บทที่ 5

การวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยเทคนิค GRR

5.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดเครื่องมือวัด กล้องไมโครสโคป(MICROSCOPE)

5.1.1ขั้นตอนการศึกษา GRR

1.เตรียมชิ้นงานที่ได้มาจากการทำ Microsection ที่มีขนาด 1x2.5 cm. จำนวน 10 ชิ้น และอยู่ใน Part Number เดียวกัน

2.ทำเครื่องหมายลงบริเวณ Microsectionที่จะทำการวัดความหนา และ กำหนดหมายเลขชิ้นงานตั้งแต่ หมายเลข 1 ถึง 10

3.ให้พนักงานวัดวางชิ้นงานลงบน Mouse เพื่อความสะดวกในการวัด

4.ใช้กล้องที่กำลังขยาย 10 เท่า

5.วาง Mouse ลงบนแท่นวางสำหรับที่จะส่องกล้องวัดความหนา และมองที่ช่อง eye's piece พร้อมกับปรับจุดโฟกัสให้ภาพชัดเจน

6.วัดความหนาโดยผ่านเลนส์ eye's piece ที่มีขีดสเกลสำหรับการวัดอยู่

7.เมื่อนับจำนวนขีดสเกลแล้วก็นำมาเปิดตารางเปรียบเทียบจำนวนช่องกับความหนาที่มีหน่วยเป็น มิลลิอินช์ (1/1000 นิ้ว)

8.พนักงานวัดอ่านค่าที่วัดได้ให้ผู้วิจัยทำการบันทึกผล และทำเช่นเดิมจนครบทั้ง 10 ชิ้น

9.พนักงานวัดคนที่ 2,3 ทำเช่นเดียวกับพนักงานคนแรก ตามวิธีการข้อ 3-9

10.ทำการวัดซ้ำ(Replicate) ครั้งที่ 2 โดยจะเริ่มที่พนักงานคนใดก็ได้โดยไม่จำเป็นต้องเหมือนกับการวัดครั้งแรก และใช้วิธีการเช่นเดิมตามข้อ 3-9

11.บันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในแบบฟอร์ม GRR

12.วิเคราะห์ผลการวัด

13.สรุปผลการทดลอง

ชื่อเครื่องมือวัด กล้องไมโครสโคป (ก่อนการปรับปรุง)

ส่วนงาน : QUALITY พนักงานวัดคนที่ A

ฝ่าย : QAE พนักงานวัดคนที่ B

แผนก : IQC พนักงานวัดคนที่ C

วันที่เก็บข้อมูล : 11/5/96 บันทึกโดย: [illegible]

หน่วย มิลลิเมตร (mm)

พนักงานวัดคนที่ / การวัดซ้ำครั้งที่	หมายเลขชิ้นงาน										ค่าเฉลี่ย Average	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A 1	58.268	56.693	56.693	57.480	55.906	57.480	56.693	56.693	57.480	56.693		
2	57.480	55.906	56.693	56.693	56.693	57.480	56.693	56.693	56.693	56.693		
ค่าเฉลี่ย(Average)	57.874	56.300	56.693	57.087	56.300	57.480	56.693	56.693	57.087	56.693	$\bar{X}_a$ =	56.890
ผลต่าง (Range)	0.788	0.787	0.000	0.787	0.787	0.000	0.000	0.000	0.787	0.000	$\bar{R}_a$ =	0.3936
B 1	57.480	55.118	56.693	57.480	56.693	56.693	56.693	56.693	56.693	55.906		
2	57.480	55.118	56.693	57.480	56.693	56.693	56.693	56.693	56.693	56.693		
ค่าเฉลี่ย(Average)	57.480	55.118	56.693	57.480	56.693	56.693	56.693	56.693	56.693	56.300	$\bar{X}_b$ =	56.654
ผลต่าง (Range)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.787	$\bar{R}_b$ =	0.0787
C 1	59.055	57.480	57.480	59.055	57.480	59.843	58.268	58.268	58.268	58.268		
2	58.268	57.480	58.268	59.055	57.480	59.055	58.268	58.268	58.268	58.268		
ค่าเฉลี่ย(Average)	58.662	57.480	57.874	59.055	57.480	59.449	58.268	58.268	58.268	58.268	$\bar{X}_c$ =	58.307
ผลต่าง (Range)	0.787	0.000	0.788	0.000	0.000	0.788	0.000	0.000	0.000	0.000	$\bar{R}_c$ =	0.2363
Part Average ($\bar{X}_p$)	58.005	56.299	57.087	57.874	56.824	57.874	57.218	57.218	57.349	57.087	$\bar{\bar{X}}$ =	57.284
											$\bar{R}_p$ =	1.7060

$\bar{\bar{R}} = (\bar{R}a+\bar{R}b+\bar{R}c)/3$	0.2362
$\bar{X}_{diff} = (\bar{X}i - \bar{X}j)$	1.6536

$\bar{X}i = X_{max}$

$\bar{X}j = X_{min}$

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลการวัดด้วยกล้องไมโครสโคป

หมายเหตุ **การกำหนดวิธีการควบคุมความแปรปรวนร่วม(Covariance) ของชิ้นงานในการทดลอง**

1) กำหนดชิ้นงาน 10 ชิ้น ที่ผ่านการตรวจสอบทางด้านคุณภาพแล้ว โดยจะใช้ชิ้นงานเดิมไปตลอดช่วงการศึกษาวิจัย โดยได้ทำการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นงานทั้ง 10 ชิ้น ได้ดังนี้

$$\sigma_{\text{ชิ้นงาน}} = R_p / d^*_2$$
$$= 0.536$$

โดยทฤษฎี GRR กำหนดไว้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจะมีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระ(ไม่ขึ้นกับค่าความเบี่ยงเบนอื่นๆ) ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลตามทฤษฎี GRR จะตั้งสมมติฐานไว้ว่า ความเบี่ยงเบนในการวัดจะเกิดจาก เครื่องมือวัดและพนักงานวัดเท่านั้น

2) กำหนดกล้องไมโครสโคป ที่จะทำการวัดโดยใช้ กล้องไมโครสโคปตัวเดิมตลอดช่วงการศึกษาวิจัย

3) กำหนดพนักงานที่ทำการวัดกลุ่มเดียว โดยคัดเลือกพนักงานวัดทั้งหมด 3 คน ซึ่งเป็นพนักงานวัดที่ใช้เครื่องมือนี้เป็นประจำอยู่แล้ว

4) กำหนดเวลาที่จะทำการศึกษา/เก็บข้อมูลให้คงที่(กะเช้า,บ่าย,ดึก)

5) ควบคุมสภาวะแวดล้อมที่ทำการศึกษาวิจัย เช่น อุณหภูมิ,ความชื้น,วิธีการทำงาน ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในขณะทำการวัด จะมีเพียง 2 ประการหลักๆ ดังนี้

***ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก พนักงานวัด(วิธีการใช้เครื่องมือ,ความรู้ความสามารถ)**

***ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก เครื่องมือวัด**

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัดด้วยกล้องไมโครสโคป

หมายเลขชิ้นงาน: **ชื่อเครื่องมือวัด:** กล้องไมโครสโคป **วันที่วิเคราะห์:**

ลักษณะการวัด: ความหนา **หมายเลขเครื่องมือ:** **วิเคราะห์โดย:** สมภพ

Specification: 57.87 + 3 milli-inch

จากข้อมูลในตารางบันทึกข้อมูล

$\bar{R} = 0.2362$ $\bar{X}_{diff} = 1.6536$ $\bar{R}_p = 1.7060$

การวิเคราะห์ระบบการวัด			เปอร์เซนต์การผันแปรรวม(%TV)
1.Repeatability (EV)			
$EV = \bar{R} * K_1$	การวัดซ้ำ	K_1	6 %EV= 100(EV/TV)
= 0.2362 x 4.56	2	4.56	= 100(1.077/5.3385)
= 1.077	3	3.05	= 20.18 %
2.Reproducibility (AV)			
$AV = \sqrt{[(\bar{X}_{diff} * K_2)^2 - (EV^2/nr)]}$			7 %AV= 100(AV/TV)
$= \sqrt{(1.654 \times 2.7)^2 - (1.077)^2 / 10x2}$			= 100(4.4387/5.3385)
= 4.4387			= 83.14 %
จำนวนพนักงานวัด	2	3	
K_2	3.65	2.70	8 %R&R= 100(R&R/TV)
3.Repeatability & Reproducibility (R&R)			=100(4.57/5.3385)
$R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$			= 85.56 %
$= \sqrt{1.077^2 + 4.4387^2}$			
= 4.57	จน.ชิ้นงาน	K_3	
4.Part Variation (PV)	2	3.65	9 %PV = 100(PV/TV)
$PV = \bar{R}_p * K_3$	3	2.70	=100(2.7637/5.3385)
= 1.706 x 1.62	4	2.30	= 51.77 %
= 2.7637	5	2.08	
5.Total Variation (TV)	6	1.93	
$TV = \sqrt{(R\&R)^2 + (PV)^2}$	7	1.82	
$= \sqrt{4.57^2 + 2.7637^2}$	8	1.74	
= 5.3385	9	1.67	
	10	1.62	

5.1.2 สรุปผลการทดลองการใช้เครื่องเครื่องมือวัด กล้องไมโครสโคป

1.จากแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อมูล GRR *%R&R = 85.56%*

การตัดสินใจ *ไม่ยอมรับระบบการวัดนี้เพราะว่า %R&R มีค่ามากกว่า 30%*

2.สาเหตุ

จาก %EV = 20.18%

%AV = 83.14%

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การแปรผันของระบบการวัดนี้เกิดขึ้นเนื่องมาจาก พนักงานวัดเป็นสาเหตุหลัก ดังนั้นจึงพอจะสรุปสาเหตุได้ดังนี้

สาเหตุเนื่องมาจากพนักงานวัด

1)การปรับจุดโฟกัสเพื่อความคมชัดของภาพและสเกลของพนักงานแต่ละคนไม่เหมือนกัน

2)การปรับเลนส์ eye's piece เพื่อทำการวัดของพนักงานแต่ละคนไม่เหมือนกัน

3)พนักงานยังอ่านค่าจากสเกลไม่ดีพอ

4)พนักงานไม่เข้าใจวิธีการวัดผ่านเลนส์ eye's piece ที่ถูกต้อง

5)พนักงานยังวางชิ้นงานไม่ถูกต้อง

6)การนับจำนวนช่องสเกล

สาเหตุเนื่องมาจากเครื่องมือวัด

1)การสอบเทียบเครื่องมือวัด

2)เลนส์

5.1.3 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยความสัมพันธ์ระหว่าง %R&R กับ ความสามารถกระบวนการ (Process Capability)

กล้องไมโครสโคป(MICROSCOPE)

1.จากข้อมูลที่ได้เก็บบันทึกจากการทดลองทั้งหมด n = 60 ข้อมูล

2.หา $\sigma^2_{OBSERVE}$ จากสูตร $\frac{\sum_{i=1}^{60}(Xi-\overline{X})^2}{n-1}$ = 0.93

3.หา $Cp_{OBSERVE}$ จากสูตร

$$Cp_{OBSERVE} = \frac{Tolerance}{6x\sigma_{OBSERVE}}$$

$$= \frac{6}{6x0.96} = 1.042$$

%R&R = 85.65%

4.หา Cp_{ACTUAL}

$$= \frac{1}{6\sqrt{\left[\frac{1}{6Cp_{OBSERVE}}\right]^2 - \left[\frac{\%R\&R}{5.15x100}\right]^2}}$$

$$= 1.85$$

$$\sigma_{ACTUAL} = \frac{Tolerance}{6xCp_{ACTUAL}}$$

$$= \frac{6}{6x1.85} = 0.54$$

$$\sigma^2_{ACTUAL} = 0.29$$

5.จากทฤษฎีจะพบว่า

$$\sigma^2_{OBSERVE} = \sigma^2_{ACTUAL} + \sigma^2_{R\&R}$$

ดังนั้น $\sigma^2_{R\&R} = \sigma^2_{OBSERVE} - \sigma^2_{ACTUAL}$

$$\sigma^2_{R\&R} = 0.64$$

6 จะพบว่า $\sigma^2_{R\&R}$ ที่หามาได้มีค่าสูงมาก แสดงว่าการแปรผันของระบบการวัดนี้ที่ได้เก็บข้อมูล(OBSERVE)เกิดขึ้นเนื่องมาจากสาเหตุหลักก็คือ เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ รวมไปถึงพนักงานวัด มากกว่าที่จะมุ่งเน้นไปวิเคราะห์ทางด้านกระบวนการผลิตจริงที่เกิดขึ้น(Actual Process)

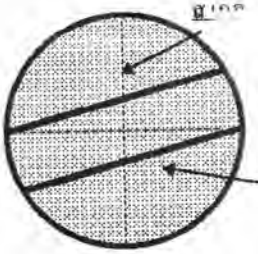
5.1.4 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการวัด

กล้องไมโครสโคป (MICROSCOPE)

จากการทดลองศึกษา GRR ด้วยเครื่องมือวัด กล้องไมโครสโคป ของแผนก IQC (In-Coming Quality Control) ซึ่งใช้สำหรับวัด ความหนาของแผ่นทองแดง,ความหนาของทองแดงในรู,ความหนาของโลหะเคลือบบางๆในรูวงจร โดยได้ทดลองวัดความหนาของแผ่นทองแดงตัวอย่าง 10 แผ่น จากแบบฟอร์มการวิเคราะห์ GRR พบว่า %R&R = 85.56% ซึ่งสูงมาก(มากกว่า 30%) แสดงให้เห็นว่า มีความผิดปกติในการวัด โดยทฤษฎี GRR ทำให้สามารถทราบได้ว่าการแปรผันที่เกิดขึ้น ส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจาก พนักงานวัดนั่นเอง เพราะ %AV = 83.14% ส่วน %EV = 20.18% ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ %AV

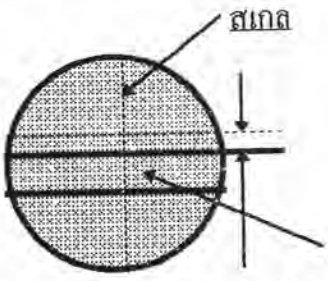
สาเหตุที่สำคัญ

1.การปรับเลนส์ eye's piece ไม่ตรงกับสเกล ดังภาพ

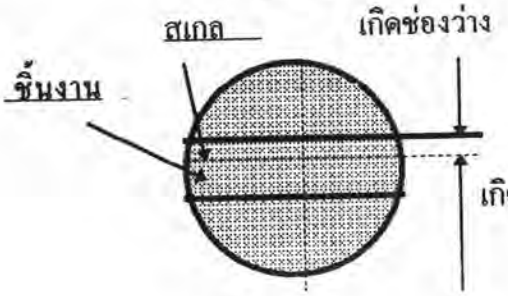


ระหว่างสเกลไม่อยู่ในแนวเดียวกับ ชิ้นงานที่จะวัด หรือ วางชิ้นงานเอียง ก็จะทำให้การอ่านค่าสเกลไม่ถูกต้อง

2.การทาบสเกลให้ตรงกับชิ้นงาน มีการเหลื่อม หรือ เกิดช่องว่าง ดังภาพ



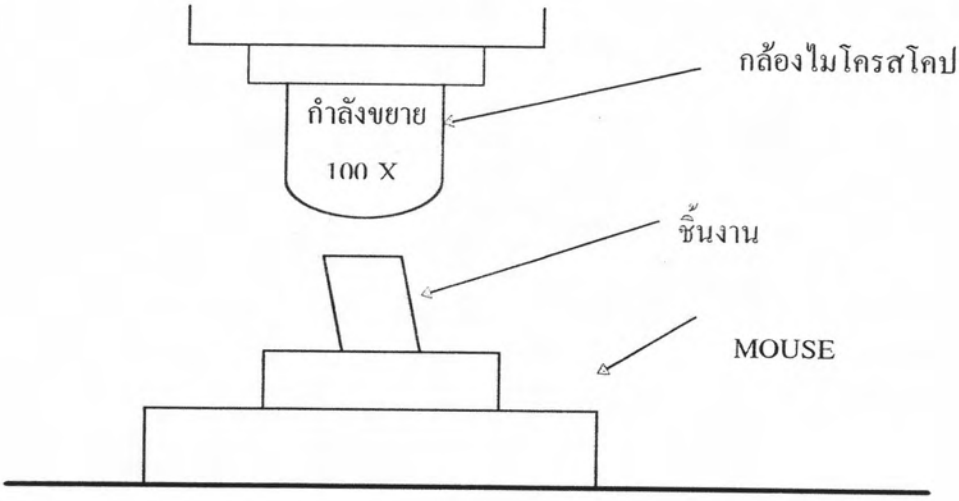
1)สเกลอยู่สูงกว่าแนวที่จะวัดทำให้การอ่านค่าสเกล มากกว่าความเป็นจริง



2)สเกลอยู่ต่ำกว่าแนวที่จะวัดทำให้การอ่านค่าสเกล น้อยกว่าความเป็นจริง

3.การปรับระยะโฟกัสไม่ดีทำให้เกิดภาพเบลอ และอ่านค่าสเกลได้ไม่ชัด

4.การวางชิ้นงานบน MOUSE ไม่ตรง,เอียง จะทำให้สเกลที่วัดได้ ไม่ตรงกับความเป็นจริง



5.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยเครื่องมือวัด เครื่องวัดความหนา

5.2.1 ขั้นตอนการศึกษา GRR

1.เลือกแผ่นลามิเนตที่อยู่ใน Part Number เดียวกัน มาอย่างสุ่มจำนวน 10 แผ่น

2.กำหนดจุดที่จะให้วัดความหนาทั้ง 10 แผ่นและกำหนดหมายเลข 1 ถึง 10

3.ก่อนที่จะเริ่มวัด กดปุ่ม SET ZERO ที่บริเวณหน้าปัดเพื่อให้ค่าเริ่มต้นเป็น 0.0000

4.เลือกหน่วยที่ต้องการจะวัด โดยกดปุ่ม INCH (นิ้ว) หรือ mm.(มิลลิเมตร) ที่บริเวณหน้าปัด

5.เลือกแผ่นลามิเนตมาอย่างสุ่ม ให้พนักงานทำการวัด บริเวณจุดที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกค่า และส่งแผ่น PCB ปผ่นต่อไปให้วัด จนครบทั้ง 10 แผ่น

6.ให้พนักงานคนที่ 2,3 ทำการวัด ตามวิธีการในข้อ 2,3

7.ทำการวัดซ้ำ(Replicate) ครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการเช่นเดิม โดยสลับพนักงานวัด

8.นำข้อมูลท้งหมดมาบันทึกลง แบบฟอร์มการทดลอง GRR

9.วิเคราะห์ผลการวัด

10.สรุปผลการทดลอง

ชื่อเครื่องมือวัด **เครื่องวัดความหนาบอร์ดที่ผ่านการชุบทองแดง (ก่อนการปรับปรุง)**

ส่วนงาน : QUALITY พนักงานวัดคนที่ A:

ฝ่าย : QC พนักงานวัดคนที่ B:

แผนก : IPQC พนักงานวัดคนที่ C:

วันที่เก็บข้อมูล :20/4/96 บันทึกโดย: สมภพ

หน่วย: มิลลิเมตร (millimeter)

พนักงานวัดคนที่ / การวัดซ้ำครั้งที่	หมายเลขชิ้นงาน										ค่าเฉลี่ย (Average)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A 1	1.622	1.548	1.692	1.595	1.646	1.658	1.637	1.615	1.562	1.647		
2	1.621	1.560	1.689	1.595	1.647	1.659	1.638	1.616	1.558	1.650		
ค่าเฉลี่ย(Average)	1.622	1.554	1.691	1.595	1.647	1.659	1.638	1.616	1.560	1.649	$\bar{X}_a$ =	1.6228
ผลต่าง (Range)	0.001	0.012	0.003	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.003	$\bar{R}_a$ =	0.0027
B 1	1.634	1.543	1.688	1.587	1.631	1.655	1.630	1.615	1.557	1.639		
2	1.615	1.551	1.687	1.585	1.634	1.655	1.628	1.612	1.558	1.645		
ค่าเฉลี่ย(Average)	1.625	1.547	1.688	1.586	1.633	1.655	1.629	1.614	1.558	1.642	$\bar{X}_b$ =	1.6175
ผลต่าง (Range)	0.019	0.008	0.001	0.002	0.003	0.000	0.002	0.003	0.001	0.006	$\bar{R}_b$ =	0.0045
C 1	1.619	1.552	1.688	1.582	1.633	1.656	1.636	1.616	1.559	1.647		
2	1.618	1.554	1.689	1.586	1.634	1.654	1.632	1.614	1.559	1.648		
ค่าเฉลี่ย(Average)	1.619	1.553	1.689	1.584	1.634	1.655	1.634	1.615	1.559	1.648	$\bar{X}_c$ =	1.6188
ผลต่าง (Range)	0.001	0.002	0.001	0.004	0.001	0.002	0.004	0.002	0.000	0.001	$\bar{R}_c$ =	0.0018
Part Average ($\bar{X}_p$)	1.622	1.551	1.689	1.588	1.638	1.656	1.634	1.615	1.559	1.646	$\bar{\bar{X}}$ =	1.6197
											$\bar{R}_p$ =	0.1375

$\bar{\bar{R}} = (\bar{R}a+\bar{R}b+\bar{R}c)/3$	0.0030
$\bar{X}_{diff} = (\bar{X}i - \bar{X}j)$	0.0053

$\bar{\bar{X}}i = \bar{X}_{max}$

$\bar{\bar{X}}j = \bar{X}_{min}$

ตารางที่ 5.3 แสดงข้อมูลการวัดด้วยเครื่องวัดความหนา

หมายเหตุ การกำหนดวิธีการควบคุมความแปรปรวนร่วม(Covariance) ของชิ้นงานในการทดลอง

1) กำหนดชิ้นงาน 10 ชิ้น ที่ผ่านการตรวจสอบทางด้านคุณภาพแล้ว โดยจะใช้ชิ้นงานเดิมไปตลอดช่วงการศึกษาวิจัย โดยได้ทำการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นงานทั้ง 10 ชิ้น ได้ดังนี้

$$\sigma_{\text{ชิ้นงาน}} = R_p / d^*_2$$
$$= 0.043$$

โดยทฤษฎี GRR กำหนดไว้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจะมีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระ(ไม่ขึ้นกับค่าความเบี่ยงเบนอื่นๆ) ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลตามทฤษฎี GRR จะตั้งสมมติฐานไว้ว่า ความเบี่ยงเบนในการวัดจะเกิดจาก เครื่องมือวัดและพนักงานวัดเท่านั้น

2) กำหนดเครื่องวัดความหนา ที่จะทำการวัดโดยใช้ เครื่องวัดความหนาตัวเดิมตลอดช่วงการศึกษาวิจัย

3) กำหนดพนักงานที่ทำการวัดกลุ่มเดียว โดยคัดเลือกพนักงานวัดทั้งหมด 3 คน ซึ่งเป็นพนักงานวัดที่ใช้เครื่องมือนี้เป็นประจำอยู่แล้ว

4) กำหนดเวลาที่จะทำการศึกษา/เก็บข้อมูลให้คงที่(กะเช้า,บ่าย,ดึก)

5) ควบคุมสภาวะแวดล้อมที่ทำการศึกษาวิจัย เช่น อุณหภูมิ,ความชื้น,วิธีการทำงาน ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในขณะทำการวัด จะมีเพียง 2 ประการหลักๆ ดังนี้

*ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก พนักงานวัด(วิธีการใช้เครื่องมือ,ความรู้ความสามารถ)

*ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก เครื่องมือวัด

ตารางที่ 5.4 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัดด้วยเครื่องวัดความหนา

หมายเลขชิ้นงาน: **ชื่อเครื่องมือวัด:** เครื่องวัดความหนา **วันที่วิเคราะห์:**

ลักษณะการวัด: ความหนา **หมายเลขเครื่องมือ:** **วิเคราะห์โดย:** สมภพ

Specification: 1.5748 + 0.127 millimeter

จากข้อมูลในตารางบันทึกข้อมูล

$\bar{R} = 0.0030$ $\bar{X}_{diff} = 0.0053$ $\bar{R}_p = 0.1375$

การวิเคราะห์ระบบการวัด			เปอร์เซนต์การผันแปรรวม(%TV)
1.Repeatability (EV)			
$EV = \bar{R} * K_1$	การวัดซ้ำ	K_1	6 %EV= 100(EV/TV)
= 0.003 x 4.56	2	4.56	= 100(0.014/0.2236)
= 0.014	3	3.05	= 6.12 %
2.Reproducibility (AV)			
$AV = \sqrt{[(\bar{X}_{diff} * K_2)^2 - (EV^2/nr)]}$			7 %AV= 100(AV/TV)
$= \sqrt{(0.0053 \times 2.7)^2 - (0.014)^2 / 10x2}$			= 100(0.014/0.2236)
= 0.0140			= 6.25 %
จำนวนพนักงานวัด	2	3	
K_2	3.65	2.70	8 %R&R= 100(R&R/TV)
3.Repeatability & Reproducibility(R&R)			=100(0.02/0.2236)
$R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$			= 8.75 %
$= \sqrt{0.014^2 + 0.014^2}$			
= 0.020	จน.ชิ้นงาน	K_3	
4.Part Variation (PV)	2	3.65	9 %PV = 100(PV/TV)
$PV = \bar{R}_p * K_3$	3	2.70	=100(0.2228/0.2236)
= 0.138 x 1.62	4	2.30	= 99.62 %
= 0.22275	5	2.08	
5.Total Variation (TV)	6	1.93	
$TV = \sqrt{(R\&R)^2 + (PV)^2}$	7	1.82	
$= \sqrt{0.0196^2 + 0.2228^2}$	8	1.74	
= 0.22361	9	1.67	
	10	1.62	

5.2.2 สรุปผลการทดลองการใช้เครื่องมือวัด เครื่องวัดความหนา

1.จากแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อมูล GRR *%R&R = 8.75%*

การตัดสินใจ *สามารถยอมรับระบบการวัดนี้ได้ แต่ก็ควรจะศึกษาหาสาเหตุต่อไปอีกว่า ทำไมเครื่องมือวัดที่เป็นแบบตัวเลข(Digital) จึงให้ค่าที่วัดได้ไม่คงที่ทั้งๆ ที่วัดชิ้นงานเดียวกันและตำแหน่งการวัดเดียวกัน*

2.สาเหตุ

จาก %EV = 6.12%

%AV = 6.25%

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การแปรผันของระบบการวัดนี้เกิดขึ้นเนื่องมาจากทั้ง พนักงานวัด และเครื่องมือวัด มีค่าเท่าๆกัน ดังนั้นจึงสันนิษฐานสาเหตุได้ดังนี้

สาเหตุเนื่องมาจากพนักงานวัด

1)พนักงานวัดวางหัววัดลงบนชิ้นงานไม่ระมัดระวัง

2)การปรับจุดศูนย์

3)การอ่านค่าในขณะที่วัดหากมีแรงกระแทกจะทำให้ค่าเปลี่ยนไป

สาเหตุเนื่องมาจากเครื่องมือวัด

1)ความเที่ยงตรงของเครื่องวัดความหนา

2)การปรับจุดศูนย์

3)ขนาดของชิ้นงานมีผลต่อค่าที่วัดได้ ถ้าวัดความหนาบอร์ดที่แผ่นใหญ่ กับ บอร์ดที่แผ่นเล็ก จะให้ค่าที่วัดได้แตกต่างกัน ดังตารางสรุปต่อไปนี้

5.2.3 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยความสัมพันธ์ระหว่าง %R&R กับ ความสามารถกระบวนการ(Process Capability)

เครื่องวัดความหนา(THICK-CHECK)

1.จากข้อมูลที่ได้เก็บบันทึกจากการทดลองทั้งหมด n= 60 ข้อมูล

2.หา $\sigma_{OBSERVE}$ จากสูตร $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{60}(Xi-X)^2}{n-1}}$ = 0.047

3. $Cp_{OBSERVE} = \frac{Tolerance}{6xCp_{OBSERVE}}$

= 1.058

%R&R = 8.75%

4. $Cp_{ACTUAL} = \frac{1}{6\sqrt{\left[\frac{1}{6xCpOBSERVE}\right]^2 - \left[\frac{\%R\&R^2}{5.15x100}\right]}}$

= 1.03

ดังนั้น $\sigma_{ACTUAL} = \frac{Tolerance}{6xCp_{ACTUAL}}$

= 0.041

5.จากทฤษฎี จะพบว่า

$\sigma^2_{OBSERVE} = \sigma^2_{ACTUAL} + \sigma^2_{R\&R}$

ดังนั้น $\sigma^2_{R\&R} = \sigma^2_{OBSERVE} + \sigma^2_{ACTUAL}$

$\sigma_{R\&R} = \sigma^2_{OBSERVE} + \sigma^2_{ACTUAL}$

$\sigma_{R\&R} = 0.023$

6.ในการปรับปรุงแหล่งของการแปรผันที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GRR ก็คือเน้นไปที่ เครื่องมือวัด และ พนักงานวัดเป็นส่วนใหญ่ เพราะจากการวิเคราะห์ในข้อ 5 จะพบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสังเกต($\sigma_{OBSERVE}$)ที่ได้จากการคำนวณที่มีค่าสูงก็เพราะว่า มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอันเนื่องมาจากระบบการวัด($\sigma_{R\&R}$)รวมอยู่ด้วย ซึ่งการแก้ปัญหาทางด้านระบบการวัดก็มีความสะดวกมากกว่าที่จะแก้ปัญหาทางกระบวนการผลิตจริงที่เกิดขึ้นจริง(Actual Process) และยังสามารถยืนยันผลการวิเคราะห์ได้ด้วยการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์(Mathematic)

5.2.4 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการวัด

เครื่องวัดความหนา (THICK-CHECK)

จากการทดลองศึกษา GRR ด้วยเครื่องมือวัด เครื่องวัดความหนา ของแผนก IPQC (In Process Quality Control) ซึ่งใช้สำหรับวัดความหนาบอร์ด,แผ่นลามิเนตที่ผ่นการชุบทองแดงโดยไม่ใช้กระแสไฟฟ้า(Electroless) โดยได้ทดลองวัดความหนาบอร์ดตัวอย่าง 10 แผ่น จากแบบฟอร์มการวิเคราะห์ GRR พบว่า %R&R = 8.75% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี แสดงว่าระบบการวัดนี้สามารถยอมรับได้ แต่มีข้อสังเกตุบางประการในการทดลองวัดครั้งนี้คือ

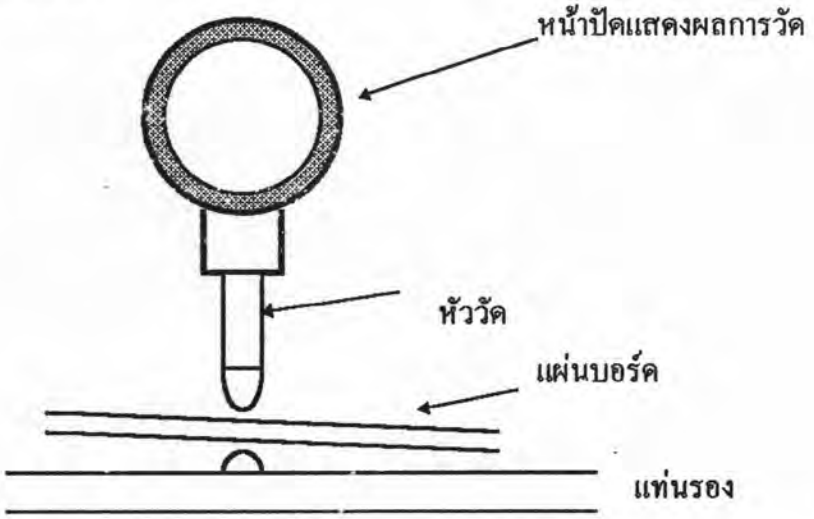
1.การ SET ZERO ในบางครั้ง กลับไม่เป็น 0.0000 แต่เป็น -0.0002 หรือ +0.0002 ทำให้ค่าที่วัดได้ สูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง

2.ขนาดของบอร์ดมีผลต่อค่าที่วัดได้ โดยวัดเปรียบเทียบกับขนาดตามแบบ(Drawing)

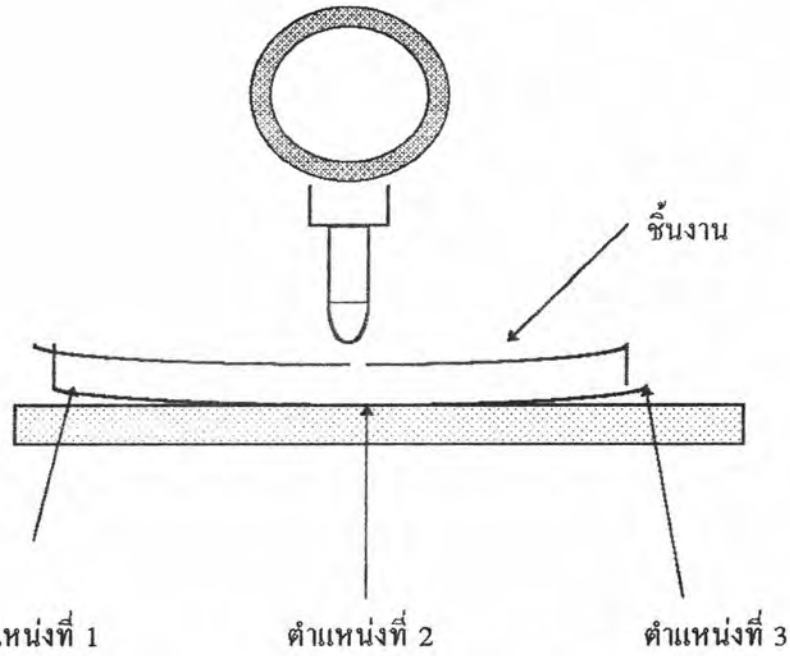
ตารางที่ 5.5 แสดงขนาดของบอร์ดที่มีผลต่อการวัดความหนา

ขนาดบอร์ด(cm)	9 x 16	4 x 15	11 x 33	24 x 27
วัดด้วย เครื่องวัดความหนา (มิลลิเมตร)	1.62	1.54	1.63	1.56
ขนาดตาม DRAWING	1.62	1.56	1.63	1.56

จะพบว่าถ้าเป็นบอร์ด(4 x 15 mm)ขนาดเล็กจะได้ ค่าที่ไม่ตรงตาม DRAWING เพราะว่าบอร์ดขนาดเล็กอาจจะมีการกระดกในขณะทำการวัด(ตามรูป) ทำให้ค่าที่วัดได้ต่ำไปหรือสูงไปจากความเป็นจริง



3.ถ้าบอร์ดที่มีลักษณะโก่งงอ จะทำให้ค่าที่วัดได้ต่างกัน



BOARD	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
ไม่กด	0.0016 นิ้ว	0.0001 นิ้ว	0.0029 นิ้ว
กด	0.0025 นิ้ว	0.0005 นิ้ว	0.0004 นิ้ว
ผลต่าง	0.0009 นิ้ว	0.0004 นิ้ว	0.0025 นิ้ว

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าความหนาในการวัดบอร์ดที่โก่ง

5.3 การวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยเครื่องมือวัด เครื่องมือวัดโลหะเคลือบบางๆ

5.3.1 ขั้นตอนการศึกษา GRR

1.เตรียมแผ่น PCB ที่อยู่ใน Part Number เดียวกัน จำนวน 10 แผ่น

2.ทำเครื่องหมายลงบริเวณขาทองที่จะทำการวัดความหนาทองให้ครบทั้ง 10 แผ่น และกำหนดหมายเลข 1 ถึง 10

3.ให้พนักงานวัดใส่แผ่น PCB ลงในช่องสำหรับการฉายรังสีเอ็กซ์

4.เลือกตำแหน่งของการวัดโดยให้เครื่องหมาย + ที่อยู่ตรงกลางจอภาพให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของขาทองที่จะวัดความหนา

5.เลือกรายการที่จะวัด

6.นำตำแหน่งที่ต้องการวัดให้อยู่ตรงกลางเป้า เลือกกด START รอ 5 วินาที จะปรากฏค่าความหนาที่วัดได้ในหน้าจอภาพ

7.ผู้วิจัยทำการบันทึกผลการวัดที่ได้ และส่งแผ่น PCB แผ่นต่อไปให้พนักงานวัดทำการวัดจนครบทั้ง 10 แผ่น โดยวิธีการตามข้อ 3 ถึง 7

8.ให้พนักงานคนที่ 2,3 ทำการวัดตามวิธีการในข้อ 3-7

9.ทำการวัดซ้ำ(Replicate) ครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการเช่นเดิม โดยสลับพนักงานวัด

10.นำข้อมูลทั้งหมดมาบันทึกลงแบบฟอร์ม GRR

11.วิเคราะห์ผลการวัด

12.สรุปผลการทดลอง

ชื่อเครื่องมือวัด เครื่องวัดความหนาของโลหะบางๆ CMI(ก่อนการปรับปรุง)

ส่วนงาน : QUALITY พนักงานวัดคนที่ A:

ฝ่าย : QC พนักงานวัดคนที่ B:

แผนก : IPQC พนักงานวัดคนที่ C:

วันที่เก็บข้อมูล :10/4/96 บันทึกโดย: สมภพ

หน่วย: ไมครอน(micron)

พนักงานวัดคนที่ / การวัดซ้ำครั้งที่	หมายเลขชิ้นงาน										ค่าเฉลี่ย (Average)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A 1	0.970	0.985	1.014	0.844	0.925	0.882	0.769	0.903	-	-		
2	0.995	1.054	0.920	1.003	0.928	0.929	0.953	0.873	-	-		
ค่าเฉลี่ย(Average)	0.9825	1.0195	0.9670	0.9235	0.9265	0.9055	0.8610	0.8880	-	-	$\bar{X}_a$ =	0.9342
ผลต่าง (Range)	0.025	0.069	0.094	0.159	0.003	0.047	0.184	0.030	-	-	$\bar{R}_a$ =	0.0764
B 1	0.930	0.998	0.979	0.904	0.890	0.917	1.039	0.936	-	-		
2	0.889	1.026	0.927	0.879	0.945	0.907	0.868	0.892	-	-		
ค่าเฉลี่ย(Average)	0.9095	1.0120	0.9530	0.8915	0.9175	0.9120	0.9535	0.9140	-	-	$\bar{X}_b$ =	0.9329
ผลต่าง (Range)	0.041	0.028	0.052	0.025	0.055	0.010	0.171	0.044	-	-	$\bar{R}_b$ =	0.0533
C 1	0.849	1.008	0.843	0.911	0.917	0.869	0.922	0.815	-	-		
2	0.848	0.930	0.862	0.834	0.961	0.943	0.975	0.850	-	-		
ค่าเฉลี่ย(Average)	0.8485	0.9690	0.8525	0.8725	0.9390	0.9060	0.9485	0.8325	-	-	$\bar{X}_c$ =	0.8961
ผลต่าง (Range)	0.001	0.078	0.019	0.077	0.044	0.074	0.053	0.035	-	-	$\bar{R}_c$ =	0.0476
Part Average ($\bar{X}_p$)	0.9135	1.0002	0.9242	0.8958	0.9277	0.9078	0.9210	0.8782	-	-	$\bar{\bar{X}}$ =	0.9210
											$\bar{R}_p$ =	0.122

$\bar{R} = (Ra+Rb+Rc)/3$	0.0591
$\bar{X}_{diff} = (\bar{X}i - \bar{X}j)$	0.0381

$\bar{X}i = X_{max}$

$\bar{X}j = X_{min}$

ตารางที่ 5.7 แสดงข้อมูลการวัดด้วยเครื่องวัดความหนาของโลหะบางๆ(CMI)

หมายเหตุ การกำหนดวิธีการควบคุมความแปรปรวนร่วม(Covariance) ของชิ้นงานในการทดลอง

1) กำหนดชิ้นงาน 8 ชิ้น ที่ผ่านการตรวจสอบทางด้านคุณภาพแล้ว โดยจะใช้ชิ้นงานเดิมไปตลอดช่วงการศึกษาวิจัย โดยได้ทำการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นงานทั้ง 8 ชิ้น ได้ดังนี้

$$\sigma_{\text{ชิ้นงาน}} = R_p / d^*_2$$
$$= 0.041$$

โดยทฤษฎี GRR กำหนดไว้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจะมีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระ(ไม่ขึ้นกับค่าความเบี่ยงเบนอื่นๆ) ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลตามทฤษฎี GRR จะตั้งสมมติฐานไว้ว่า ความเบี่ยงเบนในการวัดจะเกิดจาก เครื่องมือวัดและพนักงานวัดเท่านั้น

2) กำหนดเครื่อง CMI ที่จะทำการวัดโดยใช้ เครื่อง CMI ตัวเดิมตลอดช่วงการศึกษาวิจัย

3) กำหนดพนักงานที่ทำการวัดกลุ่มเดียว โดยคัดเลือกพนักงานวัดทั้งหมด 3 คน ซึ่งเป็นพนักงานวัดที่ใช้เครื่องมือนี้เป็นประจำอยู่แล้ว

4) กำหนดเวลาที่จะทำการศึกษา/เก็บข้อมูลให้คงที่(กะเช้า,บ่าย,ดึก)

5) ควบคุมสภาวะแวดล้อมที่ทำการศึกษาวิจัย เช่น อุณหภูมิ,ความชื้น,วิธีการทำงาน ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในขณะทำการวัด จะมีเพียง 2 ประการหลักๆ ดังนี้

*ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก พนักงานวัด(วิธีการใช้เครื่องมือ,ความรู้ความสามารถ)

*ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก เครื่องมือวัด

ตารางที่ 5.8 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัดด้วยเครื่อง CMI

หมายเลขชิ้นงาน: 274D068 **ชื่อเครื่องมือวัด:** CMI **วันที่วิเคราะห์:**

ลักษณะการวัด: ความหนา **หมายเลขเครื่องมือ:** **วิเคราะห์โดย:** สมภพ

Specification: ความหนาไม่ต่ำกว่า 0.76 ไมครอน

จากข้อมูลในตารางบันทึกข้อมูล

$\bar{R} = 0.0591$ $\bar{X}_{diff} = 0.0381$ $\bar{R}_p = 0.1220$

การวิเคราะห์ระบบการวัด			เปอร์เซนต์การผันแปรรวม(%TV)
1.Repeatability (EV)			
$EV = \bar{R} * K_1$	การวัดซ้ำ	K_1	6 %EV= 100(EV/TV)
= 0.0591 x 4.56	2	4.56	= 100(0.269/0.3517)
= 0.269	3	3.05	= 76.60 %
2.Reproducibility (AV)			
$AV = \sqrt{[(\bar{X}_{diff} * K_2)^2 - (EV^2 / nr)]}$			7 %AV= 100(AV/TV)
$= \sqrt{(0.0381 \times 2.7)^2 - (0.269)^2 / 8x2}$			= 100(0.0778/0.3517)
= 0.0778			= 22.13 %
จำนวนพนักงานวัด	2	3	
K_2	3.65	2.70	8 %R&R= 100(R&R/TV)
3.Repeatability & Reproducibility(R&R)			= 100(0.2804/0.3517)
$R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$			= 79.73 %
$= \sqrt{0.269^2 + 0.0778^2}$			
= 0.2804	จน.ชิ้นงาน	K_3	
4.Part Variation (PV)	2	3.65	9 %PV = 100(PV/TV)
$PV = \bar{R}_p * K_3$	3	2.70	= 100(0.21228/0.3517)
= 0.03 x 1.62	4	2.30	= 60.35 %
= 0.21228	5	2.08	
5.Total Variation (TV)	6	1.93	
$TV = \sqrt{(R\&R)^2 + (PV)^2}$	7	1.82	
$= \sqrt{0.2804^2 + 0.21228^2}$	8	1.74	
= 0.35172	9	1.67	
	10	1.62	

5.3.2 สรุปผลการทดลองการใช้เครื่องมือวัด เครื่องวัดความหนาโลหะบางๆ(CMI)

1.จากแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อมูล GRR %R&R = 79.73 %

การตัดสินใจ ไม่ยอมรับระบบการวัดนี้ เพราะว่า %R&R มีค่ามากกว่า 30%

2.สาเหตุ

จาก %EV = 76.60%

%AV = 22.13%

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การแปรผันของระบบการวัดนี้เกิดขึ้นเนื่องมาจาก เครื่องมือวัดนั่นเอง(มากกว่าพนักงานวัด) ดังนั้นจึงพอจะสรุปสาเหตุได้ดังนี้

สาเหตุเนื่องมาจากเครื่องมือวัด

1) เครื่องมือวัดมีความไว(Sensibility) ต่อสภาวะแวดล้อมมาก เช่น อุณหภูมิ การสั่นสะเทือนในขณะที่ทำการวัด เป็นต้น
2) เนื่องจาก การวัดความหนาทองเป็นการวัดที่ละเอียดมากๆ(ความละเอียดประมาณ 1/1000 ไมครอน) ดังนั้นการวัดจึงอาจจะเกิดความผิดพลาด(ERROR) ได้
3) การวัดความหนาทองโดยวัดเพียงจุดเดียว ครั้งเดียว อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาด (ERROR)ได้

สาเหตุเนื่องมาจากพนักงานวัด

1) การวางชิ้นงานสำหรับทำการวัดไม่เหมาะสม อาจจะมีการวางเอียง
2) พนักงานวัดแต่ละคนอาจจะปรับระยะโฟกัสของจอภาพไม่ดีทำให้ได้ภาพไม่ชัด
3) พนักงานวัดบางคนไม่ทราบวิธีการเลือกจุดที่จะทำการวัด
1)พนักงานวัดยังไม่เข้าใจการใช้ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ อย่างถูกต้องแท้จริง
2)การอ่านค่าจากสเกลของ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ ยังไม่ถูกต้อง
3)วิธีการวัดของพนักงานยังไม่ถูกต้อง
4)ประสบการณ์การใช้เครื่องมือของพนักงานแตกต่างกัน

5.3.3 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยความสัมพันธ์ระหว่าง %R&R กับ ความสามารถกระบวนการ (Process Capability)

เครื่องมือวัดความหนาโลหะบางๆ (CMI)

1.จากข้อมูลที่ได้เก็บบันทึกจากการทดลองทั้งหมด n = 48 ข้อมูล

2.หา $\sigma_{OBSERVE}$ จากสูตร $\sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{60}(Xi-\overline{X})^2}{n-1}}$ = 0.062

3.หา $Cp_{OBSERVE}$ เนื่องจาก Tolerance ความหนาของทองเป็น Tolerance เพียงด้านเดียว คือ จำกัดที่ค่าต่ำ คือ LSL = 0.76 μ ดังนั้นจึงเรียกว่า One-Side Specification ดังนั้นจึงหาโดยใช้สูตร

$$Cp_{OBSERVE} = \frac{\overline{X}-LSL}{3\sigma_{OBSERVE}}$$

$$= \frac{0.921-0.76}{3x0.062} = 0.866$$

%R&R = 79.73%

4.หา Cp_{ACTUAL}

$$= \frac{1}{3\sqrt{\left[\frac{1}{3Cp_{OBSRRVE}}\right]^2-\left[\frac{\%R\&R}{5.15x100}\right]^2}}$$

$$= 0.946$$

$$\sigma_{ACTUAL} = \frac{\overline{X}-LSL}{3xCp_{actual}}$$

$$= \frac{0.921-0.76}{3x0.946} = 0.0567$$

5.จากทฤษฎีจะพบว่า

$$\sigma^2_{OBSERVE} = \sigma^2_{ACTUAL} + \sigma^2_{R\&R}$$

ดังนั้น $\sigma^2_{R\&R} = \sigma^2_{OBSERVE} - \sigma^2_{ACTUAL}$

$$\sigma_{R\&R} = \sqrt{\sigma^2_{OBSERVE} - \sigma^2_{ACTUAL}} = 0.0258$$

6.จะพบว่า $\sigma_{R\&R}$ มีค่าสูงมาก เพราะว่า $\sigma_{OBSERVE}$ มีค่าเพียง 0.062 แสดงว่าการแปรผันของระบบการวัดที่ได้เก็บข้อมูล(OBSERVE)เกิดขึ้นเนื่องมาจากสาเหตุหลักก็คือ เครื่องมือวัดและอุปกรณ์วัด (ประมาณ 1ใน 3 ของการแปรผันรวม) ดังนั้นการปรับปรุงแก้ไข จึงมุ่งเน้นไปที่การทำงานของเครื่อง CMI และ วิธีการวัดเป็นหลัก

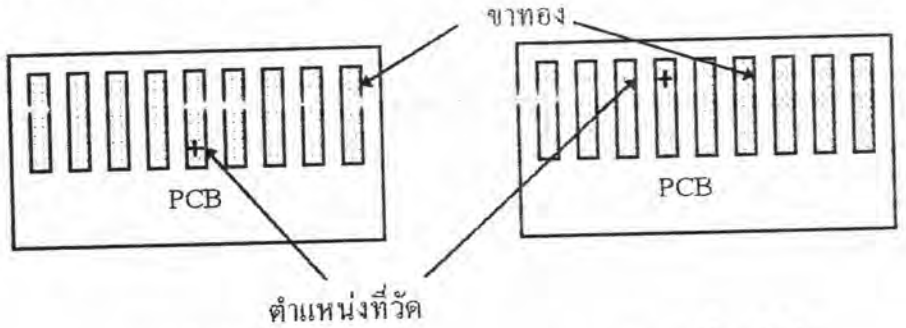
5.3.4 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการวัด

เครื่องวัดความหนาโลหะบางๆ (Coating Measurement Instrument.CMI)

จากการทดลองศึกษา GRR ด้วยเครื่องมือวัด CMI ของแผนก IPQC (In Process Quality Control) ซึ่งใช้สำหรับวัดความหนาของโลหะ ทอง(Au) , นิกเกิล(Ni) บนบอร์ด PCB สำหรับการต่อเชื่อมเข้ากับแผงวงจรรวม(Integrated Circuit) โดยได้ทดลองวัดความหนาของทอง 8 บอร์ด จากตารางที่ 5.8 พบว่า %R&R = 79.73% มีค่าสูงมากและเมื่อศึกษาต่อไปจะพบว่า เครื่องมือวัดเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ระบบการวัดนี้มีความผิดพลาดมาก ดังนั้นจึงสรุปสาเหตุได้ดังต่อไปนี้

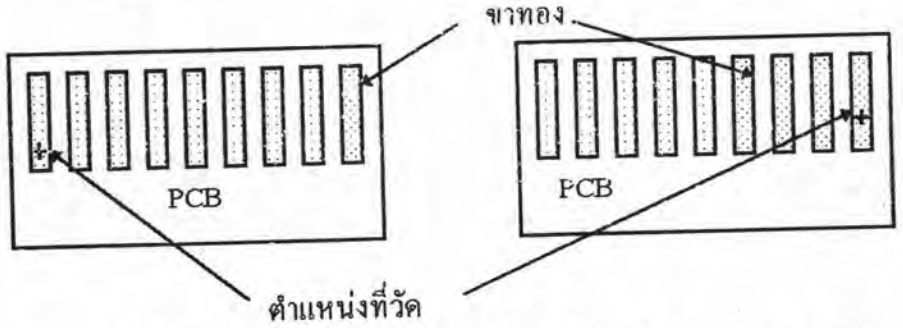
1.การปรับระยะโฟกัสของพนักงานวัดแต่ละคนไม่เท่ากัน จึงมีผลทำให้ระยะที่ทำการวัดผิดพลาด

2.พนักงานวางตำแหน่งของจุดที่จะทำการวัด ไม่ตรงกับกึ่งกลางของจอภาพที่มีเครื่องหมายกากบาท(+) แสดงอยู่



วางบอร์ดต่ำไป วางบอร์ดสูงไป

3.พนักงานวัดวางบอร์ดโดยไม่คำนึงว่าขาทองบริเวณไหนจะมีผลต่อการวัด โดยบางคนอาจจะวางอยู่ริมด้านใดด้านหนึ่ง(ชิดซ้ายหรือชิดขวามากเกินไป)



วางบอร์ดชิดซ้ายมากเกินไป วางบอร์ดชิดขวามากเกินไป

4.มีการสั่นสะเทือนในขณะที่เครื่องวัดกำลังทำงาน เช่นพนักงานวางมือลงบนตัวเครื่อง

5.การวัดความหนาเพียงค่าเดียว อาจจะไม่เพียงพอต่อการนำผลการวัดนั้นไปใช้ในการวิเคราะห์ เพราะว่าความหนาของทองเมื่อมองผ่านกล้องไมโครสโคปจะพบว่าผิวจะไม่เรียบ ดังนั้นจึงอาจจะทำให้ค่าวัดไม่คงที่

6.การแก้ไข(EDIT) ข้อมูลที่วัดได้มีผลทำให้ %R&R อาจจะเพิ่มขึ้น

5.4 การวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยเครื่องมือวัด เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์

5.4.1 ขั้นตอนการศึกษา GRR

1.เตรียมแผ่น PCB ที่อยู่ใน Part Number เดียวกัน จำนวน 10 แผ่น

2.กำหนดด้านที่จะทำการวัด ความยาว/ความกว้าง ของแผ่น PCB ทั้ง 10 แผ่น และกำหนดหมายเลข 1 ถึง 10

3.ให้พนักงานวัดทำการวัด ความยาว/ความกว้าง และให้อ่านค่าออกมา ผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกค่า และ ส่งแผ่น PCB แผ่นต่อไปให้วัดจนครบทั้ง 10 แผ่น

4.ให้พนักงานคนที่ 2,3 ทำการวัด ตามวิธีการในข้อ 2,3

5.ทำการวัดซ้ำ(Replicate) ครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการเช่นเดิม โดยสลับพนักงานวัด

6.นำข้อมูลทั้งหมดมาบันทึกลง แบบฟอร์ม GRR

7.วิเคราะห์ผลการวัด

8.สรุปผลการทดลอง

ชื่อเครื่องมือวัด เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ (ก่อนการปรับปรุง)

ส่วนงาน : QUALITY พนักงานวัดคนที่ A:

ฝ่าย : QC พนักงานวัดคนที่ B:

แผนก : IPQC พนักงานวัดคนที่ C:

วันที่เก็บข้อมูล : 25/5/96 บันทึกโดย: สมภพ

พนักงานวัดคนที่ / การวัดซ้ำครั้งที่	หมายเลขชิ้นงาน										ค่าเฉลี่ย (Average)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A 1	6.230	6.235	6.237	6.235	6.238	6.235	6.238	6.236	6.237	6.235		
2	6.238	6.235	6.238	6.236	6.238	6.235	6.236	6.238	6.235	6.235		
ค่าเฉลี่ย(Average)	6.234	6.235	6.238	6.236	6.238	6.235	6.237	6.237	6.236	6.235	$\bar{X}_a$ =	6.236
ผลต่าง (Range)	0.008	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	$\bar{R}_a$ =	0.0016
B 1	6.233	6.230	6.231	6.231	6.230	6.233	6.232	6.232	6.235	6.232		
2	6.234	6.231	6.232	6.232	6.230	6.233	6.231	6.233	6.235	6.232		
ค่าเฉลี่ย(Average)	6.234	6.231	6.232	6.232	6.230	6.233	6.232	6.233	6.235	6.232	$\bar{X}_b$ =	6.232
ผลต่าง (Range)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	$\bar{R}_b$ =	0.0006
C 1	6.232	6.230	6.230	6.230	6.228	6.232	6.230	6.230	6.235	6.230		
2	6.232	6.230	6.230	6.230	6.228	6.232	6.230	6.230	6.235	6.230		
ค่าเฉลี่ย(Average)	6.232	6.230	6.230	6.230	6.228	6.232	6.230	6.230	6.235	6.230	$\bar{X}_c$ =	6.231
ผลต่าง (Range)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	$\bar{R}_c$ =	0.0000
Part Average ($\bar{X}_p$)	6.233	6.232	6.233	6.232	6.232	6.233	6.233	6.233	6.235	6.232	$\bar{\bar{X}}$ =	6.233
											$\bar{R}_p$ =	0.0035

$\bar{\bar{R}} = (\bar{Ra}+\bar{Rb}+\bar{Rc})/3$	0.0007
$\bar{X}_{diff} = (\bar{X}i - \bar{X}j)$	0.0053

$\bar{\bar{X}}i = \bar{X}_{max}$

$\bar{\bar{X}}j = \bar{X}_{min}$

ตารางที่ 5.9 แสดงข้อมูลการวัดด้วย เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์

หมายเหตุ การกำหนดวิธีการควบคุมความแปรปรวนร่วม(Covariance) ของชิ้นงานในการทดลอง

1) กำหนดชิ้นงาน 10 ชิ้น ที่ผ่านการตรวจสอบทางด้านคุณภาพแล้ว โดยจะใช้ชิ้นงานเดิมไปตลอดช่วงการศึกษาวิจัย โดยได้ทำการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นงานทั้ง 10 ชิ้น ได้ดังนี้

$$\sigma_{\text{ชิ้นงาน}} = R_p / d^*_2$$

$$= 0.0011$$

โดยทฤษฎี GRR กำหนดไว้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจะมีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระ(ไม่ขึ้นกับค่าความเบี่ยงเบนอื่นๆ) ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลตามทฤษฎี GRR จะตั้งสมมติฐานไว้ว่า ความเบี่ยงเบนในการวัดจะเกิดจาก เครื่องมือวัดและพนักงานวัดเท่านั้น

2) กำหนดเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ที่จะทำการวัดโดยใช้ เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ตัวเดิมตลอดช่วงการศึกษาวิจัย

3) กำหนดพนักงานที่ทำการวัดกลุ่มเดียว โดยคัดเลือกพนักงานวัดทั้งหมด 3 คน ซึ่งเป็นพนักงานวัดที่ใช้เครื่องมือนี้เป็นประจำอยู่แล้ว

4) กำหนดเวลาที่จะทำการศึกษา/เก็บข้อมูลให้คงที่(กะเช้า,บ่าย,ดึก)

5) ควบคุมสภาวะแวดล้อมที่ทำการศึกษาวิจัย เช่น อุณหภูมิ,ความชื้น,วิธีการทำงาน ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในขณะทำการวัด จะมีเพียง 2 ประการหลักๆ ดังนี้

*ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก พนักงานวัด(วิธีการใช้เครื่องมือ,ความรู้ความสามารถ)

*ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก เครื่องมือวัด

ตารางที่ 5.10 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัดด้วย เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์

หมายเลขชิ้นงาน: 274D068 **ชื่อเครื่องมือวัด:** เวอร์เนียร์ **วันที่วิเคราะห์:**

ลักษณะการวัด: ความยาว **หมายเลขเครื่องมือ:** **วิเคราะห์โดย:** สมชาย

Specification: 2.805x6.232"(+0.01")

จากข้อมูลในตารางบันทึกข้อมูล

$\bar{R} = 0.0007$ $\bar{X}_{diff} = 0.0053$ $\bar{R}_p = 0.0035$

การวิเคราะห์ระบบการวัด			เปอร์เซนต์การผันแปรรวม (%TV)
1.Repeatability (EV)			
$EV = \bar{R} * K_1$	การวัดซ้ำ	K_1	6 %EV= 100(EV/TV
= 0.007 x 4.56	2	4.56	= 100(0.003/0.0157)
= 0.003	3	3.05	= 21.33 %
2.Reproducibility (AV)			
$AV = \sqrt{[(\bar{X}_{diff} * K_2)^2 - (EV^2/nr)]}$			7 %AV= 100(AV/TV
$= \sqrt{(0.0053 \times 2.7)^2 - (0.003)^2 / 10x2}$			= 100(0.0142/0.0157)
= 0.0142			= 90.76 %
จำนวนพนักงานวัด	2	3	
K_2	3.65	2.70	8 %R&R= 100(R&R/TV
3.Repeatability & Reproducibility (R&R)			=100(0.0146/0.0157)
$R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$			= 93.23 %
$= \sqrt{0.003^2 + 0.0142^2}$			
= 0.01	จน.ชิ้นงาน	K_3	
4.Part Variation (PV)	2	3.65	9 %PV = 100(PV/TV
$PV = \bar{R}_p * K_3$	3	2.70	=100(0.00567/0.0157)
= 0.0035 x 1.62	4	2.30	= 36.16 %
= 0.0057	5	2.08	
5.Total Variation (TV)	6	1.93	
$TV = \sqrt{(R\&R)^2 + (PV)^2}$	7	1.82	
$= \sqrt{0.014619^2 + 0.00567^2}$	8	1.74	
= 0.0157	9	1.67	
	10	1.62	

5.4.2 สรุปผลการทดลองการใช้เครื่องมือวัด เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์

1.จากแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อมูล GRR *%R&R = 93.28 %*

การตัดสินใจ *ไม่ยอมรับระบบการวัดนี้ เพราะว่า %R&R มีค่ามากกว่า 30%*

2.สาเหตุ

จาก %EV = 21.25%

%AV = 90.83%

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การแปรผันของระบบการวัดนี้เกิดขึ้นเนื่องมาจาก พนักงานวัดนั่นเอง(มากกว่าเครื่องมือวัด) ดังนั้นจึงพอจะสรุปสาเหตุได้ดังนี้

สาเหตุเนื่องมาจากพนักงานวัด

1)พนักงานวัดยังไม่เข้าใจการใช้ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ อย่างถูกต้องแท้จริง

2)การอ่านค่าจากสเกลของ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ ยังไม่ถูกต้อง

3)วิธีการวัดของพนักงานยังไม่ถูกต้อง

4)ประสบการณ์การใช้เครื่องมือของพนักงานแตกต่างกัน

สาเหตุเนื่องมาจากเครื่องมือวัด

1)เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ ไม่ได้รับการสอบเทียบ

2)ขนาดของชิ้นงานแตกต่างกัน

3)การเลือกใช้ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ ให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน

5.4.3 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยความสัมพันธ์ระหว่าง %R&R กับ ความสามารถกระบวนการ (Process Capability)

เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ (VERNIER CALIPER)

1.จากข้อมูลที่ได้เก็บบันทึกจากการทดลองทั้งหมด n = 60 ข้อมูล

2.หา $\sigma_{OBSERVE}$ จากสูตร $\sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{60}(Xi-\overline{X})^2}{n-1}}$ = 0.00284

3.หา 3.หา $Cp_{OBSERVE}$ จากสูตร

$$Cp_{OBSERVE} = \frac{Tolerance}{6x\sigma_{OBSERVE}}$$

$$= \frac{0.02}{6x0.00284} = 1.67$$

%R&R = 93.28%

4.หา Cp_{ACTUAL} $$= \frac{1}{6\sqrt{\left[\frac{1}{6Cp_{OBSRRVE}}\right]^2 - \left[\frac{\%R\&R}{5.15x100}\right]^2}}$$

= หาค่าไม่ได้

σ_{ACTUAL} = หาค่าไม่ได้(น้อยมากมาก)

5.จากทฤษฎีจะพบว่า

$$\sigma^2_{OBSERVE} = \sigma^2_{ACTUAL} + \sigma^2_{R\&R}$$

ดังนั้น $\sigma^2_{R\&R} = \sigma^2_{OBSERVE} - \sigma^2_{ACTUAL}$

$\sigma_{R\&R} = \sqrt{\sigma^2_{OBSERVE} - \sigma^2_{ACTUAL}}$ = $\sigma_{OBSERVE}$ = 0.00284

6จะพบว่า $\sigma_{R\&R}$ มีค่าเท่ากับ $\sigma_{OBSERVE}$ แสดงว่าการแปรผันของระบบการวัดที่ได้เก็บข้อมูล (OBSERVE)เกิดขึ้นเนื่องมาจากสาเหตุหลักก็คือ เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ รวมไปถึง พนักงานวัด โดยที่การแปรผันเนื่องจากกระบวนการผลิตที่แท้จริง(Actual Process)มีค่าน้อยมากๆ ดังนั้นการปรับปรุงแก้ไขจึงเน้นไปที่สาเหตุดังกล่าว

5.4.4 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการวัด

เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ (VERNIER CALIPER)

จากการทดลองศึกษา GRR ด้วยเครื่องมือวัด เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ของแผนก IPQC (In-Process Quality Control) ซึ่งใช้สำหรับวัด ความกว้าง/ความยาว ของแผ่น PCB โดยได้ทดลองวัดความยาว/ความกว้าง ของ แผ่น PCB ตัวอย่าง 10 แผ่น จากแบบฟอร์มการวิเคราะห์ GRR พบว่า %R&R = 93.28% ซึ่งสูงมาก(มากกว่า 30%) แสดงให้เห็นว่ามีความผิดปกติในการวัด โดยทฤษฎี GRR ทำให้สามารถทราบได้ว่าการแปรผันที่เกิดขึ้น เกิดขึ้นเนื่องจาก พนักงานวัดนั่นเอง เพราะ %AV = 90.83% ส่วน %EV = 21.25% ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ %AV

สาเหตุที่สำคัญ

1.เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ เป็น เครื่องมือวัดประเภท Mechanical Instrument ที่ผู้ใช้จะต้องมีความรู้ในการใช้งาน การวัดประเภทเคลื่องานการอ่านค่า จึงจะทำให้วัดค่าออกมาได้ หากผู้ใช้ไม่มีความรู้จะทำให้ค่าที่วัดออกมาได้ผิดพลาด

2.ความละเอียดในการวัด

ถ้าต้องการทศนิยม 3 ตำแหน่ง ก็ต้องใช้ความละเอียดในการวัด

ถ้าต้องการทศนิยม 2 ตำแหน่ง ก็อาจจะมีความผิดพลาดในการปัดเลขทศนิยม

5.5 การวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยเครื่องมือวัด ไมโครมิเตอร์

5.5.1 ขั้นตอนการศึกษา GRR

1.เตรียมแผ่น PCB ที่อยู่ใน Part Number เดียวกัน จำนวน 10 ชิ้น

2.กำหนดบริเวณที่จะทำการวัดความหนาของแผ่น PCBทั้ง 10 แผ่น และ กำหนดหมายเลข 1 ถึง 10

3.ให้พนักงานทำการวัดความหนาแผ่น PCB และให้อ่านค่าออกมา ผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกค่าและ ส่งแผ่น PCB แผ่นต่อไปให้วัดจนครบทั้ง 10 แผ่น

4.ให้พนักงานคนที่ 2 และ 3 ทำการวัด ตามวิธีการในข้อ 2,3

5.ทำการวัดซ้ำ(Replicate) ครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการตามข้อ 2,3 โดยสลับพนักงานวัด

6.นำข้อมูลทั้งหมดมาบันทึกลงแบบฟอร์ม GRR

7.วิเคราะห์ผลการวัด

8.สรุปผลการทดลอง

ชื่อเครื่องมือวัด ไมโครมิเตอร์ (ก่อนการปรับปรุง)

ส่วนงาน QUALITY พนักงานวัดคนที่ A:

ฝ่าย : QAE พนักงานวัดคนที่ B:

แผนก : IQC พนักงานวัดคนที่ C:

วันที่เก็บข้อมูล :3/4/96 บันทึกโดย: สมภพ

หน่วย: มิลลิเมตร (millimeter)

พนักงานวัดคนที่ / การวัดซ้ำครั้งที่	หมายเลขชิ้นงาน										ค่าเฉลี่ย (Average)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A 1	1.61	1.56	1.68	1.58	1.63	1.64	1.62	1.59	1.55	1.63		
2	1.61	1.56	1.68	1.58	1.62	1.64	1.63	1.60	1.55	1.64		
ค่าเฉลี่ย(Average)	1.610	1.560	1.680	1.580	1.625	1.640	1.625	1.595	1.550	1.635	$\bar{X}_a$ =	1.610
ผลต่าง (Range)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	$\bar{R}_a$ =	0.004
B 1	1.67	1.55	1.68	1.58	1.63	1.70	1.63	1.62	1.55	1.62		
2	1.67	1.55	1.68	1.58	1.63	1.64	1.63	1.63	1.55	1.63		
ค่าเฉลี่ย(Average)	1.670	1.550	1.680	1.580	1.630	1.670	1.630	1.625	1.550	1.625	$\bar{X}_b$ =	1.621
ผลต่าง (Range)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.00	0.01	$\bar{R}_b$ =	0.008
C 1	1.61	1.60	1.67	1.58	1.62	1.63	1.63	1.59	1.54	1.62		
2	1.61	1.55	1.67	1.57	1.62	1.63	1.62	1.59	1.54	1.62		
ค่าเฉลี่ย(Average)	1.610	1.575	1.670	1.575	1.620	1.630	1.625	1.590	1.540	1.620	$\bar{X}_c$ =	1.606
ผลต่าง (Range)	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	$\bar{R}_c$ =	0.007
Part Average ($\bar{X}_p$)	1.630	1.562	1.677	1.578	1.625	1.647	1.627	1.603	1.547	1.627	$\bar{\bar{X}}$ =	1.6122
											$\bar{R}_p$ =	0.130

$\bar{R} = (\bar{Ra}+\bar{Rb}+\bar{Rc})/3$	0.0063
$\bar{X}_{diff} = (\bar{X}i - \bar{X}j)$	0.0155

$\bar{X}i = X_{max}$

$\bar{X}j = X_{min}$

ตารางที่ 5.11 แสดงข้อมูลการวัดด้วย ไมโครมิเตอร์

หมายเหตุ การกำหนดวิธีการควบคุมความแปรปรวนร่วม(Covariance) ของชิ้นงานในการทดลอง

1) กำหนดชิ้นงาน 10 ชิ้น ที่ผ่านการตรวจสอบทางด้านคุณภาพแล้ว โดยจะใช้ชิ้นงานเดิมไปตลอดช่วงการศึกษาวิจัย โดยได้ทำการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นงานทั้ง 10 ชิ้น ได้ดังนี้

$$\sigma_{\text{ชิ้นงาน}} = R_p / d^*_2$$

$$= 0.041$$

โดยทฤษฎี GRR กำหนดไว้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจะมีการแจกแจงแบบปกติที่เป็นอิสระ(ไม่ขึ้นกับค่าความเบี่ยงเบนอื่นๆ) ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลตามทฤษฎี GRR จะตั้งสมมติฐานไว้ว่า ความเบี่ยงเบนในการวัดจะเกิดจาก เครื่องมือวัดและพนักงานวัดเท่านั้น

2) กำหนดไมโครมิเตอร์ ที่จะทำการวัดโดยใช้ ไมโครมิเตอร์ตัวเดิมตลอดช่วงการศึกษาวิจัย

3) กำหนดพนักงานที่ทำการวัดกลุ่มเดียว โดยคัดเลือกพนักงานวัดทั้งหมด 3 คน ซึ่งเป็นพนักงานวัดที่ใช้เครื่องมือนี้เป็นประจำอยู่แล้ว

4) กำหนดเวลาที่จะทำการศึกษา/เก็บข้อมูลให้คงที่(กะเช้า,บ่าย,ดึก)

5) ควบคุมสภาวะแวดล้อมที่ทำการศึกษาวิจัย เช่น อุณหภูมิ,ความชื้น,วิธีการทำงาน ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในขณะทำการวัด จะมีเพียง 2 ประการหลักๆ ดังนี้

*ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก พนักงานวัด(วิธีการใช้เครื่องมือ,ความรู้ความสามารถ)

*ความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจาก เครื่องมือวัด

ตารางที่ 5.12 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์การวัดด้วย ไมโครมิเตอร์

หมายเลขชิ้นงาน: หลายๆ P/N **ชื่อเครื่องมือวัด:** เครื่องวัดความหนา **วันที่วิเคราะห์:**

ลักษณะการวัด: ความหนา **หมายเลขเครื่องมือ:** **วิเคราะห์โดย:** สมภพ

Specification: 1.5748 + 0.1778 millimeter

จากข้อมูลในตารางบันทึกข้อมูล

$\bar{R} = 0.0063$ $\bar{X}_{diff} = 0.0155$ $\bar{R}_p = 0.1300$

การวิเคราะห์ระบบการวัด			เปอร์เซนต์การผันแปรรวม(%TV)
1.Repeatability (EV) $EV = \bar{R} * K_1$ $= 0.0063 \times 4.56$ $= 0.029$	การวัดซ้ำ	K_1	6 %EV= 100(EV/TV) = 100(0.029/0.2166) = 13.34 %
	2	4.56	
	3	3.05	
2.Reproducibility (AV) $AV = \sqrt{[(\bar{X}_{diff} * K_2)^2 - (EV^2/nr)]}$ $= \sqrt{(0.0155 \times 2.7)^2 - (0.029)^2 / 10x2}$ $= 0.0413$			7 %AV= 100(AV/TV) = 100(0.0413/0.2166) = 19.08 %
	จำนวนพนักงานวัด	2	3
	K_2	3.65	2.70
3.Repeatability & Reproducibility(R&R) $R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ $= \sqrt{0.029^2 + 0.0413^2}$ $= 0.050$			8 %R&R= 100(R&R/TV) =100(0.05/0.2166) = 23.29 %
	จน.ชิ้นงาน	K_3	
4.Part Variation (PV) $PV = \bar{R}_p * K_3$ $= 0.130 \times 1.62$ $= 0.21060$	2	3.65	9 %PV = 100(PV/TV) =100(0.2166/0.2166) = 97.25 %
	3	2.70	
	4	2.30	
	5	2.08	
5.Total Variation (TV) $TV = \sqrt{(R\&R)^2 + (PV)^2}$ $= \sqrt{0.05^2 + 0.2106^2}$ $= 0.21656$	6	1.93	
	7	1.82	
	8	1.74	
	9	1.67	
	10	1.62	

5.5.2 สรุปผลการทดลองใช้เครื่องมือวัด ไมโครมิเตอร์

1.จากแบบฟอร์มการวิเคราะห์ข้อมูล GRR _____ %R&R = 23.29%

การตัดสินใจ _____ สามารถยอมรับระบบการวัดนี้ได้แต่ ควรที่จะต้องปรับปรุง ระบบการวัดนี้อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ %R&R ลดลงจากปัจจุบันที่เป็นอยู่

2.สาเหตุ

จาก %EV = 13.34%

%AV = 19.09%

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การแปรผันของระบบการวัดนี้เกิดขึ้นเนื่องมาจาก พนักงานวัด(มากกว่าเครื่องมือวัด) ดังนั้นจึงพอจะสรุปสาเหตุได้ดังนี้

สาเหตุเนื่องมาจากพนักงานวัด

1)พนักงานวัดยังไม่เข้าใจการใช้ ไมโครมิเตอร์ อย่างถูกต้องแท้จริง

2)การอ่านค่าจากสเกลของไมโครมิเตอร์ ยังไม่ถูกต้อง

3)วิธีการวัดของพนักงานยังไม่ถูกต้อง

4)ประสบการณ์การใช้เครื่องมือวัดของพนักงานแตกต่างกัน

5)ความคลาดเคลื่อนในตำแหน่งของการวัด

สาเหตุเนื่องมาจากเครื่องมือวัด

1)ไมโครมิเตอร์ไม่ได้รับการสอบเทียบ

2)ขนาดของชิ้นงานแตกต่างกัน

3)การเลือกใช้ ไมโครมิเตอร์ ให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน

5.5.3 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยความสัมพันธ์ระหว่าง %R&R กับ ความสามารถกระบวนการ (Process Capability)

ไมโครมิเตอร์ (MICROMETER)

1.จากข้อมูลที่ได้เก็บบันทึกจากการทดลองทั้งหมด n = 60 ข้อมูล

2.หา $\sigma_{OBSERVE}$ จากสูตร $\sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{60}(Xi-\overline{X})^2}{n-1}}$ = 0.041

3.หา $Cp_{OBSERVE}$ จากสูตร

$$Cp_{OBSERVE} = \frac{Tolerance}{6x\sigma_{OBSERVE}}$$

$$= \frac{0.3556}{6x0.041} = 1.45$$

%R&R = 23.29%

4.หา Cp_{ACTUAL}

$$= \frac{1}{6\sqrt{\left[\frac{1}{6Cp_{OBSRRVE}}\right]^2 - \left[\frac{\%R\&R}{5.15x100}\right]^2}}$$

$$= 1.85$$

$$\sigma_{ACTUAL} = \frac{Tolerance}{6xCp_{ACTUAL}}$$

$$= \frac{0.3556}{6x1.85} = 0.032$$

5.จากทฤษฎีจะพบว่า

$$\sigma^2_{OBSERVE} = \sigma^2_{ACTUAL} + \sigma^2_{R\&R}$$

ดังนั้น $\sigma^2_{R\&R} = \sigma^2_{OBSERVE} - \sigma^2_{ACTUAL}$

$$\sigma_{R\&R} = \sqrt{\sigma^2_{OBSERVE} - \sigma^2_{ACTUAL}} = 0.026$$

6จะพบว่า $\sigma_{R\&R}$ มีค่าเกือบเท่ากับ σ_{ACTUAL} แสดงว่าการแปรผันของระบบการวัดที่ได้เก็บข้อมูล(OBSERVE)เกิดขึ้นเนื่องมาจาก 2 สาเหตุหลักก็คือ 1)เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ รวมไปถึงพนักงานวัด และ2) การแปรผันเนื่องจากกระบวนการผลิตที่แท้จริง(Actual Process) ก็มีผลบ้างอันเนื่องมาจากระบบการวัดนี้ให้ผลการตัดสินใจตามทฤษฎี GRR คือ พอจะยอมรับได้ ดังนั้นการปรับปรุงแก้ไขการแปรผันอาจจะทำควบคู่ไปทั้ง 2 สาเหตุคือ การปรับปรุงกระบวนการผลิตและระบบการวัด แต่ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่ระบบการวัดเป็นหลัก

5.5.4 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการวัด

ไมโครมิเตอร์ (MICROMETER)

จากการทดลองศึกษา GRR ด้วยเครื่องมือวัด ไมโครมิเตอร์ ของแผนก FOI (Final Outgoing Inspection) โดยได้ทดลองวัดความหนาแผ่น PCB ตัวอย่าง 10 แผ่น จากแบบฟอร์มการวิเคราะห์ GRR พบว่า %R&R = 23.29% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ก็ควรที่จะต้องหาวิธีปรับปรุงระบบการวัด ด้วย ไมโครมิเตอร์ ให้ %R&R ลดลงไปจากที่เป็นอยู่ซึ่ง สาเหตุที่เกิดขึ้นโดยวิเคราะห์จาก %AV = 19.09 % และ %EV = 13.34 % ดังนั้นจึงมุ่งศึกษาถึง พนักงานวัด

สาเหตุที่สำคัญ

1.ไมโครมิเตอร์ จัดเป็นเครื่องมือวัดประเภท Mechanical Instrument ที่ผู้ใช้จะต้องมีความรู้ในการใช้งาน,การวัด,การอ่านค่า จึงจะทำให้วัดค่าออกมาได้ หากผู้ใช้ไม่มีความรู้ จะทำให้ค่าที่วัดออกมาได้ผิดพลาด

2.การใช้ Micrometer ของพนักงานยังไม่ถูกต้อง ตามภาพ

รูปที่ 5.1 แสดงการจับไมโครมิเตอร์ที่ไม่ถูกวิธี