# บทที่ 7

# การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

ในบทนี้จะกล่าวถึงการประเมินผลเกี่ยวกับความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด หลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามผลการวิเคราะห์อ้างอิงตามบทวิเคราะห์ของแต่ละเครื่องมือในบทที่ 6 แต่ไม่กล่าวถึงความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ เนื่องจากผลการศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดสามารถยอมรับระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับได้

## 7.1 เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

จากผลการประเมินความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดก่อนทำการปรับปรุงในบทที่ 6 พบว่าเครื่องมือวัดทุกชิ้นมีค่า % GR&R สูงกว่าที่เกณฑ์มาตรฐานกำหนดคือ มีค่ามากกว่า 10% ทุกเครื่องมือวัด จึงได้ทำการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัดของเครื่องมือวัดที่ใช้ในสายการผลิตซีล โดยการปรับปรุงวิธีการวัดและเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ร่วมในการวัด เพื่อแก้ไขความผิดพลาดที่ได้วิเคราะห์ของระบบการวัดในสภาวะปัจจุบัน และจัดทำคู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน ดังภาคผนวก ข จะแก้ไขข้อผิดพลาดในการใช้เครื่องมือวัดในแต่ละเครื่องมือ จนได้ค่า %GR&R อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่ถ้าเครื่องมือใดยังคงมีค่า %GR&R เกินอยู่ จะวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดนั้นซ้ำอีกครั้ง จนกว่าจะอยู่ในมาตรฐาน

## *MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS*

Winita P.
Name
JAN 8,2004
Date

**GAUGE R&R DATA COLLECTION SHEET**

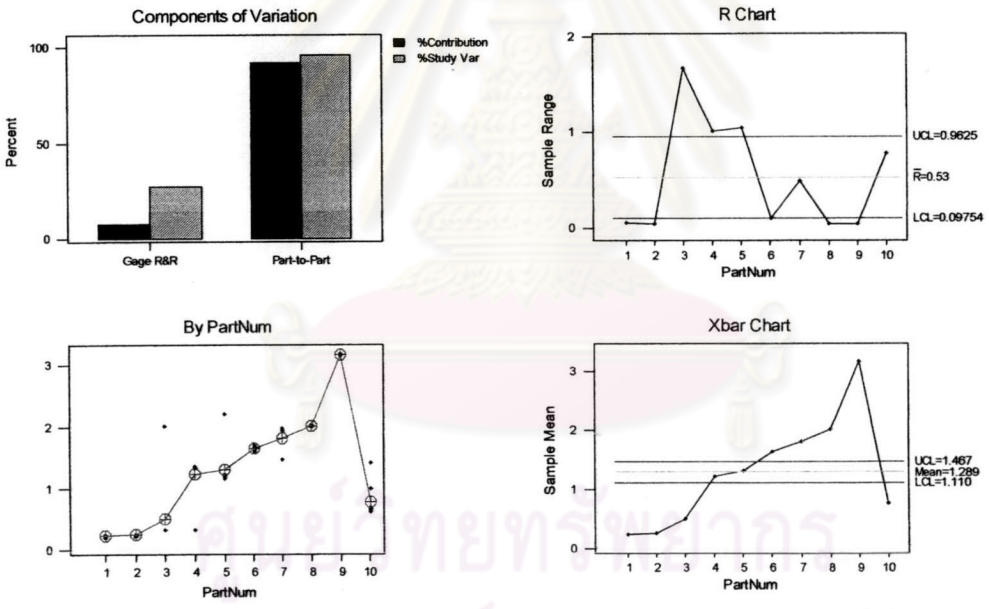
| | |
|---|---|
| Characteristic : | Mold Off Set |
| Area/Operation : | Seal Operation |
| Specification : | 2.0 mils Max. |
| Gage Name/Gage No. | Low power microscope /470 |

| Operator | OPERATOR 1 | | | | OPERATOR 2 | | | | OPERATOR 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sample | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range |
| 1 | 0.22 | 0.20 | 0.23 | 0.03 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.01 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.00 |
| 2 | 0.22 | 0.26 | 0.24 | 0.04 | 0.26 | 0.24 | 0.24 | 0.02 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.01 |
| 3 | 0.33 | 2.00 | 0.32 | 1.68 | 0.33 | 0.32 | 0.32 | 0.01 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.00 |
| 4 | 1.34 | 0.33 | 1.33 | 1.01 | 1.35 | 1.34 | 1.34 | 0.01 | 1.32 | 1.32 | 1.32 | 0.00 |
| 5 | 1.19 | 1.19 | 2.21 | 1.02 | 1.22 | 1.23 | 1.22 | 0.01 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 0.00 |
| 6 | 1.66 | 1.62 | 1.62 | 0.04 | 1.69 | 1.69 | 1.67 | 0.02 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 0.00 |
| 7 | 1.97 | 1.97 | 1.93 | 0.04 | 1.47 | 1.47 | 1.47 | 0.00 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 0.00 |
| 8 | 2.00 | 2.01 | 1.98 | 0.03 | 2.02 | 2.01 | 2.01 | 0.01 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 |
| 9 | 3.17 | 3.15 | 3.16 | 0.02 | 3.17 | 3.14 | 3.16 | 0.03 | 3.18 | 3.18 | 3.18 | 0.00 |
| 10 | 1.00 | 0.64 | 0.62 | 0.38 | 0.66 | 0.68 | 0.67 | 0.02 | 0.65 | 1.40 | 0.62 | 0.78 |
| Total | 13.10 | 13.37 | 13.64 | 4.29 | 12.41 | 12.37 | 12.34 | 0.14 | 12.68 | 13.44 | 12.65 | 0.79 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Xbar-A | 1.3370 | Xbar-B | 1.2373 | Xbar-C | 1.2923 |
| Rbar-A | 0.4290 | Rbar-B | 0.0140 | Rbar-C | 0.0790 |
| Rbar-bar | 0.1740 | Xbar-Diff | 0.0997 | Tolerance | 2.00 |
| E.V. | 0.5307 | E.V. % | 26.5350 | P/T | 3.77 |
| A.V. | 0.2511 | A.V. % | 12.5526 | | |
| GR & R | 0.5871 | GR & R % | 29.3543 | | |

**Gage R&R (ANOVA) for MoldOff**

Gage name: Low Power Scope (#470)
Date of study: JAN 8,2004
Reported by: WINITA P.
Tolerance: 2.0 mils MAX
Misc:




*รูปที่ 7.1 แสดงการประเมินค่า %GR&R ของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยใช้วิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Gage R&R - ANOVA Method**

Gage R&R for MoldOff

Gage name : Low Power Scope (#470)

Date of study : JAN 8,2004

Reported by : WINITA P.

Tolerance : 2.0 mils MAX.

Misc:

**One-Way ANOVA Table**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| PartNum | 9 | 67.4491 | 7.49434 | 111.253 | 0.00000 |
| Repeatability | 80 | 5.3890 | 0.06736 | | |
| Total | 89 | 72.8381 | | | |

**Gage R&R**

| Source | VarComp | %Contribution (of VarComp) |
|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0.06736 | 7.55 |
| Repeatability | 0.06736 | 7.55 |
| Part-to-Part | 0.82522 | 92.45 |
| Total Variation | 0.89258 | 100.00 |

| Source | StdDev (SD) | Study Var (5.15*SD) | %Study Var (%SV) |
|---|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0.259543 | 1.33665 | 27.47 |
| Repeatability | 0.259543 | 1.33665 | 27.47 |
| Part-to-Part | 0.908416 | 4.67834 | 96.15 |
| Total Variation | 0.944766 | 4.86554 | 100.00 |

Number of Distinct Categories = 5

*รูปที่ 7.1 (ต่อ) แสดงการประเมินค่า %GR&R ของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1โดยใช้วิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel*

***MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS***

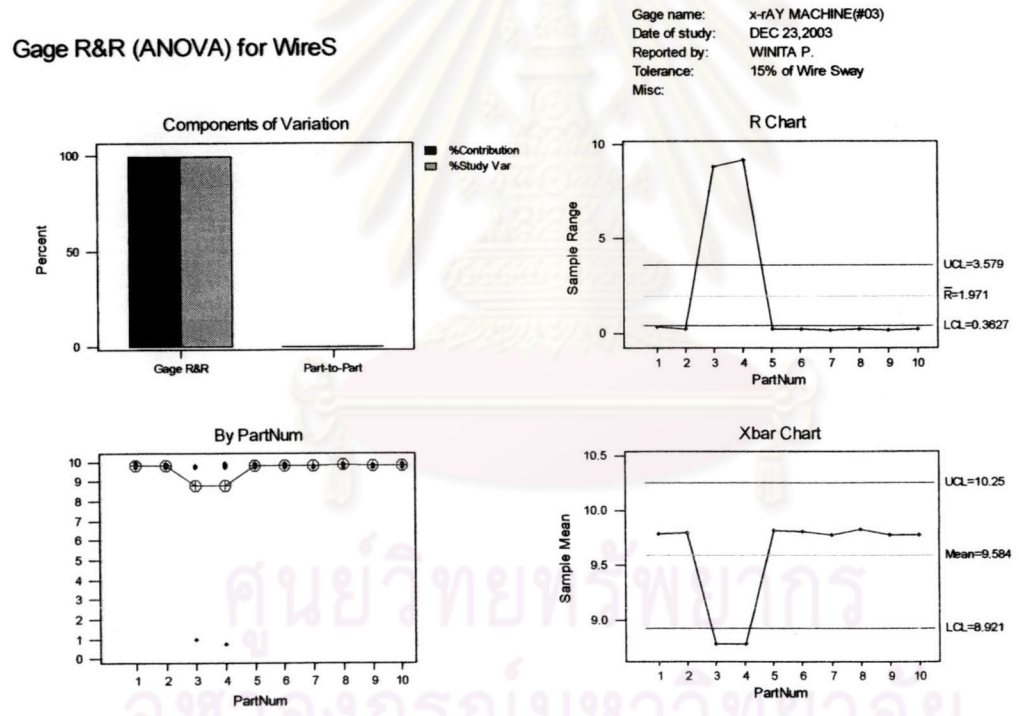
| | |
|---|---|
| Winita P. | Name |
| DEC 23,2003 | Date |

**GAUGE R&R DATA COLLECTION SHEET**

| | |
|---|---|
| Characteristic : | Wire Sway |
| Area/Operation : | Seal Operation |
| Specification : | 0 - 15% |
| Gage Name/Gage No. | X-Ray #03 |

| Operator | OPERATOR 1 | | | | OPERATOR 2 | | | | OPERATOR 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sample | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range |
| 1 | 9.78 | 9.83 | 9.81 | 0.05 | 9.76 | 9.96 | 9.65 | 0.31 | 9.65 | 9.81 | 9.76 | 0.16 |
| 2 | 9.80 | 9.89 | 9.77 | 0.12 | 9.69 | 9.82 | 9.77 | 0.13 | 9.79 | 9.73 | 9.78 | 0.06 |
| 3 | 9.81 | 0.97 | 9.73 | 8.84 | 9.81 | 9.77 | 9.73 | 0.08 | 9.81 | 9.68 | 9.69 | 0.13 |
| 4 | 9.90 | 9.81 | 9.70 | 0.20 | 9.79 | 9.69 | 9.85 | 0.16 | 0.75 | 9.79 | 9.73 | 9.04 |
| 5 | 9.89 | 9.69 | 9.83 | 0.20 | 9.83 | 9.85 | 9.79 | 0.06 | 9.90 | 9.81 | 9.67 | 0.23 |
| 6 | 9.89 | 9.75 | 9.86 | 0.14 | 9.71 | 9.81 | 9.85 | 0.14 | 9.67 | 9.77 | 9.90 | 0.23 |
| 7 | 9.81 | 9.81 | 9.69 | 0.12 | 9.77 | 9.77 | 9.68 | 0.09 | 9.77 | 9.81 | 9.81 | 0.04 |
| 8 | 9.81 | 9.79 | 9.83 | 0.04 | 9.89 | 9.83 | 9.90 | 0.07 | 9.83 | 9.67 | 9.77 | 0.16 |
| 9 | 9.79 | 9.85 | 9.81 | 0.06 | 9.68 | 9.68 | 9.77 | 0.09 | 9.79 | 9.83 | 9.69 | 0.14 |
| 10 | 9.78 | 9.77 | 9.79 | 0.02 | 9.69 | 9.78 | 9.68 | 0.10 | 9.90 | 9.77 | 9.77 | 0.13 |
| Total | 98.26 | 89.16 | 97.82 | 9.79 | 97.62 | 97.96 | 97.67 | 1.23 | 88.86 | 97.67 | 97.57 | 10.32 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Xbar-A | 9.5079 | Xbar-B | 9.7750 | Xbar-C | 9.4700 |
| Rbar-A | 0.9792 | Rbar-B | 0.1230 | Rbar-C | 1.0320 |
| Rbar-bar | 0.7114 | Xbar-Diff | 0.3050 | Tolerance | 15.00 |
| E.V. | 2.1698 | E.V. % | 14.4651 | P/T | 6.91 |
| A.V. | 0.7220 | A.V. % | 4.8130 | | |
| GR & R | 2.2867 | GR & R % | 15.2449 | | |




*รูปที่ 7.2 แสดงการประเมินค่า %GR&R ของเครื่องเอกซเรย์หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1โดยใช้วิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Gage R&R - ANOVA Method**

Gage R&R for WireS

Gage name: x-rAY MACHINE(#03)

Date of study: DEC 23,2003

Reported by: WINITA P.

Tolerance: 15% of Wire Sway

Misc:

**One-Way ANOVA Table**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| PartNum | 9 | 14.639 | 1.62652 | 0.919685 | 0.51270 |
| Repeatability | 80 | 141.485 | 1.76857 | | |
| Total | 89 | 156.124 | | | |

**Gage R&R**

| Source | VarComp | %Contribution (of VarComp) |
|---|---|---|
| Total Gage R&R | 1.7686 | 100.00 |
| Repeatability | 1.7686 | 100.00 |
| Part-to-Part | 0.0000 | 0.00 |
| Total Variation | 1.7686 | 100.00 |

| Source | StdDev (SD) | Study Var (5.15*SD) | %Study Var (%SV) |
|---|---|---|---|
| Total Gage R&R | 1.32987 | 6.84885 | 100.00 |
| Repeatability | 1.32987 | 6.84885 | 100.00 |
| Part-to-Part | 0.00000 | 0.00000 | 0.00 |
| Total Variation | 1.32987 | 6.84885 | 100.00 |

Number of Distinct Categories = 0

*รูปที่ 7.2 (ต่อ)แสดงการประเมินค่า %GR&R ของเครื่องเอกซเรย์หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1โดยใช้วิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel*

## *MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS*

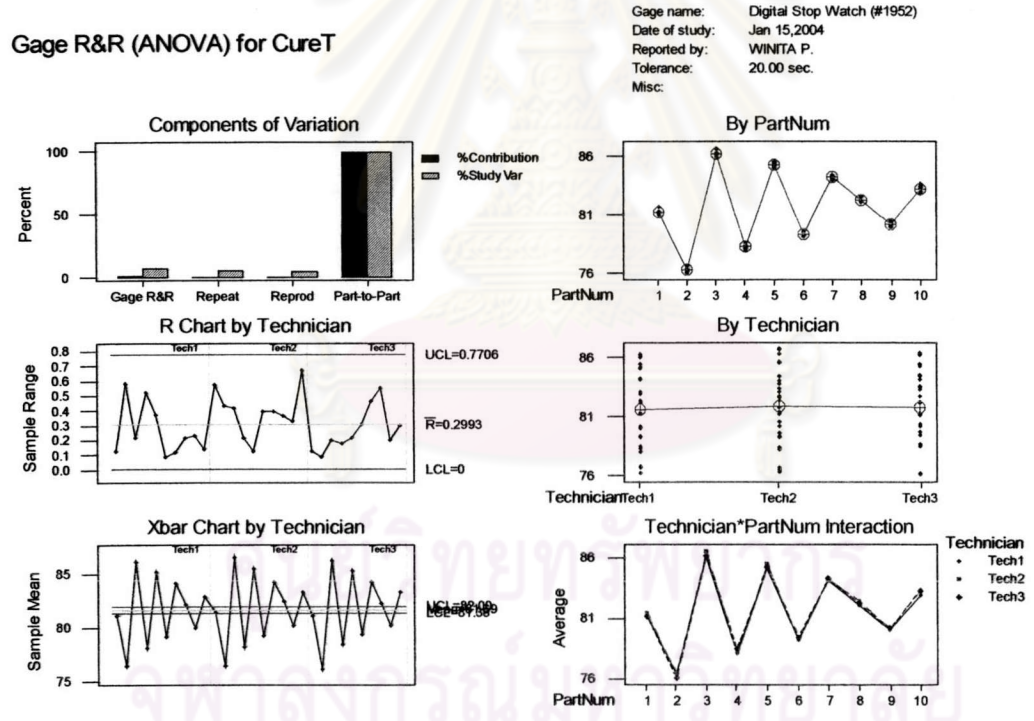
Winita P.
Name
Jan 15,2004
Date

**GAUGE R&R DATA COLLECTION SHEET**

| | |
|---|---|
| Characteristic : | Cure time |
| Area/Operation : | Seal Operation |
| Specification : | 70 - 90 sec. |
| Gage Name/Gage No. | Digital stop watch /1952 |

| Operator | Technician 1 | | | | Technician 2 | | | | Technician 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sample | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range |
| 1 | 81.26 | 81.14 | 81.20 | 0.12 | 81.20 | 81.39 | 81.77 | 0.57 | 81.19 | 81.21 | 81.09 | 0.12 |
| 2 | 76.62 | 76.14 | 76.72 | 0.58 | 76.38 | 76.65 | 76.22 | 0.43 | 76.15 | 76.13 | 76.07 | 0.08 |
| 3 | 86.24 | 86.16 | 86.03 | 0.21 | 86.66 | 86.31 | 86.72 | 0.41 | 86.24 | 86.19 | 86.38 | 0.19 |
| 4 | 78.43 | 78.18 | 77.91 | 0.52 | 78.14 | 78.35 | 78.31 | 0.21 | 78.41 | 78.41 | 78.58 | 0.17 |
| 5 | 85.45 | 85.18 | 85.08 | 0.37 | 85.49 | 85.61 | 85.54 | 0.12 | 85.20 | 85.27 | 85.41 | 0.21 |
| 6 | 79.25 | 79.17 | 79.19 | 0.08 | 79.13 | 79.25 | 79.52 | 0.39 | 79.34 | 79.33 | 79.63 | 0.30 |
| 7 | 84.20 | 84.19 | 84.09 | 0.11 | 84.34 | 84.02 | 84.41 | 0.39 | 84.39 | 84.06 | 84.52 | 0.46 |
| 8 | 82.13 | 82.09 | 82.30 | 0.21 | 82.33 | 82.54 | 82.69 | 0.36 | 82.08 | 82.63 | 82.20 | 0.55 |
| 9 | 80.16 | 79.94 | 80.02 | 0.22 | 80.13 | 80.45 | 80.13 | 0.32 | 80.13 | 80.32 | 80.28 | 0.19 |
| 10 | 83.02 | 83.04 | 82.91 | 0.13 | 83.04 | 83.33 | 83.71 | 0.67 | 83.49 | 83.20 | 83.42 | 0.29 |
| Total | 816.76 | 815.23 | 815.45 | 2.55 | 816.84 | 817.90 | 819.02 | 3.87 | 816.62 | 816.75 | 817.58 | 2.56 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Xbar-A | 81.5813 | Xbar-B | 81.7920 | Xbar-C | 81.6983 |
| Rbar-A | 0.2550 | Rbar-B | 0.3870 | Rbar-C | 0.2560 |
| Rbar-bar | 0.2993 | Xbar-Diff | 0.2107 | Tolerance | 20.00 |
| E.V. | 0.9130 | E.V. % | 4.5648 | P/T | 21.91 |
| A.V. | 0.5438 | A.V. % | 2.7191 | | |
| GR & R | 1.0627 | GR & R % | 5.3133 | | |




*รูปที่ 7.3 แสดงการประเมินค่า %GR&R ของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอลหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยใช้วิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel*

**Gage R&R Study - ANOVA Method**

Gage R&R for CureT

Gage name: Digital Stop Watch (#1952)

Date of study: Dec 9,2004

Reported by: Winita P.

Tolerance: 20 sec.

Misc:

**Two-Way ANOVA Table With Interaction**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| PartNum | 9 | 629.86 | 69.9849 | 3.27485 | 0.01542 |
| Technician | 2 | 39.66 | 19.8297 | 0.92791 | 0.41349 |
| Technician*PartNum | 18 | 384.67 | 21.3704 | 1.03009 | 0.44190 |
| Repeatability | 60 | 1244.77 | 20.7461 | | |
| Total | 89 | 2298.96 | | | |

**Two-Way ANOVA Table Without Interaction**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| PartNum | 9 | 629.86 | 69.9849 | 3.35014 | 0.00163 |
| Technician | 2 | 39.66 | 19.8297 | 0.94924 | 0.39146 |
| Repeatability | 78 | 1629.43 | 20.8902 | | |
| Total | 89 | 2298.96 | | | |

*รูปที่ 7.3 (ต่อ) แสดงการประเมินค่า % GR&R ของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอลหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Gage R&R**

| Source | VarComp | %Contribution (of VarComp) |
|---|---|---|
| Total Gage R&R | 20.890 | 79.29 |
| Repeatability | 20.890 | 79.29 |
| Reproducibility | 0.000 | 0.00 |
| Technician | 0.000 | 0.00 |
| Part-To-Part | 5.455 | 20.71 |
| Total Variation | 26.345 | 100.00 |

| Source | StdDev (SD) | Study Var (5.15*SD) | %Study Var (%SV) |
|---|---|---|---|
| Total Gage R&R | 4.57058 | 23.5385 | 89.05 |
| Repeatability | 4.57058 | 23.5385 | 89.05 |
| Reproducibility | 0.00000 | 0.0000 | 0.00 |
| Technician | 0.00000 | 0.0000 | 0.00 |
| Part-To-Part | 2.33559 | 12.0283 | 45.50 |
| Total Variation | 5.13275 | 26.4337 | 100.00 |

Number of Distinct Categories = 1

*รูปที่ 7.3 (ต่อ) แสดงการประเมินค่า % GR&R ของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอลหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## *MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS*

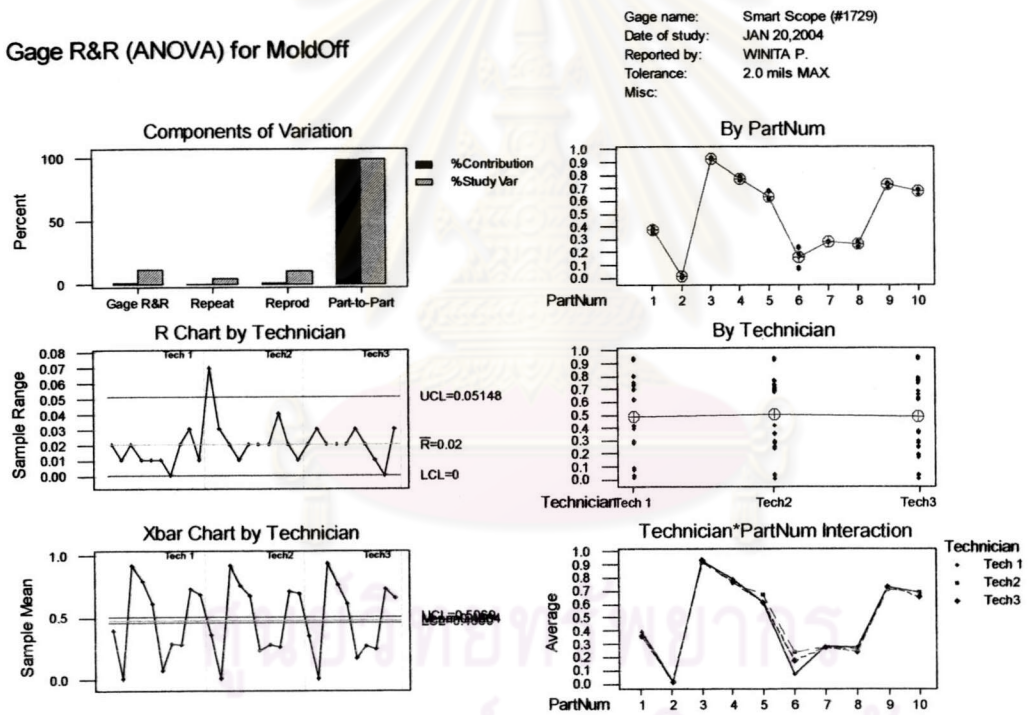
Winita P.
Name
JAN 20,2004
Date

GAUGE R&R
DATA COLLECTION SHEET

| | |
|---|---|
| Characteristic : | Mold Off Set |
| Area/Operation : | Seal Operation |
| Specification : | 2.0 mils Max. |
| Gage Name/Gage No. | Smart Scope/ 1729 |

| Operator | Technician 1 | | | | Technician 2 | | | | Technician 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sample | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range |
| 1 | 0.41 | 0.40 | 0.39 | 0.02 | 0.35 | 0.34 | 0.41 | 0.07 | 0.37 | 0.35 | 0.36 | 0.02 |
| 2 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.02 | 0.03 |
| 3 | 0.94 | 0.92 | 0.93 | 0.02 | 0.92 | 0.94 | 0.92 | 0.02 | 0.94 | 0.93 | 0.95 | 0.02 |
| 4 | 0.80 | 0.80 | 0.79 | 0.01 | 0.77 | 0.76 | 0.77 | 0.01 | 0.78 | 0.77 | 0.76 | 0.02 |
| 5 | 0.62 | 0.62 | 0.61 | 0.01 | 0.68 | 0.69 | 0.67 | 0.02 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.02 |
| 6 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.01 | 0.23 | 0.25 | 0.24 | 0.02 | 0.18 | 0.16 | 0.19 | 0.03 |
| 7 | 0.29 | 0.29 | 0.29 | 0.00 | 0.28 | 0.27 | 0.29 | 0.02 | 0.29 | 0.27 | 0.27 | 0.02 |
| 8 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.02 | 0.29 | 0.25 | 0.25 | 0.04 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.01 |
| 9 | 0.72 | 0.75 | 0.73 | 0.03 | 0.73 | 0.72 | 0.71 | 0.02 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.00 |
| 10 | 0.69 | 0.70 | 0.69 | 0.01 | 0.70 | 0.70 | 0.69 | 0.01 | 0.65 | 0.68 | 0.65 | 0.03 |
| Total | 4.85 | 4.85 | 4.79 | 0.14 | 4.98 | 4.92 | 4.97 | 0.26 | 4.86 | 4.76 | 4.80 | 0.20 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Xbar-A | 0.4830 | Xbar-B | 0.4956 | Xbar-C | 0.4807 |
| Rbar-A | 0.0140 | Rbar-B | 0.0258 | Rbar-C | 0.0200 |
| Rbar-bar | 0.0199 | Xbar-Diff | 0.0149 | Tolerance | 2.00 |
| E.V. | 0.0608 | E.V. % | 3.0398 | P/T | 32.90 |
| A.V. | 0.0388 | A.V. % | 1.9381 | | |
| GR & R | 0.0721 | GR & R % | 3.6051 | | |




*รูปที่ 7.4 แสดงการประเมินค่า % GR&R ของเครื่องสมาร์ทสโคปหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

**Gage R&R Study - ANOVA Method**

Gage R&R for MoldOff

Gage name: Smart Scope (#1729)

Date of study: JAN 20,2004

Reported by: WINITA P.

Tolerance: 2.0 mils MAX.

Misc:

**Two-Way ANOVA Table With Interaction**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| PartNum | 9 | 7.50900 | 0.834333 | 268.701 | 0.00000 |
| Technician | 2 | 0.00391 | 0.001954 | 0.629 | 0.54422 |
| Technician*PartNum | 18 | 0.05589 | 0.003105 | 19.273 | 0.00000 |
| Repeatability | 60 | 0.00967 | 0.000161 | | |
| Total | 89 | 7.57846 | | | |

**Gage R&R**

| Source | VarComp | %Contribution (of VarComp) |
|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0.001142 | 1.22 |
| Repeatability | 0.000161 | 0.17 |
| Reproducibility | 0.000981 | 1.05 |
| Technician | 0.000000 | 0.00 |
| Technician*PartNum | 0.000981 | 1.05 |
| Part-To-Part | 0.092359 | 98.78 |
| Total Variation | 0.093501 | 100.00 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*รูปที่ 7.4 (ต่อ) แสดงการประเมินค่า % GR&R ของเครื่องสมาร์ทสโคปหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

| Source | StdDev (SD) | Study Var (5.15*SD) | %Study Var (%SV) |
|---|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0.033800 | 0.17407 | 11.05 |
| Repeatability | 0.012693 | 0.06537 | 4.15 |
| Reproducibility | 0.031326 | 0.16133 | 10.24 |
| Technician | 0.000000 | 0.00000 | 0.00 |
| Technician*PartNum | 0.031326 | 0.16133 | 10.24 |
| Part-To-Part | 0.303906 | 1.56511 | 99.39 |
| Total Variation | 0.305779 | 1.57476 | 100.00 |

Number of Distinct Categories = 13

*รูปที่ 7.4 (ต่อ) แสดงการประเมินค่า % GR&R ของเครื่องสมาร์ทสโคปหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

***MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS***

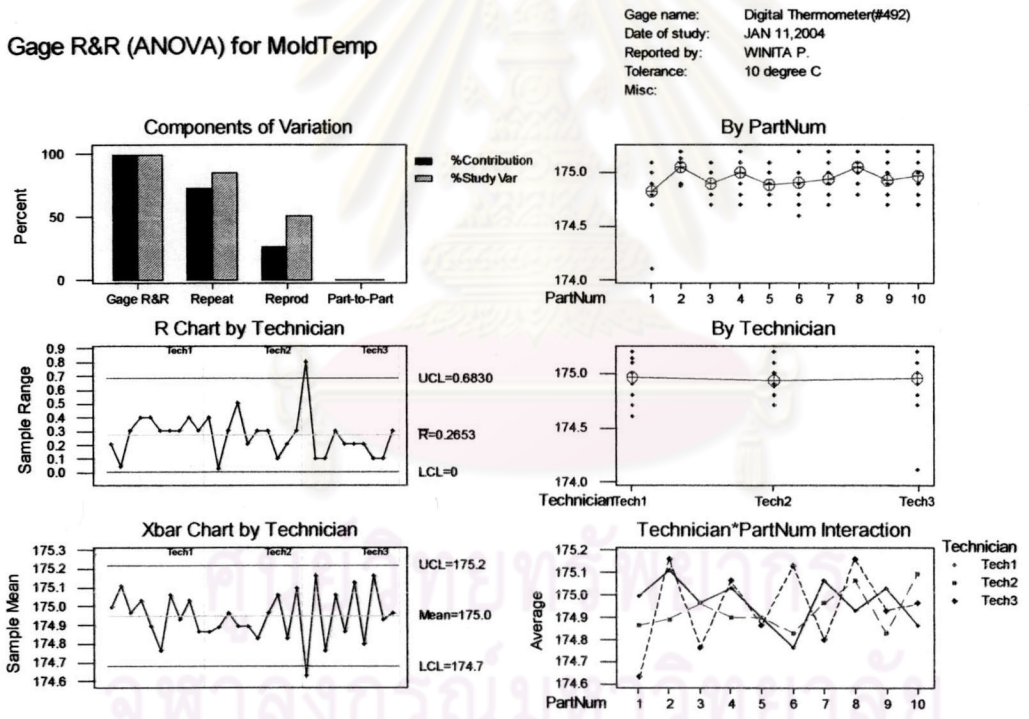
| | |
|---|---|
| Winita P. | Name |
| JAN 11,2004 | Date |

**GAUGE R&R DATA COLLECTION SHEET**

| | |
|---|---|
| Characteristic : | Mold Temperature |
| Area/Operation : | Seal Operation |
| Specification : | 170 - 180 °C |
| Gage Name/Gage No. | Digital Thermometer/ 492 |

| Operator | Technician# 127507D | | | | Technician#170897A | | | | Technician#165044C | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sample | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range |
| 1 | 174.90 | 175.00 | 175.10 | 0.20 | 174.80 | 175.10 | 174.70 | 0.40 | 174.10 | 174.90 | 174.90 | 0.80 |
| 2 | 175.10 | 175.14 | 175.10 | 0.04 | 174.88 | 174.90 | 174.90 | 0.02 | 175.20 | 175.10 | 175.20 | 0.10 |
| 3 | 174.80 | 175.00 | 175.10 | 0.30 | 175.00 | 175.10 | 174.80 | 0.30 | 174.80 | 174.80 | 174.70 | 0.10 |
| 4 | 175.10 | 174.80 | 175.20 | 0.40 | 174.70 | 174.80 | 175.20 | 0.50 | 175.20 | 175.10 | 174.90 | 0.30 |
| 5 | 174.70 | 175.10 | 174.90 | 0.40 | 174.90 | 175.00 | 174.80 | 0.20 | 174.80 | 174.80 | 175.00 | 0.20 |
| 6 | 174.60 | 174.90 | 174.80 | 0.30 | 174.80 | 174.70 | 175.00 | 0.30 | 175.20 | 175.20 | 175.00 | 0.20 |
| 7 | 174.90 | 175.10 | 175.20 | 0.30 | 175.10 | 175.00 | 174.80 | 0.30 | 174.70 | 174.90 | 174.80 | 0.20 |
| 8 | 175.10 | 174.90 | 174.80 | 0.30 | 175.00 | 175.10 | 175.10 | 0.10 | 175.10 | 175.20 | 175.20 | 0.10 |
| 9 | 174.80 | 175.20 | 175.10 | 0.40 | 174.90 | 174.70 | 174.90 | 0.20 | 175.00 | 174.90 | 174.90 | 0.10 |
| 10 | 175.00 | 174.70 | 174.90 | 0.30 | 175.20 | 174.90 | 175.20 | 0.30 | 174.80 | 175.00 | 175.10 | 0.30 |
| Total | 1749.00 | 1749.84 | 1750.20 | 2.94 | 1749.28 | 1749.30 | 1749.40 | 2.62 | 1748.90 | 1749.90 | 1749.70 | 2.40 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Xbar-A | 174.9680 | Xbar-B | 174.9327 | Xbar-C | 174.9500 |
| Rbar-A | 0.2940 | Rbar-B | 0.2620 | Rbar-C | 0.2400 |
| Rbar-bar | 0.2653 | Xbar-Diff | 0.0353 | Tolerance | 10.00 |
| E.V. | 0.8093 | E.V. % | 8.0927 | P/T | 12.36 |
| A.V. | 0.1128 | A.V. % | 1.1282 | | |
| GR & R | 0.8171 | GR & R % | 8.1709 | | |




*รูปที่ 7.5 แสดงการประเมินค่า % GR&R ของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

**Gage R&R Study - ANOVA Method**

Gage R&R for MoldTemp

Gage name: Digital Thermometer(#492)

Date of study: JAN 11,2004

Reported by: WINITA P.

Tolerance: 10 degree C

Misc:

**Two-Way ANOVA Table With Interaction**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| PartNum | 9 | 0.42926 | 0.0476958 | 0.85425 | 0.57939 |
| Technician | 2 | 0.01873 | 0.0093644 | 0.16772 | 0.84690 |
| Technician*PartNum | 18 | 1.00500 | 0.0558336 | 2.08334 | 0.01783 |
| Repeatability | 60 | 1.60800 | 0.0268000 | | |
| Total | 89 | 3.06100 | | | |

**Gage R&R**

| Source | VarComp | %Contribution (of VarComp) |
|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0.036478 | 100.00 |
| Repeatability | 0.026800 | 73.47 |
| Reproducibility | 0.009678 | 26.53 |
| Technician | 0.000000 | 0.00 |
| Technician*PartNum | 0.009678 | 26.53 |
| Part-To-Part | 0.000000 | 0.00 |
| Total Variation | 0.036478 | 100.00 |

*รูปที่ 7.5 (ต่อ) แสดงการประเมินค่า % GR&R ของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Source | StdDev (SD) | Study Var (5.15*SD) | %Study Var (%SV) |
|---|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0.190992 | 0.983608 | 100.00 |
| Repeatability | 0.163707 | 0.843091 | 85.71 |
| Reproducibility | 0.098376 | 0.506637 | 51.51 |
| Technician | 0.000000 | 0.000000 | 0.00 |
| Technician*PartNum | 0.098376 | 0.506637 | 51.51 |
| Part-To-Part | 0.000000 | 0.000000 | 0.00 |
| Total Variation | 0.190992 | 0.983608 | 100.00 |

Number of Distinct Categories = 0

*รูปที่ 7.5 (ต่อ) แสดงการประเมินค่า % GR&R ของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการคำนวณผลของค่า % GR&R หลังการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด ครั้งที่ 1 สามารถสรุปค่า % GR%R ได้ดังตารางที่ 7.1

| ลำดับ | ชื่อเครื่องมือวัด | หลังปรับปรุง | แหล่งความผันแปร | |
|---|---|---|---|---|
| | | %GR&R | % EV | % AV |
| 1. | กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล | 29.35 | 26.53 | 12.55 |
| 2. | เครื่องเอกซเรย์ | 15.24 | 14.46 | 4.81 |
| 3. | นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล | 5.31 | 4.56 | 2.72 |
| 4. | เครื่องสมาร์ทสโคป | 3.60 | 3.04 | 1.94 |
| 5. | เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล | 8.17 | 8.09 | 1.23 |

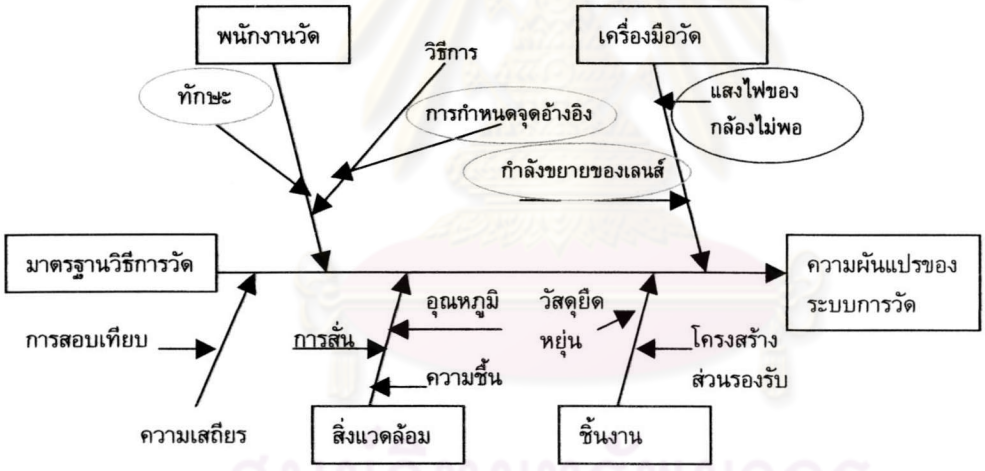
*ตารางที่ 7.1 สรุปผลการประเมินค่า % GR&R ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1*

จากการคำนวณเพื่อประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดจากข้อมูลในตารางที่ 7.1 พบว่ามีเครื่องมือวัดทีมีค่า % GR&R น้อยกว่า 10% หลังจากมีการปรับปรุงและแก้ไขแล้ว ได้แก่ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล แต่ยังมีเครื่องมือมีค่า % GR&R มากกกว่า 10% คือ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล และเครื่องเอกซเรย์ แสดงว่าระบบการวัดของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล และเครื่องเอกซเรย์ยังไม่พอเพียงที่จะตรวจจับความผันแปรที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานในสายการผลิต จึงต้องทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุและทำการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นของเครื่องมือวัด เพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลเพื่อหาสาเหตุของความผันแปรของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดได้ดังนี้

### *7.1.1 การวิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกลวัด*

จากข้อมูลค่า % GR&R = 29.35 % จากตารางที่ 7.1 และการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA จากรูปที่ 7.1 หมายความว่า ถ้าหากค่าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องมาจากระบบการวัด 29.35 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า เกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

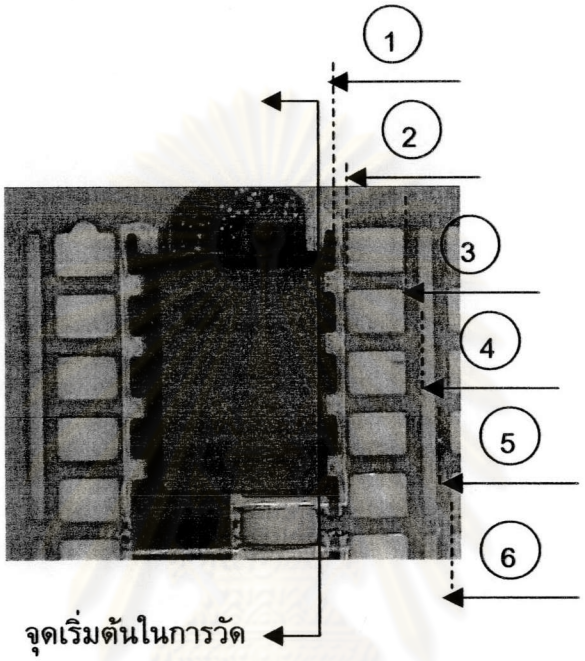
การวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดจาก % EV = 26.53% และ % AV = 12.55% จากตารางที่ 7.1 และข้อมูลจากรูปที่ 7.1 พบว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดมีมากกว่าความผันแปรจากพนักงาน ดังนั้นในการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรจึงยังคงวิเคราะห์ทั้งสาเหตุจากวิธีการทำงานและเครื่องมือวัด เพื่อปรับปรุงระบบการวัดให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังแผนภูมิก้างปลาด้านล่างนี้




สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปจากแผนภูมิก้างปลาข้างต้น พบว่าความผันแปรที่เกิดจาก ชิ้นงาน สิ่งแวดล้อม และมาตรฐานวิธีการวัด ไม่มีเป็นนัยสำคัญต่อความผันแปรที่เกิดขึ้นสืบเนื่องจาก วัสดุของชิ้นงานไม่มีความยืดหยุ่น สิ่งแวดล้อมของระบบการวัดอยู่ภายในเกณฑ์ที่ควบคุมไว้ขณะทำการประเมิน และเครื่องมือวัดอยู่ในสภาวะเสถียร ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากเครื่องมือวัด และจากพนักงานผู้วัด

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงานและเครื่องมือวัด

1. การกำหนดค่าเริ่มต้น และหรือการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงของการวัดของพนักงานแต่ละคนไม่เหมือนกันอยู่ทำให้ค่าที่อ่านได้มีความแตกต่างกัน จึงมีการอ่านค่าจากสเกลหน้าปัดที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 7.6 ที่แสดงถึงความหลากหลายของจุดอ้างอิงของการวัดที่พนักงานใช้ในการวัด

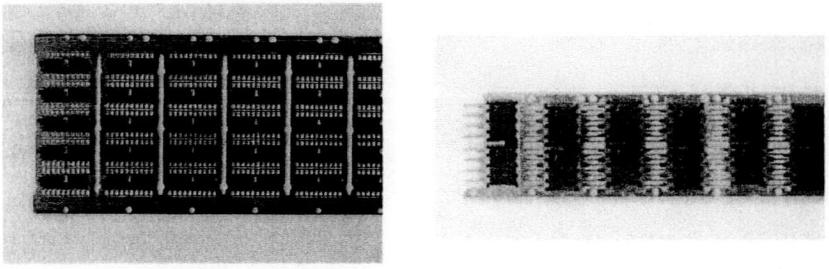



*รูปที่ 7.6 แสดงความหลากหลายของจุดอ้างอิงของการวัดที่พนักงานใช้ในการวัด*

2. ความสว่างของแสงไฟที่ใช้สำหรับการวัดของเครื่องมือวัดไม่เพียงพอ ซึ่งส่งผลต่อการปรับระยะโฟกัสเพื่อความชัดเจนของภาพ

3. การขยายภาพของกล้องไม่เพียงพอที่จะใช้โฟกัสภาพให้ชัดเจน จุดที่ต้องใช้ในการอ้างอิง เช่นจุดที่มีการกกระจายตัวของคอมปาวด์หรือพลาสติกออกมา

4. สืบเนื่องมาจากรูปแบบการปฏิบัติงานของพนักงานต้องหมุนเวียนกันไป และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ทำให้พนักงานขาดความชำนาญในการวัดผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นความหลายหลายของลักษณะแผงเฟรม ดังรูปที่ 7.7



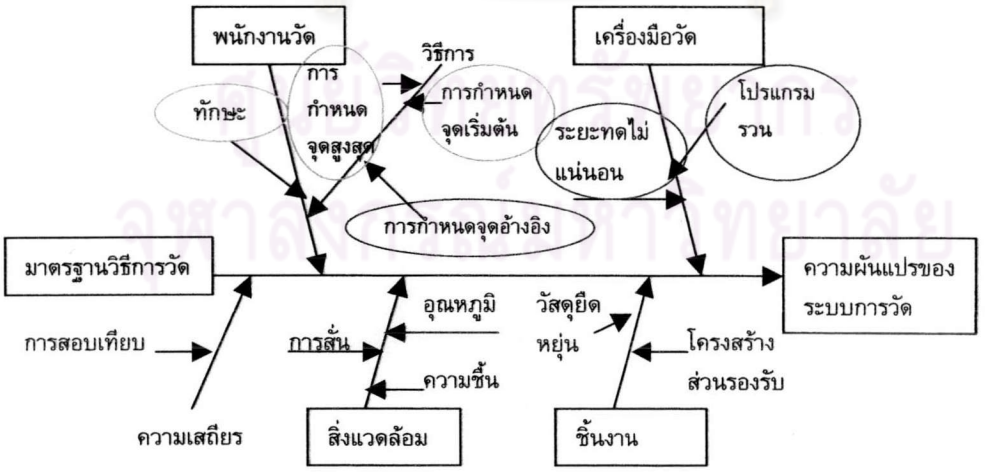
(ก) (ข)

*รูปที่ 7.7 แสดงความหลายหลายของแผงเฟรม*

***7.1.2 การวิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 ของเครื่องเอกซเรย์***

จากข้อมูลค่า % GR&R = 15.24 % จากตารางที่ 7.1 และการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA จากรูปที่ 7.2 หมายความว่า ถ้าหากค่าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องมาจากระบบการวัด 15.24 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า เกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

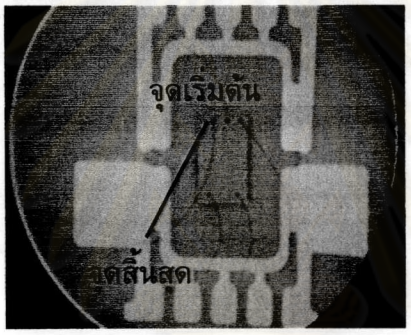
การวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดจาก % EV = 14.46 % และ % AV = 4.81% จากตารางที่ 7.1 และข้อมูลจากรูปที่ 7.2 พบว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดมีมากกว่าความผันแปรจากพนักงาน จึงยังคงวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากเครื่องมือวัดและวิธีการทำงาน



สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดของเครื่องเอกซเรย์จากแผนภูมิก้างปลาข้างต้น พบว่าความผันแปรที่เกิดจาก ชิ้นงาน สิ่งแวดล้อม และมาตรฐานวิธีการวัด ไม่มีเป็นนัยสำคัญต่อความผันแปรที่เกิดขึ้นสืบเนื่องจาก วัสดุของชิ้นงานไม่มีความยืดหยุ่น สิ่งแวดล้อมของระบบการวัดอยู่ภายในเกณฑ์ที่ควบคุมไว้ขณะทำการประเมิน และเครื่องมือวัดอยู่ในสภาวะเสถียร ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากเครื่องมือวัด และจากพนักงานผู้วัด

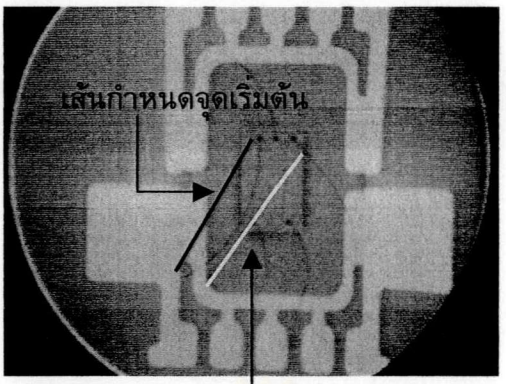
การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงานและเครื่องมือวัด

1. ความแตกต่างในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงในการเริ่มต้นของการวัดและตำแหน่งสิ้นสุดสำหรับการวัดไม่ถูกต้องยังคงมีอยู่ คือไม่กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นอ้างอิงให้ใกล้เคียงกับตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของเส้นลวดให้มากที่สุด เนื่องจากการที่ไม่เข้าใจถึงความสำคัญของการกำหนดจุด ดังรูปที่ 7.8




*รูปที่ 7.8 แสดงการไม่กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นอ้างอิงให้ใกล้เคียงกับตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดที่แท้จริงของเส้นลวด*

2. ความแตกต่างและความไม่ถูกต้องในการกำหนดจุดสูงสุดในการเบี่ยงเบนของเส้นลวดของพนักงานวัด เนื่องจากการที่ไม่เข้าใจถึงความสำคัญของการกำหนดจุดเช่นกัน ดังรูปที่ 7.9




*รูปที่ 7.9 แสดงความไม่ถูกต้องในการกำหนดจุดสูงสุดในการเบี่ยงเบน ของเส้นลวดของพนักงานวัด*

3. ความสามารถในการวัดของพนักงานวัดแต่ละคนมีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากการหมุนเวียนสลับสับเปลี่ยนพนักงานผู้ทำหน้าที่ในการวัด ทำให้พนักงานขาดทักษะความชำนาญในการวัด หรือการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์

4. ระบบการแสดงภาพโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบ ชำรุด คือ ตัวหนังสือสลับกลับหัว

5. ชุดแท่นซูมสเกลของการวัดมีระยะการเคลื่อนที่หรือระยะทดของการเคลื่อนที่ยังคงไม่แน่นอนอยู่ทำให้ได้ระยะโฟกัสของภาพที่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ผลเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่ กล้องโลเพาเวอร์สโคปแบบมีสเกล และเครื่องเอกซเรย์ ยังคงมีค่าความแม่นยำของระบบการวัดไม่เพียงพอ หรือค่า % GR&R ยังคงมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ เมื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 จากการวิเคราะห์ผลของค่า %GR%R จากการแก้ไขและปรับปรุงในครั้งที่ 1 ได้ผลการประเมินค่าความแม่นยำหลังดำเนินการแก้ไขในครั้งที่ 2 ดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 7.10 และ รูปที่ 7.11

***MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS***

| | |
|---|---|
| Winita P. | |
| Name | GAUGE R&R DATA COLLECTION SHEET |
| JAN 19,2004 | |
| Date | |

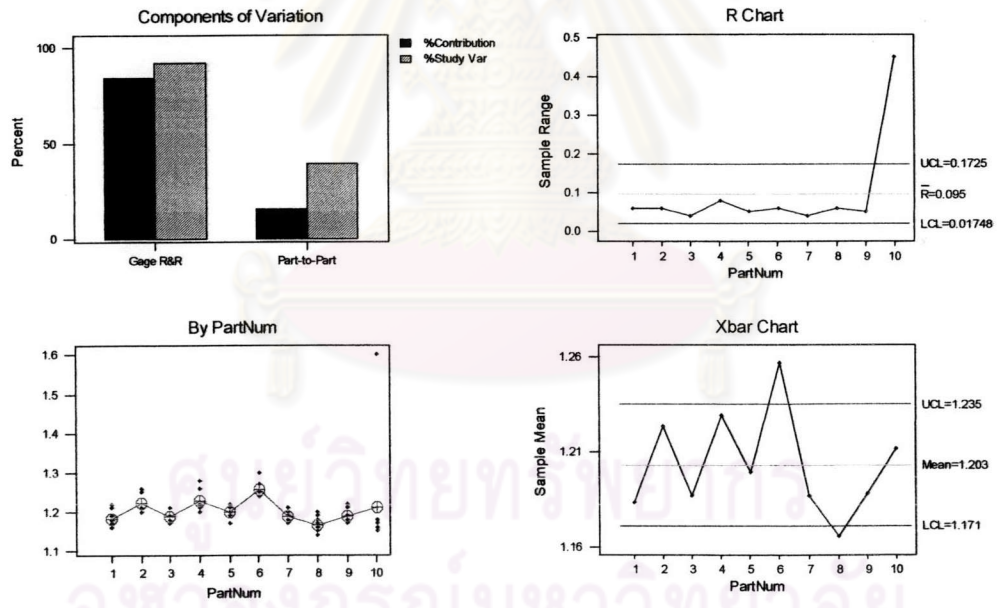
| | |
|---|---|
| Characteristic : | Mold Off Set |
| Area/Operation : | Seal Operation |
| Specification : | 2.0 mils Max. |
| Gage Name/Gage No. | Low power microscope /470 |

| Operator | OPERATOR 1 | | | | OPERATOR 2 | | | | OPERATOR 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sample | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range |
| 1 | 1.17 | 1.21 | 1.22 | 0.05 | 1.18 | 1.17 | 1.17 | 0.01 | 1.16 | 1.19 | 1.18 | 0.03 |
| 2 | 1.25 | 1.25 | 1.26 | 0.01 | 1.21 | 1.20 | 1.21 | 0.01 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 0.00 |
| 3 | 1.21 | 1.21 | 1.18 | 0.03 | 1.18 | 1.19 | 1.18 | 0.01 | 1.18 | 1.17 | 1.18 | 0.01 |
| 4 | 1.28 | 1.26 | 1.26 | 0.02 | 1.21 | 1.21 | 1.20 | 0.01 | 1.22 | 1.21 | 1.21 | 0.01 |
| 5 | 1.17 | 1.21 | 1.22 | 0.05 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 0.00 | 1.20 | 1.22 | 1.20 | 0.02 |
| 6 | 1.30 | 1.27 | 1.27 | 0.03 | 1.25 | 1.25 | 1.24 | 0.01 | 1.24 | 1.25 | 1.24 | 0.01 |
| 7 | 1.20 | 1.18 | 1.21 | 0.03 | 1.19 | 1.19 | 1.19 | 0.00 | 1.18 | 1.17 | 1.17 | 0.01 |
| 8 | 1.19 | 1.18 | 1.20 | 0.02 | 1.14 | 1.15 | 1.15 | 0.01 | 1.15 | 1.16 | 1.17 | 0.02 |
| 9 | 1.19 | 1.22 | 1.21 | 0.03 | 1.18 | 1.18 | 1.18 | 0.00 | 1.19 | 1.17 | 1.17 | 0.02 |
| 10 | 1.18 | 1.16 | 1.18 | 0.02 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 0.00 | 1.60 | 1.16 | 1.17 | 0.44 |
| Total | 12.14 | 12.15 | 12.21 | 0.29 | 11.88 | 11.88 | 11.86 | 0.06 | 12.33 | 11.91 | 11.90 | 0.57 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Xbar-A | 1.2167 | Xbar-B | 1.1873 | Xbar-C | 1.2047 |
| Rbar-A | 0.0290 | Rbar-B | 0.0060 | Rbar-C | 0.0570 |
| Rbar-bar | 0.0307 | Xbar-Diff | 0.0293 | Tolerance | 2.00 |
| E.V. | 0.0935 | E.V. % | 4.6767 | P/T | 21.38 |
| A.V. | 0.0773 | A.V. % | 3.8669 | | |
| GR & R | 0.1214 | GR & R % | 6.0683 | | |

**Gage R&R (ANOVA) for MoldOff**

Gage name: Low Power Microscope (#470)
Date of study: JAN 19,2004
Reported by: WINITA P.
Tolerance: 2.0 mils MAX
Misc:




รูปที่ 7.10 แสดงการประเมินค่า % GR&R ของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปหลังการปรับปรุง

ครั้งที่ 2 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Gage R&R - ANOVA Method**

Gage R&R for MoldOff

Gage name: Low Power Microscope (#470)

Date of study: JAN 19,2004

Reported by: WINITA P.

Tolerance: 2.0 mils MAX.

Misc:

**One-Way ANOVA Table**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| PartNum | 9 | 0.059404 | 0.0066005 | 2.64490 | 0.00981 |
| Repeatability | 80 | 0.199644 | 0.0024956 | | |
| Total | 89 | 0.259049 | | | |

**Gage R&R**

| Source | VarComp | %Contribution (of VarComp) |
|---|---|---|
| Total Gage R&R | 2.50E-03 | 84.55 |
| Repeatability | 2.50E-03 | 84.55 |
| Part-to-Part | 4.56E-04 | 15.45 |
| Total Variation | 2.95E-03 | 100.00 |

| Source | StdDev (SD) | Study Var (5.15*SD) | %Study Var (%SV) |
|---|---|---|---|
| Total Gage R&R | 5.00E-02 | 0.257271 | 91.95 |
| Repeatability | 5.00E-02 | 0.257271 | 91.95 |
| Part-to-Part | 2.14E-02 | 0.109986 | 39.31 |
| Total Variation | 5.43E-02 | 0.279795 | 100.00 |

Number of Distinct Categories = 1

*รูปที่ 7.10 (ต่อ) แสดงการประเมินค่า % GR&R ของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

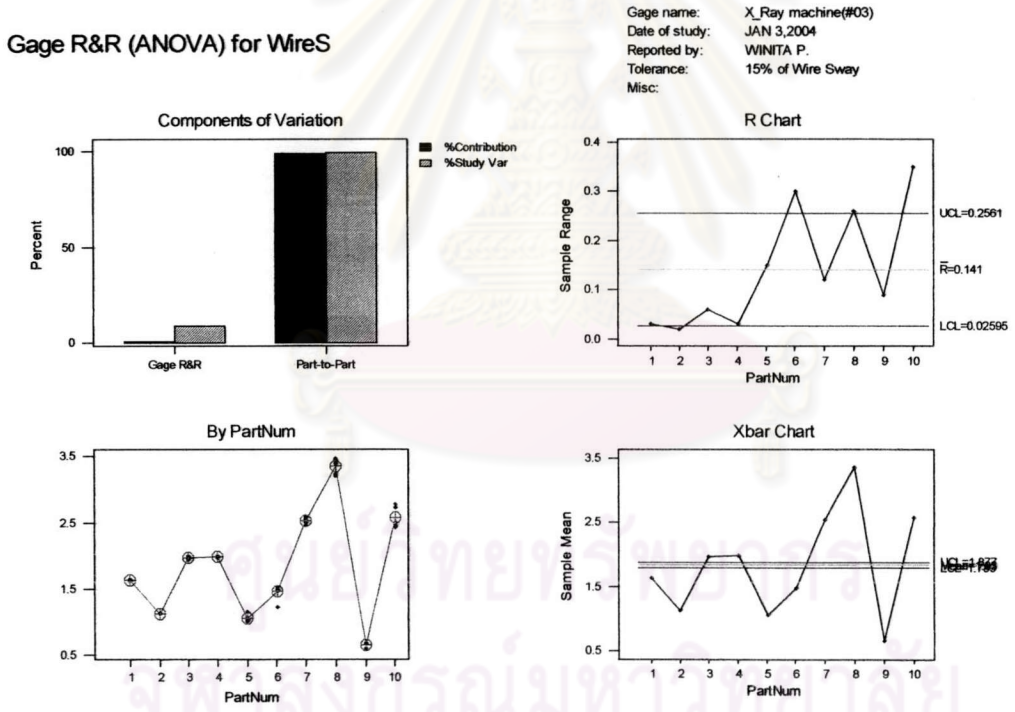
***MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS***

| | |
|---|---|
| Winita P. | |
| Name | GAUGE R&R DATA COLLECTION SHEET |
| JAN 9,2004 | |
| Date | |

| | |
|---|---|
| Characteristic : | Wire Sway |
| Area/Operation : | Seal Operation |
| Specification : | 0 - 15% |
| Gage Name/Gage No. | X-Ray #03 |

| Operator | OPERATOR 1 | | | | OPERATOR 2 | | | | OPERATOR 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sample | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range | 1st Trial | 2nd Trial | 3rd Trial | Range |
| 1 | 1.63 | 1.63 | 1.61 | 0.02 | 1.62 | 1.64 | 1.64 | 0.02 | 1.62 | 1.62 | 1.62 | 0.00 |
| 2 | 1.12 | 1.13 | 1.12 | 0.01 | 1.13 | 1.13 | 1.14 | 0.01 | 1.13 | 1.13 | 1.12 | 0.01 |
| 3 | 1.96 | 1.93 | 1.95 | 0.03 | 1.96 | 1.98 | 1.96 | 0.02 | 1.98 | 1.96 | 1.99 | 0.03 |
| 4 | 1.98 | 1.98 | 1.97 | 0.01 | 2.00 | 1.98 | 1.97 | 0.03 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 0.00 |
| 5 | 1.00 | 1.05 | 1.07 | 0.07 | 1.05 | 1.07 | 1.05 | 0.02 | 1.04 | 1.15 | 1.03 | 0.12 |
| 6 | 1.50 | 1.49 | 1.23 | 0.27 | 1.52 | 1.53 | 1.52 | 0.01 | 1.48 | 1.46 | 1.47 | 0.02 |
| 7 | 2.48 | 2.48 | 2.46 | 0.02 | 2.50 | 2.52 | 2.54 | 0.04 | 2.56 | 2.58 | 2.58 | 0.02 |
| 8 | 3.40 | 3.40 | 3.37 | 0.03 | 3.45 | 3.46 | 3.43 | 0.03 | 3.21 | 3.20 | 3.22 | 0.02 |
| 9 | 0.69 | 0.60 | 0.66 | 0.09 | 0.66 | 0.60 | 0.69 | 0.09 | 0.60 | 0.66 | 0.69 | 0.09 |
| 10 | 2.42 | 2.42 | 2.45 | 0.03 | 2.50 | 2.50 | 2.51 | 0.01 | 2.72 | 2.77 | 2.77 | 0.05 |
| Total | 18.18 | 18.11 | 17.89 | 0.58 | 18.39 | 18.41 | 18.45 | 0.28 | 18.31 | 18.50 | 18.46 | 0.36 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Xbar-A | 1.8060 | Xbar-B | 1.8417 | Xbar-C | 1.8423 |
| Rbar-A | 0.0580 | Rbar-B | 0.0280 | Rbar-C | 0.0360 |
| Rbar-bar | 0.0407 | Xbar-Diff | 0.0363 | Tolerance | 15.00 |
| E.V. | 0.1240 | E.V. % | 0.8269 | P/T | 120.94 |
| A.V. | 0.0955 | A.V. % | 0.6363 | | |
| GR & R | 0.1565 | GR & R % | 1.0434 | | |




*รูปที่ 7.11 แสดงการประเมินค่า % GR&R ของเครื่องเอกซเรย์หลังการปรับปรุงครั้งที่ 2*

*โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

**Gage R&R - ANOVA Method**

Gage R&R for WireS

Gage name: X_Ray machine(#03)

Date of study: JAN 3,2004

Reported by: WINITA P.

Tolerance: 15% of Wire Sway

Misc:

**One-Way ANOVA Table**

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| PartNum | 9 | 54.1710 | 6.01900 | 1259.94 | 0.00000 |
| Repeatability | 80 | 0.3822 | 0.00478 | | |
| Total | 89 | 54.5532 | | | |

**Gage R&R**

| Source | VarComp | %Contribution (of VarComp) |
|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0.00478 | 0.71 |
| Repeatability | 0.00478 | 0.71 |
| Part-to-Part | 0.66825 | 99.29 |
| Total Variation | 0.67302 | 100.00 |

| Source | StdDev (SD) | Study Var (5.15*SD) | %Study Var (%SV) |
|---|---|---|---|
| Total Gage R&R | 0.069117 | 0.35595 | 8.43 |
| Repeatability | 0.069117 | 0.35595 | 8.43 |
| Part-to-Part | 0.817464 | 4.20994 | 99.64 |
| Total Variation | 0.820381 | 4.22496 | 100.00 |

Number of Distinct Categories = 17

*รูปที่ 7.11 (ต่อ) แสดงการประเมินค่า % GR&R ของเครื่องเอกซเรย์หลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 โดยวิธี ANOVA ด้วยโปรแกรม Mini Tap และโปรแกรม Excel*

จากการคำนวณผลของค่า % GR&R หลังการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด ครั้งที่ 2 สามารถสรุปค่า % GR%R ได้ดังตารางที่ 7.2

| ลำดับ | ชื่อเครื่องมือวัด | หลังปรับปรุง | แหล่งความผันแปร | |
|---|---|---|---|---|
| | | %GR&R | % EV | % AV |
| 1. | กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล | 6.07 | 4.68 | 3.87 |
| 2. | เครื่องเอกซเรย์ | 1.04 | 0.83 | 0.64 |

*ตารางที่ 7.2 สรุปผลการประเมินค่า % GR&R ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดหลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2*

จากการคำนวณเพื่อประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดจากข้อมูลในตารางที่ 7.2 พบว่าค่า %GR&R ของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล และเครื่องเอกซเรย์ มีค่าลดลงจากการประเมินหลังการปรับปรุงและแก้ไขครั้งที่ 1 หรืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (น้อยกว่า 10%) จึงสามารถยอมรับระบบการวัดของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล และเครื่องเอกซเรย์ และจำเป็นต้องจัดทำเป็นมาตรฐานหรือรักษาขั้นตอนวิธีการวัด และการปรับปรุงเครื่องมือวัด เพื่อให้พนักงานที่วัดหรือใช้เครื่องมือวัดเหล่านี้ รวมถึงพนักงานใหม่ที่เข้ามาฝึกอบรมให้มีความเข้าใจและมีความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดเหล่านี้ อยู่ในระดับเดียวกัน และเพิ่มความแม่นยำของระบบการวัดของเครื่องมือ โดยได้สรุปผลของการศึกษาการประเมินค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด ดังตารางที่ 7.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

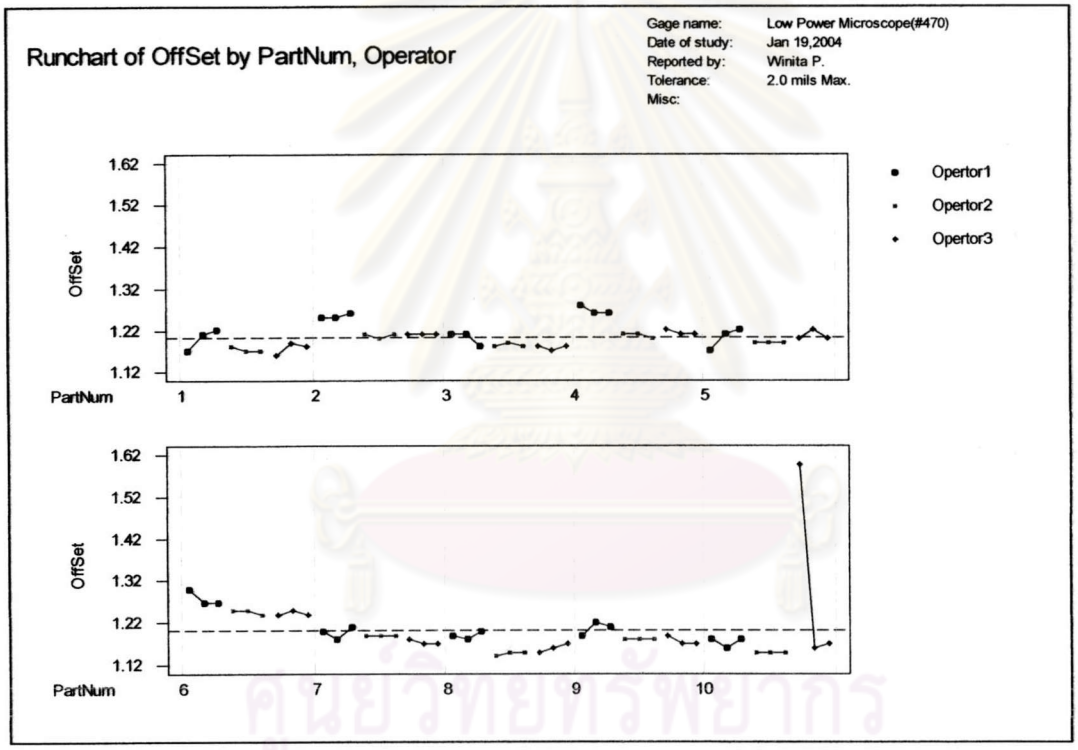
| ลำดับ | ชื่อเครื่องมือวัด | % GR&R | ผลการประเมินค่า %GR&R หลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไข | |
|---|---|---|---|---|
| | | ก่อนปรับปรุง | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 |
| 1. | กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป | 88.48 | 29.35 | 6.07 |
| 2. | เครื่องเอกซเรย์ | 30.72 | 15.24 | 1.04 |
| 3. | นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล | 32.61 | 5.31 | - |
| 4. | เครื่องสมาร์สโคป | 14.94 | 3.60 | - |
| 5. | เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล | 70.98 | 8.17 | - |

*ตารางที่ 7.3 สรุปผลการประเมินค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด หลังดำเนินการปรับปรุงแก้ไข*

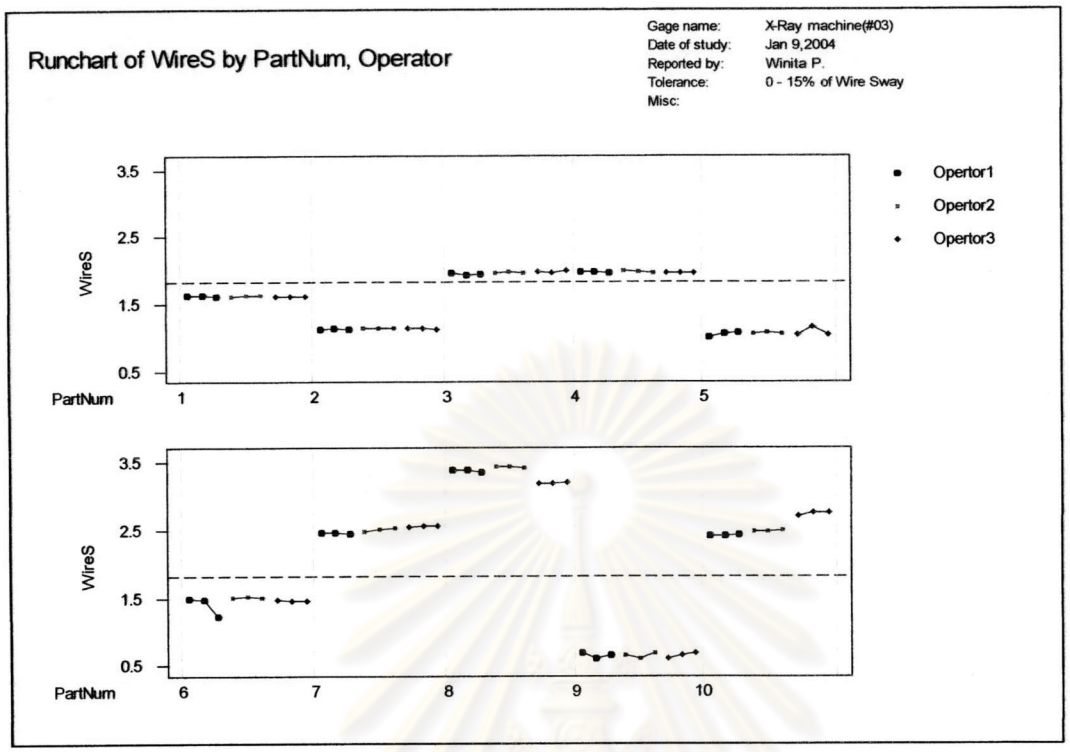
ผลการประเมินจากข้อมูลในตารางที่ 7.3 หลังจากมีการปรับปรุงระบบการวัดของเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษา ทุกเครื่องมือวัดมีการลดลงของความผันแปร จึงสรุปได้ว่าสามารถนำเครื่องมือวัดที่ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลไปทำการตรวจสอบชิ้นงานได้ โดยการนำค่าความแม่นยำของแต่ละเครื่องมือหลังการปรับปรุงและแก้ไขที่อยู่ภายในเกณฑ์ที่ยอมรับ และได้นำค่าวัดที่ได้จากการปรับปรุงครั้งสุดท้ายของแต่ละเครื่องมือที่มีค่า % GR&R อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับมาวิเคราะห์ความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของสิ่งตัวอย่าง ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

### *7.1.3 การวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดในการตรวจจับจากความผันแปรของสิ่งตัวอย่าง*

สำหรับการตรวจจับความผันแปรของระบบการวัดจากสิ่งตัวอย่างตัวต่อตัว หรือ Part-to Part Variation จะสามารถพิจารณาได้จากแผนภูมิควบคุม Xbar จะเป็นการพิจารณาเพื่อศึกษาผลของการวัดของพนักงานผู้วัดแต่ละคนสำหรับเครื่องมือแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล หลังจากที่แต่ละเครื่องมือปรับปรุงค่า % GR&R ให้ได้ตามที่มาตรฐานกำหนดแล้ว เป็นดังต่อไปนี้

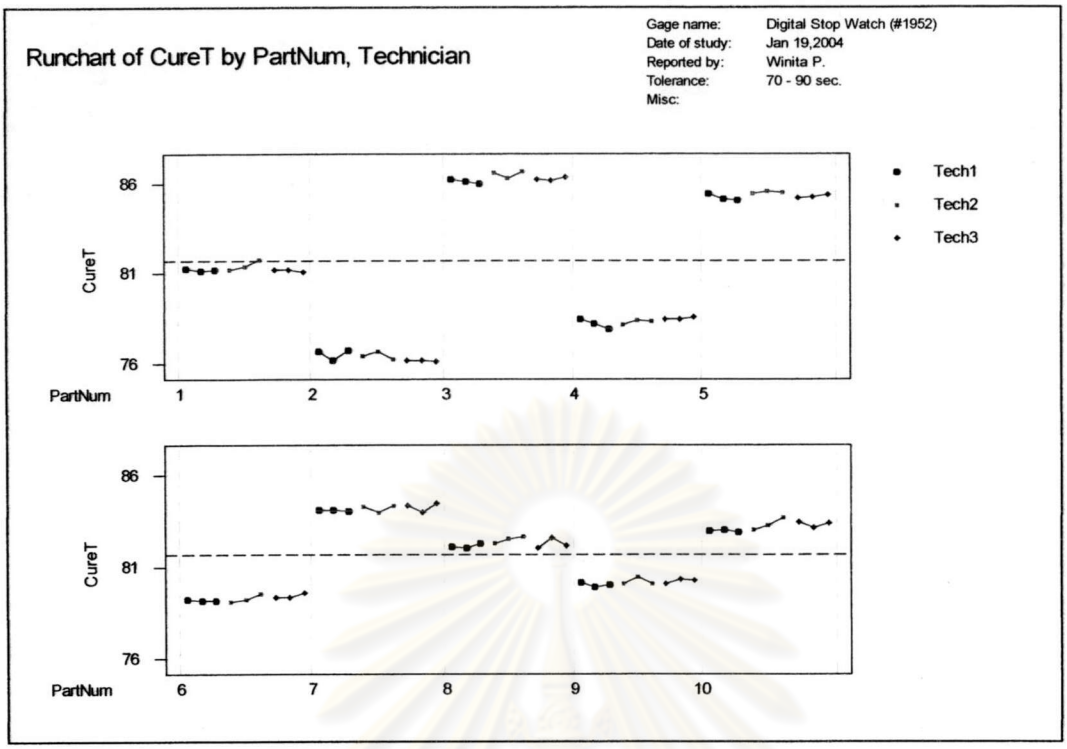



รูปที่ 7.12 แสดงแผนภูมิควบคุม Xbar ของพนักงานที่ใช้กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล



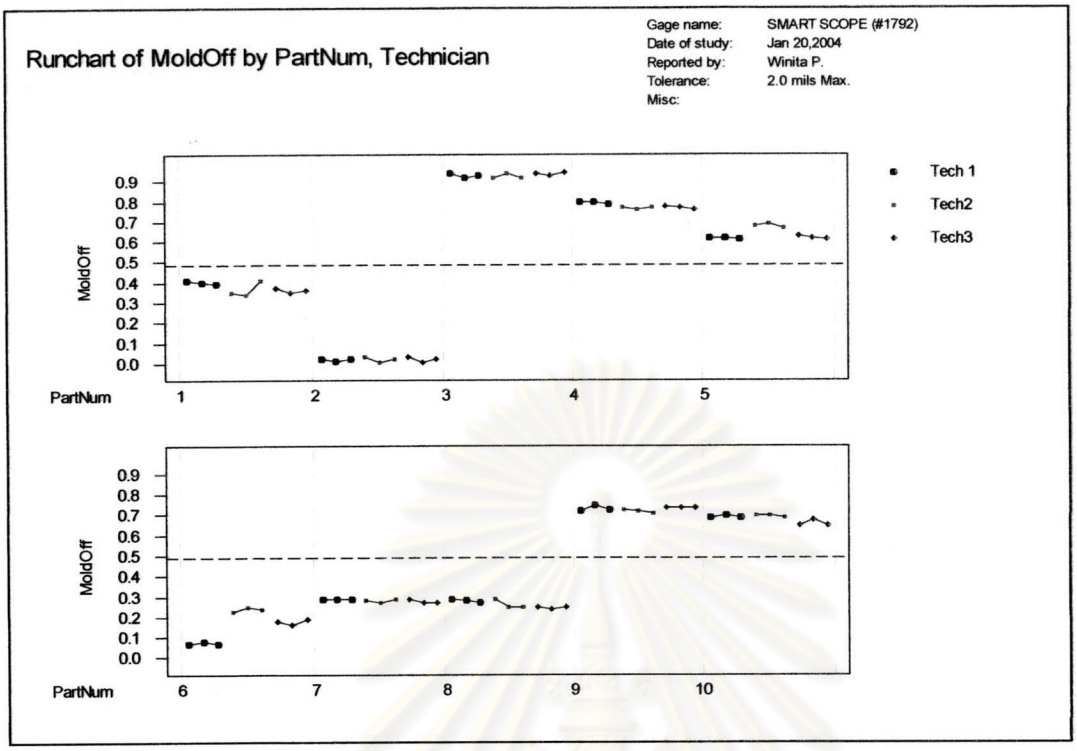

รูปที่ 7.13 แสดงแผนภูมิควบคุม Xbar ของพนักงานที่ใช้เครื่องเอกซเรย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



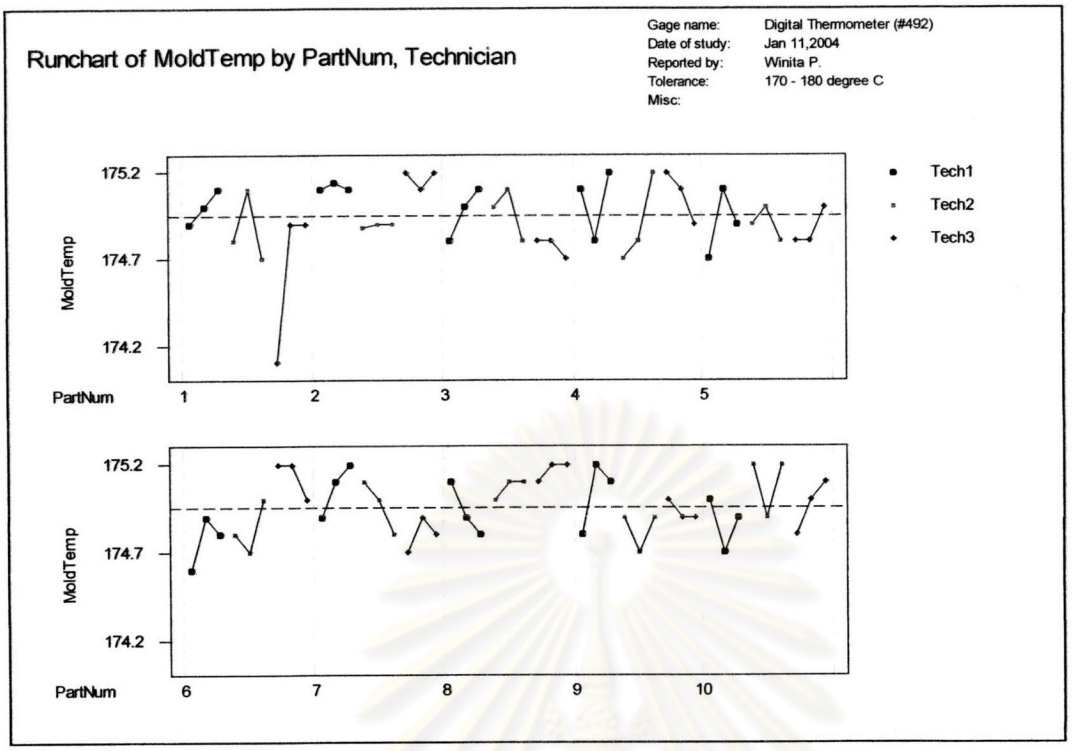

รูปที่ 7.14 แสดงแผนภูมิควบคุม Xbar ของพนักงานที่ใช้นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 7.15 แสดงแผนภูมิควบคุม Xbar ของพนักงานที่ใช้เครื่องสมาร์สโคป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 7.16 แสดงแผนภูมิควบคุม Xbar ของพนักงานที่ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล

จากการพิจารณาแผนภูมิควบคุม Xbar จากรูปที่ 7.12 ถึง 7.16 เพื่อศึกษาหรือประเมินความสามารถของระบบการวัดในการตรวจจับเพื่อพิจารณาถึงความผันแปรของสิ่งตัวอย่างแบบตัวต่อตัว ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณากับค่าเฉลี่ยของพนักงานวัดแต่ละคน พบว่าการวัดของแต่ละพนักงานวัดออกนอกพิกัดควบคุม Xbar เป็นการแสดงว่าความผันแปรมาจากความแตกต่างระหว่างสิ่งตัวอย่างเป็นส่วนใหญ่ หรือมีความหมายอีกนัยหนึ่งว่าความผันแปรของระบบการวัดมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความผันแปรจากกระบวนการผลิต ดังนั้นเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดทั้งหมดนี้ ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล สามารถใช้ตรวจจับความแตกต่างของชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากความผันแปรของกระบวนการผลิตได้

สรุปผลการปรับปรุงความแม่นยำของระบบการวัด

จากผลการปรับปรุงระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดในการศึกษานี้ จนแต่ละเครื่องมือมีค่า %GR&R < 10% เป็นการแสดงให้เห็นว่าระบบการวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสมาร์ทสโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล มีความผันแปรในระบบการวัดลดลงจากก่อนทำการปรับปรุง และมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการนำไปใช้ควบคุมคุณภาพของชิ้นงานในสายการผลิต หรือถือได้ว่าเป็นการขจัดความผันแปรของกระบวนการที่เกิดจากระบบการวัดได้ เพราะเครื่องมือวัดนับว่าเป็นตัวแปรหนึ่งที่สามารถทำให้เกิดคุณภาพของชิ้นงานและกระบวนการที่สำคัญอีกตัวหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย