

บทที่ 5

การวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด

ในบทนี้จะกล่าวถึงการประเมินผลเกี่ยวกับความถูกต้องของระบบการวัด จะพบว่าค่าของข้อมูลที่ได้มาจากการวัดใดๆนั้น จะมีค่าเอนเอียงจากค่าจริง(True Value)ของงานเสมอที่เกิดมาจากคุณสมบัติด้านความถูกต้องนั่นเอง จึงมีความจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อศึกษาว่ามีคุณสมบัติด้านความถูกต้องหรือความไม่เอนเอียงตลอดเวลาหรือไม่ ตลอดจนการศึกษาถึงความสม่ำเสมอ(Consistent) ว่ามีตลอดเวลาเช่นเดียวกันหรือไม่ ซึ่งถือเป็นขั้นตอนการประเมินเบื้องต้นก่อนการประเมินความแม่นยำหรือศึกษาระบบการวัดต่อไป โดยการวิเคราะห์นี้มุ่งพิจารณาในคุณสมบัติ 3 ประการ คือ ค่าเอนเอียง ค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง และค่าเสถียรภาพ

5.1 การวิเคราะห์ค่าเอนเอียง

การประเมินค่าเอนเอียง เป็นการศึกษาถึงระบบการวัดในปัจจุบันว่ามีค่าความถูกต้องอยู่เท่าใด โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้ จะวัดค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากชิ้นงานอ้างอิงที่ทราบขนาด โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความเอนเอียง (% Bias) เป็นตัววัดความถูกต้อง ถ้าหากระบบการวัดของเครื่องมือใดมีค่าของความเอนเอียงสูงมากกว่า 10% ของค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลม(Tolerance)แล้วซึ่งอ้างอิงจากเกณฑ์มาตรฐานของระบบการจัดการคุณภาพ QS-9000 จะกล่าวได้ว่าระบบการวัดของเครื่องมือนั้นมีความเอนเอียงไปจากค่าจริงทำให้ความถูกต้องในการวัดลดลง ทำให้จำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการวัดนั้นให้เป็นมาตรฐานที่ถูกต้องก่อนที่จะดำเนินการประเมินคุณสมบัติด้านอื่นๆของการวิเคราะห์ความถูกต้อง และการประเมินความแม่นยำของระบบการวัดต่อไปได้

ใน

เกณฑ์การยอมรับค่าเอนเอียงตามมาตรฐานของระบบคุณภาพ QS-9000 เป็นดังต่อไปนี้

% ความเอนเอียง < 5%

อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข

5% \geq % ความเอนเอียง < 10%

อาจยอมรับได้ (ให้พิจารณาปัจจัยด้านอื่นๆ

เช่น การประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่าย)

% เอนเอียง \geq 10%

ไม่สามารถยอมรับได้ต้องค้นหาสาเหตุ

แล้วทำการแก้ไข

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS(BIAS)	
Winita P.	Characteristic : Mold Off Set
Name	Area/Operation : Seal Operation
Nov 1'2003	Specification : 2.0 mils Max.
Date	Gage Name/Gage No. : Low power microscope /470
Replication	Xi
1	2.5
2	2.3
3	2.5
4	2.4
5	2.3
6	2.5
7	2.3
8	2.4
9	2.4
10	2.3
Xbar	2.4
Std Value	2.5
Tolerance	2.0
Bias	0.1
%Bias	5.50

รูปที่ 5.1 แสดงการวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความเอนเอียง
ของกล้องไมโครสโคปแบบมีสเกลวัด

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS (BIAS)

Winita P. <hr/> Name Nov 11'2003 <hr/> Date	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Characteristic :</td> <td>Wire Sway</td> </tr> <tr> <td>Area/Operation :</td> <td>Seal Operation</td> </tr> <tr> <td>Specification :</td> <td>0 - 15%</td> </tr> <tr> <td>Gage Name/Gage No. :</td> <td>X-ray # 03</td> </tr> </table>	Characteristic :	Wire Sway	Area/Operation :	Seal Operation	Specification :	0 - 15%	Gage Name/Gage No. :	X-ray # 03
Characteristic :	Wire Sway								
Area/Operation :	Seal Operation								
Specification :	0 - 15%								
Gage Name/Gage No. :	X-ray # 03								

Replication	Xi
1	9.65
2	9.77
3	9.89
4	9.63
5	9.71
6	9.85
7	9.75
8	9.61
9	9.90
10	9.71
Xbar	9.747
Std Value	9.7
Tolerance	15.0
Bias	0.027
%Bias	0.180

รูปที่ 5.2 แสดงการวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความเอนเอียงของเครื่องเอ็กซ์เรย์

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS (BIAS)

Winita P. <hr/> Name Nov 14'2003 <hr/> Date	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Characteristic :</td> <td>Cure Time</td> </tr> <tr> <td>Area/Operation :</td> <td>Seal Operation</td> </tr> <tr> <td>Specification :</td> <td>70-90 sec.</td> </tr> <tr> <td>Gage Name/Gage No. :</td> <td>Digital stop watch/ 1952</td> </tr> </table>	Characteristic :	Cure Time	Area/Operation :	Seal Operation	Specification :	70-90 sec.	Gage Name/Gage No. :	Digital stop watch/ 1952
Characteristic :	Cure Time								
Area/Operation :	Seal Operation								
Specification :	70-90 sec.								
Gage Name/Gage No. :	Digital stop watch/ 1952								

Replication	Xi
1	81.99
2	79.32
3	82.05
4	79.27
5	80.19
6	79.27
7	82.04
8	82.37
9	80.21
10	81.99
Xbar	80.87
Std Value	80
Tolerance	20
Bias	0.87
%Bias	4.350

รูปที่ 5.3 การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความเอนเอียงของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS (BIAS)

Winita P.
Name
Nov 19'2003
Date

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

Replication	Xi
1	0.71
2	0.72
3	0.70
4	0.71
5	0.73
6	0.72
7	0.70
8	0.72
9	0.71
10	0.73
Xbar	0.72
Std Value	0.72
Tolerance	2.00
Bias	0.00
%Bias	0.25

รูปที่ 5.4 การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความเอนเอียงของเครื่องสเกลโกป

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS (BIAS)

Winita P.
Name
Nov 22'2003
Date

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

Replication	Xi
1	174.60
2	175.90
3	176.00
4	174.90
5	175.90
6	175.00
7	174.90
8	176.00
9	175.00
10	174.60
Xbar	175.28
Std Value	175.00
Tolerance	10.00
Bias	0.28
%Bias	2.80

รูปที่ 5.5 การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความเอนเอียงของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล

จากผลลัพธ์ของการประเมินค่าความเอนเอียงของเครื่องมือวัดที่ใช้ในสายการผลิตซีล
ในบริษัทกรณีศึกษานี้ จากรูปที่ 5.1 ถึง รูปที่ 5.5 สามารถสรุปผลการคำนวณ % ความเอนเอียง
ออกมาดังตารางที่ 5.1

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	หมายเลขเครื่องมือวัด	% ความเอนเอียง
1.	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมี สเกล	470	5.50%
2.	เครื่องเอ็กซ์เรย์	03	0.18%
3.	นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล	1952	4.35%
4.	เครื่องสมาร์ทสโคป	1729	0.25%
5.	เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล	492	5.6%

ตารางที่ 5.1 แสดงสรุปผลการประเมินค่าเปอร์เซ็นต์ความเอนเอียง(% Bias) จากการศึกษา

จากผลการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความเอนเอียง(% Bias) จากตารางที่ 5.1 พบว่าเครื่อง
มือวัดที่ใช้ภายในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษานี้มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเอนเอียง (%
Bias) น้อยกว่า 10% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ถึงแม้ว่าจะมีเครื่องมือบางประเภทที่มีค่า
เปอร์เซ็นต์ความเอนเอียง(% Bias) มากกว่า 5% แต่เมื่อพิจารณาจากการประยุกต์ใช้ และค่าใช้จ่าย
ของราคาเครื่องมือวัดนั้นๆ ถือว่าเหมาะสม จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดของเครื่องมือ
วัดทุกเครื่องมือที่ใช้ในสายการผลิตซีลของบริษัทกรณีศึกษานี้สามารถวัดค่าได้ถูกต้องใกล้เคียง
กับขนาดที่แท้จริงของชิ้นงาน จึงสามารถนำเครื่องมือวัดต่างๆ เหล่านี้ใช้ประเมินผลของคุณ
สมบัติด้านอื่นๆ ต่อไป

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรง

การประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity) ของระบบการวัด อาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าเป็นการหาความสัมพันธ์ของค่าเอนเอียงเมื่อมีการเปลี่ยนย่านการวัดหรือขนาดของชิ้นงานต่าง ๆ กันไป โดยอาศัยหลักการที่ว่าค่าเอนเอียงของระบบการวัดจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนย่านการวัด การพิจารณาหรือการประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดจะได้มาจากการเลื่อนชิ้นงานที่มีค่าที่เป็นตัวแทนตลอดช่วงของย่านการวัด เพื่อศึกษาความเอนเอียงที่แต่ละค่าของค่ามาตรฐานหรือค่าอ้างอิง แล้วพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลง(ค่าความชัน) หากพบว่าระบบการวัดขาดคุณสมบัติเชิงเส้นตรงแล้วจะต้องพิจารณาหาย่านการวัดที่เหมาะสมต่อไป โดยการเลือกย่านการวัดที่ทำให้ระบบการวัดของเครื่องมือวัดดังกล่าวมีคุณสมบัติเชิงเส้นตรงหรือย่านการวัดที่เครื่องมือนั้นสามารถให้ค่าวัดที่มีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งจะมีวิธีการศึกษาดังนี้

วิธีการศึกษาคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

1. สภาพแวดล้อมในการศึกษา สืบเนื่องจากเครื่องมือวัดที่ใช้ทดสอบทั้งหมดให้อยู่ภายในสายการผลิตซิลของบริษัทกรณีศึกษา จึงทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ของสายการผลิตซิล คือ อุณหภูมิ 25 +/- 3 องศาเซลเซียส และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 53 +/- 10%
2. เลือกชิ้นงานมาตรฐาน 5 ถึง 8 ชิ้น (ขึ้นอยู่กับขนาดของความผันแปรของกระบวนการที่ทำการศึกษา ให้ครอบคลุมตลอดย่านการวัดของเครื่องมือวัด) โดยชิ้นงานมาตรฐานที่ใช้ต้องรู้ขนาดที่แท้จริงของชิ้นงาน
3. ทำการวัดชิ้นงานแต่ละชิ้นงานจำนวนชิ้นละ 10 ครั้งภายใต้สภาวะควบคุมแล้วเฉลี่ยออกเพื่อแยกความผันแปรของการวัดแต่ละชิ้นงาน เพื่อกำหนดให้ค่าเฉลี่ยเหล่านี้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับการประเมินผลของคุณสมบัติเชิงเส้นตรง
4. เลือกพนักงานวัดที่มีความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดนั้นๆ มา 1 คน แล้วทำการวัดชิ้นงานมาตรฐานนั้นๆ ชิ้นละ 10 ครั้ง โดยใช้การสุ่มในการเลือกลำดับของชิ้นงานในการวัด
5. ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของการวัดแต่ละชิ้นงานมาตรฐานพร้อมกับหาค่าเอนเอียง ที่แต่ละค่ามาตรฐานโดย (ค่าเอนเอียง = ค่าเฉลี่ยของค่าวัด - ค่ามาตรฐาน)

6. สร้างกราฟเพื่อแสดงการกระจาย ในแผนภาพการกระจายโดยให้แกนนอน(X) หมายถึง ค่ามาตรฐาน และแกนตั้ง (Y) หมายถึง ค่าเอนเอียง จากนั้นทำการพิจารณาสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เพื่อแสดงความสามารถในการตัดสินใจด้วยตัวแบบถดถอย
7. ถ้าค่า R^2 มีค่าสูงพอ (โดยการศึกษาที่กำหนดให้ R^2 มากกว่า 75% เนื่องจากวัตถุประสงค์ที่ต้องการรักษานาขนาดของย่านการวัดให้มากที่สุด) ทำการทดสอบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงแบบมีนัยสำคัญหรือไม่ด้วยการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA)
8. เมื่อค่าเอนเอียงและค่าอ้างอิงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงแบบมีนัยสำคัญแล้วทำการคำนวณสมการถดถอยเชิงเส้นตรง
9. ทำการคำนวณดัชนีเชิงเส้นตรง โดยการตัดสินใจตามมาตรฐาน QS-9000
10. สรุปย่านการวัดของเครื่องมือวัดนั้นๆ ที่สามารถใช้งานได้โดยเท่ากับขนาดชิ้นงานมาตรฐานที่เครื่องมือวัดมีค่าสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าอ้างอิง

เกณฑ์การยอมรับค่าเชิงเส้นตรงตามมาตรฐาน QS-9000 เป็นดังนี้

% เชิงเส้นตรง < 5%	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข
$5\% \leq$ % เชิงเส้นตรง < 10%	อาจยอมรับได้ (ให้พิจารณาปัจจัยอื่นๆ อาทิ การประยุกต์ใช้ และค่าใช้จ่าย เป็นต้น)
% เชิงเส้นตรง \geq 10%	ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข (ต้องมีการแนะนำให้ผู้รับทราบถึงย่านการวัดที่มีคุณสมบัติเชิงเส้นตรง)

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS (LINEARITY)

Winita P.

Name

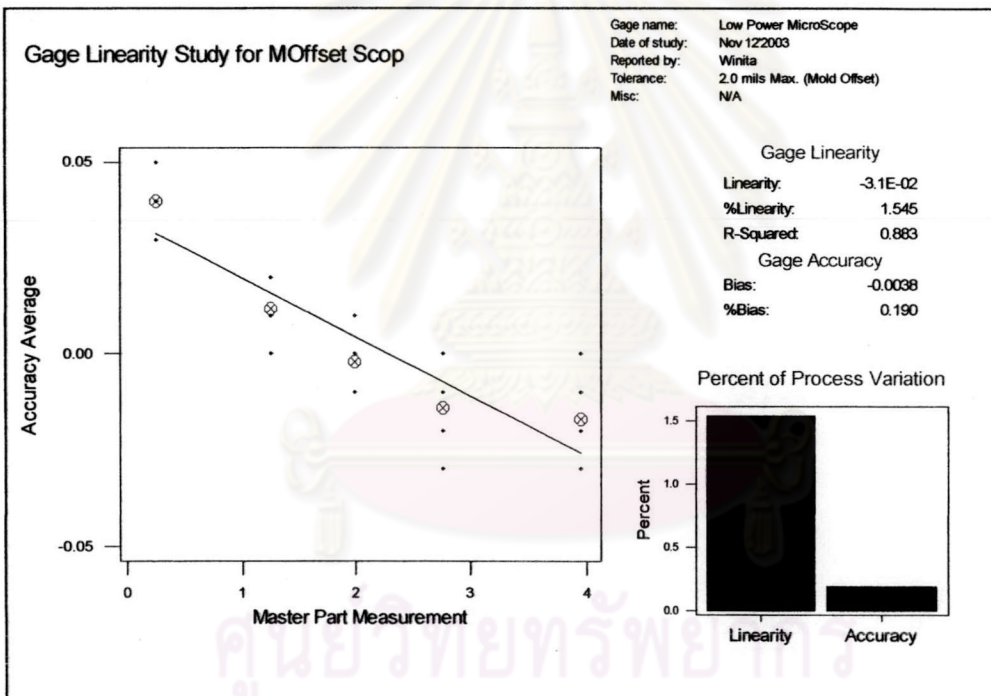
NOV 12,03

Date

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

Replication	X1	X2	X3	X4	X5
1	0.20	1.24	1.98	2.77	3.97
2	0.21	1.23	1.99	2.77	3.97
3	0.21	1.23	2.00	2.79	3.97
4	0.21	1.23	2.00	2.77	3.98
5	0.20	1.24	2.00	2.78	3.98
6	0.21	1.24	1.98	2.78	3.97
7	0.22	1.24	1.98	2.78	3.95
8	0.21	1.25	2.00	2.77	3.97
9	0.21	1.23	1.99	2.76	3.95
10	0.22	1.25	1.99	2.77	3.96
Std Value	0.22	1.25	1.99	2.76	3.95

R ²	0.883
Tolerance	2.00
Linearity	-0.031
% Linearity	1.545



รูปที่ 5.6 แสดงการวิเคราะห์ผลการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

ของกล้องไมโครสโคปแบบมีสเกล

ครั้งที่	X1	X2	X3	X4	X5
1	0.20	1.24	1.98	2.77	3.97
2	0.21	1.23	1.99	2.77	3.97
3	0.21	1.23	2.00	2.79	3.97
4	0.21	1.23	2.00	2.77	3.98
5	0.20	1.24	2.00	2.78	3.98
6	0.21	1.24	1.98	2.78	3.97
7	0.22	1.24	1.98	2.78	3.95
8	0.21	1.25	2.00	2.77	3.97
9	0.21	1.23	1.99	2.76	3.95
10	0.22	1.25	1.99	2.77	3.96
Std Value	0.22	1.25	1.99	2.76	3.95
Mean	0.21	1.24	1.99	2.77	3.97
Bias	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.02

แหล่งความ	ผลรวม	องศา	ความ	F
ผันแปร	กำลังสอง	อิสระ	แปรปรวน	
เส้นถดถอย	0.0007131	1	0.0007131	22.74636
ความคลาดเคลื่อน	0.0000941	3	0.0000314	
ผลรวม	0.0008072	4		

I	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	0.220	0.010	0.0484	0.0001	0.0022
2	1.250	0.012	1.5625	0.0001	0.0150
3	1.990	-0.001	3.9601	0.0000	-0.0020
4	2.770	-0.014	7.6729	0.0002	-0.0388
5	3.960	-0.020	15.6816	0.0004	-0.0792
ผลรวม	10.190	-0.013	28.9255	0.0008	-0.1028

$S_{XX} = 8.15828$

$S_{YY} = 0.00081$

$S_{XY} = -0.07628$

$?_1 = -0.00935$

$R^2 = 0.88348$

หมายเหตุ $F_{0.05;1,3} = 10.13$

รูปที่ 5.7 แสดงตาราง ANOVA เพื่อการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยในการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของกล่องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล

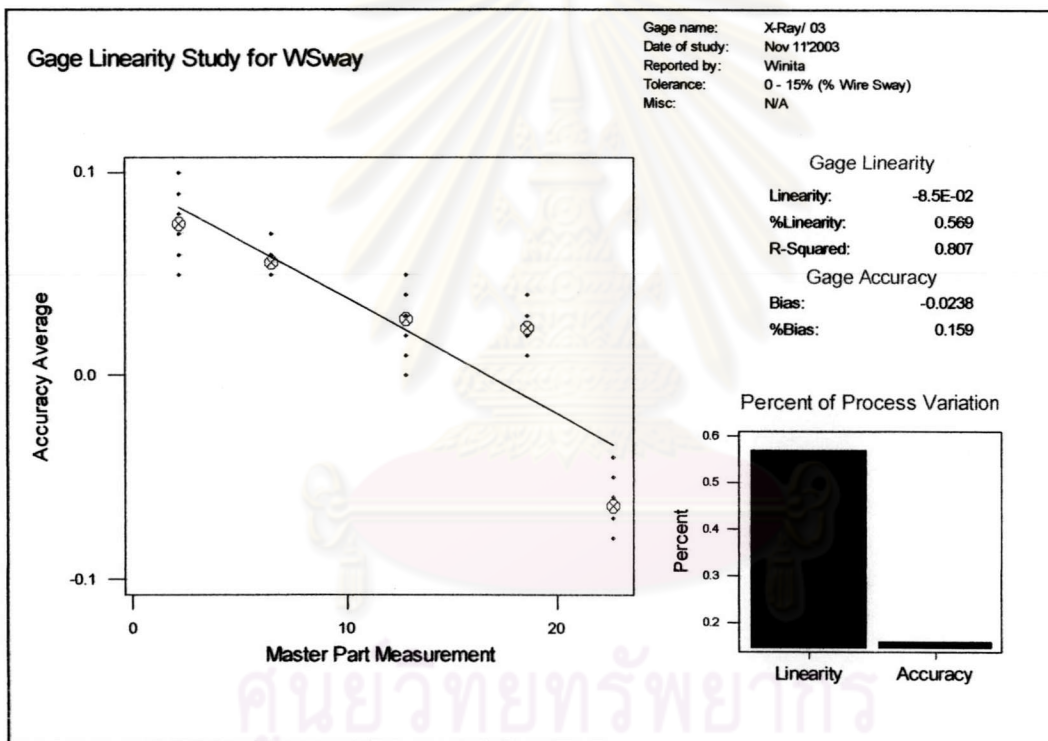
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS
(LINEARITY)**

Winita P.	Characteristic :	Wire Sway
Name	Area/Operation :	Seal Operation
Nov 11'2003	Specification :	0 - 15%
Date	Gage Name/Gage No. :	X-ray # 03

Replication	X1	X2	X3	X4	X5
1	2.12	6.43	12.79	18.57	22.78
2	2.10	6.45	12.76	18.58	22.77
3	2.13	6.43	12.76	18.56	22.76
4	2.14	6.45	12.76	18.58	22.77
5	2.12	6.45	12.77	18.59	22.74
6	2.11	6.44	12.78	18.57	22.75
7	2.15	6.45	12.76	18.59	22.76
8	2.11	6.45	12.80	18.58	22.76
9	2.12	6.44	12.75	18.56	22.77
10	2.15	6.45	12.79	18.58	22.78
Std Value	2.20	6.50	12.80	18.60	22.70

R ²	0.807
Tolerance	15.00
Linearity	-0.085
% Linearity	0.569



รูปที่ 5.8 แสดงการวิเคราะห์ผลการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องเอกซเรย์

Replication	X1	X2	X3	X4	X5
1	2.12	6.43	12.79	18.57	22.78
2	2.10	6.45	12.76	18.58	22.77
3	2.13	6.43	12.76	18.56	22.76
4	2.14	6.45	12.76	18.58	22.77
5	2.12	6.45	12.77	18.59	22.74
6	2.11	6.44	12.78	18.57	22.75
7	2.15	6.45	12.76	18.59	22.76
8	2.11	6.45	12.80	18.58	22.76
9	2.12	6.44	12.75	18.56	22.77
10	2.15	6.45	12.79	18.58	22.78
Std Value	2.20	6.50	12.80	18.60	22.70
Mean	2.13	6.44	12.77	18.58	22.76
Bias	0.08	0.06	0.03	0.02	-0.06

แหล่งความ ผันแปร	ผลรวม กำลังสอง	องศา อิสระ	ความ แปรปรวน	F
เส้นทดลอง	0.0092218	1	0.0092218	12.79001
ความ คลาด เคลื่อน	0.0021630	3	0.0007210	
ผลรวม	0.0113848	4		

I	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	2.200	0.075	4.8400	0.0056	0.1650
2	6.450	0.056	41.6025	0.0031	0.3612
3	12.790	0.028	163.5841	0.0008	0.3581
4	18.580	0.024	345.2164	0.0006	0.4459
5	22.780	-0.064	518.9284	0.0041	-1.4579
ผลรวม	62.800	0.119	1074.1714	0.0142	-0.1277

S _{xx}	=	285.40340
S _{yy}	=	0.01138
S _{xy}	=	-1.62232
? ₁	=	-0.00568
R ²	=	0.81001

หมายเหตุ	F _{0.05;1,3} = 10.13
----------	-------------------------------

รูปที่ 5.9 แสดงตาราง ANOVA เพื่อการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยในการ
ประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องเอ็กซ์เรย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

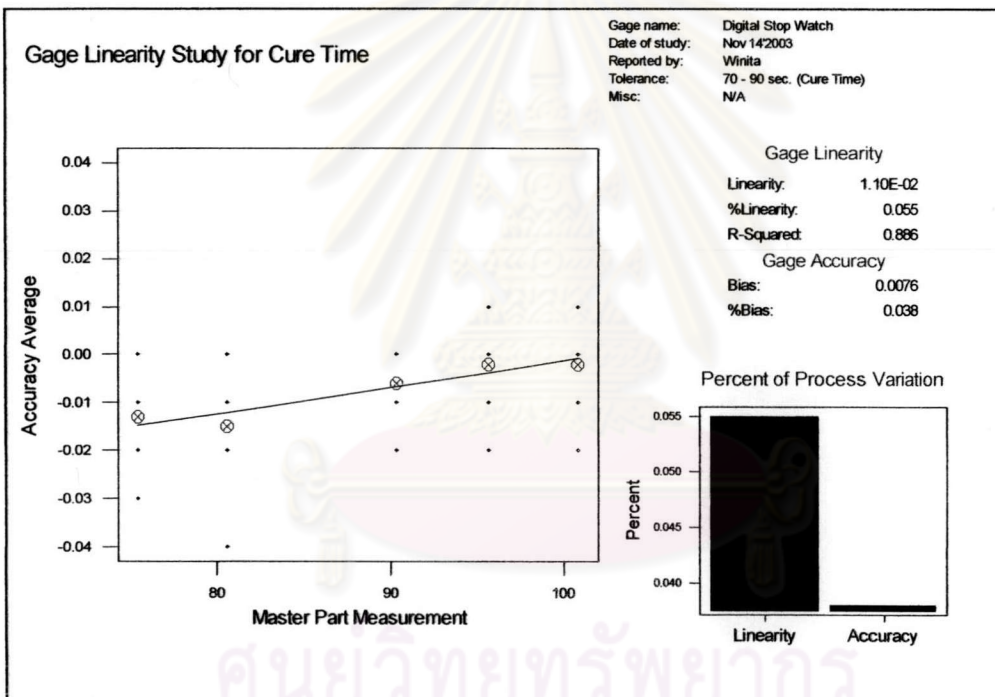
MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS (LINEARITY)

Winita P.
Name
Nov 14'2003
Date

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

Replication	X1	X2	X3	X4	X5
1	75.53	80.61	90.30	95.63	100.81
2	75.54	80.64	90.31	95.62	100.82
3	75.52	80.62	90.32	95.60	100.82
4	75.53	80.62	90.30	95.62	100.83
5	75.52	80.62	90.32	95.61	100.84
6	75.52	80.60	90.31	95.63	100.83
7	75.51	80.61	90.30	95.60	100.82
8	75.51	80.60	90.30	95.60	100.82
9	75.53	80.61	90.30	95.61	100.82
10	75.52	80.62	90.30	95.60	100.81
Std Value	75.51	80.60	90.30	95.61	100.82

R ²	0.886
Tolerance	20.00
Linearity	0.011
% Linearity	0.055



รูปที่ 5.10 แสดงการวิเคราะห์ผลการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง
ของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล

Replication	X1	X2	X3	X4	X5
1	75.53	80.61	90.30	95.63	100.81
2	75.54	80.64	90.31	95.62	100.82
3	75.52	80.62	90.32	95.60	100.82
4	75.53	80.62	90.30	95.62	100.83
5	75.52	80.62	90.32	95.61	100.84
6	75.52	80.60	90.31	95.63	100.83
7	75.51	80.61	90.30	95.60	100.82
8	75.51	80.60	90.30	95.60	100.82
9	75.53	80.61	90.30	95.61	100.82
10	75.52	80.62	90.30	95.60	100.81
Std Value	75.51	80.60	90.30	95.61	100.82
Mean	75.52	80.62	90.31	95.61	100.82
Bias	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00

แหล่งความ	ผลรวม	องศา	ความ	F
ผันแปร	กำลังสอง	อิสระ	แปรปรวน	
เส้นถดถอย	0.0001762	1	0.0001762	75.92
ความคลาดเคลื่อน	0.0000070	3	0.0000023	
ผลรวม	0.0001832	4		

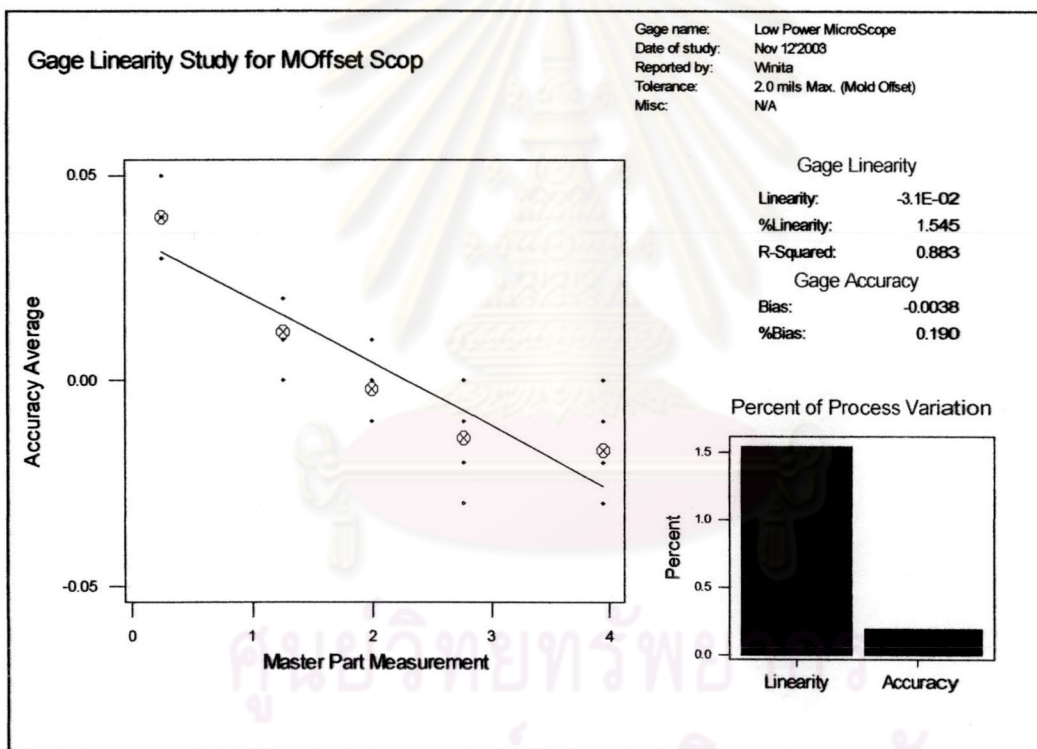
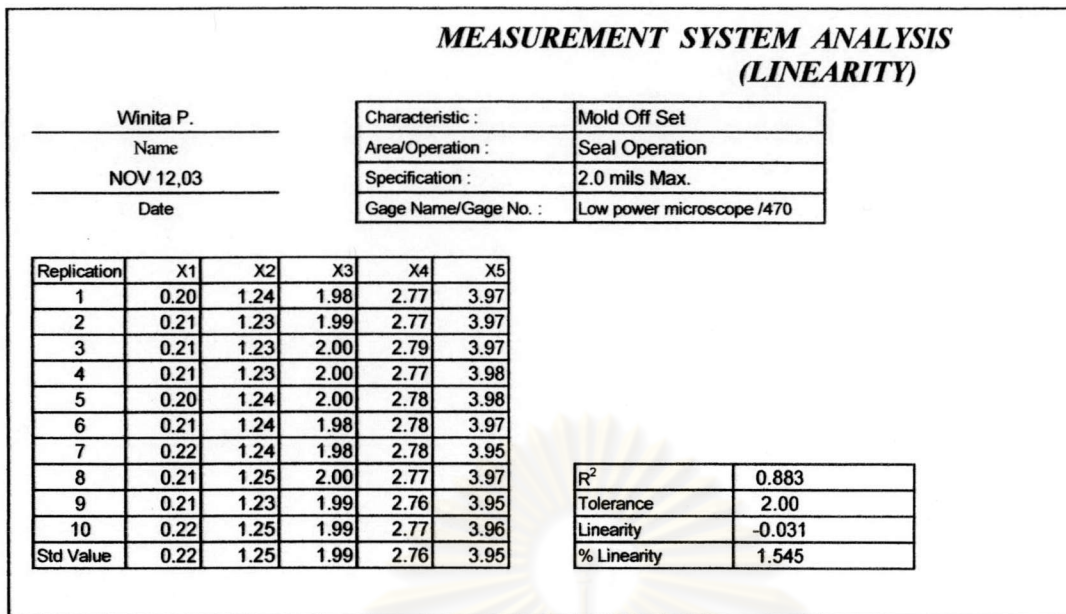
I	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	75.505	-0.018	5701.0050	0.0003	-1.3591
2	80.620	-0.015	6499.5844	0.0002	-1.2093
3	90.300	-0.006	8154.0900	0.0000	-0.5418
4	95.600	-0.006	9139.3600	0.0000	-0.5736
5	100.810	-0.002	10162.6561	0.0000	-0.2016
ผลรวม	442.835	-0.047	39656.6955	0.0006	-3.8854

S_{XX}	=	436.12808
S_{YY}	=	0.00018
S_{XY}	=	0.27724
F_1	=	0.00064
R^2	=	0.96199

หมายเหตุ $F_{0.05;1,3} = 10.13$

รูปที่ 5.11 แสดงตาราง ANOVA เพื่อการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยในการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.12 แสดงการวิเคราะห์ผลการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องสาร์ทสโคป

ครั้งที่	x1	x2	x3	x4	x5
1	0.20	1.24	1.98	2.77	3.97
2	0.21	1.23	1.99	2.77	3.97
3	0.21	1.23	2.00	2.79	3.97
4	0.21	1.23	2.00	2.77	3.98
5	0.20	1.24	2.00	2.78	3.98
6	0.21	1.24	1.98	2.78	3.97
7	0.22	1.24	1.98	2.78	3.95
8	0.21	1.25	2.00	2.77	3.97
9	0.21	1.23	1.99	2.76	3.95
10	0.22	1.25	1.99	2.77	3.96
Std Value	0.22	1.25	1.99	2.76	3.95
Mean	0.21	1.24	1.99	2.77	3.97
Bias	0.01	0.01	0.00	-0.01	-0.02

แหล่งความ	ผลรวม	องศา	ความ	F
ผันแปร	กำลังสอง	อิสระ	แปรปรวน	
เส้นถดถอย	0.0007131	1	0.0007131	22.74636
ความคลาดเคลื่อน	0.0000941	3	0.0000314	
ผลรวม	0.0008072	4		

I	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	0.220	0.010	0.0484	0.0001	0.0022
2	1.250	0.012	1.5625	0.0001	0.0150
3	1.990	-0.001	3.9601	0.0000	-0.0020
4	2.770	-0.014	7.6729	0.0002	-0.0388
5	3.960	-0.020	15.6816	0.0004	-0.0792
ผลรวม	10.190	-0.013	28.9255	0.0008	-0.1028

S_{XX}	=	8.15828
S_{YY}	=	0.00081
S_{XY}	=	-0.07628
r_1	=	-0.00935
R^2	=	0.88348

หมายเหตุ $F_{0.05;1,3} = 10.13$

รูปที่ 5.13 แสดงตาราง ANOVA เพื่อการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยในการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องสมาร์ทสโคป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

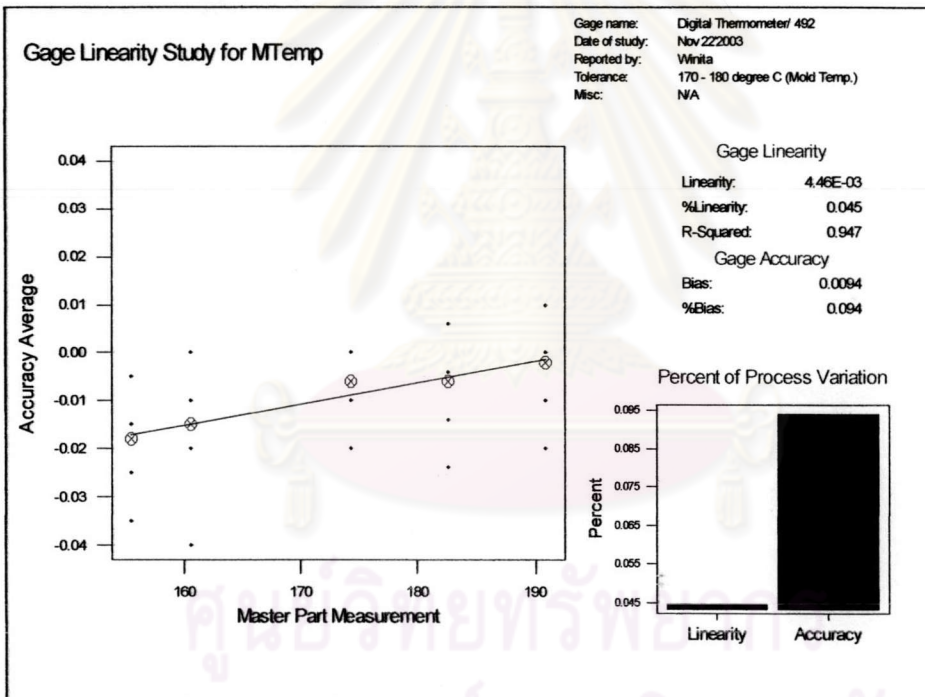
MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS (LINEARITY)

Winita P.
Name
Nov 22'2003
Date

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

Replication	X1	X2	X3	X4	X5
1	155.52	160.61	174.30	182.62	190.82
2	155.54	160.62	174.31	182.62	190.82
3	155.53	160.64	174.32	182.60	190.82
4	155.53	160.62	174.30	182.63	190.83
5	155.52	160.62	174.32	182.61	190.84
6	155.51	160.60	174.31	182.60	190.83
7	155.51	160.61	174.30	182.60	190.81
8	155.52	160.62	174.30	182.63	190.82
9	155.53	160.61	174.30	182.61	190.82
10	155.52	160.60	174.30	182.60	190.81
Std Value	155.51	160.60	174.30	182.61	190.82

R ²	0.947
Tolerance	10.00
Linearity	0.004
% Linearity	0.045



รูปที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์ผลการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

ของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล

Replication	X1	X2	X3	X4	X5
1	155.52	160.61	174.30	182.62	190.82
2	155.54	160.62	174.31	182.62	190.82
3	155.53	160.64	174.32	182.60	190.82
4	155.53	160.62	174.30	182.63	190.83
5	155.52	160.62	174.32	182.61	190.84
6	155.51	160.60	174.31	182.60	190.83
7	155.51	160.61	174.30	182.60	190.81
8	155.52	160.62	174.30	182.63	190.82
9	155.53	160.61	174.30	182.61	190.82
10	155.52	160.60	174.30	182.60	190.81
Std Value	155.51	160.60	174.30	182.61	190.82
Mean	155.52	160.62	174.31	182.61	190.82
Bias	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00

แหล่งความ	ผลรวม	องศา	ความ	F
ผันแปร	กำลังสอง	อิสระ	แปรปรวน	
เส้นทดลอง	0.000174	1	0.000174	54.18932
ความคลาดเคลื่อน	0.0000096	3	0.0000032	
ผลรวม	0.000183	4		

I	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	155.505	-0.018	24181.805	0.0003	-2.799
2	160.600	-0.015	25792.360	0.0002	-2.4090
3	174.300	-0.006	30380.490	0.0000	-1.0458
4	182.600	-0.006	33342.760	0.0000	-1.0956
5	190.810	-0.002	36408.456	0.0000	-0.3816
ผลรวม	863.815	-0.047	150105.871	0.0006	-7.7311

S_{xx}	=	870.60028
S_{yy}	=	0.00018
S_{xy}	=	0.38875
$?_1$	=	0.00045
R^2	=	0.94754

หมายเหตุ $F_{0.05;1,3} = 10.13$

รูปที่ 5.15 แสดงตาราง ANOVA เพื่อการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยในการประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์การประเมินค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดสำหรับกล้องโลเพาเวอร์สโคปแบบมีสเกล ดังแสดงในรูปที่ 5.6 โดยการใช้ค่าอ้างอิงทั้งหมด 5 ชั้นครอบคลุมตลอดย่านการวัดที่ใช้งานของกล้องโลเพาเวอร์สโคปแบบมีสเกล ในการทดสอบใช้ตัวแบบถดถอยและโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab มาใช้ร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูลและพล็อตกราฟเพื่อการตัดสินใจ โดยพิจารณา R^2 แทนค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ เพื่อแสดงความสามารถในการอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอยเชิงเส้นตรงสำหรับข้อมูลที่ได้ จากการศึกษาได้ค่า $R^2 = 0.886$ หมายความว่าความผันแปรในค่าความเอนเอียง 100% เป็นความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ด้วยค่าอ้างอิง 88.6% และอีกประมาณ 11.4% ไม่สามารถอธิบายได้ว่ามีสาเหตุจากอะไร แสดงว่าข้อมูลจากการทดลองนี้มีคุณภาพเพียงพอต่อการอธิบายความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอ้างอิงกับค่าความเอนเอียงได้ จึงมีความจำเป็นต้องทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบถดถอยเชิงเส้นตรงต่อไป ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ดังรูปที่ 5.7

สำหรับการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ดังรูปที่ 5.7 โดยการคำนวณค่า F ได้เท่ากับ 22.7464 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า $F_{0.05; 1,3} = 10.13$ จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ก แสดงว่าค่าความเอนเอียงและค่าอ้างอิงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ของค่าอ้างอิงกับค่าวัดเป็นเส้นตรงในย่านการวัดที่ 0.22 ถึง 3.95 มิลลิเมตร โดยมี % เชิงเส้นตรง เท่ากับ 1.545% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องปรับปรุงแก้ไข ดังนั้นย่านการวัดที่เครื่องมือนี้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ คือ 0.22 ถึง 3.95 มิลลิเมตร

ในทำนองเดียวกับในการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดสำหรับเครื่องมือวัดชนิดอื่นๆ ใ้ภายในกระบวนการซีล ได้แก่ เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องสาร์ทสโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ซึ่งใช้หลักการและวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดเหมือนกับการศึกษาวิเคราะห์กล้องโลเพาเวอร์สโคปแบบมีสเกลดังที่กล่าวมาแล้วสามารถสรุปผลค่าต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาและย่านการวัดที่เครื่องมือเหล่านี้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ จากการสรุปผลจากรูปที่ 5.6 ถึง รูปที่ 5.15 ได้ดังตารางที่ 5.2

ลำดับ	ชนิดของเครื่องมือวัด	% เชิงเส้นตรง	R ²	F	ย่านการวัด
1	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล	1.545	0.883	22.74636	0.22 – 3.95 มิลล์
2	เครื่องเอกซเรย์	0.569%	0.807	12.79001	2.2% – 22.7%
3	นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล	0.055%	0.886	75.92003	75.51 – 100.82 วินาที
4	เครื่องสาร์ทสโคป	2.697%	0.829	14.01049	0.4 – 2.25 มิลล์
5	เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล	0.045%	0.947	54.18932	155.51 – 190.82

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัด และ ย่านการวัดที่สามารถใช้งานได้ของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด

จากผลการคำนวณเพื่อการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวัดของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ทำการศึกษาภายในสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล และเครื่องสาร์ทสโคป กับเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล พบว่าเครื่องมือวัดทุกชนิดมีขนาดย่านการวัดที่สามารถใช้งานได้เพื่อให้ได้ค่าวัดที่มีความถูกต้องที่สุดภายใต้ย่านการวัดที่เครื่องมือเหล่านั้นนำไปใช้ตรวจวัดจริงภายในสายการผลิตของ บริษัทกรณีศึกษา และสามารถทราบย่านการวัดที่แท้จริงที่จะนำเครื่องมือวัดเหล่านี้ไปใช้งานได้ และยังลดความผันแปรของระบบการวัดที่มีสาเหตุมาจากเครื่องมือวัดจากการนำเครื่องมือวัดไปใช้ตรวจสอบชิ้นงานภายในย่านการวัดที่มีความคลาดเคลื่อน และสามารถกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานต่อไป

5.3 การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด

การประเมินคุณสมบัติด้านเสถียรภาพ (Stability) ของระบบการวัด จะเป็นการศึกษาคุณสมบัติด้านอายุการใช้งานของอุปกรณ์วัด โดยการพิจารณาจากความผันแปรโดยรวมในระบบการวัดที่ได้จากการวัดงานมาตรฐานหรือชิ้นงานอ้างอิงชิ้นหนึ่งตลอดช่วงเวลา เพื่อเป็นการเฝ้าติดตามความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด โดยในการศึกษานี้ใช้แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือช่วยวัดความเปลี่ยนแปลง โดยนำเครื่องมือซึ่งได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิทัล เครื่องสมาร์ตสโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิทัล ที่ใช้สำหรับตรวจวัดภายในสายการผลิตซิลของบริษัทกรณีศึกษานี้ ไปทำการสอบเทียบก่อนทำการศึกษาวิเคราะห์ประเมินคุณสมบัติด้านเสถียรภาพ ก่อนทำการศึกษาทุกเครื่อง

วิธีการประเมินผลความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัด

1. ควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆ ให้เป็นไปตามที่กำหนด สืบเนื่องจากเครื่องมือวัดที่ใช้ทดสอบทั้งหมดใช้อยู่ภายในสายการผลิตซิลของบริษัทกรณีศึกษา จึงทดสอบภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดไว้ของสายการผลิตซิล คือ อุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ที่ $53 \pm 10\%$
2. เลือกชิ้นงานมาตรฐานในการวัดมาหนึ่งชิ้นที่สามารถสอบกลับไปยังค่ามาตรฐานที่สูงกว่าได้ โดยในการศึกษานี้ให้เลือกงานหนึ่งชิ้นมาจากสายการผลิตที่อยู่ในช่วงของการผลิตแล้วจึงกำหนดให้เป็นชิ้นงานอ้างอิง
3. ทำการวัดชิ้นงานมาตรฐาน 5 ครั้งภายใต้ช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม โดยในการศึกษานี้ทำการวัด 1 ครั้ง ต่อ วัน รวมเป็นเวลาทั้งหมด 25 วัน
4. พล็อตกราฟแผนภูมิควบคุม \bar{X} -R พร้อมคำนวณพิกัดควบคุมโดยใช้ขอบเขตควบคุมมาตรฐานของบริษัทกรณีศึกษานี้เป็นขอบเขตอ้างอิงของค่าวัดของเครื่องมือวัดแต่ละเครื่อง
5. วิเคราะห์ความมีเสถียรภาพจากแผนภูมิ ซึ่งหากมีปัญหาของความไม่มีเสถียรภาพแล้วแผนภูมิ \bar{X} -R จะแสดงสภาวะออกนอกการควบคุม

- ถ้าแผนภูมิ Xbar-R แสดงสภาวะออกนอกการควบคุม แสดงว่าความสามารถในการวัดซ้ำหรือรีพีทเทเบิลิตีไม่เสถียรชี้ว่ามีปัญหาด้านความสม่ำเสมอ (Consistent) ที่มีความจำเป็นต้องหาสาเหตุผิดธรรมชาติภายในกลุ่มย่อยแล้วทำการแก้ไข
- ถ้าแผนภูมิ Xbar แสดงสภาวะออกนอกการควบคุม แสดงว่ามีปัญหาด้านความไม่ถูกต้องในค่าวัด คือค่าความเอนเอียงเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุผิดธรรมชาติดังกล่าว ถ้าหากสาเหตุมาจากปัจจัยภายนอก คือ ความสึกหรอของเครื่องมือวัดแล้ว ให้ทำการระบุช่วงเวลาแล้วดำเนินการทดสอบใหม่หรือทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดนี้ใหม่ แล้วให้ทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 เพื่อตรวจสอบความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.16 แสดงขั้นตอนของการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS
(STABILITY)**

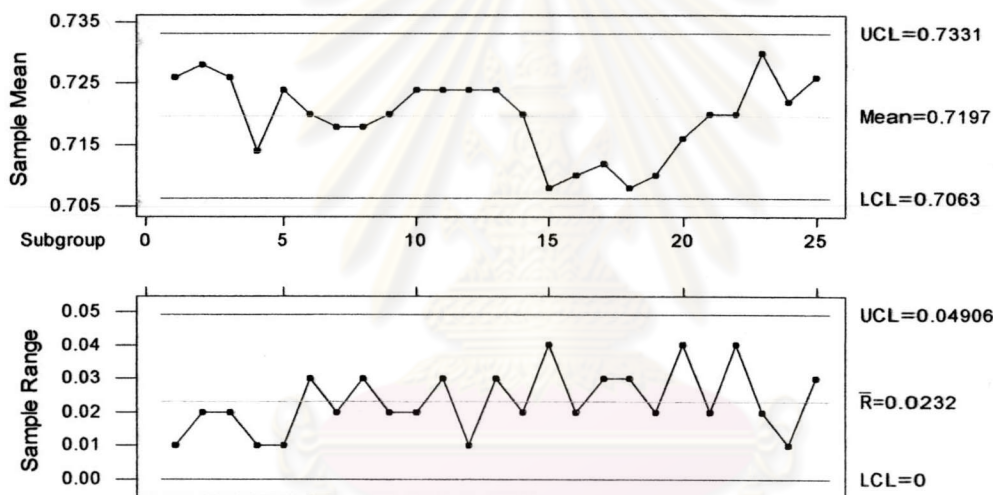
Name : Winita P.
Start date : Nov 14/2003

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

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Date	14/11	15/11	16/11	17/11	18/11	19/11	20/11	21/11	22/11	23/11	24/11	25/11	26/11	27/11	28/11	29/11	30/11	1/12	2/12	3/12	4/12	6/12	7/12	8/12	9/12	
X1	0.73	0.72	0.72	0.71	0.73	0.73	0.73	0.73	0.71	0.73	0.71	0.73	0.71	0.71	0.71	0.70	0.69	0.70	0.72	0.70	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73
X2	0.73	0.72	0.74	0.72	0.72	0.72	0.72	0.70	0.71	0.73	0.74	0.72	0.74	0.72	0.72	0.71	0.71	0.69	0.72	0.72	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
X3	0.72	0.72	0.73	0.71	0.73	0.70	0.71	0.72	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.72	0.71	0.70	0.71	0.71	0.71	0.70	0.73	0.72	0.71
X4	0.72	0.74	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71	0.72	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.73	0.72	0.71	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.71	0.72	0.74	0.72	0.73
X5	0.73	0.74	0.72	0.71	0.72	0.73	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72	0.68	0.72	0.72	0.72	0.70	0.74	0.73	0.74	0.74	0.74	0.72	0.74
Xbar	0.73	0.73	0.73	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.72	0.72	0.72	0.73	0.72	0.73
R	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	0.01	0.03	

Xbar-bar	0.720
Rbar	0.023
Sigma	0.010
Tolerance	2.000
%Stability	2.992

Stability study for Low Power Microscope (N0. 470)



รูปที่ 5.17 แสดงการวิเคราะห์การประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกลวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS
(STABILITY)**

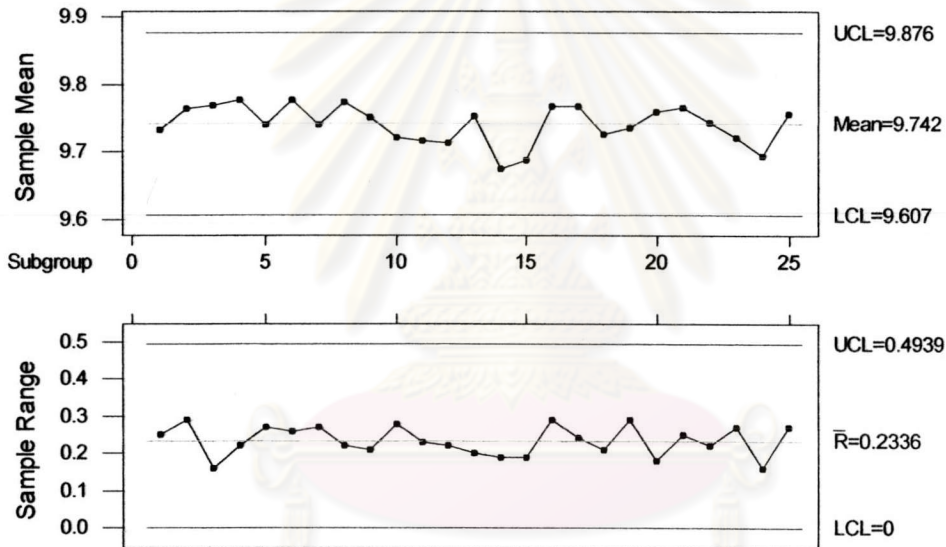
Name : Winita P.
Start date : Nov 12'2003

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

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Date	12/11	13/11	14/11	15/11	16/11	17/11	18/11	19/11	20/11	21/11	22/11	23/11	24/11	25/11	26/11	27/11	28/11	29/11	30/11	1/12	2/12	3/12	4/12	6/12	7/12
X1	9.65	9.71	9.71	9.87	9.71	9.90	9.77	9.77	9.77	9.71	9.73	9.63	9.71	9.58	9.71	9.61	9.85	9.71	9.61	9.85	9.71	9.76	9.58	9.77	9.90
X2	9.77	9.90	9.85	9.90	9.87	9.77	9.90	9.85	9.68	9.90	9.85	9.75	9.81	9.65	9.58	9.90	9.75	9.65	9.75	9.73	9.65	9.75	9.63	9.71	9.69
X3	9.89	9.61	9.69	9.75	9.75	9.64	9.63	9.73	9.71	9.62	9.75	9.85	9.85	9.71	9.71	9.74	9.61	9.64	9.90	9.67	9.73	9.87	9.71	9.63	9.85
X4	9.64	9.75	9.75	9.69	9.60	9.81	9.69	9.65	9.89	9.75	9.63	9.71	9.75	9.77	9.77	9.84	9.78	9.78	9.65	9.78	9.90	9.65	9.85	9.75	9.63
X5	9.71	9.85	9.85	9.68	9.77	9.77	9.71	9.87	9.71	9.63	9.62	9.63	9.65	9.67	9.67	9.75	9.85	9.85	9.77	9.77	9.84	9.69	9.84	9.61	9.71
Xbar	9.73	9.76	9.77	9.78	9.74	9.78	9.74	9.77	9.75	9.72	9.72	9.71	9.75	9.68	9.69	9.77	9.77	9.73	9.74	9.76	9.77	9.74	9.72	9.69	9.76
R	0.25	0.29	0.16	0.22	0.27	0.26	0.27	0.22	0.21	0.28	0.23	0.22	0.20	0.19	0.19	0.29	0.24	0.21	0.29	0.18	0.25	0.22	0.27	0.16	0.27

Xbar-bar	9.742
Rbar	0.234
Sigma	0.100
Tolerance	15.000
%Stability	4.017

Stability Study for X-Ray machine(#03)



รูปที่ 5.18 แสดงการวิเคราะห์การประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของเครื่องเอกซเรย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS
(STABILITY)**

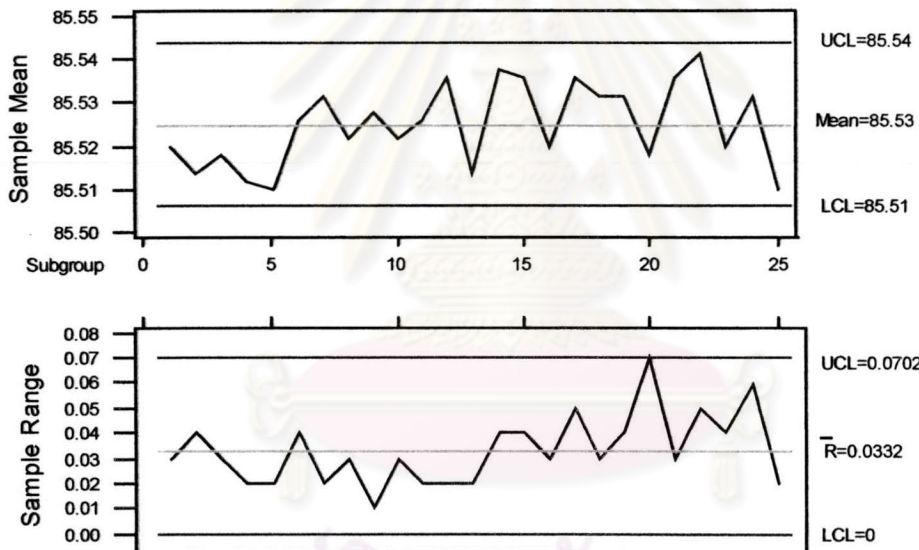
Name : Winita P.
Start date : Nov 14'2003

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

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Date	14/11	15/11	16/11	18/11	19/11	20/11	21/11	22/11	23/11	24/11	25/11	26/11	27/11	28/11	29/11	30/11	1/12	2/12	3/12	4/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12
X1	85.54	85.51	85.50	85.51	85.51	85.50	85.54	85.52	85.53	85.52	85.52	85.54	85.51	85.52	85.54	85.51	85.56	85.52	85.52	85.48	85.55	85.56	85.51	85.53	85.52
X2	85.52	85.54	85.52	85.52	85.52	85.52	85.53	85.53	85.53	85.54	85.54	85.54	85.52	85.52	85.56	85.54	85.51	85.52	85.54	85.52	85.52	85.56	85.54	85.54	85.50
X3	85.52	85.50	85.53	85.51	85.50	85.53	85.52	85.50	85.52	85.52	85.53	85.52	85.50	85.55	85.52	85.53	85.52	85.53	85.52	85.56	85.52	85.55	85.56	85.51	85.54
X4	85.51	85.52	85.52	85.52	85.51	85.54	85.53	85.53	85.53	85.51	85.52	85.54	85.52	85.56	85.52	85.51	85.54	85.54	85.56	85.52	85.55	85.56	85.51	85.50	85.52
X5	85.51	85.50	85.52	85.50	85.51	85.54	85.54	85.53	85.53	85.52	85.52	85.54	85.52	85.54	85.54	85.51	85.55	85.55	85.52	85.52	85.54	85.54	85.50	85.53	85.50
Xbar	85.52	85.51	85.52	85.51	85.51	85.53	85.53	85.52	85.53	85.52	85.53	85.54	85.51	85.54	85.54	85.52	85.54	85.53	85.53	85.52	85.54	85.54	85.52	85.53	85.51
R	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.05	0.03	0.04	0.07	0.03	0.05	0.04	0.06	0.02

Xbar-bar	85.525
Rbar	0.033
Sigma	0.014
Tolerance	20.000
%Stability	0.428

Stability Study for Digital Stop Watch(no. 1952)



รูปที่ 5.19 แสดงการวิเคราะห์การประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ
ของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล

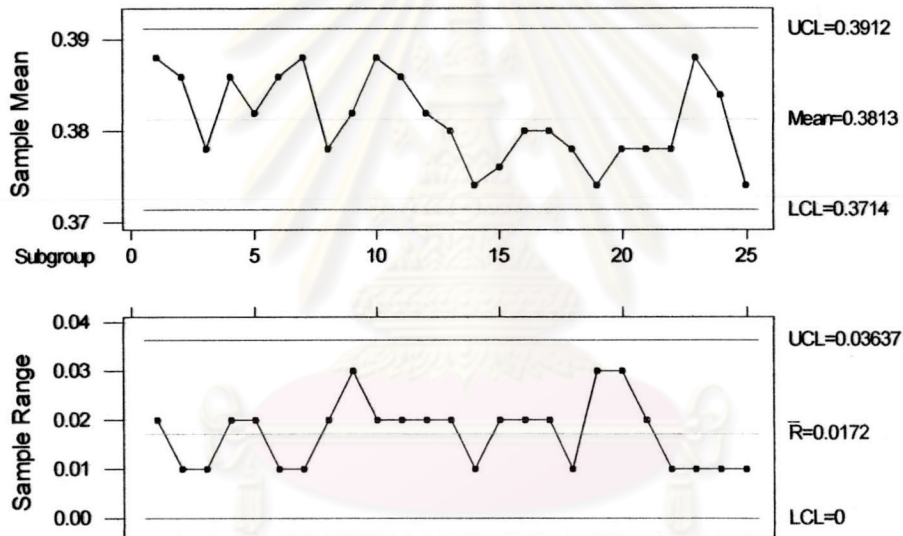
MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS
(STABILITY)

Name : Winita P.
Start date : Nov 21'2003

Characteristic :	Mold Offset
Area/Operation :	Seal Operation
Specification :	2.0 Mils Max.
Gage Name/Gage No.	Smart Scope/ 1729

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Date	21/11	22/11	23/11	24/11	25/11	26/11	27/11	28/11	29/11	30/11	1/12	2/12	3/12	4/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	12/12	13/12	14/12	15/12	16/12	
X1	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.39	0.39	0.37	0.37	0.39	0.40	0.39	0.37	0.37	0.38	0.37	0.37	0.37	0.38	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39	0.37
X2	0.40	0.38	0.38	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	0.37	0.38	0.39	0.39	0.38	0.37	0.38	0.38	0.39	0.38	0.39	0.38	0.39	0.38	0.39	0.39	0.38	0.37
X3	0.38	0.39	0.37	0.38	0.37	0.38	0.39	0.38	0.39	0.40	0.38	0.37	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.37
X4	0.38	0.39	0.38	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.38	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36	0.39	0.37	0.37	0.39	0.39	0.38	0.37
X5	0.39	0.39	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39	0.37	0.40	0.38	0.38	0.39	0.38	0.37	0.36	0.39	0.38	0.38	0.37	0.39	0.38	0.38	0.39	0.38	0.38	0.38
Xbar	0.39	0.39	0.38	0.39	0.38	0.39	0.39	0.38	0.38	0.39	0.39	0.38	0.38	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.38	0.38	0.38	0.39	0.38	0.38	0.37
R	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	
Xbar-bar	0.381																									
Rbar	0.017																									
Sigma	0.007																									
Tolerance	2.000																									
%Stability	2.218																									

Stability Study of Smart Scope(n0. 1729)



รูปที่ 5.20 แสดงการวิเคราะห์การประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ

ของเครื่องสมาร์ตสโคป

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS
(STABILITY)**

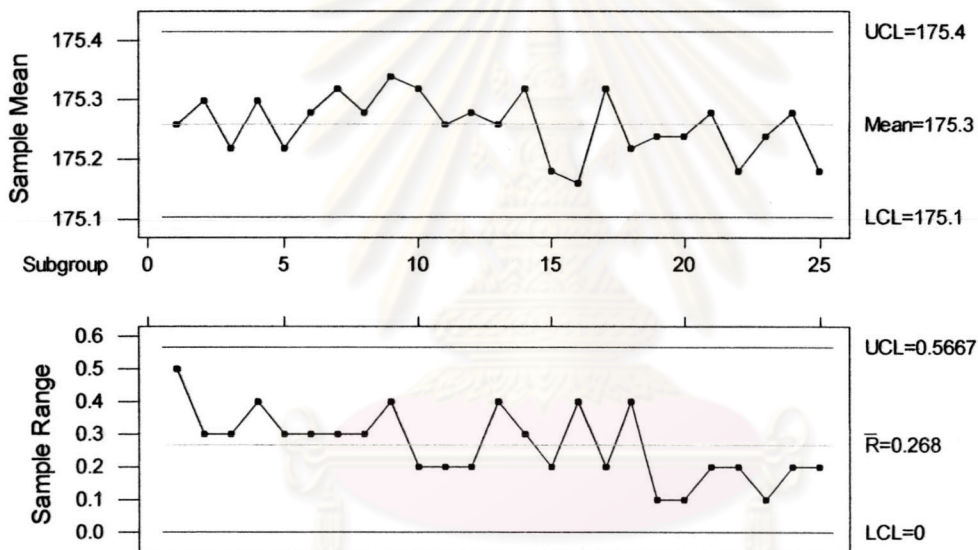
Name : Winita P.
Start date : Nov 21'2003

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

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Date	21/11	22/11	23/11	24/11	25/11	26/11	27/11	28/11	29/11	30/11	1/12	2/12	3/12	4/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	12/12	13/12	14/12	15/12	16/12	
X1	175.2	175.4	175.1	175.3	175.2	175.1	175.4	175.3	175.6	175.4	175.2	175.2	175.4	175.2	175.3	175.2	175.4	175.2	175.2	175.2	175.2	175.1	175.2	175.2	175.2	175.2
X2	175.5	175.5	175.3	175.2	175.1	175.2	175.3	175.2	175.3	175.4	175.3	175.2	175.2	175.2	175.2	175.2	175.1	175.4	175.3	175.2	175.2	175.2	175.2	175.2	175.3	175.1
X3	175.3	175.2	175.4	175.5	175.2	175.3	175.4	175.4	175.2	175.2	175.4	175.2	175.3	175.5	175.1	175.0	175.2	175.2	175.3	175.3	175.3	175.2	175.3	175.3	175.4	175.1
X4	175.0	175.2	175.1	175.4	175.2	175.4	175.1	175.4	175.4	175.4	175.2	175.4	175.4	175.4	175.2	175.1	175.3	175.0	175.2	175.2	175.4	175.1	175.2	175.2	175.2	175.3
X5	175.3	175.2	175.2	175.1	175.4	175.4	175.4	175.1	175.2	175.2	175.2	175.4	175.0	175.3	175.1	175.4	175.3	175.4	175.3	175.3	175.4	175.2	175.3	175.3	175.3	175.2
Xbar	175.3	175.3	175.2	175.3	175.2	175.3	175.3	175.3	175.3	175.3	175.3	175.3	175.3	175.3	175.2	175.2	175.3	175.2	175.2	175.2	175.3	175.2	175.2	175.3	175.3	175.2
R	0.50	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.20	0.20	0.20	0.40	0.30	0.20	0.40	0.20	0.40	0.10	0.10	0.20	0.20	0.10	0.20	0.20	

Xbar-bar	175.259
Rbar	0.268
Sigma	0.115
Tolerance	10.000
%Stability	6.913

Stability Study of Digital Thermometer (No.492)



รูปที่ 5.21 แสดงการวิเคราะห์การประเมินคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพ
ของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดทั้ง 5 เครื่องที่ใช้ในสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกลวัด เครื่องเอกซเรย์ นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล เครื่องส്മาร์ทสโคป และเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ซึ่งเริ่มทำการศึกษาดังแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2545 ดังตัวอย่างการศึกษาคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของแต่ละเครื่องมือในเดือนแรกโดยใช้แผนภูมิควบคุม \bar{X} -R ดังรูปที่ 5.17 ถึง รูปที่ 5.21 และแผนภูมิควบคุม \bar{X} -R ของการศึกษาคุณสมบัติด้านความมีเสถียรภาพของแต่ละเครื่องมือยังไม่พบการออกนอกการควบคุม และแสดงค่าพิสัยควบคุมของแผนภูมิควบคุมจากการศึกษาดังตารางที่ 5.3

ลำดับ	เครื่องมือวัด	% ความเสถียรภาพ	พิสัยควบคุมสำหรับพิสัย	พิสัยควบคุมสำหรับค่าเฉลี่ย
1.	โลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล	2.992%	0 – 0.0486 (มิลล์)	0.7064 – 0.7190 (มิลล์)
2.	เครื่องเอกซเรย์	4.017%	0 – 0.5045 (%)	9.610 – 9.885 (%)
3.	เครื่องส്മาร์ทสโคป	0.428%	0 – 0.0367 (มิลล์)	0.3711 – 0.3912 (มิลล์)
4.	นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล	2.218%	0 – 0.0642 (วินาที)	85.51 – 85.54 (วินาที)
5.	เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล	6.913%	0 – 0.5966 (องศาเซลเซียส)	175.1 – 175.4 (องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 5.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ความมีเสถียรภาพและค่าพิสัยควบคุมของแผนภูมิควบคุมจากการศึกษาความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดทั้ง 5 เครื่องที่ใช้ในสายการผลิต

แต่ก็มีแนวทางในการศึกษาและวิเคราะห์ในกรณีที่มีการออกนอกเส้นควบคุม เพื่อเป็นการค้นหาสาเหตุของความผิดปกติดังกล่าว ดังต่อไปนี้

1. เมื่อพบการออกนอกการควบคุมจะต้องทำการตรวจสอบให้แน่ใจอีกครั้งว่าเป็นการเกิดขึ้นจากสาเหตุธรรมชาติจริง
2. ถ้าแผนภูมิ R แสดงสภาวะออกนอกการควบคุม บ่งชี้ได้ว่าไม่มีความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) หรือพบสภาวะรีพีทะบิลิตี้ไม่เสถียร จึงจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุผิดปกติภายในกลุ่มย่อยแล้วทำการแก้ไข
3. ถ้าแผนภูมิ Xbar แสดงสภาวะออกนอกการควบคุม บ่งชี้ได้ว่าไม่มีความถูกต้องในค่าวัด คือค่าความเอนเอียงมีการเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ จำเป็นต้องค้นหาสาเหตุผิดปกติดังกล่าว ถ้าหากสาเหตุเกิดจากปัจจัยภายนอก ให้ทำการแก้ไข แต่ถ้าหากสาเหตุมาจากปัจจัยภายใน ซึ่งเกิดจากความสึกหรอของเครื่องมือวัดแล้ว ให้ทำการระบุช่วงเวลาแล้วดำเนินการสอบเทียบใหม่ (Re-Calibration)

หรืออาจใช้วิธีการ Gage Repeatability and Reproducibility (GR&R) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุความผิดปกติ และทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป