บทที่ 7

การควบคุมการแปรผันของระบบการวัดและข้อเสนอแนะ

จากผลที่ได้จากการวิจัยดังรายละเอียดในบทที่ 5 และบทที่ 6 ผู้วิจัยได้จัดทำข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเครื่องมือวัด,ข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือวัด(วิธีการและพนักงานวัด)และข้อเสนอแนะอื่นๆที่เกี่ยวข้องในระบบการวัด โดยได้จัดทำดังต่อไปนี้

7.1 วิธีการควบคุมการแปรผันของเครื่องมือวัด

(Determination of Variation Controlling Method of Instrument)

การกำหนดวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัด

7.1.1) คุณภาพมาตรฐานที่นำมาใช้(Adequacy of Standard)

การกำหนดมาตรฐานในการทดสอบ อุปกรณ์หรือ เครื่องมือวัด ที่ใช้ในกระบวนการ ควบคุมคุณภาพ ด้วยเทคนิค GRR เพื่อสามารถมั่นใจได้ว่า อุปกรณ์หรือเครื่องมือวัดจะให้ผลการวัดที่ถูกต้อง(Accuracy),แม่นยำ(Precision),เสถียร(Stability) ตลอดช่วงการใช้งานและเป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานสากล เช่น

* มาตรฐาน JIS (Japanese Industry Standard)
* มาตรฐาน NIST (National Institute of Standards and Technology)

7.1.2 การควบคุมสภาวะแวดล้อม(ENVIRONMENT CONTROLS)

เพื่อกำหนดช่วงการควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆที่จะมีผลต่อความถูกต้อง (Accuracy) และ ความเสถียร(Stability) ของเครื่องมือวัดดังรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่ทำการศึกษา

ชื่อ	วัด	ช่วงการวัด	ความแม่นยำ	หน่วย	สภาพแวดล้อม
1.CMI	ความหนา	0.43 - 14.9	$\pm$ 5%	μm	$22 \pm 2\ ^{o}C$ 60 ± 5 % RH
2.กล้องไมโครสโคป	ความหนา			milli inch	$22 \pm 2\ ^{o}C$ 60 ± 5 % RH
3.Thickness Check	ความหนา	1.00-2.00	$\pm$ 0.05	mm	$22 \pm 2\ ^{o}C$ 60 ± 5 % RH
4.เวอร์เนียร์แคลิปเปอร์	ความกว้าง ความยาว	0 - 80	$\pm$ 0.02	mm	$22 \pm 2\ ^{o}C$ 60 ± 5 % RH
5.ไมโครมิเตอร์	ความหนา	0 - 25	$\pm$ 0.01	mm	$22 \pm 2\ ^{o}C$ 60 ± 5 % RH

หมายเหตุ RH ย่อมาจาก Relative Humidity (ความชื้นสัมพัทธ์)

*สภาพแวดล้อมที่ควบคุม สำหรับการใช้เครื่องมือวัด

ปัจจัยที่สำคัญที่จะมีผลต่อ ความแม่นยำของเครื่องมือวัด ก็คือ เครื่องมือวัดจำเป็นจะต้องอยู่ภายใต้ สภาวะแวดล้อมที่ได้รับการควบคุมอย่างเข้มงวด เพื่อให้ผลของการวัด มีความน่าเชื่อถือได้

ตารางที่ 7.2 แสดงมาตรฐานการควบคุมสภาวะแวดล้อม

รายการควบคุม	ช่วงการควบคุม การวัดขนาด (DIMENSION)	ช่วงการควบคุม การวัดทางไฟฟ้า (ELECTRICAL , PHYSICAL)
1.อุณหภูมิ (Temperature)	20 °C ± 0.3 °C (68 °F ± 0.5 °F)	2- °C ± 0.6 °C (73.4 °F ± 1.0 °F)
2.อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ(ต้องน้อยกว่า) (Temperature rate of change)	0.3 °C / ชม. (0.5 °F / ชม.)	0.6 °C / ชม. (1.0 °F / ชม.)
3.ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)	35 % - 55 %	
4.ฝุ่นละออง(จำนวน) (Dust;particle count)	ขนาด 1 ไมครอน น้อยกว่า 1.0×10^4 ชิ้นต่อลูกบาศก์ฟุต ขนาด 0.5 ไมครอน น้อยกว่า 5.0×10^4 ชิ้นต่อลูกบาศก์ฟุต	ขนาด 1 ไมครอน น้อยกว่า 20×10^4 ชิ้นต่อลูกบาศก์ฟุต ขนาด 0.5 ไมครอน น้อยกว่า 100×10^4 ชิ้นต่อลูกบาศก์ฟุต
5.ความสั่นสะเทือน (Vibration)	–	–
6.ความถี่รบกวนของคลื่นไฟฟ้าและ วิทยุ (Electrical and Radio Frequency Noise)	–	ไม่เกิน 60 dB
7.แสงสว่าง (LightX	100 ft.candles	80 ft.candles

*ผลของสภาวะแวดล้อมที่มีต่อลักษณะของการวัด

ปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ความสั่นสะเทือน,ฝุ่นละออง,ความชื้น และ สารเคมีต่างๆที่เป็นพิษ จะก่อให้เกิด ความผิดพลาดของการวัดได้ ซึ่งสามารถแสดงแทนได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7.3 แสดงผลการวัดที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะแวดล้อมเปลี่ยน

ประเภทของการวัด	การเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อม	ผลของการวัดที่เกิดขึ้น
1.ความยาว (Light)	1.1เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 ^{o}F	1.1.1 เหล็กจะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป6.4 μinch 1.1.2 อลูมิเนียมจะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป12.6μinch
	1.2ความชื้นสัมพัทธ์ที่น้อยกว่า 35% หรือ มากกว่า 55%	1.2.1 จะมีผลต่อคุณสมบัติการกัดกร่อน 1.2.2 จะมีผลต่อคุณสมบัติการวัดค่าทางไฟฟ้า
2.ความดัน (Pressure)	2.1เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปทุกๆ 3 ^{o}F / ชม.	2.1.1 ความดันจะเปลี่ยนแปลงไป 0.1 mmHg
3.ความต่างศักย์ (Direct Current Voltage)	3.1 อุณหภูมิเปลี่ยนไปจาก 70 ^{o}F ไปเป็น 84 ^{o}F 3.2 อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 3 ^{o}F / ชม 3.3 ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 35% ถึง 55 %	3.1.1 จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดไม่เกิน +\- 0.01 %
4.ทั่วไป	4.1 ตัวกรองอากาศ (Filtered Air Supply) 4.2 ความสั่นสะเทือน (Vibration) 4.3 แสงสว่างที่ระดับ 100 แรงเทียน	4.1.1 ความสะอาดจะเป็นสัดส่วนตรงกับความถูกต้อง 4.1.2 จะทำให้เครื่องมือวัดให้ค่าการวัดที่ไม่สามารถจะเชื่อถือได้(Reliable) 4.1.3 แสงสว่างที่มีค่าต่ำกว่าจะทำให้เกิดความล้าทางสายตาต่อพนักงานวัด และ ทำให้ค่าที่วัดได้ไม่น่าเชื่อถือ

7.1.3) การกำหนดระยะเวลาในการสอบเทียบ(Interval of Calibration)

การกำหนดระยะเวลาทำการสอบเทียบเครื่องตรวจ,เครื่องวัด,เครื่องทดสอบ เป็นสิ่งหนึ่งในนโยบายคุณภาพที่มาตรฐาน ISO 9000 ต้องการให้ระบุในคู่มือคุณภาพและให้ปฏิบัติในกระบวนการการของบริษัท ภายในคู่มือจะต้องบันทึกการสอบกลับมาตรฐาน(Traceability) ถึงมาตรฐานแห่งชาติด้วยเช่นกัน

เมื่อพิจารณาใบรับรองการสอบเทียบ(Calibration Certification) จะพบว่าไม่มีการระบุวันที่ให้ทำการสอบเทียบใหม่ หรือระบุว่าระยะเวลาที่ยังคงใช้งานได้ปรากฏอยู่ ผู้ใช้จะต้องกำหนดระยะเวลาทำการสอบเทียบในคู่มือคุณภาพ เมื่อกำหนดระยะเวลาด้วยตนเองก็จะเป็นการกำหนดระยะเวลาที่ยังคงใช้งานได้ของเครื่องมือดังกล่าว

ห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐานหรือผู้ผลิตสามารถทำได้เพียงแนะนำในเรื่องนี้ เหตุผลก็คือว่า การสอบเทียบนั้นเป็นเสมือน การถ่ายภาพ เพราะเป็นเพียงการบอกคุณว่าเครื่องมือวัดทำงานดีเพียงใด ณ ขณะนั้น(ขณะทำการสอบเทียบ)

โปรดสังเกตว่าการตรวจสอบความจริงอย่างไรก็มีข้อจำกัดในการใช้ได้อยู่

1) การกำหนดระยะเวลาการสอบเทียบเครื่องมือวัด

โดยปกติแล้ว ผู้ผลิตเครื่องมือวัดไม่ให้คำแนะนำใดๆเกี่ยวกับช่วงระยะเวลาที่จะต้องทำการสอบเทียบใหม่ บางงาน(เช่น อุปกรณ์ทดสอบเครื่องยนต์)ต้องการให้เครื่องมือวัดได้รับการสอบเทียบก่อนการสอบเทียบก่อนการทดลองเครื่องยนต์แต่ละครั้ง สิ่งนี้เป็นความจำเป็นเพื่อให้มั่นใจว่าจะได้ผลการวัดที่เที่ยงตรง ในงานอื่นๆภายในบริษัทอื่นๆเครื่องมือวัดความดันอาจจะไม่มีการสอบเทียบก็เป็นได้ หรืออาจคาดหวังว่าเครื่องมือวัดที่ติดตั้งใช้งานหลายเดือนหรือหลายปีแล้วจะยังคงทำงานได้ดี เช่น เมื่อติดตั้งครั้งแรก ติดตั้งและลืมไปเลย นั้น เป็นการกระทำที่มีเหตุผลอันสมควรน้อย แม้เมื่อเครื่องวัดหรือระบบโดยรวมจะถูกเริ่มใหม่ที่ความดันด้านเข้าเป็นศูนย์ก็ไม่ได้มีความหมายที่มั่นใจได้ว่าการวัดความดันจะไม่มีความคลาดเคลื่อน ภายในข้อกำหนด ตามระยะเวลาหลังจากที่ตัวเครื่องวัดถูติดตั้ง การสอบเทียบใหม่มีต้นทุนทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย เพื่อที่จะทำให้เหมาะสมเกี่ยวกับระยะเวลาสำหรับการสอบเทียบใหม่ ควรจะนำสิ่งต่อไปนี้มาประเมินด้วย

*ความเที่ยงตรง,ถูกต้อง (Accuracy) ที่ต้องการ

*คุณสมบัติจำเพาะของเครื่องวัด

*ผลการสอบเทียบครั้งที่แล้ว

*ความถี่และวิธีใช้งานเครื่องวัด

*วิธีขนย้ายและวิธีจัดเก็บเครื่องวัด

*ความเป็นไปได้ที่จะตรวจสอบระหว่างการสอบเทียบ

*อิทธิพลหรือผลกระทบจากความเที่ยงตรงของเครื่องวัดที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

2) การกำหนดระยะเวลาสอบเทียบสำหรับเครื่องสอบเทียบ

หัวข้อที่กล่าวข้างต้นเกี่ยวกับเครื่องมือวัดนั้น สามารถนำมาใช้กับเครื่องสอบเทียบได้เช่นกัน แนวทางกว้างๆคือ

*Deadweight Teater:ทุก 3 ปี

*Digital Pressure Calibrators:ทุก 6-12 เดือน

กล่าวอีกครั้งว่า เวลาดังกล่าวขึ้นกับเงื่อนไขการใช้งานเครื่องสอบเทียบซึ่งถูกใช้งานในห้องปฏิบัติการตลอดเวลานั้น โดยทั่วไปจะไม่ต้องถูกทำการสอบเทียบใหม่บ่อยครั้งเหมือนกับอีกเครื่องหนึ่งซึ่งถูกใช้งานนอกห้องปฏิบัติการที่มีสภาพอากาศตั้งแต่เย็นระดับเยือกแข็งไปถึงอุณหภูมิสูงในฤดูร้อน

สำหรับ Digital Pressure Calibrator บางประเภทจะมีหน่วยความจำและบอกผู้ใช้ได้ว่าจะต้องทำการสอบเทียบใหม่เมื่อใด เป็นการเตือนผู้ใช้ให้ทำการสอบเทียบกับเครื่องมาตรฐานชนิด Deadweight Tester และการสอบเทียบ Deadweight Tester จะต้องทำในห้องปฏิบัติการ

7.1.4) Calibration Procedures

การจัดทำวิธีการสอบเทียบ เครื่องมือวัด,อุปกรณ์ และตัวมาตรฐานสำหรับสอบเทียบควรจะต้องมีข้อมูลพื้นฐานดังต่อไปนี้

1.กลุ่มอุปกรณ์,เครื่องมือวัด ที่มีลักษณะคล้ายๆกัน เช่น การใช้ตัวมาตรฐานทดสอบ, ขั้นตอนการสอบเทียบ ที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน

2.สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบ

3.หลักการพื้นฐาน,ทฤษฎีการสอบเทียบ

4.รายการอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมในการสอบเทียบ

5.ขั้นตอนการสอบเทียบ(Calibration Instruction)

6.การบันทึกผลการสอบเทียบ หรือ ใบรับรองการสอบเทียบ

EAL (European Accreditation Organization of Laboratories) ได้กำหนดแนวทางสำหรับใบรับรองการขึ้น โดยระบุว่าควรจะมีข้อมูลเหล่านี้ในใบรับรองคือ

1.คำว่า "ใบรับรอง" (Certificate)

2.ชื่อและที่ตั้งของห้องปฏิบัติการที่ทำการสอบเทียบ

3.วันที่หรือระยะเวลาที่ทำการสอบเทียบและวันที่ที่ออกใบรับรอง

4.ระบุชื่อลูกค้า

5.ระบุชื่อเครื่องมือวัดที่ทำการสอบเทียบ

6.สภาวะแวดขณะสอบเทียบ

7.ผลการวัดตามการตรวจพบ

8.ผลการสอบเทียบ

9.ความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ

10.ชื่อและลายเซ็นต์ของบุคคลที่ทำการสอบเทียบและชื่อ,ลายเซ็นต์ของหัวหน้าผู้ดูแล

11.มาตรฐานทั้งด้านขาเข้าและขาออก

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการสอบเทียบ(Calibration Instruction)ของเครื่องมือวัดทั้ง 5 ชนิดดังต่อไปนี้

1.กล้องไมโครสโคป(MICROSCOPE)

2.เครื่องวัดความหนา(THICKCHECK)

3.เครื่องวัดความหนาโลหะบางๆ(CMI)

4.เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์(VERNIER CALIPER)

5.ไมโครมิเตอร์(MICROMETER)

โดยทำการศึกษาจากหนังสืออ้างอิง ลำดับ 2,4,7,8,12 ในเอกสารอ้างอิงหน้า ประกอบกับการศึกษาจากคู่มือการใช้เครื่องมือวัดประเภทนั้นๆ

1.วิธีการสอบเทียบ กล้องไมโครสโคป(MICROSCOPE)

1.เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1.1 สเกลมาตรฐานสำหรับวัดที่ใส่ในเลนส์ eye's piece กำลังขยาย 10เท่า,100เท่า, 250 เท่า , 500 เท่า

1.2 กระดาษเช็ดเลนส์

1.3 น้ำยาทำความสะอาดเลนส์

2.ทำความสะอาดเลนส์ eye's piece และ หัววัดขนาดกำลังขยายที่ต้องการจะสอบเทียบ

3.วางสเกลมาตรฐานสำหรับกำลังขยายที่ต้องการสอบเทียบวางลงบน แท่นวางชิ้นงาน

4.เลื่อนหัววัดขนาดกำลังขยายที่ต้องการสอบเทียบ เพื่อทำการวัดสเกลมาตรฐานนั้น

5.เปิดไฟ,ปรับระยะโฟกัสให้เหมาะสม แล้วทำการวัดสเกลมาตรฐานนั้นๆ

6.ปรับสเกลที่เลนส์ eye's piece ให้ประกบสนิทพอดีกับสเกลมาตรฐาน

*ถ้าสเกลที่มองจากเลนส์ eye's piece ประกบทับพอดี แล้วอ่านจำนวนช่องได้เท่ากัน ให้ถือว่า สเกลที่เลนส์ eye's piece ปกติ

*ถ้าสเกลที่เลนส์ eye's piece ประกบไม่สนิทหรืออ่านจำนวนช่องได้ไม่เท่ากันกับสเกลมาตรฐาน หรือ เมื่อประกบกันแล้วเกิดการเหลื่อมกัน แสดงว่าสเกลที่เลนส์ eye's piece มีปัญหาต้องได้รับการแก้ไข

7.ทำตามวิธีการในข้อ 3-6 สำหรับการสอบเทียบสเกลเลนส์ eye's piece ที่กำลังขยายต่างๆ

2.วิธีการสอบเทียบ เครื่องวัดความหนา (THICK-CHECK)

1.เครื่องมือ และ อุปกรณ์ที่ใช้

1.1 Gauge Block 1 ชุด

1.2 ปิโตรเลียมเจล

1.3 ผ้าสะอาด

1.4 แอลกอฮอร์

2.ทำการตรวจเครื่องที่จะทำการสอบเทียบว่าครบตามจำนวนที่กำหนดไว้หรือไม่

3.ทำการเช็ดฝุ่นผงละอองที่ติดอยู่ตามแท่นรองออกให้หมดเสียก่อน เพราะว่าฝุ่นอาจทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อน

4.ใช้ผ้าชุบแอลกอฮอร์ เช็ดทำความสะอาดเครื่องก่อนที่จะทำการสอบเทียบ

5.ใช้ Gauge Block ที่ทราบขนาดมาตรฐานมาวัดด้วยเครื่อง แล้วบันทึกค่าไว้

6.ใช้ Gauge Block ขนาดต่างๆมาวัดประมาณ 10 ค่า แล้วบันทึกผลที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่าจริงของ Gauge Block

7.เมื่อทำการสอบเทียบเสร็จแล้วให้ใช้ผ้าบางๆทำความสะอาดอีกครั้งแล้วทาด้วยปิโตรเลียมเจลบนแท่นรอง

3.วิธีการสอบเทียบเครื่อง CMI ด้วยวิธีการวัด4จุด (Standard 4-Point Calibration Instruction)

เป็นวิธีการสอบเทียบโดยอาศัยข้อมูลและกราฟ(curve) ของตัวมาตรฐาน(standard)มาเปรียบเทียบกับ ชิ้นงานทดสอบ คำศัพท์และขั้นตอนการสอบเทียบมีดังนี้(ในที่นี้จะยกตัวอย่าง SNPBCU)

1.เลือก CALIBRATE

-เลือก NEW (ในกรณีที่ทำใหม่ / ถ้าแก้ไขให้เลือก CHANGE)

2.ถึงคำว่า NAME เลือกกด MOUSE แล้วพิมพ์ชื่อ SNPBCU

3.ถึงคำว่า BASE เลือกกด MOUSE แล้วพิมพ์ชื่อโลหะที่ตัวฐาน คือ COPPER

4.ถึงคำว่า COATING เลือกกด MOUSE แล้วพิมพ์ชื่อโลหะที่ผิวเคลือบ คือ TIN-LEAD

5.ถึงคำว่า MEASUREMENT TIME เลือกกด MOUSEที่ตัวเลขหน้าจอ 10 วินาที

*เวลาในการ CALIBRATE จะเป็น 4 เท่า เช่นถ้าเราเลือกเวลาในการวัด 10 วินาที เวลาในการ CAL ของเครื่องจะใช้ 40 วินาที

6.ถึงคำว่า COLLIMATOR SIZE (ขนาดความหนาสูงสุดที่เครื่องจะทำการวัดได้) ให้กด MOUSE เลือก 4 milli-inches (4/1000 นิ้ว)

7.ถึงคำว่า UNIT ให้กด MOUSE เลือกหน่วยวัด (milli-inches,micrometer,micro-inches)

8.ถึงคำว่า DECIMAL PLACES (จำนวนเลขทศนิยม) ให้กดMOUSE เลือก

9.ถึงคำว่า LIMIT ให้กด MOUSE เลือก OFF

10.ถึงคำว่า X-bar,R groups ให้คีย์ 0 (ศูนย์)

11.ถึงคำว่า Group Size (จำนวนครั้งที่ทำการวัด) ให้คีย์ 5 ครั้ง

12.เครื่องจะทำการ CALIBRATE แสดงผลตามรูป

4.วิธีการสอบเทียบ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์

1.เครื่องมือ และ อุปกรณ์ที่ใช้

1.1 Gauge Block

1.2 ปิโตรเลียมเจล

1.3 น้ำสะอาด

1.4 แอลกอฮอร์

2.การตรวจสอบ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ ก่อนการสอบเทียบ

2.1 ตรวจเช็คสภาพก่อนทำการสอบเทียบ

2.2 ต้องรู้หลักในการจับเวอร์เนียร์

2.3 ตรวจสอบว่า สเกลเลื่อนทำงานฝืด หรือไม่ ลองเลื่อนเข้าเลื่อนออก

2.4 เมื่อเลื่อนสเกลเลื่อนเข้า จะต้องประกบพอดีกัน และ จะต้องไม่ให้มีแสงรอด

2.5 จะต้องตรวจว่ามี ฝุ่นผงเข้าไปอุดตันผิววัดด้านนอกของเวอร์เนียร์หรือไม่ ถ้ามีให้ทำความสะอาดก่อนด้วยผ้าสะอาด

3.การสอบเทียบ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์

3.1 ต้องทำความสะอาด เวอร์เนียร์ก่อนทุกครั้งที่จะทำการสอบเทียบ

3.2 ใช้ Gauge Block ในการทำการสอบเทียบ ก่อนใช้ Gauge Block ต้องเช็ดทำความสะอาดปิโตรเลียมเจลออกก่อน

3.3 ทำการสุ่ม Gauge Block ขึ้นมาเพื่อทำการสอบเทียบ จำนวน 10 ชิ้น ที่ความหนาแตกต่างกันพร้อมทั้งใช้ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ ที่ต้องการวัดจะสอบเทียบวัดความหนาทีละ 1 ชิ้น หรือนำ Gauge Block ประกบกัน และหาค่าโดยการสุ่มขึ้นมาวัด จะได้ค่าวัดในแต่ละช่วงที่แตกต่างกัน

3.4 บันทึกข้อมูลที่วัดได้

3.5 ในการสอบเทียบแต่ละครั้งทำภายใต้ อุณหภูมิ 22 ± 2 $^{\circ}C$

ความชื้น 60 ± 5 %

4.การควบคุมและประเมินผล

4.1 ค่าที่วัดได้ด้วย เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ กับแท่ง Gauge Block ควรจะมีค่าตรงกันจึงจะถือว่า เวอร์เนียร์นั้นใช้ได้ ค่า + \ - ของการวัดจะต้องไม่เกิน 0.02 มม. ถ้าเกินถือว่า เวอร์เนียร์นั้นใช้ไม่ได้ต้องทำการแก้ไขหรือส่งซ่อม

4.2 ในกรณีที่ เวอร์เนียร์ เกิดชำรุดเสียหายหรือไม่สามารถวัดค่าได้เที่ยงตรง ให้ทำการยึด และห้ามนำไปใช้งาน

5.การบำรุงรักษา เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์

เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในงานมาก และความเที่ยงตรงสูง เพื่อที่จะรักษาความเที่ยงตรง และรักษาเครื่องมือให้ใช้งานได้นาน จึงมีสิ่งที่จะต้องระมัดระวังต่างๆ ดังต่อไปนี้

5.1 ทำความสะอาดจุดปากเลื่อน,รางเลื่อน,หน้าสัมผัสวัด และ สเกลอ่านค่าไม่ให้มีฝุ่นผง ติดค้างอยู่จะทำให้การวัดขนาดไม่ได้ผลและเครื่องวัดชำรุดและสึกหรอได้

5.2 ต้องแน่ใจว่า แนวศูนย์บนสเกลวัดปากของเวอร์เนียร์ เมื่อปิดสนิทจะต้องได้ ศูนย์พอดีไม่มีช่องว่างเกิดขึ้น

5.3 ก่อนใช้เวอร์เนียร์วัดงานตามกฎของการวัดขนาดด้วยเวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ จะต้องวัดและสังเกตจุดเริ่มของปากวัดต้องปิดสนิท และก่ขีดสเกลจุดเริ่มต้นต้องอยู่ที่ขีดศูนย์ก่อน

5.4 มุมลาดปากวัดของเวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ จะสร้างบางมาก โดยจะต้องไม่ฝืนหรืองัด ขณะปากวัดอยู่ในช่องเด็ดขาด

5.5 การวัดรูเล็กๆ และมี ความลึกมาก ปากวัดเข้าไม่ถึงและปากวัดในแบบธรรมดานั้นกว้างสวมเข้าไปในรูไม่ได้ ในขณะที่ปากวัดหุบอยู่ ในกรณีนี้ให้ใช้ปากวัดนอกวัดและ เล็งที่ปากรูได้ แต่ค่าที่ผิดพลาดจะเกิดขึ้นบ้างเพราะเป็น การคาดคะเนในการวัด การวัดให้ได้ขนาดที่ถูกต้องจะต้องมีความชำนาญมาก

5.6 การวัดชิ้นงานจะต้องให้ชิ้นงานที่จะวัดนั้นหยุดนิ่งเสียก่อน ไม่ว่าจะเป็นการวัดค่าภายใน หรือ ภายนอก ถ้าชิ้นงานเคลื่อนที่หรือหมุนอยู่แล้ว ในขณะทำการวัดจะทำให้ความเที่ยงตรง ของ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ลดลงมาก

5.7 การวัดภายนอกและภายในชิ้นงานไม่ควรใช้แรงมากเกินไป เพราะจะเกิดความเครียดที่ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ ทำให้ค่าที่วัดผิดไป และทำให้ความเที่ยงตรงเสียไปด้วย

5.8 เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์แบบมาตรฐานสากลจะไม่มีอุปกรณ์พิเศษช่วยในการวัด เช่น มิเตอร์แรงกระทำบนจุดวัด จะต้องใช้ความระมัดระวังในการวัด เนื่องจากการดันปากวัดเข้าชนกับงาน ถ้าดันแรงเกินไปโดยไม่คำนึงถึงแรงที่กระทำบนจุดวัดจะเป็นผลให้ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์ ชำรุดเร็วก่อนกำหนดได้

5.9 เมื่อทำการวัดแล้วทาน้ำมันกันสนิมทุกครั้งหลังจากที่นำมาใช้งานแล้ว

5.10 เมื่อทำการวัดทุกครั้ง ระวังอย่าให้ เวอร์เนียร์ แคลิปเปอร์หล่นหรือกระแทกเป็นอันขาด เพราะอาจจะทำให้เสียใช้การไม่ได้

6.การเก็บรักษา

6.1 สถานที่เก็บจะต้องมีอุณหภูมิปานกลาง ไม่สูงและต่ำจนเกินไป ไม่มีความชื้นและฝุ่นผง

6.2 การเก็บเวอร์เนียร์ขนาดใหญ่ จะต้องมีที่เฉพาะวางบังคับที่ไว้ไม่ให้เกอดการบิดตัวบนบรรทัดสเกลจะทำให้ไม่ตั้งฉากกับปากวัด

6.3 การเก็บไว้เป็นระยะเวลานานๆ จะต้องเก็บไว้ในที่ๆมีช่องเฉพาะตัวบังคับไว้

5.วิธีการสอบเทียบ ไมโครมิเตอร์

1.เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1.1 Gauge Block

1.2 ปิโตรเลียมเจล

1.3 ผ้าสะอาด

2.ตรวจสอบไมโครมิเตอร์ก่อนการวัดและการสอบเทียบ

2.1 ก่อนตรวจสอบขั้นตอนแรก ควรจะทำความสะอาดไมโครมิเตอร์ก่อนที่จะทำการวัดทุกครั้งด้วยผ้าสะอาด บริเวณผิวหน้าของแป้นรองและแกน

2.2 การตรวจสอบตำแหน่งศูนย์ของไมโครมิเตอร์ โดยหมุนไมโครมิเตอร์จนกระทั่งแกนและแป้นรองสัมผัสกันขีดศูนย์บนปลอกจะตรงกับเส้นเครื่องหมายบนกระบอกและขอบปลอก จะต้องทับกับขีดศูนย์บนกระบอกพอดี

2.3 ทำการสุ่ม Gauge Block ขึ้นมาเพื่อทำการสอบเทียบ จำนวน 10 ชิ้น ที่ความหนาแตกต่างกันแต่ความหนาไม่เกิน 1 นิ้ว พร้อมทั้งใช้ ไมโครมิเตอร์ ที่ต้องการสอบเทียบวัดความหนาของ Gauge Block ที่ละ 1 ชิ้น โดยกดแป้นรองอย่างเบาๆ ให้สัมผัสกับ Gauge Block ขยับไมโครมิเตอร์ไปรอบ Gauge Block เพื่อให้แน่ใจว่าแป้นรองไมโครมิเตอร์ขนานกับผิว Gauge Block หลังจากนั้นให้ล็อคแกนไมโครมิเตอร์ และ อ่านค่าบนสเกล สุ่มวัดความหนาที่ต่างกันโดยกำหนดขึ้นมา10ค่า

2.4 ทำการบันทึกผลการวัด

2.5 การควบคุม และ ประเมินผล

2.5.1 ในกรณีที่ค่าที่วัด เปรียบเทียบกับ Gauge Block ไม่ได้ความหนาตามที่กำหนดให้ทำการปรับศูนย์ของ ไมโครมิเตอร์

2.5.2 ในกรณีที่ ไมโครมิเตอร์ เกิดชำรุดเสียหายมาก ห้ามนำไปใช้จนกว่าจะได้รับการซ่อมแซมเรียบร้อย

2.5.3 ในการสอบเทียบแต่ละครั้งทำภายใต้ อุณหภูมิ 22 ± 2 $^{\circ}C$

ความชื้น 60 ± 5 %

7.1.5) แหล่งที่รับสอบเทียบเครื่องมือวัด(Calibration Source)

สำหรับเครื่องมือวัด,อุปกรณ์วัด,ตัวมาตรฐานสำหรับการสอบเทียบบางอย่างที่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ,ผู้ชำนาญพิเศษ ก็จำเป็นที่จะต้องมีหน่วยงานที่บริการด้านการสอบเทียบอุปกรณ์วัด,เครื่องมือวัด โดยเฉพาะ เช่น ผู้ผลิตเครื่องมือ,ตัวแทนจำหน่าย,หน่วยงานรัฐวิสาหกิจและรัฐบาล

7.1.6) การบันทึกผล(Record)

เพื่อจุดประสงค์ในการนำมาจัดทำตารางการสอบเทียบ(Calibration Schedules) เพื่อต้องการให้เครื่องมือวัดมีความถูกต้องเที่ยงตรง(Accuracy)อยู่สม่ำเสมอรายละเอียดที่จะต้องบันทึกมีดังต่อไปนี้

1.ประวัติการใช้เครื่องมือ,รายละเอียดของเครื่องมือ

2.ค่าความถูกต้อง

3.สถานที่ใช้งานในปัจจุบัน

4.ช่วงเวลาในขณะทำการสอบเทียบ และ ระยะเวลาสิ้นสุดการสอบเทียบ

5.ข้อปฏิบัติในขณะสอบเทียบเครื่องมือวัดและสิ่งจำเป็น

6.ค่าการวัดจริงที่ได้จากการสอบเทียบครั้งที่แล้ว

7.รายละเอียดการซ่อมบำรุงและรักษา เครื่องมือวัด

7.2 วิธีการควบคุมการแปรผันของวิธีการวัด

(Determination of Variation Controlling Method of Measurement Method)

การกำหนดข้อควรระวังในการวัดและการใช้งานเครื่องมือวัด

7.2.1 ข้อควรระวังการใช้กล้องไมโครสโคป(MICROSCOPE)

เนื่องมาจากการวัดความหนาของแผ่นลามิเนต หรือ การวัดความหนาของทองแดงในรู หรือการทำ Microsection บอร์ดเพื่อทำการวัดความหนาทอง,นิกเกิลในรู ต้องใช้กล้องไมโครสโคปวัด จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า วิธีการวัดให้ได้ผลที่เชื่อถือได้(Reliable)นั้น ควรจะต้องควบคุมสิ่งต่างๆต่อไปนี้

1.การวางชิ้นงานจะต้องวางชิ้นงานให้ตั้งตรงในแนวเดียวกันกับแนววัดของกล้อง ไม่ควรจะเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง

2.การวางสเกลวัดในเลนส์ eye's piece จะต้องวางทาบกับชิ้นงานในแนว 180°

3.การวางสเกลวัดให้นำขีดศูนย์ไปวางที่ด้านบนหรือด้านล่างของชิ้นงาน(ที่มองผ่านเลนส์ eye's piece)แล้วจึงทำการอ่านค่าออกมา

4.ควรวางสเกลวัดให้ประกบสนิทกับขอบบนหรือขอบล่างของชิ้นงาน(ที่มองผ่านเลนส์ eye's piece) โดยไม่ควรให้เกิดช่องว่าง

5.การปรับระยะโฟกัสต้องปรับให้ชัดเจน,ภาพไม่เบลอ

6.ทำการปรับแสงในขณะทำการวัดให้เหมาะสม

7.ไม่ควรให้ชิ้นงานหรือกล้องสั่นในขณะทำการวัด

8.การดูกล้องไมโครสโคปควรมองแบบ 2 ตา เพราะจะทำให้ไม่เกิดการเมื่อยล้าของสายตา ซึ่งจะมีผลต่อการวัด

9.ควรจะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัดอย่างสม่ำเสมอ

10.ควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับเครื่องมือวัด

7.2.2 เครื่องวัดความหนา(THICKCHECK)

ในกระบวนการผลิตการชุบทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า(Eiectroless) จะต้องมีการทำงานอย่างต่อเนื่องดังนั้น การวัดความหนาของทองแดง ก็ต้องทำควบคู่ไปกับการผลิตหากการวัดผลให้ค่าที่เชื่อถือไม่ได้จะก่อให้เกิด ความเสียหายอย่างสูงเนื่องจากกระบวนการชุบฯนี้จะอยู่ในส่วนแรกของการผลิต จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า วิธีการวัดให้ได้ผลที่เชื่อถือได้(Reliable) นั้น ควรจะต้องควบคุมสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

1.ไม่ควรใช้แผ่นบอร์ด PCB ที่มีขนาดเล็ก (พื้นที่น้อยกว่า 60 ต.ร.ซม.)มาทำการวัด

2.ไม่ควรนำบอร์ดที่โก่งมาทำการวัดหรือควรจะทำการดัดบอร์ดนั้นก่อนที่จะทำการวัด

3.ไม่ควรใช้เครื่องมือวัดอย่างรุนแรงควรกระทำอย่างเบาๆเพราะว่าเครื่องมือวัดเป็นแบบตัวเลข(DIGITAL)ซึ่งมีความไวต่อการใช้งานมาก

4.ไม่ควรให้บอร์ด PCB เลื่อนไปเลื่อนมาในขณะทำการวัด

5.ไม่ควรให้เครื่องมือวัดสั่นในขณะทำการวัด

6.ควรจะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัดอย่างสม่ำเสมอ

7.ควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับเครื่องมือวัด

7.2.3 เครื่องวัดความหนาโลหะบางๆ(CMI)

การวัดความหนาของ ทอง.นิกเกิล เป็นสิ่งจำเป็นมากเนื่องจากลูกค้าจะต้องทราบค่าความหนาของโลหะเหล่านี้ เพราะจะมีผลต่อการนำไปประกอบเข้ากับ แผงวงจรรวม(Integrate Circuit) ดังนั้นการวัดที่จะให้ผลออกมาสามารถเชื่อถือได้(Reliable) จำเป็นต้องควบคุมสิ่งต่างๆต่อไปนี้

1.ไม่ควรให้เครื่องมือวัดสั่นในขณะทำการวัด

2.ในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน ในสายงานปกติ(Routine Work) ควรจะตรวจสอบอย่างน้อย 2-4 จุด ต่อ 1 ขาทอง แล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ย(Average) เพื่อให้เป็นไปตามทฤษฎี 4-POINT MEASUREMENT

3.เลือกขาทองที่จะทำการวัดความหนาทอง.นิกเกิล บริเวณกลางๆของแถว

4.วางเครื่องหมายกากบาท(+)ลงตนรงกลางของขาทองที่เลือกวัดความหนา

5.วางแถวของขาทองให้ขนานไปกับแนวแกน X

6.ปรับระยะโฟกัสสำหรับการวัดให้เหมาะสม

7.ควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสม

8.ทำการสอบเทียบก่อนที่จะวัดโดยขึ้นอยู่กับประเภทของโลหะที่เป็นโลหะเคลือบบางๆนั้น

7.2.4 เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์(VERNIER CALIPER)

การวัดขนาดของแผ่น PCB ด้วยเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ เป็นการวัดขั้นพื้นฐานของทุกๆ อุตสาหกรรมที่พนักงานวัดจะต้องพบเจอ แต่ถ้าพนักงานวัดไม่ได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดีก็จะทำให้ผลการวัดที่ได้มีความผิดพลาดอย่างแน่นอน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

1.ฝึกอบรมพนักงานวัดให้ใช้ เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ อย่างถูกวิธี

1.1 การจับเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์

1.2 การจับชิ้นงาน

1.3 การอ่านค่า

1.4 การใช้แรงในการวัด

2.ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดอย่างสม่ำเสมอ

3.ควบคุมสภาวะแวดล้อมตามที่กำหนด

4.เมื่อเลิกใช้งานควรเช็ดทำความสะอาดแล้วเก็บในที่เก็บ

5.เลือกเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน

6.ในขณะที่ทำการวัดขนาดบอร์ด PCB ต้องวางหรือจับบอร์ดให้อยู่ในแนวขนานกับแกนของเวอร์เนียร์

7.2.5 ไมโครมิเตอร์(MICROMETER)

การวัดความหนาแผ่น PCB ด้วยไมโครมิเตอร์นับว่ามีความสำคัญมาก เพราะว่า เป็นการวัดในขั้นตอน FINAL OUTGOING INSPECTION (FOI) ก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะส่งถึงลูกค้า ถ้าหากระบบการวัดในขั้นตอนนี้มีปัญหา ก็อาจจะส่งผลให้ผู้ผลิตเสียต่อการส่งของเสียประปนไปให้ลูกค้า จากการวิจัยครั้งนี้จะทำ การจะทำให้ผลการวัดที่ได้มีความน่าเชื่อถือ(Reliability) ต้องควบคุมสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

1.การจับไมโครมิเตอร์ให้ถูกต้อง

2.การหมุนปุ่มลิดในขณะวัด การหมุนให้ได้ยินเสียงเสียก่อนแล้วจึงทำการอ่านค่า และไม่ควรหมุนที่ตัวไมโครมิเตอร์

3.การวัดชิ้นงานต้องวางชิ้นงานให้ขนานกับแกน เรียบสม่ำเสมอ ไม่ต้องไปมาด้านใดด้านหนึ่ง

4.เลือกไมโครมิเตอร์ให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน

5.ระมัดระวังการตกกระแทก

6.ควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับเครื่องมือวัด

7.หลังจากการใช้งานแล้วให้ทำความสะอาดก่อนที่จะนำไปเก็บด้วยทุกครั้ง เพื่อป้องกันความชื้น สนิม ฯลฯ

7.3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ประโยชน์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของเทคนิค GRR นอกเหนือจากการควบคุมการแปรผันของระบบการวัดซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องมือวัดและพนักงานวัดแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานอื่นๆได้ดังต่อไปนี้

1.สามารถนำมาจัดทำเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานโดยกำหนดข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือวัดและวิธีการใช้เครื่องมือวัดอย่างถูกวิธีแทรกลงในข้อปฏิบัติในการทำงาน(Work Instruction)โดยอาจจะนำไว้ใช้ในการฝึกอบรมพนักงานวัดเพื่อให้พนักงานได้เข้าใจและยังคงสามารถทำการวัดได้อย่างถูกต้องต่อไป เพื่อผลการวัดจะมีความน่าเชื่อถือได้ตลอดไป

2.นำมาจัดทำเป็นมาตรฐานในการยอมรับเครื่องมือวัดตัวใหม่โดยการวิเคราะห์หา %EV

3.นำมาจัดทำเป็นมาตรฐานในการทดสอบ,พัฒนาพนักงานวัด

4.การเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องมือวัดประเภทเดียวกัน เช่นในบางแผนกอาจจะมีเครื่องมือวัดประเภทเดียวกันอยู่หลายเครื่อง ก็อาจจะนำเอาเทคนิคนี้มาใช้ในการเปรียบเทียบ

5.เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องมือวัด ก่อนการซ่อมแซมและหลังการซ่อมแซม

6.การคำนวณหา %R&R และ $\sigma_{R\&R}$ ทำให้วิเคราะห์ได้ถึง $\sigma_{ACTUAL\ PROCESS}$ ซึ่งก็คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการผลิต และนำไปแก้ปัญหาระบบการผลิตได้ซึ่งเป็นตัววัดประสิทธิภาพการผลิตได้อีกวิธีหนึ่ง

7.ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเอาเทคนิค GRR มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการแปรผันของระบบการวัดซึ่งมีข้อมูลการวัดเป็นแบบ VARIABLE จึงควรที่จะมีการวิจัยต่อไปในการนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่เป็นแบบ ATTRIBUTE