดความแตกต่าง ดังแสดงใน ตารางที่ 3.2 ตารางที่ 3.3 ภาพที่ 3.14 และภาพที่ 3.15 ที่ได้จากการคำนวณ



ภาพที่ 3.13

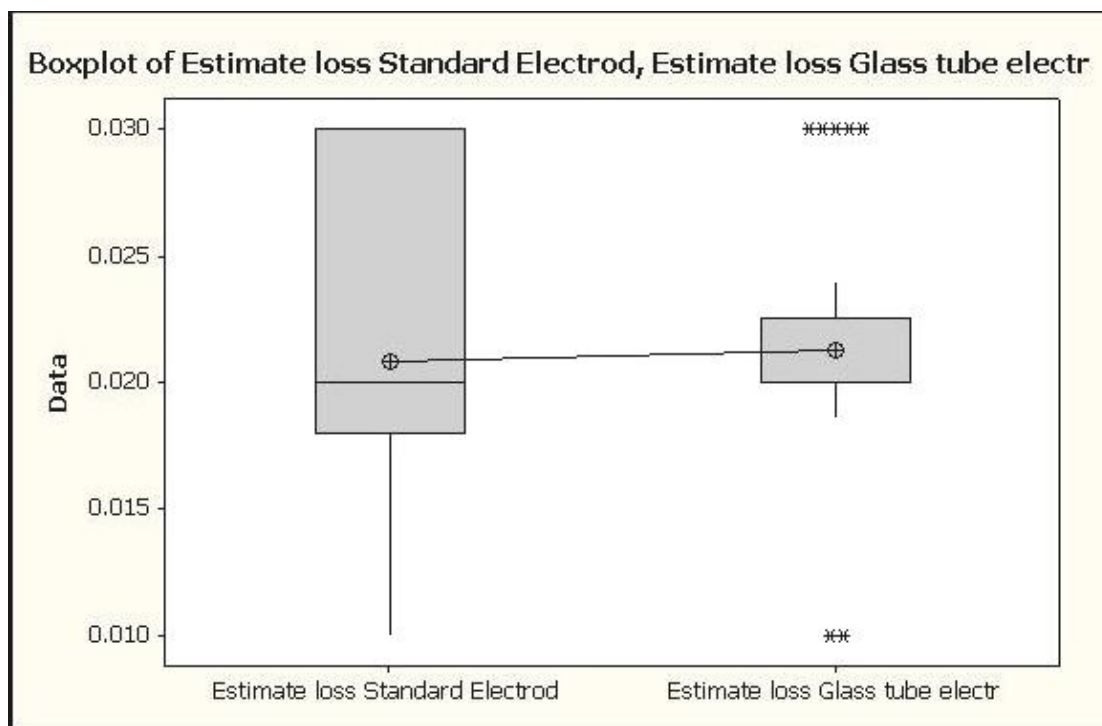
แสดงลักษณะหัวเชื่อมสายชนิดครอบแก้ว

ตารางที่ 3.2  
ข้อมูลการเปรียบเทียบหัวเชื่อมสาย

| Program Number | Fiber/Type | Spec/Verify   |      | Item | DATA  |       |      |      |                                  |        |        |      |
|----------------|------------|---------------|------|------|-------|-------|------|------|----------------------------------|--------|--------|------|
|                |            | Estimate Loss | IL   |      | L/V   | R/V   | L/G  | R/G  | Estimate loss Standard Electrode | Pin    | Pout   | IL   |
| P 20           | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 1    | -0.20 | -0.20 | 0.30 | 0.03 | 0.03                             | -19.60 | -19.64 | 0.04 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 2    | -0.12 | -0.23 | 0.25 | 0.07 | 0.02                             | -19.60 | -19.63 | 0.03 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 3    | -0.19 | -0.18 | 0.39 | 0.15 | 0.02                             | -19.60 | -19.62 | 0.02 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 4    | -0.21 | -0.16 | 0.54 | 0.26 | 0.01                             | -19.60 | -19.63 | 0.03 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 5    | -0.14 | 0.19  | 0.61 | 0.35 | 0.02                             | -19.60 | -19.62 | 0.02 |
|                | Avg        |               |      |      | -0.17 | -0.12 | 0.42 | 0.17 | 0.02                             | -19.60 | -19.63 | 0.03 |
| P 20           | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 1    | -0.21 | -0.20 | 0.36 | 0.54 | 0.01                             | -10.87 | -10.90 | 0.03 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 2    | -0.2  | 0.00  | 0.34 | 0.45 | 0.02                             | -10.87 | -10.89 | 0.02 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 3    | -0.09 | 0.13  | 0.26 | 0.36 | 0.01                             | -10.87 | -10.89 | 0.02 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 4    | -0.17 | -0.14 | 0.35 | 0.35 | 0.03                             | -10.87 | -10.90 | 0.03 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 5    | -0.26 | -0.16 | 0.61 | 0.25 | 0.02                             | -10.87 | -10.88 | 0.01 |
|                | Avg        |               |      |      | -0.19 | -0.07 | 0.38 | 0.39 | 0.02                             | -10.87 | -10.89 | 0.02 |
| P 20           | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 1    | -0.18 | 0.22  | 0.28 | 0.21 | 0.02                             | -8.63  | -8.65  | 0.02 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 2    | -0.11 | 0.36  | 0.35 | 0.25 | 0.03                             | -8.63  | -8.66  | 0.03 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 3    | -0.04 | 0.44  | 0.25 | 0.30 | 0.03                             | -8.63  | -8.66  | 0.03 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 4    | -0.05 | 0.41  | 0.22 | 0.34 | 0.02                             | -8.63  | -8.65  | 0.02 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 5    | -0.08 | 0.32  | 0.34 | 0.29 | 0.03                             | -8.63  | -8.66  | 0.03 |
|                | Avg        |               |      |      | -0.09 | 0.35  | 0.29 | 0.28 | 0.03                             | -8.63  | -8.66  | 0.03 |
| P 20           | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 1    | -0.21 | 0.12  | 0.26 | 0.35 | 0.02                             | -8.97  | -9.00  | 0.03 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 2    | -0.22 | 0.13  | 0.25 | 0.34 | 0.01                             | -8.97  | -8.99  | 0.02 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 3    | -0.09 | 0.16  | 0.33 | 0.32 | 0.01                             | -8.97  | -8.98  | 0.01 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 4    | -0.11 | 0.13  | 0.36 | 0.29 | 0.02                             | -8.97  | -8.99  | 0.02 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 5    | -0.28 | 0.10  | 0.56 | 0.37 | 0.03                             | -8.97  | -9.00  | 0.03 |
|                | Avg        |               |      |      | -0.18 | 0.13  | 0.35 | 0.33 | 0.02                             | -8.97  | -8.99  | 0.02 |
| P 20           | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 1    | -0.09 | 0.10  | 0.22 | 0.31 | 0.03                             | -8.99  | -9.02  | 0.03 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 2    | -0.12 | 0.13  | 0.26 | 0.12 | 0.03                             | -8.99  | -9.02  | 0.03 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 3    | -0.09 | 0.16  | 0.16 | 0.31 | 0.02                             | -8.99  | -9.01  | 0.02 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 4    | -0.11 | 0.22  | 0.23 | 0.19 | 0.01                             | -8.99  | -9.00  | 0.01 |
|                | SMF - SMF  | 0.03          | 0.04 | 5    | -0.19 | 0.22  | 0.31 | 0.16 | 0.02                             | -8.99  | -9.01  | 0.02 |
|                | Avg        |               |      |      | -0.12 | 0.17  | 0.24 | 0.22 | 0.02                             | -8.99  | -9.01  | 0.02 |

ตารางที่ 3.3  
เปรียบเทียบค่าสูญเสียระหว่างหัวเชื่อมทั้งสองแบบ

|                                                                               |    |         |         |         |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|---------|---------|---------|
| Two-Sample T-Test and CI: Estimate loss Standard E, Estimate loss Glass tube  |    |         |         |         |
| Two-sample T for Estimate loss Standard Electrode vs Estimate loss Glass tube |    |         |         |         |
|                                                                               | N  | Mean    | StDev   | SE Mean |
| Estimate loss Standard E                                                      | 30 | 0.02080 | 0.00702 | 0.0013  |
| Estimate loss Glass tube                                                      | 30 | 0.02130 | 0.00494 | 0.00092 |
| Difference = mu (Estimate loss Standard Electrode) - mu (Estimate loss Glass  |    |         |         |         |
| Estimate for difference: -0.00050                                             |    |         |         |         |
| 95% CI for difference: (-0.00366, 0.00267)                                    |    |         |         |         |
| T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.32 P-Value = 0.754 DF = 52  |    |         |         |         |



ภาพที่ 3.14

แสดงการเปรียบเทียบ Estimate Loss ระหว่างหัวเชื่อมทั้งสองแบบ

## ตารางที่ 3.4

ค่า OEE ของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงที่เดือนมกราคม พ.ศ.2550

| OEE เครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง |          |          |          |          |          |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| แผนการเก็บค่า เดือนมกราคม           | MCA01761 | MCA01773 | MCA02905 | MCA03827 | MCA05352 |
| เวลาหยุดตามแผน (hr)                 | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |
| เวลาทั้งหมด (hr)                    | 520.0    | 520.0    | 520.0    | 520.0    | 520.0    |
| เวลารับภาระงาน (hr)                 | 414.0    | 414.0    | 414.0    | 414.0    | 414.0    |
| เวลาสูญเสียจากเครื่องหยุด (hr)      | 0.4      | 4.09     | 2.35     | 5.48     | 5.47     |
| เวลาเดินเครื่อง (hr)                | 413.6    | 409.9    | 411.7    | 408.5    | 408.5    |
| เวลาสูญเสียจากเครื่องเสียกำลัง (hr) | 52.0     | 52.0     | 52.0     | 52.0     | 52.0     |
| เวลาเดินเครื่องสุทธิ(hr)            | 361.6    | 357.9    | 359.7    | 356.5    | 356.5    |
| จำนวนครั้งที่ดี (ครั้ง)             | 44.0     | 43.0     | 48.0     | 39.0     | 36.0     |
| จำนวนครั้งที่เสีย (ครั้ง)           | 56.0     | 57.0     | 52.0     | 61.0     | 64.0     |
| อัตราเดินเครื่อง (%)                | 99.90%   | 99.01%   | 99.43%   | 98.68%   | 98.68%   |
| ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (%)       | 87.43%   | 87.31%   | 87.37%   | 87.27%   | 87.27%   |
| อัตราคุณภาพ (%)                     | 44.00%   | 43.00%   | 48.00%   | 39.00%   | 36.00%   |
| OEE (%)                             | 38.43%   | 37.17%   | 41.70%   | 33.59%   | 31.00%   |

นอกจากนี้ตารางที่ 3.4 เป็นตัวอย่างของค่า OEE ที่เก็บมาจากเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำเส้น 5 เครื่องที่เกิดการเสียหายจนต้องหยุดซ่อมแซมมากที่สุด 5 อันดับแรก ซึ่งเมื่อตรวจสอบที่เครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง หมายเลข MCA05352 จะพบการเกิดการหยุดซ่อมแซมมากที่สุด และมีค่า OEE ที่ต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 31.0% รายละเอียดการคำนวณแสดงต่อไป

เวลาทั้งหมดได้จากการคิดระยะเวลาการเปิดเครื่องจักรไว้ 20 ชั่วโมงต่อวัน เดือนละ 26 วัน คิดเป็น 520 ชั่วโมงต่อเดือนต่อเครื่อง เวลาหยุดตามแผนได้จากการที่ไม่มีการผลิตวันละ 4 ชั่วโมงต่อวัน เดือนละ 26 วัน จะเท่ากับ 106 ชั่วโมงต่อเดือนต่อเครื่อง เวลาสูญเสียกำลังจะมาจากการที่ทุกครั้งที่เกิดการเชื่อมเสร็จสิ้นเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงจะปิดและเปิดเครื่องโดยอัตโนมัติ เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงต่อวัน โดย หรือประมาณ 52 ชั่วโมงต่อเดือนต่อเครื่อง

การคำนวณอัตราเดินเครื่อง คำนวณจากสูตรข้างล่าง

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลาให้บริการงาน}} \\
 (\text{Availability}) & \\
 \text{เวลาเดินเครื่อง} &= \text{เวลาให้บริการงาน} - \text{เวลาเครื่องจักรหยุด} \\
 \text{เวลาให้บริการงาน} &= \text{เวลาทำงาน/กะ} - \text{เวลาหยุดตามแผน} \\
 \text{เวลาหยุดตามแผน} &= \text{เวลาเครื่องจักรหยุดตามแผน} + \text{เวลาพักตามแผน} \\
 \text{อัตราเดินเครื่อง} &= \frac{(414.0 - 5.47)}{(414.0)} \times 100\% \\
 (\text{MCA05352}) & \\
 &= 98.68\%
 \end{aligned}$$

### ตารางที่ 3.5

อัตราเดินเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงก่อนปรับปรุง

|          | อัตราเดินเครื่อง (%) |          |          |          |          |
|----------|----------------------|----------|----------|----------|----------|
|          | MCA01761             | MCA01773 | MCA02905 | MCA03827 | MCA05352 |
| ม.ค. 07  | 99.90%               | 99.01%   | 99.43%   | 98.68%   | 98.68%   |
| ก.พ. 07  | 97.77%               | 99.97%   | 99.19%   | 99.40%   | 98.44%   |
| มี.ค. 07 | 98.95%               | 100.00%  | 98.72%   | 97.46%   | 97.50%   |
| เม.ย. 07 | 99.75%               | 100.00%  | 99.69%   | 100.00%  | 99.73%   |
| พ.ค. 07  | 99.28%               | 99.89%   | 99.71%   | 99.70%   | 100.00%  |
| มิ.ย. 07 | 99.51%               | 100.00%  | 98.91%   | 99.89%   | 98.76%   |
| ก.ค. 07  | 98.31%               | 97.49%   | 99.37%   | 99.71%   | 99.40%   |
| ส.ค. 07  | 98.28%               | 98.67%   | 99.25%   | 97.23%   | 96.50%   |
| ก.ย. 07  | 96.50%               | 96.75%   | 100.00%  | 97.73%   | 99.18%   |

จากตารางที่ 3.5 อธิบายอัตราเดินเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงก่อนการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนกันยายน ปี พ.ศ.2550 จะพบว่าอัตราเดินเครื่องมีค่าสูงมากเฉลี่ย ประมาณ 98.94%

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องสามารถหาได้จากสูตรข้างล่าง

$$\begin{aligned}
 \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \\
 \text{(Performance Efficiency)} &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง} - \text{เวลาสูญเสียจากเครื่องเสียกำลัง}} \\
 \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} &= \frac{(408.5 - 52) \text{ ชั่วโมง}}{(408.5) \text{ ชั่วโมง}} \\
 \text{(MCA05352)} &= 87.27\%
 \end{aligned}$$

### ตารางที่ 3.6

ประสิทธิภาพการเดินเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงก่อนปรับปรุง

|          | ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (%) |          |          |          |          |
|----------|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|          | MCA01761                      | MCA01773 | MCA02905 | MCA03827 | MCA05352 |
| ม.ค. 07  | 87.43%                        | 87.31%   | 87.37%   | 87.27%   | 87.27%   |
| ก.พ. 07  | 87.15%                        | 87.44%   | 87.34%   | 87.36%   | 87.24%   |
| มี.ค. 07 | 87.31%                        | 87.44%   | 87.28%   | 87.11%   | 87.12%   |
| เม.ย. 07 | 87.41%                        | 87.44%   | 87.40%   | 87.44%   | 87.41%   |
| พ.ค. 07  | 87.35%                        | 87.43%   | 87.40%   | 87.40%   | 87.44%   |
| มิ.ย. 07 | 87.38%                        | 87.44%   | 87.30%   | 87.43%   | 87.28%   |
| ก.ค. 07  | 87.22%                        | 87.12%   | 87.36%   | 87.40%   | 87.36%   |
| ส.ค. 07  | 87.22%                        | 87.27%   | 87.34%   | 87.08%   | 86.98%   |
| ก.ย. 07  | 86.98%                        | 87.02%   | 87.44%   | 87.15%   | 87.34%   |

ตารางที่ 3.6 แสดงประสิทธิภาพการเดินเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2550 จะพบว่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องมีค่าลดลงกว่าค่า อัตราเดินเครื่องจักรเล็กน้อย เฉลี่ยประมาณ 87.3%

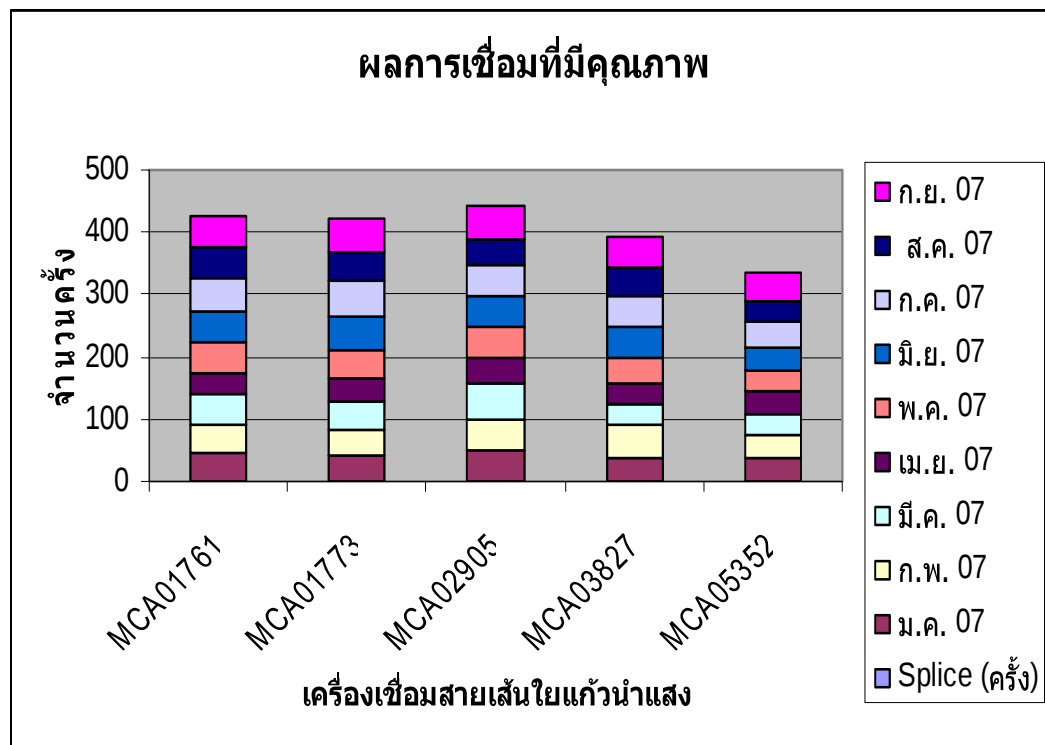
$$\begin{aligned}
 \text{อัตราคุณภาพ} &= \frac{\text{จำนวนครั้งที่ทั้งหมด} - \text{จำนวนครั้งที่เสีย}}{\text{จำนวนครั้งที่ทั้งหมด}} \\
 \text{(Quality Rate)} &= \frac{(100 - 64) \text{ ครั้ง}}{100 \text{ ครั้ง}} \\
 \text{อัตราคุณภาพเดือนมกราคม} &= 36\% \\
 \text{(MCA05352)} &= 36\%
 \end{aligned}$$

## ตารางที่ 3.7

คุณภาพเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงก่อนปรับปรุง

|          | อัตราคุณภาพ(%) |          |          |          |          |
|----------|----------------|----------|----------|----------|----------|
|          | MCA01761       | MCA01773 | MCA02905 | MCA03827 | MCA05352 |
| ม.ค. 07  | 44.00%         | 43.00%   | 48.00%   | 39.00%   | 36.00%   |
| ก.พ. 07  | 47.00%         | 39.00%   | 50.00%   | 51.00%   | 39.00%   |
| มี.ค. 07 | 50.00%         | 48.00%   | 61.00%   | 32.00%   | 34.00%   |
| เม.ย. 07 | 32.00%         | 37.00%   | 39.00%   | 34.00%   | 35.00%   |
| พ.ค. 07  | 51.00%         | 43.00%   | 48.00%   | 41.00%   | 35.00%   |
| มิ.ย. 07 | 49.00%         | 54.00%   | 51.00%   | 49.00%   | 37.00%   |
| ก.ค. 07  | 54.00%         | 57.00%   | 49.00%   | 52.00%   | 39.00%   |
| ส.ค. 07  | 48.00%         | 47.00%   | 43.00%   | 47.00%   | 36.00%   |
| ก.ย. 07  | 52.00%         | 55.00%   | 53.00%   | 49.00%   | 42.00%   |

ตารางที่ 3.7 แสดงคุณภาพการเดินเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงก่อนการปรับปรุงตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2550 จะพบว่าคุณภาพมีค่าต่ำมาก เฉลี่ยประมาณ 44.87% โดยเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง MCA05352 มีค่าต่ำสุด



ภาพที่ 3.15

ภาพที่ 3.15 กราฟแสดงจำนวนครั้งของผลการเชื่อมที่มีคุณภาพของแต่ละเครื่อง

การคำนวณค่า ประสิทธิภาพของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง OEE

OEE = อัตราเดินเครื่อง X ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง X อัตราคุณภาพ  
(Availability) (Performance Efficiency) (Quality Rate)

OEE = 98.68% X 87.27% X 36.0%  
(MCA05352)

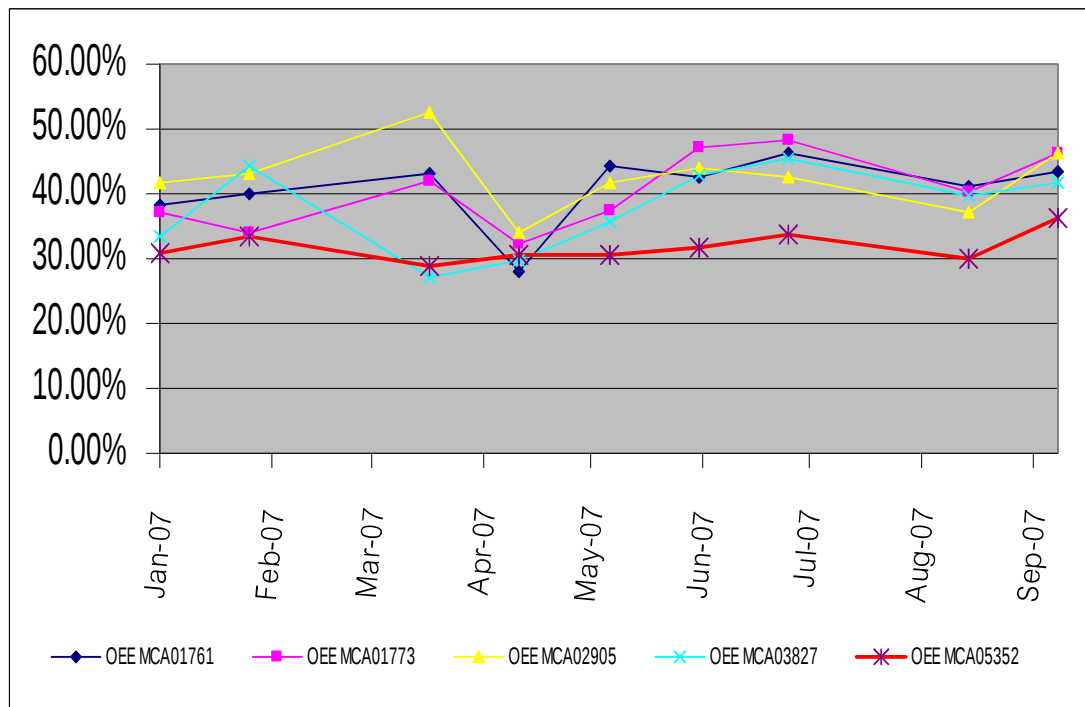
= 30.96%

## ตารางที่ 3.8

OEE ของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง เปรียบเทียบ 5 เครื่องกลุ่มตัวอย่าง

|          | OEE      |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          | MCA01761 | MCA01773 | MCA02905 | MCA03827 | MCA05352 |
| ม.ค. 07  | 38.43%   | 37.14%   | 41.67%   | 33.54%   | 30.96%   |
| ก.พ. 07  | 39.96%   | 34.09%   | 43.28%   | 44.26%   | 33.44%   |
| มี.ค. 07 | 43.15%   | 41.97%   | 52.49%   | 27.10%   | 28.80%   |
| เม.ย. 07 | 27.89%   | 32.35%   | 33.98%   | 29.73%   | 30.51%   |
| พ.ค. 07  | 44.19%   | 37.55%   | 41.82%   | 35.72%   | 30.60%   |
| มิ.ย. 07 | 42.58%   | 47.21%   | 43.99%   | 42.79%   | 31.85%   |
| ก.ค. 07  | 46.23%   | 48.29%   | 42.51%   | 45.30%   | 33.85%   |
| ส.ค. 07  | 41.08%   | 40.42%   | 37.25%   | 39.68%   | 30.11%   |
| ก.ย. 07  | 43.50%   | 46.15%   | 46.34%   | 41.64%   | 36.35%   |

ตารางที่ 3.8 และภาพที่ 3.17 แสดงค่า OEE ของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง กลุ่มตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบทั้ง 5 ตัวเพื่อแสดงให้เห็นเปอร์เซ็นต์เครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง ในแต่ละเดือนตั้งแต่ เดือนมกราคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2550 เป็นการเก็บข้อมูล ก่อนปรับปรุงเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง โดยสรุปได้ว่าเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง MCA05352 มีค่า OEE ต่ำที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยได้มองเห็นโอกาสที่จะได้แก้ไขปรับปรุงและ ทำการศึกษาจากเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสง (Splice Machine MCA05352)



ภาพที่ 3.16

OEE แสดงค่ากราฟของเครื่องเชื่อมสายเส้นใยแก้วนำแสงเปรียบเทียบ 5 เครื่อง