

## บทที่ 6

### การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

ในบทนี้จะกล่าวถึงการประเมินผลเกี่ยวกับความแม่นยำของระบบการวัด ซึ่งการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดจะเป็นการศึกษาถึงการกระจายของข้อมูลที่ได้จากการวัดอย่างสุ่มรอบค่าแท้จริงค่าหนึ่ง โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาถึงความคลาดเคลื่อนที่มาจากสาเหตุ 2 ประการคือ สาเหตุที่มาจากเครื่องมือวัด (Equipment Variation) ได้แก่ ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานหรือความเสื่อมสภาพของเครื่องมือวัด และอีกสาเหตุจากพนักงานวัด (Appraiser Variation) ได้แก่ การขาดความเข้าใจในวิธีการวัดที่ถูกต้องของพนักงานแต่ละคน โดยเน้นค่าที่ได้จากการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคนมีค่าใกล้เคียงกันทุกคน

อาจจะกล่าวอย่างสั้น ๆ ได้ว่า รีพีทะบิลิตี้ คือ ความผันแปรภายในเงื่อนไขเดียวกัน ในขณะที่รีโพรดูซิบิลิตี้ คือ ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของการวัด โดยเงื่อนไขดังกล่าวนี้อาจจะหมายถึงพนักงานวัด ภาระงาน อุปกรณ์จับยึด (จิ๊กและฟิกซ์เจอร์) และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม เป็นต้น

ซึ่งในการประเมินและวิเคราะห์ผลค่ารีพีทะบิลิตี้และรีโพรดูซิบิลิตี้ของระบบการวัด จะใช้วิธี GR&R หรือ Gage Repeatability and Reproducibility เพื่อประเมินผลค่าผันแปรอันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานชิ้นหนึ่งแบบซ้ำๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6.1 วิธีการประเมินค่า GR&R สำหรับเครื่องมือแบบข้อมูลวัด

1. สภาพแวดล้อมในการศึกษา สืบเนื่องจากเครื่องมือวัดที่ใช้ทดสอบทั้งหมดใช้อยู่ภายในสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา จึงทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ของสายการผลิตคือ อุณหภูมิ 25 +/- 3 องศาเซลเซียส และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 53 +/- 10%
2. สุ่มพนักงานวัดมาประมาณ 2 ถึง 3 คนจากจำนวนพนักงานทั้งหมด (โดยในการศึกษาค้างนี้จะมีการใช้ทั้งเทคนิคเขียนและพนักงานผู้ปฏิบัติงาน ตามการใช้งานในสายการผลิต)
3. สุ่มชิ้นงานในสายการผลิตมา 10 ชิ้น โดยให้ครอบคลุมช่วงผันแปรของกระบวนการแล้วกำหนดตัวเลขช่วง 1 ถึง 10 โดยไม่ให้พนักงานรับทราบ
4. ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ใช้ในการประเมิน
5. ให้สุ่มพนักงานวัดขึ้นมา 1 คน แล้วทำการสุ่มชิ้นงานให้พนักงานดังกล่าววัดแล้วบันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม (ในกรณีนี้ผู้วิจัยจะเป็นผู้ลงบันทึกเอง) วัดค่าจนครบทุกชิ้น จากนั้นสุ่มพนักงานวัดที่เหลือและดำเนินการเช่นเดิมจนครบทุกคนและทุกชิ้นทุกครั้ง (การทดลองนี้ให้พนักงานแต่ละคนทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง)
6. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยสำหรับพนักงานวัดทุกคน และทำการวิเคราะห์ที่มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลก่อนคำนึงถึงการจำแนกความแตกต่างและการสุ่มวัด จึงคำนวณเพื่อ หาค่าความผันแปรของเครื่องมือวัด(Equipment Variation ;EV) คำนวณค่าความผันแปรของพนักงานวัด(Appraiser Variation; AV) คำนวณค่าความผันแปรโดยรวม (Total Variation) คำนวณค่า GR&R และคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผันแปรของเครื่องมือวัด พนักงานวัด และ GR&R
7. บันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์ม Gage Repeatability & Reproducibility
8. วิเคราะห์ผลการวัดและหาสาเหตุความผันแปรในระบบการวัดของเครื่องมือดังกล่าว พร้อมทั้งเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไข โดยขั้นตอนการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 6.1

หมายเหตุ เกณฑ์การยอมรับค่า Gage Repeatability and Reproducibility ตามมาตรฐาน QS9000 มีค่าดังนี้

$\% \text{GR\&R} < 10\%$

สามารถยอมรับความสามารถระบบการวัดได้

$10\% < \% \text{GR\&R} \leq 30\%$

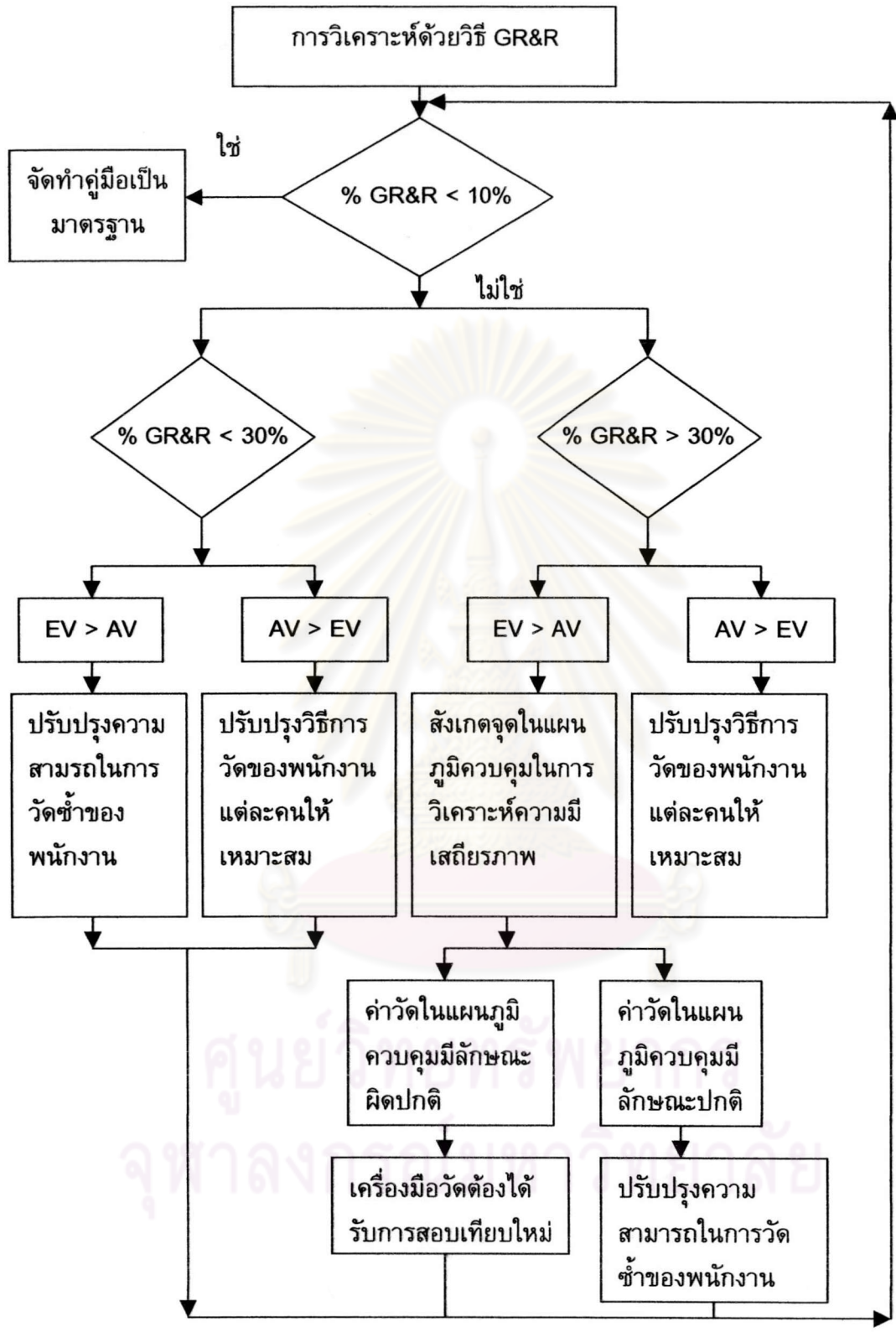
อาจจะยอมรับได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งที่ประยุกต์ใช้ค่าใช้จ่ายในการวัด ตลอดจนถึงปัจจัยอื่นๆ ฯลฯ

$\% \text{GR\&R} > 30\%$

ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้มีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วทำการลดและกำจัดทิ้ง



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

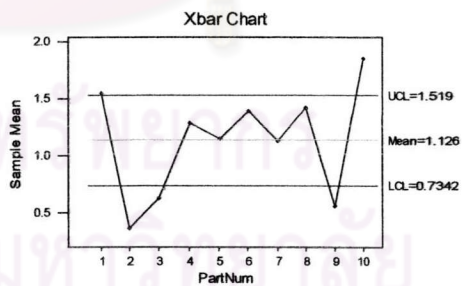
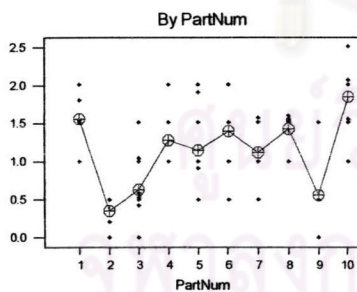
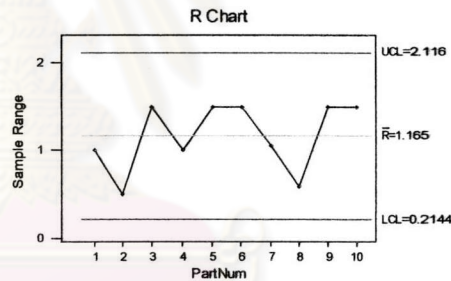
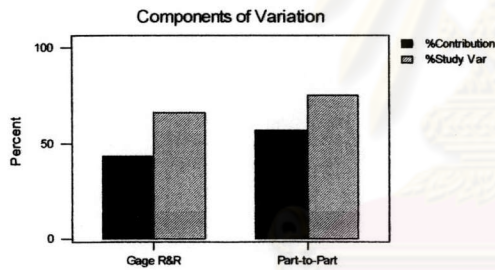


รูปที่ 6.1 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ความแม่นยำด้วยวิธี Gage Repeatability and Reproducibility

<b>MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS</b>																					
Winita P. Name DEC 10,2004 Date		GAUGE R&R DATA COLLECTION SHEET				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Characteristic :</td> <td>Mold Off Set</td> </tr> <tr> <td>Area/Operation :</td> <td>Seal Operation</td> </tr> <tr> <td>Specification :</td> <td>2.0 mils Max.</td> </tr> <tr> <td>Gage Name/Gage No.:</td> <td>Low power microscope /470</td> </tr> </table>								Characteristic :	Mold Off Set	Area/Operation :	Seal Operation	Specification :	2.0 mils Max.	Gage Name/Gage No.:	Low power microscope /470
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	1.54	1.50	2.00	0.50	1.50	1.00	1.80	0.80	1.51	1.54	1.50	0.04									
2	0.50	0.50	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20									
3	0.53	0.50	0.59	0.09	1.50	1.04	0.43	1.07	0.00	1.00	0.00	1.00									
4	2.00	1.50	1.50	0.50	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.50	1.00	0.50									
5	2.00	1.00	1.90	1.00	1.50	1.00	0.90	0.60	0.50	0.50	1.00	0.50									
6	2.00	2.00	1.50	0.50	1.00	1.50	1.50	0.50	1.50	1.00	0.50	1.00									
7	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	1.00	1.56	1.06	1.50	1.50	1.50	0.00									
8	1.50	1.54	1.55	0.05	1.00	1.50	1.52	0.52	1.53	1.59	1.00	0.59									
9	0.50	0.50	1.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.50									
10	2.06	2.00	1.55	0.51	2.50	2.00	2.00	0.50	1.50	1.00	2.00	1.00									
<b>Total</b>	<b>13.63</b>	<b>12.04</b>	<b>13.09</b>	<b>4.65</b>	<b>11.50</b>	<b>11.04</b>	<b>11.71</b>	<b>5.05</b>	<b>9.54</b>	<b>9.63</b>	<b>9.20</b>	<b>5.33</b>									
Xbar-A		1.2920		Xbar-B		1.1417		Xbar-C		0.9457											
Rbar-A		0.4650		Rbar-B		0.5050		Rbar-C		0.5330											
Rbar-bar		0.5010		Xbar-Diff		0.3463		Tolerance		2.00											
E.V.		1.5281		E.V. %		76.4025		P/T		1.31											
A.V.		0.8925		A.V. %		44.6257															
GR & R		1.7696		GR & R %		88.4805															

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

Gage name: Low Power Scope (#470)  
 Date of study: DEC 10,2003  
 Reported by: WINITA P.  
 Tolerance: 2.0 mils MAX  
 Misc:



รูปที่ 6.2 แสดงการคำนวณค่า GR&R ของกล้องไมโครสโคป โดยวิธี ANOVA

โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

**Gage R&R - ANOVA Method**

Gage R&amp;R for MoldOff

Gage name: Low Power Scope (#470)

Date of study: DEC 10,2003

Reported by: WINITA P.

Tolerance: 2.0 mils MAX.

Misc:

**One-Way ANOVA Table**

Source	DF	SS	MS	F	P
PartNum	9	18.3743	2.04158	12.7313	0.00000
Repeatability	80	12.8288	0.16036		
Total	89	31.2031			

**Gage R&R**

Source	%Contribution	
	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	0.16036	43.41
Repeatability	0.16036	43.41
Part-to-Part	0.20902	56.59
Total Variation	0.36938	100.00

Source	StdDev	Study Var	%Study Var
	(SD)	(5.15*SD)	(%SV)
Total Gage R&R	0.400450	2.06232	65.89
Repeatability	0.400450	2.06232	65.89
Part-to-Part	0.457192	2.35454	75.22
Total Variation	0.607770	3.13002	100.00

Number of Distinct Categories = 2

รูปที่ 6.2 (ต่อ) แสดงการคำนวณค่า GR&amp;R ของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป

โดยวิธี ANOVA โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS**

Winita P. Name DEC 4,2003 Date	GAUGE R&R DATA COLLECTION SHEET	Characteristic : Wire Sway Area/Operation : Seal Operation Specification : 0 - 15% Gage Name/Gage No. X-Ray #03
---	------------------------------------	--

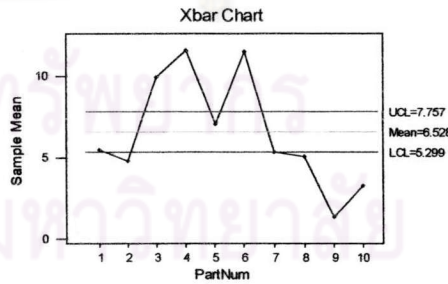
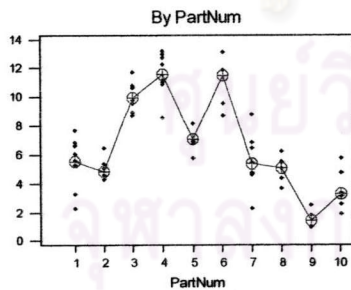
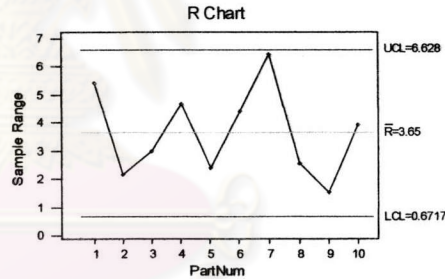
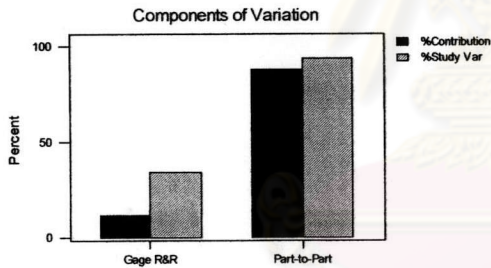
Operator	OPERATOR 1				OPERATOR 2				OPERATOR 3			
	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	Range	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	Range	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	Range
1	6.00	6.00	6.78	0.78	3.24	2.24	5.24	3.00	7.67	5.60	6.55	2.07
2	4.57	4.57	4.57	0.00	5.35	4.22	4.22	1.13	6.39	4.99	4.26	2.13
3	9.76	9.76	9.76	0.00	8.88	9.49	10.62	1.74	10.73	8.68	11.66	2.98
4	11.13	8.49	11.13	2.64	12.24	10.97	12.91	1.94	13.16	10.86	12.71	2.30
5	8.10	8.10	8.10	0.00	5.76	5.75	5.76	0.01	8.16	6.71	6.89	1.45
6	11.81	11.81	11.81	0.00	13.06	13.06	11.82	1.24	11.83	8.66	9.48	3.17
7	4.54	2.27	4.54	2.27	4.62	8.71	6.84	4.09	6.44	5.39	4.72	1.72
8	4.32	5.00	4.32	0.68	3.66	5.49	5.49	1.83	5.44	6.22	5.39	0.83
9	0.92	0.92	0.92	0.00	1.77	2.44	1.77	0.67	1.02	1.75	1.02	0.73
10	3.30	2.52	3.30	0.78	2.52	1.83	2.52	0.69	3.07	4.72	5.75	2.68
Total	64.45	59.44	65.23	7.15	61.10	64.20	67.19	16.34	73.91	63.58	68.43	20.06

Xbar-A: 6.3040 Rbar-A: 0.7150 Rbar-bar: 1.4517 E.V.: 4.4276 A.V.: 1.2778 GR & R: 4.6083	Xbar-B: 6.4163 Rbar-B: 1.6340 Xbar-Diff: 0.5600 E.V. %: 29.5172 A.V. %: 8.5185 GR & R %: 30.7218	Xbar-C: 6.8640 Rbar-C: 2.0060 Tolerance: 15.00 P/T: 3.39
--	---	---

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

Gage name: X-Ray machine (#03)  
 Date of study: DEC 4,2003  
 Reported by: WINITA P.  
 Tolerance: 15% OF Wire Sway  
 Misc:



รูปที่ 6.3 แสดงการคำนวณค่า GR&R ของเครื่องเอกซเรย์โดยใช้วิธี ANOVA

โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

**Gage R&R - ANOVA Method**

Gage R&amp;R for WireS

Gage name: X-Ray machine (#03)

Date of study: DEC 4,2003

Reported by: WINITA P.

Tolerance: 15% OF Wire Sway

Misc:

**One-Way ANOVA Table**

Source	DF	SS	MS	F	P
PartNum	9	952.60	105.844	67.8757	0.00000
Repeatability	80	124.75	1.559		
Total	89	1077.35			

**Gage R&R**

Source	%Contribution	
	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	1.559	11.86
Repeatability	1.559	11.86
Part-to-Part	11.587	88.14
Total Variation	13.147	100.00

Source	StdDev	Study Var	%Study Var
	(SD)	(5.15*SD)	(%SV)
Total Gage R&R	1.24875	6.4311	34.44
Repeatability	1.24875	6.4311	34.44
Part-to-Part	3.40400	17.5306	93.88
Total Variation	3.62582	18.6730	100.00

Number of Distinct Categories = 4

รูปที่ 6.3 (ต่อ) แสดงการคำนวณค่า GR&R ของเครื่องเอกซเรย์ โดยใช้วิธี ANOVA

โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel



**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS**

Winita P. Name Dec 18, 2003 Date	<b>GAUGE R&amp;R                  DATA COLLECTION SHEET</b>	Characteristic : Cure time Area/Operation : Seal Operation Specification : 70 - 90 sec. Gage Name/Gage No. Digital stop watch /1952
---	---	--

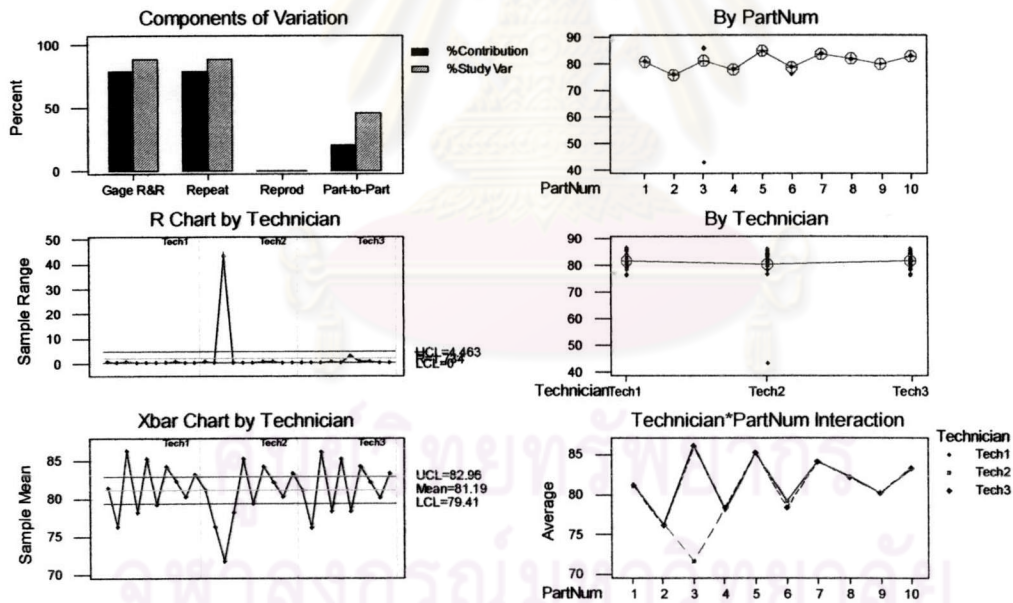
Operator	Technician 1				Technician 2				Technician 3			
	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	Range	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	Range	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	Range
1	81.80	81.24	81.34	0.56	81.05	81.31	81.18	0.26	81.19	81.21	81.31	0.12
2	76.29	76.24	76.45	0.21	76.35	76.42	76.35	0.07	76.16	76.31	76.27	0.15
3	86.20	86.27	86.52	0.32	43.00	86.12	86.10	43.12	86.24	86.10	86.30	0.20
4	78.20	78.34	78.11	0.23	78.31	78.35	78.24	0.11	78.40	78.29	78.58	0.29
5	85.31	85.28	85.43	0.15	85.40	85.21	85.45	0.24	85.29	85.31	85.41	0.12
6	79.32	79.39	79.24	0.15	79.50	79.31	79.30	0.20	79.34	79.33	76.63	2.71
7	84.28	84.24	84.17	0.11	84.20	84.47	84.17	0.30	84.39	84.09	84.28	0.30
8	82.24	82.54	82.27	0.30	82.39	82.01	82.26	0.38	82.08	82.40	82.28	0.32
9	80.25	80.40	80.22	0.18	80.34	80.27	80.30	0.07	80.13	80.32	80.28	0.19
10	83.25	83.32	83.13	0.19	83.29	83.52	83.36	0.23	83.49	83.26	83.42	0.23
Total	817.14	817.26	816.88	2.40	773.83	816.99	816.71	44.98	816.71	816.62	814.76	4.63

Xbar-A	81.7093	Xbar-B	80.2510	Xbar-C	81.6030
Rbar-A	0.2400	Rbar-B	4.4980	Rbar-C	0.4630
Rbar-bar	1.7337	Xbar-Diff	1.4583	Tolerance	20.00
E.V.	5.2877	E.V. %	26.4384	P/T	3.78
A.V.	3.8173	A.V. %	19.0866		
GR & R	6.5216	GR & R %	32.6081		

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

Gage name: Digital Stop Watch (#1952)  
 Date of study: Dec 9, 2004  
 Reported by: Winita P.  
 Tolerance: 20 sec.  
 Misc:



รูปที่ 6.4 แสดงการคำนวณค่า GR&R ของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล โดยวิธี ANOVA

โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

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

Gage R&amp;R for CureT

Gage name: Digital Stop Watch (#1952)

Date of study: Dec 9,2004

Reported by: Winita P.

Tolerance: 20 sec.

**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			

**Gage R&R**

Source	%Contribution	
	VarComp	(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

รูปที่ 6.4 (ต่อ) แสดงการคำนวณค่า GR&R ของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอลโดยวิธี ANOVA

ด้วยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

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
Technician	0.00000	0.0000	0.00
Part-To-Part	2.33559	12.0283	45.50
Total Variation	5.13275	26.4337	100.00
Reproducibility	0.00000	0.0000	0.00
Number of Distinct Categories = 1			

รูปที่ 6.4 (ต่อ) แสดงการคำนวณค่า GR&R ของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิทัลโดยวิธี ANOVA

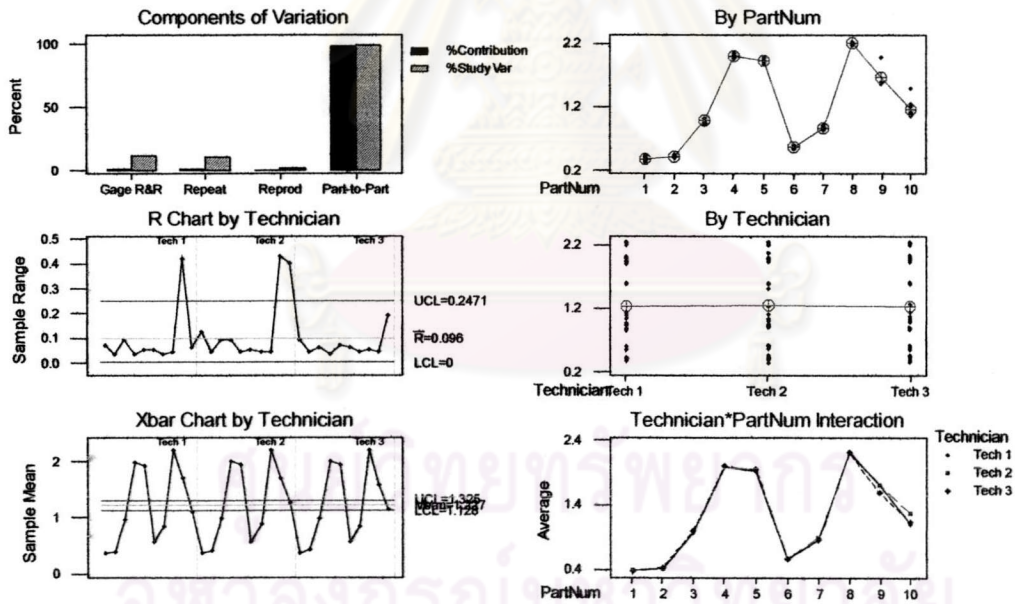
ด้วยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<b>MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS</b>												
Winita P. Name DEC 15,2003 Date				<b>GAUGE R&amp;R                      DATA COLLECTION SHEET</b>				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	0.39	0.42	0.35	0.07	0.45	0.38	0.33	0.12	0.43	0.34	0.37	0.09
2	0.42	0.39	0.40	0.03	0.40	0.42	0.44	0.04	0.41	0.45	0.43	0.04
3	0.96	1.02	0.93	0.09	0.94	1.00	1.03	0.09	1.00	1.03	0.97	0.06
4	2.01	2.00	1.98	0.03	2.07	2.00	1.98	0.09	2.00	2.03	2.00	0.03
5	1.93	1.90	1.95	0.05	1.97	1.97	1.93	0.04	1.99	1.96	1.92	0.07
6	0.59	0.54	0.58	0.05	0.60	0.58	0.55	0.05	0.54	0.60	0.57	0.06
7	0.87	0.86	0.84	0.03	0.90	0.92	0.88	0.04	0.89	0.85	0.86	0.04
8	2.22	2.24	2.20	0.04	2.20	2.21	2.24	0.04	2.23	2.19	2.24	0.05
9	1.58	1.59	2.00	0.42	2.00	1.57	1.59	0.43	1.60	1.57	1.61	0.04
10	1.11	1.14	1.08	0.06	1.10	1.23	1.50	0.40	1.13	1.25	1.06	0.19
Total	12.08	12.10	12.31	0.87	12.63	12.28	12.47	1.34	12.22	12.27	12.03	0.67
Xbar-A		1.2163		Xbar-B		1.2460		Xbar-C		1.2173		
Rbar-A		0.0870		Rbar-B		0.1340		Rbar-C		0.0670		
Rbar-bar		0.0960		Xbar-Diff		0.0297		Tolerance		2.00		
E.V.		0.2928		E.V. %		14.6400		P/T		6.83		
A.V.		0.0597		A.V. %		2.9826						
GR & R		0.2988		GR & R %		14.9407						

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

Gage name: Smart Scope (#1729)  
 Date of study: Dec 15,2003  
 Reported by: WINITA P.  
 Tolerance: 2.0 mils MAX  
 Misc:



รูปที่ 6.5 แสดงการคำนวณค่า GR&R ของเครื่องสาร์ทสโคปโดยวิธี ANOVA

โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

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

Gage R&amp;R for MoldOff

Gage name: Smart Scope (#1729)

Date of study: Dec 15,2003

Reported by: WINITA P.

Tolerance: 2.0 mils MAX.

**Two-Way ANOVA Table With Interaction**

Source	DF	SS	MS	F	P
PartNum	9	38.6418	4.29353	1101.71	0.00000
Technician	2	0.0170	0.00851	2.18	0.14143
Technician*PartNum	18	0.0701	0.00390	0.61	0.87766
Repeatability	60	0.3833	0.00639		
Total	89	39.1122			

**Two-Way ANOVA Table Without Interaction**

Source	DF	SS	MS	F	P
PartNum	9	38.6418	4.29353	738.606	0.00000
Technician	2	0.0170	0.00851	1.465	0.23743
Repeatability	78	0.4534	0.00581		
Total	89	39.1122			

**Gage R&R**

Source	%Contribution	
	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	0.00590	1.22
Repeatability	0.00581	1.21
Reproducibility	0.00009	0.02
Technician	0.00009	0.02
Part-To-Part	0.47641	98.78
Total Variation	0.48232	100.00

รูปที่ 6.5 (ต่อ) แสดงการคำนวณค่า GR&R ของเครื่องสาร์ทสโคปโดยวิธี ANOVA

โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.076831	0.39568	11.06
Repeatability	0.076243	0.39265	10.98
Reproducibility	0.009489	0.04887	1.37
Technician	0.009489	0.04887	1.37
Part-To-Part	0.690227	3.55467	99.39
Total Variation	0.694490	3.57662	100.00
Number of Distinct Categories = 13			

รูปที่ 6.5 (ต่อ) แสดงการคำนวณค่า GR&R ของเครื่องสเกลโคปโดยวิธี ANOVA

โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS

Winita P.  
Name  
DEC 28, 2003  
Date

GAUGE R&R  
DATA COLLECTION SHEET

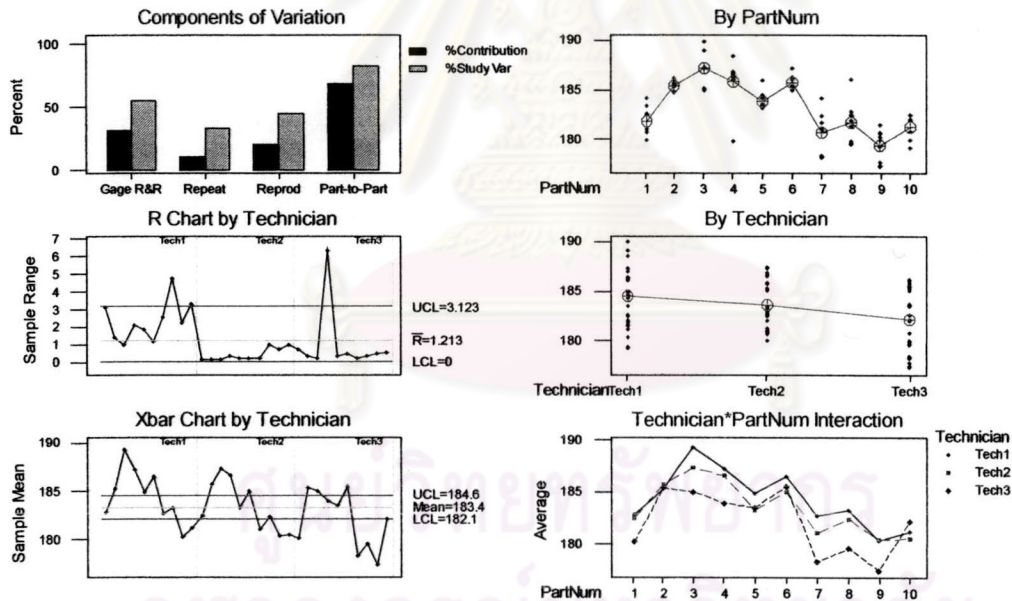
Characteristic : Mold Temperature  
Area/Operation : Seal Operation  
Specification : 170 - 180 °C  
Gage Name/Gage No. Digital Thermometer/ 482

Operator	Technician# 127507D				Technician#170897A				Technician#165044C			
	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	Range	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	Range	1st Trial	2nd Trial	3rd Trial	Range
1	183.40	181.10	184.20	3.10	182.60	182.50	182.50	0.10	180.70	180.00	180.00	0.70
2	186.20	184.90	184.80	1.40	185.80	185.70	185.70	0.10	185.60	185.40	185.30	0.30
3	189.90	189.00	189.00	0.90	187.40	187.40	187.30	0.10	185.20	185.00	185.00	0.20
4	188.50	186.90	186.40	2.10	186.80	186.60	186.50	0.30	186.10	186.00	179.80	6.30
5	186.00	184.60	184.20	1.80	183.40	183.40	183.20	0.20	183.70	183.50	183.40	0.30
6	187.20	186.40	186.10	1.10	185.20	185.00	185.00	0.20	185.80	185.50	185.40	0.40
7	182.40	181.70	184.20	2.50	181.20	181.00	181.00	0.20	178.40	178.30	178.20	0.20
8	182.50	181.40	186.10	4.70	182.40	182.90	182.00	0.90	179.80	179.60	179.50	0.30
9	180.30	179.30	181.50	2.20	180.70	180.00	180.60	0.70	177.70	177.40	177.30	0.40
10	182.50	182.00	179.20	3.30	180.90	180.00	180.80	0.90	182.50	182.10	182.00	0.50
Total	1848.90	1837.30	1845.70	23.10	1836.40	1834.50	1834.60	3.70	1825.50	1822.80	1815.90	9.60

Xbar-A	184.3967	Xbar-B	183.5167	Xbar-C	182.1400
Rbar-A	2.3100	Rbar-B	0.3700	Rbar-C	0.9600
Rbar-bar	1.2133	Xbar-Diff	2.2567	Tolerance	10.00
E.V.	3.7007	E.V. %	37.0067	P/T	2.70
A.V.	6.0554	A.V. %	60.5542		
GR & R	7.0967	GR & R %	70.9670		

Gage R&R (ANOVA) for MoldTemp

Gage name: Digital Thermometer(#492)  
Date of study: DEC 28, 2003  
Reported by: WINITA P.  
Tolerance: 10 degree C  
Misc:



รูปที่ 6.6 แสดงวิธีการคำนวณค่า GR&R ของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลโดยวิธี ANOVA

โดยการโปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

<b>Gage R&amp;R Study - ANOVA Method</b>					
Gage R&R for MoldTemp					
Gage name:	Digital Thermometer(#492)				
Date of study:	DEC 28,2003				
Reported by:	WINITA P.				
Tolerance:	10 degree C				
<b>Two-Way ANOVA Table With Interaction</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
PartNum	9	571.918	63.5465	18.2376	0.00000
Technician	2	77.622	38.8108	11.1386	0.00071
Technician*PartNum	18	62.718	3.4844	3.2591	0.00030
Repeatability	60	64.147	1.0691		
Total	89	776.405			
<b>Gage R&amp;R</b>					
Source	%Contribution				
	VarComp	(of VarComp)			
Total Gage R&R	3.0517	31.38			
Repeatability	1.0691	10.99			
Reproducibility	1.9826	20.39			
Technician	1.1775	12.11			
Technician*PartNum	0.8051	8.28			
Part-To-Part	6.6736	68.62			
Total Variation	9.7253	100.00			

รูปที่ 6.6 (ต่อ) แสดงวิธีการคำนวณค่า GR&R ของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล โดยวิธี ANOVA

โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และ โปรแกรม Excel



Source		StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R		1.74692	8.9967	56.02
Repeatability		1.03398	5.3250	33.16
Reproducibility		1.40806	7.2515	45.15
Technician		1.08515	5.5885	34.80
Technician*PartNum		0.89726	4.6209	28.77
Part-To-Part	2.58332	13.3041	82.84	
Total Variation	3.11854	16.0605	100.00	
Number of Distinct Categories = 2				

รูปที่ 6.6 (ต่อ) แสดงวิธีการคำนวณค่า GR&R ของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล

โดยวิธี ANOVA โดยการใช้โปรแกรม MiniTap และโปรแกรม Excel

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากการคำนวณเพื่อประเมินค่า GR&R ในกรณีศึกษาใช้วิธีการคำนวณค่า GR&R ด้วย ANOVA โดยใช้โปรแกรม MniTap และโปรแกรม Excel เพื่อช่วยในการคำนวณ ในทุกทุกเครื่องมือของการศึกษาในครั้งนี้ จากรูปที่ 6.1 ถึง รูปที่ 6.6 ซึ่งได้แสดงผลการคำนวณจากการใช้โปรแกรม Excel ในตารางที่ 6.1

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือวัด	ก่อนปรับปรุง %GR&R	แหล่งความผันแปร	
			% EV	% AV
1.	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปแบบมีสเกล	88.48	76.40	44.63
2.	เครื่องเอกซเรย์	30.72	29.52	8.52
3.	นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล	32.62	26.44	19.09
4.	เครื่องส마트สโคป	14.94	14.64	2.98
5.	เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล	70.97	37.00	60.55

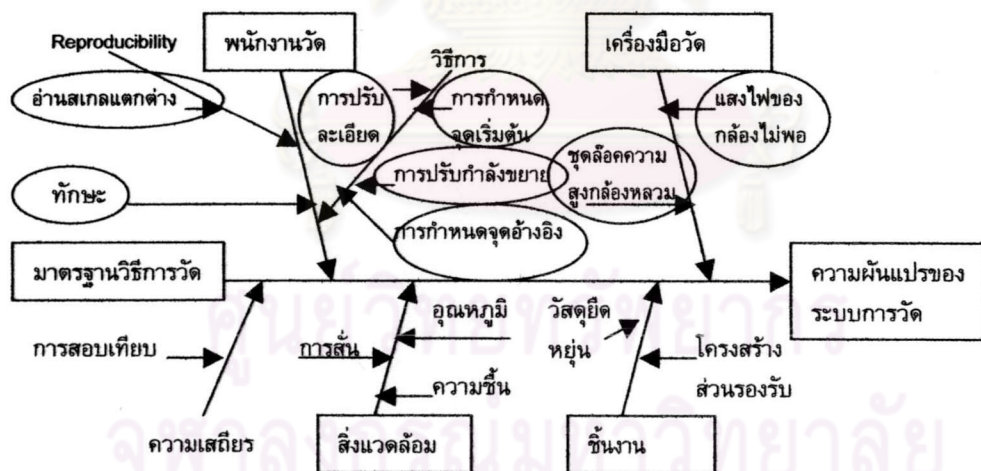
ตารางที่ 6.1 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดด้วยวิธี GR&R

จากการคำนวณเพื่อประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดพบว่า ดังข้อมูลจากตารางที่ 6.1 พบว่าทุกเครื่องมือวัดมีค่า %GR&R มากกว่า 10% ทุกเครื่องมือวัด แสดงว่าระบบการวัดของเครื่องมือทั้งหมดนี้ยังขาดความแม่นยำ ยังไม่พอเพียงที่จะตรวจจับความผันแปรที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานในสายการผลิต จึงต้องทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุและทำการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นของเครื่องมือวัด และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในเครื่องมือวัดมีค่า %GR&R จนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ซึ่งเมื่อนำค่า %EV และ %AV ที่ได้จากการคำนวณดังไว้ในตารางที่ 6.1 พบว่าเครื่องมือทั้งหมดมี %EV มีค่าสูงกว่าค่า %AV ทำให้สามารถแยกแยะสาเหตุหลักของความผันแปรในระบบการวัดว่ามีสาเหตุหลักมาจากเครื่องมือวัดเป็นสาเหตุหลัก สามารถวิเคราะห์สาเหตุของความแปรปรวนของระบบการวัดของแต่ละเครื่องมือวัดได้ ดังต่อไปนี้

**6.1.1 การวิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของกล้องไลเพาเวอริไมโครสโคปแบบมีสเกลวัด**

จากข้อมูลค่า % GR&R = 88.48% จากตารางที่ 6.1 และการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA จากรูปที่ 6.2 หมายความว่า ถ้าหากค่าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องมาจากกระบวนการวัด 88.48 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

การวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดจาก % EV = 76.40% และ % AV = 44.63% จากตารางที่ 6.1 และข้อมูลจากรูปที่ 6.2 พบว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดมีมากกว่าความผันแปรจากพนักงานแต่จากการประเมินความมีเสถียรภาพของกล้องไลเพาเวอริไมโครสโคปแบบมีสเกลพบว่า แต่จากการประเมินความแม่นยำของระบบการวัดนี้พบว่ามีค่าความผันแปรของระบบที่เกิดจากเครื่องมือวัดและพนักงานผู้วัดสูงมาก ดังนั้นในการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรจึงได้วิเคราะห์ทั้งสาเหตุจากวิธีการทำงานและเครื่องมือวัด เพื่อปรับปรุงระบบการวัดให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น สามารถวิเคราะห์ได้จากแผนภูมิแกงปลาด้านล่างนี้



สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปจากแผนภูมิแกงปลาข้างต้น พบว่าความผันแปรที่เกิดจาก ชิ้นงาน สิ่งแวดล้อม และมาตรฐานวิธีการวัด ไม่มีเป็นนัยสำคัญต่อความผันแปรที่เกิดขึ้นสืบเนื่องจาก วัสดุของชิ้นงานไม่มีความยืดหยุ่น สิ่งแวดล้อมของระบบการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ควบคุมไว้ขณะทำการประเมิน และเครื่องมือวัดอยู่ในสถานะเสถียร ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากเครื่องมือวัด และจากพนักงานผู้วัด

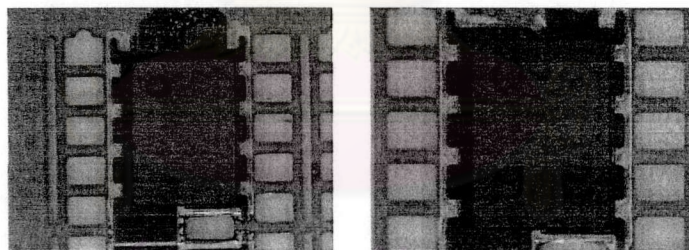
การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงานและเครื่องมือวัด

1. เนื่องจากการอ่านค่าสเกลซึ่งมีความละเอียด 1 มิลลิเมตร พนักงานแต่ละคนมีการปิดค่าที่อ่านได้แตกต่างกัน ดังรูปที่ 6.7 พนักงานสามารถจะอ่านค่าได้เป็น 1.59 หรือ 2.00 มิลลิเมตร



รูปที่ 6.7 แสดงตัวอย่างของสเกลที่พนักงานสามารถปิดค่าที่อ่านได้แตกต่างกัน

2. เนื่องจากกำหนดค่าเริ่มต้นปรับตั้งเครื่องมือวัด โดยการปรับตั้งค่ากำลังขยายของพนักงานแต่ละคนไม่เท่ากัน ทำให้เกิดความแตกต่างกันในการวัดค่าของชิ้นงาน ดังรูปที่ 6.8



(ก)

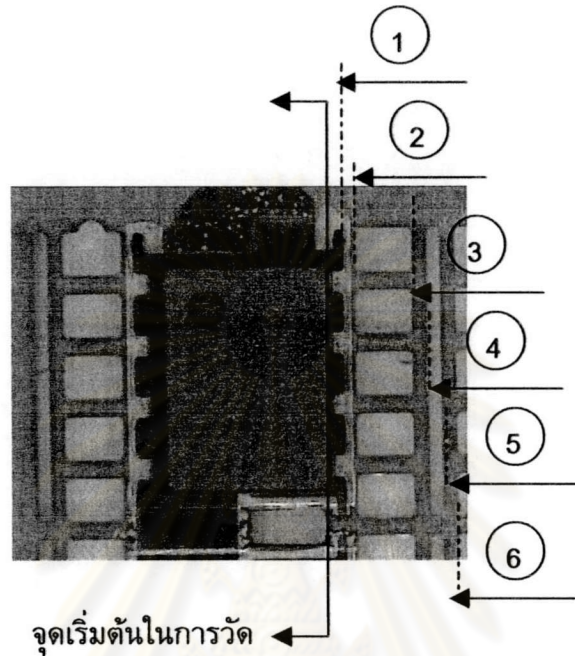
(ข)

รูปที่ 6.8 แสดงความแตกต่างของภาพ เมื่อพนักงานปรับตั้งค่ากำลังขยายของกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปไม่เท่ากัน

(ก) ตั้งค่ากำลังขยายที่ 3.92X

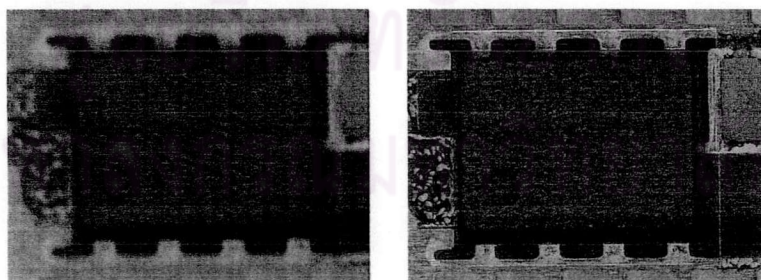
(ข) ตั้งค่ากำลังขยายที่ 4X

3. การกำหนดค่าเริ่มต้น และหรือการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงของการวัดของพนักงานแต่ละคนไม่เหมือนกันทำให้ค่าที่อ่านได้มีความแตกต่างกัน ทำให้มีการอ่านค่าจากสเกลหน้าปัดที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 6.9 ที่แสดงถึงความหลากหลายของจุดอ้างอิงของการวัดที่พนักงานใช้ในการวัด



รูปที่ 6.9 แสดงความหลากหลายของจุดอ้างอิงของการวัดที่พนักงานใช้ในการวัด

4. พนักงานขาดความเข้าใจในการปรับภาพหยาบและละเอียดทำให้การวัดที่แตกต่างกัน และเกิดจากตำแหน่งจุดอ้างอิงที่ไม่ชัดเจน ดังรูปที่ 6.10

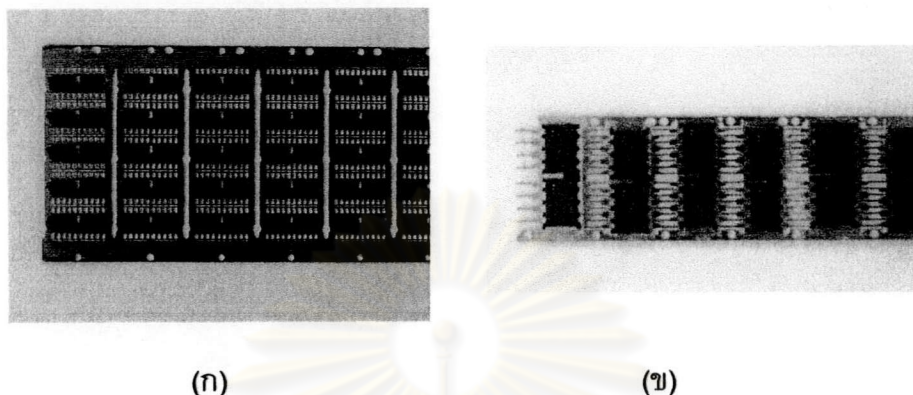


(ก)

(ข)

รูปที่ 6.10 แสดงความแตกต่างของภาพที่เกิดจากการปรับความละเอียดของภาพ

5. สืบเนื่องมาจากรูปแบบการปฏิบัติงานของพนักงานต้องหมุนเวียนกันไป และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ทำให้พนักงานขาดความชำนาญในการวัดผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นความหลากหลายของลักษณะแผงเฟรม ดังรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 แสดงความหลากหลายของแผงเฟรม

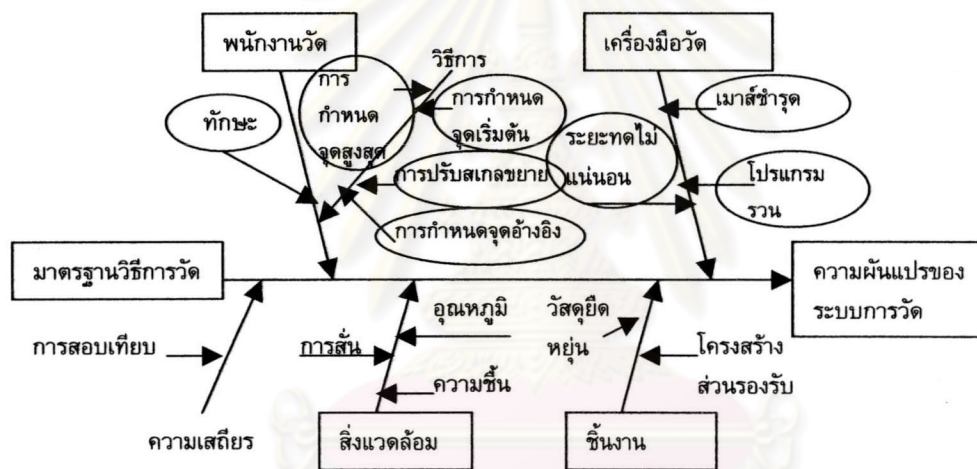
6. ความสว่างของแสงไฟที่ใช้สำหรับการวัดของเครื่องมือวัดไม่เพียงพอ ซึ่งส่งผลต่อการปรับระยะโฟกัสเพื่อความชัดเจนของภาพ
7. ชุดลิ้อคความสูงของกล้องกับแท่นวัดหลวม

### 6.1.2 การวิเคราะห์ผล *Gage Repeatability and Reproducibility* ของเครื่องเอกซเรย์

จากข้อมูลค่า % GR&R = 30.72% จากตารางที่ 6.1 และการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA จากรูปที่ 6.3 หมายความว่า ถ้าหากค่าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องมาจากระบบการวัด 30.72 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

การวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดจาก % EV = 29.52% และ % AV = 8.52% จากตารางที่ 6.1 และข้อมูลจากรูปที่ 6.3 พบว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดมีมากกว่า

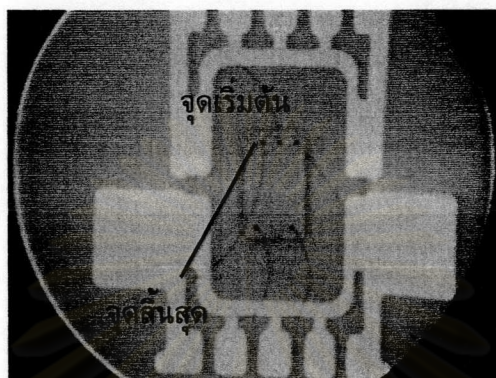
ความผันแปรจากพนักงานแต่จากการประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องเอกซเรย์พบว่า เครื่องมือวัดยังคงมีความสามารถในการใช้งานอยู่ ดังนั้นผลของค่า % EV จึงเป็นปัญหาจากการวัดซ้ำ และจากความผันแปรของชิ้นงานที่นำมาใช้ในการศึกษา (ความผันแปรของชิ้นงานที่นำมาทดสอบ เกิดจากลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่สืบเนื่องมาจากคุณภาพของลวดทองที่เชื่อมต่อกับวงจรจาก กระบวนการเชื่อมลวดทอง ได้จาก ความยาวของลวดทองที่เชื่อม ความสูงของลวดทองจากผิวหน้า ด้านบนของวงจร มุมของการเชื่อม รวมถึงตำแหน่งที่ลวดเชื่อมกับวงจรกับทางเข้าของพลาสติกที่ ฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ เป็นต้น) แสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัด เป็นสาเหตุหลัก แต่จะวิเคราะห์เครื่องมือวัดร่วมด้วยเนื่องจากในขณะที่ทำการศึกษาร่วมกับ พนักงานนั้นพบว่าอุปกรณ์บางส่วนที่ใช้เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการวัดของเครื่องมือวัดนี้ ขำรุค ส่งผลต่อพนักงานวัดในขณะที่ปฏิบัติงานและอ่านค่า สามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้แผนภูมิ ก้างปลาด้านล่างนี้



สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดของเครื่องเอกซเรย์ จากแผนภูมิข้างต้น พบว่าความผันแปรที่เกิดจาก ชิ้นงาน สิ่งแวดล้อม และมาตรฐานวิธีการ วัด ไม่มีเป็นนัยสำคัญต่อความผันแปรที่เกิดขึ้นสืบเนื่องจาก วัสดุของชิ้นงานไม่มีความยืดหยุ่น สิ่งแวดล้อมของระบบการวัดอยู่ภายในเกณฑ์ที่ควบคุมไว้ขณะทำการประเมิน และเครื่องมือวัดอยู่ใน สภาวะเสถียร ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากเครื่องมือวัด และจาก พนักงานผู้วัด

## การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงานและเครื่องมือวัด

1. ความแตกต่างในการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงในการเริ่มต้นของการวัดและตำแหน่งสิ้นสุดสำหรับการวัดไม่ถูกต้อง คือไม่กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นอ้างอิงให้ใกล้เคียงกับตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของเส้นลวดให้มากที่สุด ดังรูปที่ 6.12

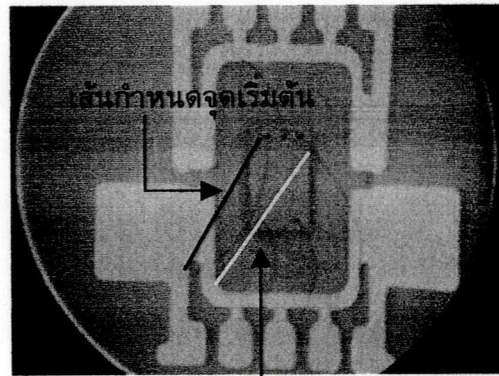


รูปที่ 6.12 แสดงการไม่กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นอ้างอิงให้ใกล้เคียงกับตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดที่แท้จริงของเส้นลวด

2. ความแตกต่างและความไม่ถูกต้องในการกำหนดจุดสูงสุดในการเบี่ยงเบนของเส้นลวดของพนักงานวัด ดังรูปที่ 6.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

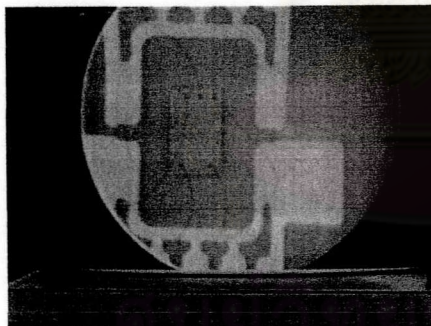




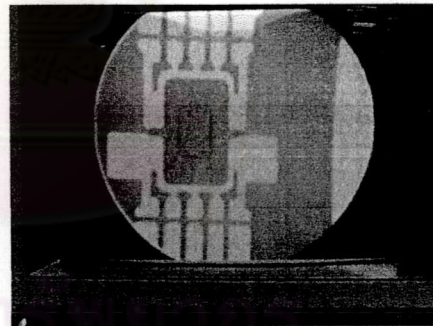
เส้นที่กำหนดจุดสูงสุดในการ  
เบี่ยงเบนของเส้นลวด

รูปที่ 6.13 แสดงความไม่ถูกต้องในการกำหนดจุดสูงสุดในการเบี่ยงเบน  
ของเส้นลวดของพนักงานวัด

3. ความแตกต่างของพนักงานในการปรับแต่งขนาดสเกลที่ใช้ขยายภาพแตกต่างกันทำให้เกิดความแตกต่างกันในการวัดค่าของชิ้นงาน ดังรูปที่ 6.14



(ก)



(ข)

รูปที่ 6.14 แสดงความแตกต่างของภาพในการปรับแต่งขนาดสเกลที่ขยายภาพที่ต่างกัน

(ก) ที่สเกล 4.0

(ข) ที่สเกล 5.0

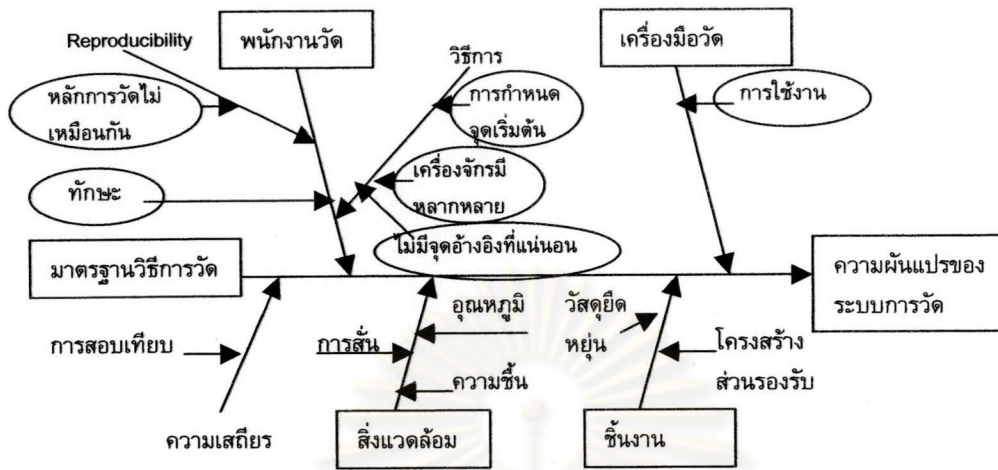
4. ตำแหน่งในการวัดชิ้นงานในแต่ละครั้งไม่คงที่สืบเนื่องมาจากอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมหรือ  
เมาส์ที่ใช้เลือกตำแหน่งในการวัดซ้ำชุด

5. ความสามารถในการวัดของพนักงานวัดแต่ละคนมีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากการหมุนเวียนสลับสับเปลี่ยนพนักงานผู้ทำหน้าที่ในการวัด ทำให้พนักงานขาดทักษะความชำนาญในการวัด หรือการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์
6. ระบบการแสดงผลภาพโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบ ชำรุด คือ ตัวหนังสือสลับกลับหัว
7. ชุดแท่นขมูสเกลของการวัดมีระยะการเคลื่อนที่หรือระยะทอดของการเคลื่อนที่ไม่แน่นอน ทำให้ได้ระยะโพกัสของภาพที่แตกต่างกัน

### 6.1.3 การวิเคราะห์ผล *Gage Repeatability and Reproducibility* ของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล

จากข้อมูลค่า % GR&R = 32.61% จากตารางที่ 6.1 และการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA จากรูปที่ 6.4 หมายความว่า ถ้าหากค่าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องมาจากระบบการวัด 32.61 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

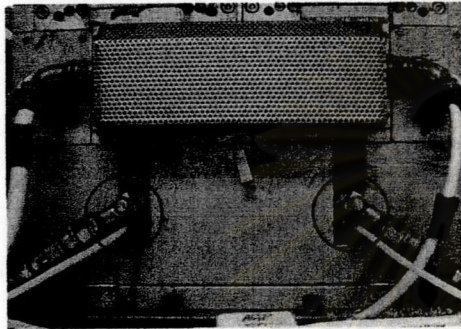
การวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดจาก % EV = 26.44% และ % AV = 19.09% จากตารางที่ 6.1 และข้อมูลจากรูปที่ 6.4 พบว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดมีมากกว่าความผันแปรจากพนักงานแต่จากการประเมินความมีเสถียรภาพของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอลพบว่า เครื่องมือวัดยังคงมีความสามารถในการใช้งานอยู่ ดังนั้นผลของค่า % EV จึงเป็นปัญหาจากการวัดซ้ำ และจากความผันแปรของชิ้นงานที่นำมาใช้ในการศึกษา การวัดซ้ำเกิดจากการทดค่าของเครื่องมือวัดเองที่สับเนื่องมาจากวิธีการวัดด้วย และในการศึกษาใช้ระยะเวลาการอบชิ้นงานภายในแม่พิมพ์เป็นค่าที่ใช้ในการวัด ซึ่งต้องปรับตั้งค่าทุกครั้งเพื่อจะวัดผลทำให้ชิ้นงานหรือสิ่งที่นำมาใช้วัดมีความผันแปรสูง แสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก โดยใช้แผนภูมิแกงปลาด้านล่างนี้



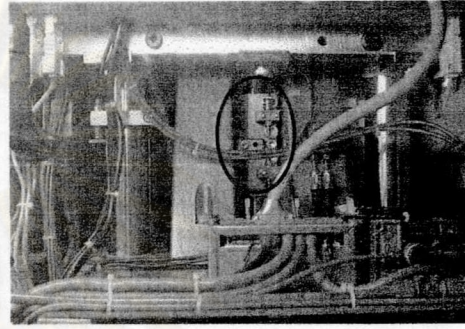
สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดของนาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอลจากแผนภูมิแกงปลาข้างต้นนี้ พบว่าความผันแปรที่เกิดจาก ชิ้นงาน สิ่งแวดล้อม และมาตรฐานวิธีการวัด ไม่มีเป็นนัยสำคัญต่อความผันแปรที่เกิดขึ้นสืบเนื่องจาก วัสดุของชิ้นงานไม่มีความยืดหยุ่น สิ่งแวดล้อมของระบบการวัดอยู่ภายในเกณฑ์ที่ควบคุมไว้ขณะทำการประเมิน และเครื่องมือวัดอยู่ในสภาวะเสถียร ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากจาก พนักงานผู้วัดเป็นหลัก

## การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงาน

1. สืบเนื่องมาจากวิธีการวัดเป็นการวัดที่ไม่มีจุดที่ให้พนักงานใช้อ้างอิงด้วยสายตาโดยตรง ต้องอาศัยความชำนาญและทักษะในการวัดอย่างสูง รวมถึงการเข้าใจถึงขั้นตอนในการทำงานของเครื่องจักรด้วย เนื่องมาจากความแตกต่างของจุดอ้างอิงตามชนิดของเครื่องจักร ดังรูปที่ 6.15 ที่แสดงถึงจุดอ้างอิงในการวัดระยะเวลาการอบแพคเกจในแม่พิมพ์ของเครื่องฉีดพลาสติกยี่ห้อ ไดอิชิ และ ยี่ห้อฟิโก้



(ก) เครื่องยี่ห้อไดอิชิ



(ข) เครื่องยี่ห้อฟิโก้

รูปที่ 6.15 แสดงถึงจุดอ้างอิงในการวัดระยะเวลาการอบแพคเกจในแม่พิมพ์ของเครื่องฉีดพลาสติกยี่ห้อ ไดอิชิ และ ยี่ห้อฟิโก้

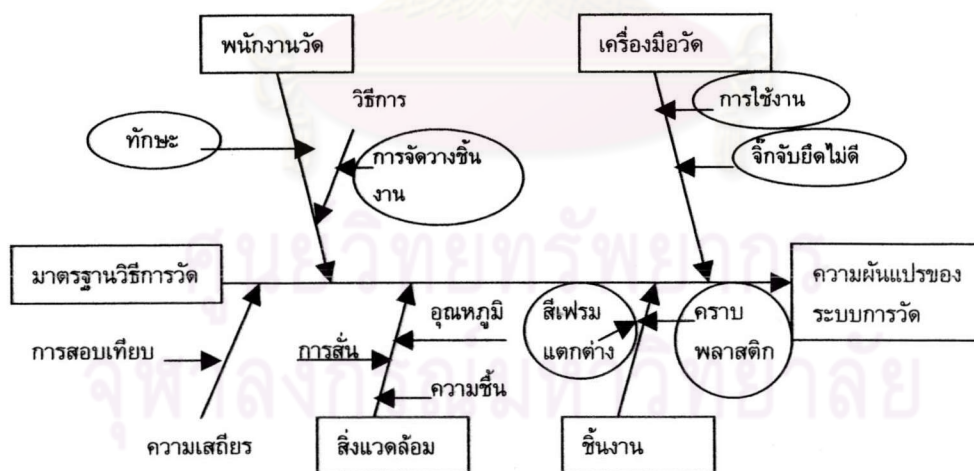
2. สืบเนื่องมาจากข้อที่ 1 ข้างต้น จึงทำให้พนักงานแต่ละคนมีหลักการหรือวิธีการวัดที่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 6.1.4 การวิเคราะห์ผล Gage Repeatability and Reproducibility ของเครื่องสมาร์ตสโคป

จากข้อมูลค่า % GR&R = 14.94 % จากตารางที่ 6.1 และการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA จากรูปที่ 6.5 หมายความว่า ถ้าหากค่าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องมาจากกระบวนการวัด 14.94 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า เกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

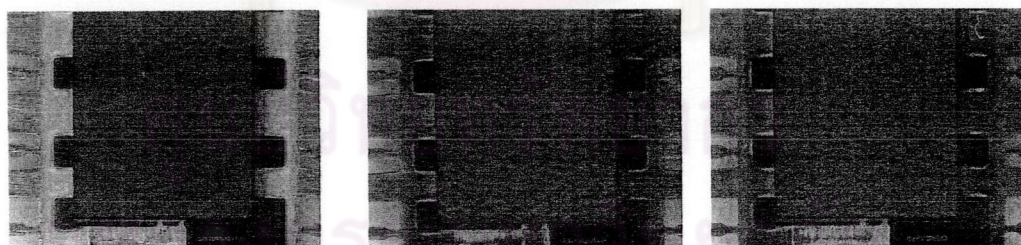
การวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดจาก % EV = 14.6 % และ % AV = 2.99 % จากตารางที่ 6.1 และข้อมูลจากรูปที่ 6.5 พบว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดมีมากกว่าความผันแปรจากพนักงานแต่จากการประเมินความมีเสถียรภาพของเครื่องสมาร์ตสโคปพบว่า เครื่องมือวัดยังคงมีความสามารถในการใช้งานอยู่ ดังนั้นผลของค่า % EV จึงเป็นปัญหาจากการวัดซ้ำ และจากความผันแปรของชิ้นงานที่นำมาใช้ในการศึกษา แสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัด แต่จากการสังเกตในระหว่างการศึกษเพื่อเก็บข้อมูลพบว่าขณะทำการวัดเครื่องนี้ต้องทำการปรับโฟกัสด้วยการแมนนวลหลายๆครั้งในระหว่างการวัดทุกๆ ที่เป็นเครื่องมือวัดแบบอัตโนมัติ โดยการเขียนโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขั้นตอนการทำงานของเครื่อง จึงนำข้อสังเกตนี้มาช่วยในการวิเคราะห์ด้วย รวมถึงระบบเครื่องมือช่วยวัดต่างๆ ของเครื่องมือวัด โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลาข้างล่างนี้



สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดของเครื่องสมาร์ทสโคปจากแผนภูมิแกงปลาข้างต้นนี้ พบว่าความผันแปรที่เกิดจาก พนักงานผู้วัด สิ่งแวดล้อม และมาตรฐานวิธีการวัด ไม่มีเป็นนัยสำคัญต่อความผันแปรที่เกิดขึ้นสืบเนื่องจาก พนักงานผู้วัดไม่ได้ทำการวัดเองเนื่องจากเป็นเครื่องมือแบบอัตโนมัติ สิ่งแวดล้อมของระบบการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ควบคุมไว้ขณะทำการประเมิน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากเครื่องมือวัดเป็นหลัก

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงานและเครื่องมือวัด

1. จิกที่ใช้ในวัด ยังไม่มีระบบการจับยึดที่ดีทำให้ชิ้นงานเกิดการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในขณะที่เครื่องมือวัดทำงานอยู่
2. สืบเนื่องมาจากความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ หรือตามชนิดของแผงเฟรมที่นำมาทำการวัดทำให้พนักงานเกิดความสับสนในการจับวางชิ้นงาน โดยพนักงานที่นำมาทดสอบบางคนต้องทำการทบทวนวิธีการวัดอีกครั้ง
3. สืบเนื่องมาจากความผันแปรของชิ้นงาน (ชิ้นงานมีสีของเฟรม หรือสีของทองแดงที่แตกต่างกัน เนื่องจากกระบวนการผลิตใช้ความร้อนจึงทำให้สีของเฟรมหรือสีของทองแดงของแต่ละชิ้นงานค่อนข้างแตกต่างกัน ดังรูปที่ 6.16 แต่เนื่องชนิดของเครื่องมือนี้ที่ใช้คลื่นแสงในการควบคุมจึงทำให้เกิดผลกระทบกับการโฟกัสระยะการวัดเครื่อง) หลังจากที่ได้สังเกตเห็นความผิดปกติในการวัดของเครื่องมือวัดแล้ว ได้ศึกษาโปรแกรมคำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือวัดนี้ พบว่าการตั้งค่าความเข้มของแสงที่ส่องลงบนชิ้นงานไม่เหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงาน



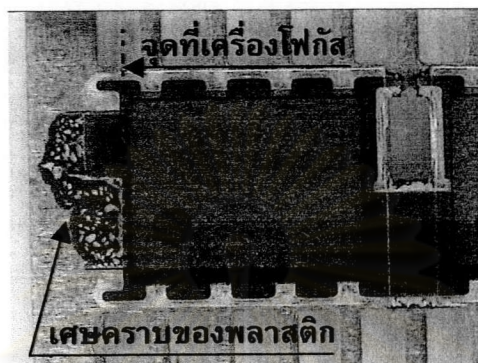
(ก) แผงเฟรมสีทองแดง

(ข) แผงเฟรมสีม่วง

(ค) แผงเฟรมสีม่วงเข้ม

รูปที่ 6.16 แสดงความแตกต่างของสีแผงเฟรมทองแดงเมื่อผ่านความร้อน

4. หลังจากที่ได้สังเกตเห็นความผิดปกติในการวัดของเครื่องมือวัดแล้วขณะทำการศึกษาแล้ว พบว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการซีลหรือการฉีดพลาสติกจะมีเศษหรือคราบของพลาสติกที่เกิดจากกระบวนการไล่อากาศออกมาจากภายในของแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้คุณภาพของชิ้นงานที่ดี ดังรูปที่ 6.17 ซึ่งเศษหรือคราบของพลาสติกเหล่านี้บางครั้งทำให้เครื่องจักรระยะโฟกัสของชิ้นงานไม่ได้



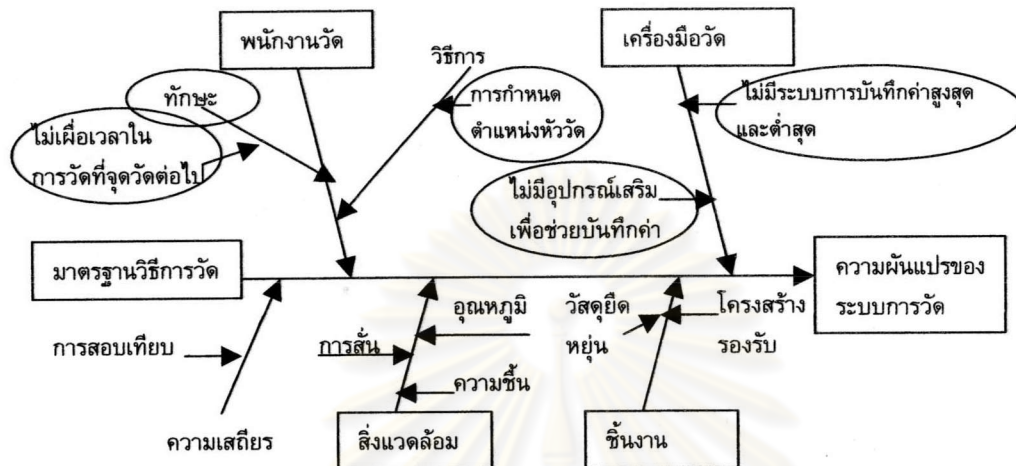
รูปที่ 6.17 แสดงเศษหรือคราบของพลาสติกที่เกิดจากกระบวนการไล่อากาศออกมาจากภายในของแม่พิมพ์ ที่แฉงเฟรม

#### 6.1.5 การวิเคราะห์ผล *Gage Repeatability and Reproducibility* ของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล

จากข้อมูลค่า % GR&R = 70.97 % จากตารางที่ 6.1 และการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA จากรูปที่ 6.6 หมายความว่า ถ้าหากค่าความผันแปรของกระบวนการมีค่า 100 มิลลิเมตรแล้ว จะมีความผันแปรเนื่องมาจากกระบวนการวัด 70.97 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่ามากกว่า เกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

การวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดจาก % EV = 37.00 % และ % AV = 60.55 % จากตารางที่ 6.1 และข้อมูลจากรูปที่ 6.6 พบว่าความผันแปรจากพนักงานมีมากกว่าความผันแปรจากเครื่องมือวัดและค่า *Reproducibility* มีค่ามากแสดงถึงความแตกต่างของแต่ละผู้วัด จึงแสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีสาเหตุมาจากพนักงานวัด แต่จากการสังเกตขณะศึกษาหรือการประเมินที่ทำการทดลองร่วมกับพนักงานผู้วัดพบว่าพนักงานเกิดความผิดพลาดในการอ่าน

ค่าเพื่อนำมาบันทึกผลทำให้ ต้องให้ตรวจวัดและอ่านค่าในตำแหน่งที่พนักงานบันทึกผลผิดพลาดใหม่เสมอ จึงได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุที่สืบเนื่องมาจากเครื่องมือวัดด้วย เพื่อต้องการปรับปรุงให้ระบบการวัดมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มคุณภาพของระบบการวัดและผลิตภัณฑ์ ดังแผนภูมิก้างปลาด้านล่างนี้



สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลจากแผนภูมิก้างปลาข้างต้นนี้ พบว่าความผันแปรที่เกิดจาก ชิ้นงาน สิ่งแวดล้อม และมาตรฐานวิธีการวัด ไม่มีเป็นนัยสำคัญต่อความผันแปรที่เกิดขึ้นสืบเนื่องจาก วัสดุของชิ้นงานไม่มีความยืดหยุ่น สิ่งแวดล้อมของระบบการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ควบคุมไว้ขณะทำการประเมิน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากจากพนักงานผู้วัด และเครื่องมือวัด

การวิเคราะห์สาเหตุจากวิธีการทำงานและเครื่องมือวัด

1. พนักงานกำหนดตำแหน่งการวางหัววัดที่แม่พิมพ์แตกต่างกัน ซึ่งเนื่องมาจากตำแหน่งของชุดฮีเตอร์ ที่ให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ ตามชนิดของแม่พิมพ์
2. วิธีการใช้เครื่องมือวัดของพนักงานไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่เผื่อเวลาให้เครื่องมือวัดในการวัดค่า เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งการวัดที่แม่พิมพ์
3. เครื่องมือวัดไม่มีระบบการบันทึกค่าสูงสุด ต่ำสุด และหรือการเฉลี่ยค่าออกมา ซึ่งส่งต่อการตัดสินใจเลือกค่าวัดที่พนักงานจะใช้ในการบันทึก
4. เครื่องมือวัดขาดระบบที่ช่วยเหลือพนักงานผู้วัดในบันทึกค่า



## 6.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับ

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับนี้ จะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบโดยผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับและปฏิเสธ หรือผ่านและไม่ผ่าน โดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิสัยของข้อกำหนดเฉพาะ จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบนั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการประเมิน จึงเป็นการประเมินในด้านความสอดคล้อง (Consistency) และความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของการวัดด้วยตา หรือการวัดโดยอาศัยความรู้สึกของพนักงานวัด รวมทั้งนำผลไปใช้วัดความสม่ำเสมอระหว่างพนักงานวัด ตลอดจนการขจัดความไม่สอดคล้อง (Inconsistency) ที่เกิดขึ้นมา ซึ่งในการศึกษาในการวิจัยนี้ใช้การประเมินในระยะสั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับในระยะสั้น

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น โดยพยายามให้สิ่งตัวอย่างงานดังกล่าวประกอบด้วย สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี สิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพไม่ดี และสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่ง (Marginal) ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน
2. ทำการเลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบงานมา 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดี และผ่านการสอบประเมินผลแล้ว (โดยเฉพาะการตรวจสอบที่อาศัยความรู้สึก เช่น กลิ่น รสชาติ สี ฯลฯ)
3. ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างงาน อย่างสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพของชิ้นงานตัวอย่างว่า “ผ่าน” หรือ “ไม่ผ่าน” พร้อมบันทึกลงในตารางทดสอบและในการประเมินผลของพนักงานแต่ละคนนี้มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบ “ซ้ำ” อย่างน้อยชิ้นงานละ 2-3 ครั้ง
4. ทำการเลือกพนักงานคนที่สองขึ้นมาแล้วดำเนินการตรวจสอบอย่างสุ่มเหมือนข้อ 3
5. ดำเนินการประเมินผลด้วยค่าดัชนีต่าง ๆ ดังนี้

$$\% \text{ความทวนซ้ำได้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ทำการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (1)$$

$$\% \text{ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ทำได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \% \text{ ประสิทธิภาพด้านความทวนซ้ำได้ ของการตรวจสอบ} \\ = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ ประสิทธิภาพด้านเอนเอียงของการตรวจสอบ} \\ = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (4) \end{aligned}$$

6. ดำเนินการตัดสินใจเพื่อทำการแก้ไขจากการประเมินและวิเคราะห์ค่าดัชนีที่คำนวณได้จากค่าดัชนีต่างๆ จากสมการที่ (1) ถึง (4) โดยถ้า % ความทวนซ้ำได้ ของพนักงานตรวจสอบ (% Appraiser Score) มีคะแนนต่ำกว่า 100% แล้ว มีความจำเป็นต้องอบรมพนักงานรวมทั้งมีการประเมินผลพนักงานใหม่ เพื่อปรับปรุง ความทวนซ้ำได้ให้ดีขึ้น แต่ถ้าหาก % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute Score) มีค่าต่ำกว่า 100% แล้วจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบเสียใหม่ หรือมีคะแนนก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญโดยเฉพาะเท่านั้น สำหรับ % ประสิทธิภาพด้าน ความทวนซ้ำได้ ของการตรวจสอบ (% Screen Effective Score) และประสิทธิภาพด้านความเอนเอียงของการตรวจสอบ (% Attribute Screen Effective Score) มีค่าต่ำกว่า 100% แล้วก็มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้น แล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้อง เพื่อให้ดัชนีทั้งสองค่ามีค่า 100%

### Attribute Gage Study

Responsible person : Winita P. Study date : Dec 15,2003 (Group A)

Gage name / No. : Low Power Microscope/ 470 Operation : Seal Operation

สิ่งตัวอย่าง	คุณภาพชิ้นงาน (Good/Reject)	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	G	G
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	G	G	G	G	G	G	G
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	G	G	G	G	G	G	G
8	G	G	G	G	G	G	G
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
11	G	G	G	G	G	G	G
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
13	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	G	G
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	G	G	G	G	G	G	G
17	G	G	G	G	G	G	G
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	G	G	G	G	G	G	G
20	G	G	G	G	G	G	G

ตารางที่ 6.2 แสดงการประเมินค่า Gage Repeatability and Reproducibility จากเครื่องมือวัด

แบบข้อมูลนับ ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป ของกะ A

สิ่งตัวอย่างงาน	คุณภาพที่แท้จริง	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน ทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน อย่างถูกต้องทุกครั้งทุกคน
1	NG	YES	YES
2	G	YES	YES
3	G	YES	YES
4	NG	YES	YES
5	G	YES	YES
6	NG	YES	YES
7	G	YES	YES
8	G	YES	YES
9	NG	YES	YES
10	NG	YES	YES
11	G	YES	YES
12	NG	YES	YES
13	G	YES	YES
14	G	YES	YES
15	NG	YES	YES
16	G	YES	YES
17	G	YES	YES
18	NG	YES	YES
19	G	YES	YES
20	G	YES	YES

ตารางที่ 6.3 แสดงการประเมินค่าประสิทธิผล (Effective) ของระบบการตรวจสอบแบบข้อมูลนับ  
ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป ของกะ A

การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความแม่นยำของ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป

จากผลการประเมินในตารางที่ 6.2 และ 6.3 สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการวัดชิ้นงานได้ถูกต้องของกะ A เป็นดังต่อไปนี้

% ความทวนซ้ำได้

เมื่อได้ทำประเมินค่า % ความทวนซ้ำได้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบขาลีดแผ่ออก ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบที่ได้ผลเหมือนกันของพนักงานแต่ละคน ที่จะไม่สนใจความถูกต้องของการตรวจสอบ ได้ผลของพนักงานที่ทำการตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าเป็นดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

% ความไม่เอนเอียง

เมื่อได้ทำการประเมิน % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ได้ทำการตรวจสอบขาลีดแผ่ออก ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและความถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริง ได้ผลคือ พนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 3} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

### % ประสิทธิภาพ

เมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบโดยรวม ทั้ง % ค่าประสิทธิภาพด้านความทวนซ้ำได้ ของระบบการตรวจสอบและ % ประสิทธิภาพด้านความเอนเอียงของการตรวจสอบ โดยการพิจารณาจากการตรวจสอบพนักงานทุกคนสามารถตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกัน โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องของผลการตรวจสอบที่แท้จริง และการที่พิจารณาว่า การที่ตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกันนั้นตรงกับคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานที่นำมาทดสอบได้จริงหรือไม่ ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้าน ความทวนซ้ำได้} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้านเอนเอียง} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<b>Attribute Gage Study</b>							
Responsible person :		Winita P.			Study date : Dec 15,2003 (Group B)		
Gage name / No. :		Low Power Microscope/ 470			Operation : Seal Operation		
สิ่งตัวอย่าง	คุณภาพชิ้นงาน (Good/Reject)	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	G	G
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	G	G	G	G	G	G	G
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	G	G	G	G	G	G	G
8	G	G	G	G	G	G	G
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
11	G	G	G	G	G	G	G
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
13	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	G	G
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	G	G	G	G	G	G	G
17	G	G	G	G	G	G	G
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	G	G	G	G	G	G	G
20	G	G	G	G	G	G	G

ตารางที่ 6.4 แสดงการประเมินค่า Gage Repeatability and Reproducibility จากเครื่องมือวัด

แบบข้อมูลนับ ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป ของกะ B

สิ่งตัวอย่างงาน	คุณภาพที่แท้จริง	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน ทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน อย่างถูกต้องทุกครั้งทุกคน
1	NG	YES	YES
2	G	YES	YES
3	G	YES	YES
4	NG	YES	YES
5	G	YES	YES
6	NG	YES	YES
7	G	YES	YES
8	G	YES	YES
9	NG	YES	YES
10	NG	YES	YES
11	G	YES	YES
12	NG	YES	YES
13	G	YES	YES
14	G	YES	YES
15	NG	YES	YES
16	G	YES	YES
17	G	YES	YES
18	NG	YES	YES
19	G	YES	YES
20	G	YES	YES

ตารางที่ 6.5 แสดงการประเมินค่าประสิทธิผล (Effective) ของระบบการตรวจสอบแบบข้อมูลนับ  
ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป ของกะ B



การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความแม่นยำของ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป

จากผลการประเมินในตารางที่ 6.4 และ 6.5 สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการวัดชิ้นงานได้ถูกต้องของกะ B เป็นดังต่อไปนี้

#### % ความทวนซ้ำได้

เมื่อได้ทำประเมินค่า % ความทวนซ้ำได้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบขาลีดแผ่อก ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบที่ได้ผลเหมือนกันของพนักงานแต่ละคน ที่จะไม่สนใจความถูกต้องของการตรวจสอบ ได้ผลของพนักงานที่ทำการตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าเป็นดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

#### % ความไม่เอนเอียง

เมื่อได้ทำการประเมิน % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ได้ทำการตรวจสอบขาลีดแผ่อก ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและความถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริง ได้ผลคือ พนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 3} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

### % ประสิทธิภาพ

เมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบโดยรวม ทั้ง % ค่าประสิทธิภาพด้านความทวนซ้ำได้ ของระบบการตรวจสอบและ % ประสิทธิภาพด้านความเอนเอียงของการตรวจสอบ โดยการพิจารณาจากการตรวจสอบพนักงานทุกคนสามารถตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกัน โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องของผลการตรวจสอบที่แท้จริง และการที่พิจารณาว่า การที่ตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกันนั้นตรงกับคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานที่นำมาทดสอบได้จริงหรือไม่ ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้าน ความทวนซ้ำได้} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้านเอนเอียง} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<b>Attribute Gage Study</b>							
Responsible person :		Winita P.			Study date : Dec 16,2003 (Group C)		
Gage name / No. :		Low Power Microscope/ 470			Operation : Seal Operation		
สิ่งตัวอย่าง	คุณภาพชิ้นงาน (Good/Reject)	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	G	G
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	G	G	G	G	G	G	G
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	G	G	G	G	G	G	G
8	G	G	G	G	G	G	G
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
11	G	G	G	G	G	G	G
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
13	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	G	G
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	G	G	G	G	G	G	G
17	G	G	G	G	G	G	G
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	G	G	G	G	G	G	G
20	G	G	G	G	G	G	G

ตารางที่ 6.6 แสดงการประเมินค่า Gage Repeatability and Reproducibility จากเครื่องมือวัด

แบบข้อมูลนับ ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป ของกะ C

สิ่งตัวอย่างงาน	คุณภาพที่แท้จริง	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน ทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน อย่างถูกต้องทุกครั้งทุกคน
1	NG	YES	YES
2	G	YES	YES
3	G	YES	YES
4	NG	YES	YES
5	G	YES	YES
6	NG	YES	YES
7	G	YES	YES
8	G	YES	YES
9	NG	YES	YES
10	NG	YES	YES
11	G	YES	YES
12	NG	YES	YES
13	G	YES	YES
14	G	YES	YES
15	NG	YES	YES
16	G	YES	YES
17	G	YES	YES
18	NG	YES	YES
19	G	YES	YES
20	G	YES	YES

ตารางที่ 6.7 แสดงการประเมินค่าประสิทธิผล (Effective) ของระบบการตรวจสอบแบบข้อมูลนับ  
ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป ของกะ C

การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความแม่นยำของ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป

จากผลการประเมินในตารางที่ 6.6 และ 6.7 สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการวัดชิ้นงานได้ถูกต้องของกะ C เป็นดังต่อไปนี้

#### % ความทวนซ้ำได้

เมื่อได้ทำประเมินค่า % ความทวนซ้ำได้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบขาลีดแผลอก ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบที่ได้ผลเหมือนกันของพนักงานแต่ละคน ที่จะไม่สนใจความถูกต้องของการตรวจสอบ ได้ผลของพนักงานที่ทำการตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าเป็นดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

#### % ความไม่เอนเอียง

เมื่อได้ทำการประเมิน % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ได้ทำการตรวจสอบขาลีดแผลอก ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและความถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริง ได้ผลคือ พนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 3} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

### % ประสิทธิภาพ

เมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบโดยรวม ทั้ง % ค่าประสิทธิภาพด้านความทวนซ้ำได้ ของระบบการตรวจสอบและ % ประสิทธิภาพด้านความเอนเอียงของการตรวจสอบ โดยการพิจารณาจากกการตรวจสอบพนักงานทุกคนสามารถตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกัน โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องของผลการตรวจสอบที่แท้จริง และการที่พิจารณาว่า การที่ตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกันนั้นตรงกับคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานที่นำมาทดสอบได้จริงหรือไม่ ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้าน ความทวนซ้ำได้} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้านเอนเอียง} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<b>Attribute Gage Study</b>							
Responsible person :		Winita P.			Study date : Dec 16,2003 (Group D)		
Gage name / No. :		Low Power Microscope/ 470			Operation : Seal Operation		
สิ่งตัวอย่าง	คุณภาพชิ้นงาน (Good/Reject)	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		พนักงานตรวจสอบคนที่ 3	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	G	G
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	G	G	G	G	G	G	G
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	G	G	G	G	G	G	G
8	G	G	G	G	G	G	G
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
11	G	G	G	G	G	G	G
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
13	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	G	G
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	G	G	G	G	G	G	G
17	G	G	G	G	G	G	G
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	G	G	G	G	G	G	G
20	G	G	G	G	G	G	G

ตารางที่ 6.8 แสดงการประเมินค่า Gage Repeatability and Reproducibility จากเครื่องมือวัด

แบบข้อมูลนับ ด้วยกล้องไมโครสโคปของกะ D

สิ่งตัวอย่างงาน	คุณภาพที่แท้จริง	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน ทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจสอบได้เหมือนกัน อย่างถูกต้องทุกครั้งทุกคน
1	NG	YES	YES
2	G	YES	YES
3	G	YES	YES
4	NG	YES	YES
5	G	YES	YES
6	NG	YES	YES
7	G	YES	YES
8	G	YES	YES
9	NG	YES	YES
10	NG	YES	YES
11	G	YES	YES
12	NG	YES	YES
13	G	YES	YES
14	G	YES	YES
15	NG	YES	YES
16	G	YES	YES
17	G	YES	YES
18	NG	YES	YES
19	G	YES	YES
20	G	YES	YES

ตารางที่ 6.9 แสดงการประเมินค่าประสิทธิผล (Effective) ของระบบการตรวจสอบแบบข้อมูลนับ  
ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป ของกะ D



การวิเคราะห์ผลการประเมินค่าความแม่นยำของ กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป

จากผลการประเมินในตารางที่ 6.8 และ 6.9 สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการวัดชิ้นงานได้ถูกต้องของกะ D เป็นดังต่อไปนี้

% ความทวนซ้ำได้

เมื่อได้ทำประเมินค่า % ความทวนซ้ำได้ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ทำการตรวจสอบขาลีดแผ่ออก ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบที่ได้ผลเหมือนกันของพนักงานแต่ละคน ที่จะไม่สนใจความถูกต้องของการตรวจสอบ ได้ผลของพนักงานที่ทำการตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าเป็นดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความทวนซ้ำของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

% ความไม่เอนเอียง

เมื่อได้ทำการประเมิน % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนที่ได้ทำการตรวจสอบขาลีดแผ่ออก ด้วยกล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกันและความถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริง ได้ผลคือ พนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีค่าดังนี้

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 1} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

20

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 2} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานคนที่ 3} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

### % ประสิทธิภาพ

เมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบโดยรวม ทั้ง % ค่าประสิทธิภาพด้านความทวนซ้ำได้ ของระบบการตรวจสอบและ % ประสิทธิภาพด้านความเอนเอียงของการตรวจสอบ โดยการพิจารณาจากผลการตรวจสอบพนักงานทุกคนสามารถตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกัน โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องของผลการตรวจสอบที่แท้จริง และการที่พิจารณาว่า การที่ตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกันนั้นตรงกับคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานที่นำมาทดสอบได้จริงหรือไม่ ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้าน ความทวนซ้ำได้} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้านเอนเอียง} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาระบบการวัดของเครื่องมือแบบข้อมูลนับ โดยการตรวจสอบขาลีดแผ่ออก (Fan Lead) โดยการใช้กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคปจากทั้ง 4 กลุ่มหรือกระบวนการผลิต ซึ่งได้แก่ กะ A กะ B กะ C และ กะ D ซึ่งได้ผลการศึกษาค่า % ความทวนซ้ำได้ % ความไม่เอนเอียง และ % ประสิทธิภาพ ดังข้อมูลในตารางที่ 6.10

ลำดับ	ชื่อเครื่องมือ	หัวข้อการตรวจสอบ	กะ	% ความทวนซ้ำได้			% ความไม่เอนเอียง			% ประสิทธิภาพ		
				พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน	พนักงาน
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป	ขาลีดแผ่ออก (Fan Lead)	A	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป	ขาลีดแผ่ออก (Fan Lead)	B	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป	ขาลีดแผ่ออก (Fan Lead)	C	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4	กล้องโลเพาเวอร์ไมโครสโคป	ขาลีดแผ่ออก (Fan Lead)	D	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

ตารางที่ 6.10 สรุปผลการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับจาก 4 กระบวนการผลิต

จากการเปรียบเทียบ % ความทวนซ้ำได้ และ % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนของแต่ละกลุ่มหรือกระบวนการปฏิบัติงานจากตารางที่ 6.10 พบว่า พนักงานทั้งหมดมีความสามารถในการทวนซ้ำได้ดีมาก คือ มีค่าเท่ากับ 100% ในทำนองเดียวกันพบว่า % ความไม่เอนเอียง อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ เมื่อนำผลของดัชนีที่แสดงประสิทธิภาพของการตรวจสอบข้างต้น จากตารางที่ 6.10 พบว่าความแปรปรวนของระบบการวัดแบบข้อมูลนับไม่เป็นนัยสำคัญ แต่จากการวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในสายการผลิตซึ่งโดยการสอบถามพนักงานผู้ปฏิบัติงานที่ผิดพลาด พบว่าบางครั้งในขณะที่พนักงานปฏิบัติงานอยู่ในกะกลางคืนและตรวจพบปัญหาคุณภาพที่เป็นปัญหาที่ไม่ค่อยเกิดขึ้นมาเป็นประจำ พนักงานไม่แน่ใจในการตัดสินใจถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงส่งผลให้เกิดการตรวจสอบที่ผิดพลาด ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้และข้อมูลของพนักงานหลายๆ ท่าน จึงได้จัดทำคู่มือมาตรฐานสำหรับพนักงานผู้ปฏิบัติงานในสายการผลิต ซึ่งแสดงในภาคผนวก ข ที่เป็นการสรุปถึงขั้นตอนต่างๆ ในการปฏิบัติงาน การใช้เครื่องมือ การตรวจสอบ เพื่อใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการปฏิบัติงาน ต่อไป