# บทที่ 4

## การสอบเทียบเครื่องตรวจสอบ เครื่องมือวัด และเครื่องทดสอบ

การผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมมีความจำเป็นที่จะต้องนำชิ้นส่วนที่ผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรมอื่นทั้งภายในหรือนอกประเทศมาประกอบเข้าด้วยกัน ดังนั้นความแม่นยำของเครื่องมือวัดที่ใช้วัดชิ้นส่วนนั้นจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการยืนยันความเป็นไปตามข้อกำหนดของชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ และการที่จะสามารถยืนยันได้ว่าเครื่องมือวัดที่ใช้นั้นมีความแม่นยำและเที่ยงตรงเพียงพอจึงจำเป็นที่จะต้องมีกิจกรรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดและการยอมรับซึ่งกันและกันในผลการสอบเทียบระหว่างประเทศทำให้ช่วยกำจัดการกีดกันทางการค้า มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.13000 :2537 ได้ให้คำนิยาม การสอบเทียบไว้ดังนี้

*การสอบเทียบ(calibration) หมายถึง **ชุดของการดำเนินการทางมาตรวิทยา เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าชี้บอกโดยเครื่องวัดหรือระบบการวัด หรือค่าที่แสดงโดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะที่บ่งไว้***

*หมายเหตุ 1. **ผลการสอบเทียบทำให้สามารถประเมินค่าผิดพลาดของการชี้บอก ของเครื่องวัด ระบบการวัด หรือเครื่องวัดที่เป็นวัสดุ หรือการกำหนดค่าทำเครื่องหมายบนสเกล ณ ที่ใดที่หนึ่ง***

*2. การสอบเทียบอาจหาสมบัติทางมาตรวิทยาอื่นๆได้ด้วย*

*3. **ผลการสอบเทียบอาจบันทึกในเอกสาร บางครั้งเรียกว่า ใบรับรองการสอบเทียบ(calibration certificate) หรือ รายงานการสอบเทียบ(calibration report)***

*4. **ผลการสอบเทียบบางครั้งแสดงด้วยตัวประกอบการสอบเทียบ หรือ ชุดของตัวประกอบการสอบเทียบในรูปเส้นสอบเทียบ***

ข้อกำหนดทั่วไปสำหรับการสอบเทียบเครื่องมือวัดในการศึกษาและวิจัยนี้มีแนวทางการปฏิบัติงานตามหัวข้อ 4.1-4.10 สำหรับข้อกำหนดเฉพาะและวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะอยู่ในหัวข้อ 4.11

### 4.1 เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง ( reference standard equipment )

ข้อควรปฏิบัติสำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบในการใช้งานเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานสำหรับอ้างอิง ( reference standard ) คือ พยายามใช้งานเครื่องมือระดับนี้ให้น้อยที่สุด ดังนั้นในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทั่ว ๆ ไปจึง ควรใช้เครื่องมือมาตรฐานสำหรับทำงาน ( working standard ) ส่วนเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานสำหรับอ้างอิงจะใช้สำหรับ สอบเทียบเครื่องมือมาตรฐานสำหรับทำงาน หรือเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ต้องการความแม่นยำสูง

หลักการที่สำคัญในการเลือกเครื่องมือวัดมาตรฐานที่นำมาใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงในการสอบเทียบ คือ ต้องเป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดมากกว่าเครื่องมือที่ถูกสอบเทียบอย่างน้อย 4-10 เท่าสามารถสรุปการเลือกใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานที่มีความละเอียดเหมาะสมกับการสอบเทียบได้ดังตารางที่ 4.1

จากการกำหนดระดับความสำคัญของเครื่องมือวัดในข้อ 3.2.2 เรื่องการกำหนดหมายเลขเรียกเครื่องมือวัด เครื่องมือมาตรฐานสำหรับอ้างอิง หรือ เครื่องมือมาตรฐานสำหรับทำงานและไม่สามารถสอบเทียบเองได้ จัดเป็น

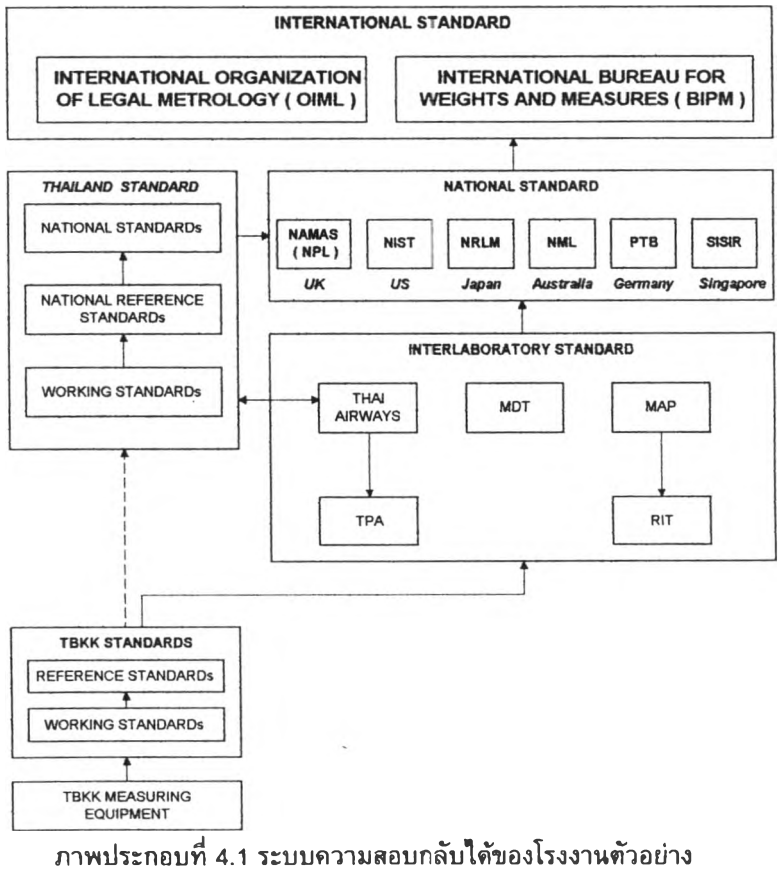
เครื่องมือวัดระดับที่ 1 ใช้สำหรับสอบเทียบเครื่องมือวัดระดับที่ 2 ความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดระดับที่ 1 นี้ ต้องสามารถสอบย้อนไปยังมาตรฐานสูงสุดระดับชาติหรือนานาชาติตามข้อ 4.2

ตารางที่ 4.1 ความละเอียดของเครื่องมือวัดมาตรฐานเทียบกับเครื่องมือที่ถูกสอบเทียบ

| ความละเอียดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ | ความละเอียดเครื่องมือวัดมาตรฐานเทียบกับเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ | |
|---|---|---|
| | ร้อยละ 25 | ร้อยละ 10 |
| 0.001 มม. | 0.00025 มม. | 0.0001 มม. |
| 0.002 มม. | 0.00050 มม. | 0.0002 มม. |
| 0.005 มม. | 0.00125 มม. | 0.0005 มม. |
| 0.01 มม. | 0.0025 มม. | 0.001 มม. |
| 0.02 มม. | 0.0050 มม. | 0.002 มม. |
| 0.05 มม. | 0.0125 มม. | 0.005 มม. |

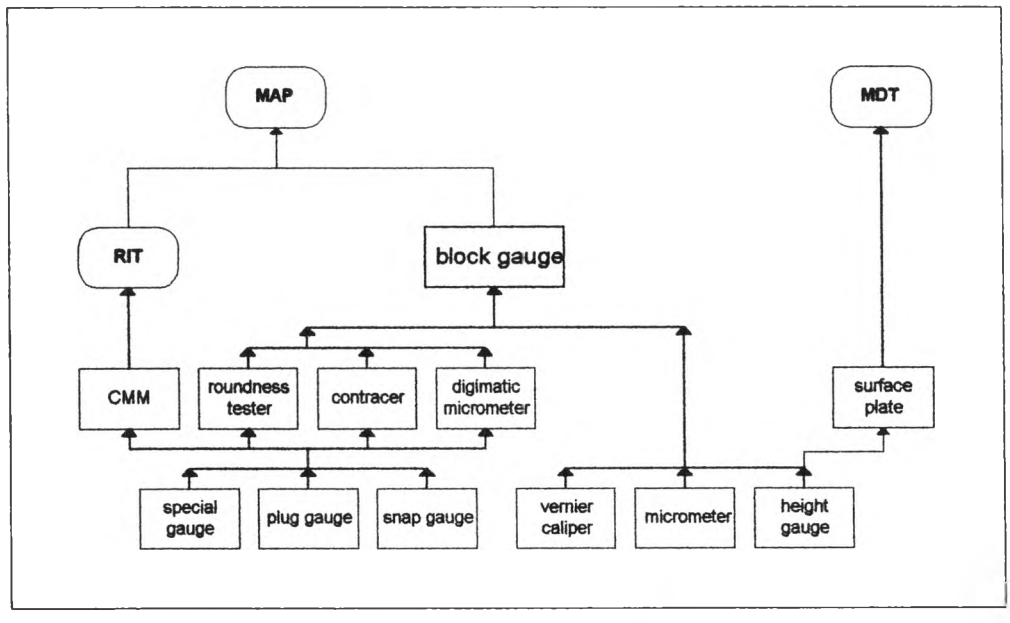
**4.2 ความสอบกลับได้** ( traceability )

***ความสอบกลับได้ หมายถึง คุณสมบัติของผลการวัด ที่สามารถหาความสัมพันธ์กับมาตรฐานที่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปได้แก่ มาตรฐานระหว่างประเทศหรือมาตรฐานแห่งชาติ โดยเปรียบเทียบกันอย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่*** *( มอก.1300 :2537 )* สามารถแสดงความสอบกลับได้ของระบบการควบคุมเครื่องตรวจสอบ เครื่องมือวัด และเครื่องทดสอบของโรงงานตัวอย่างได้ดังภาพประกอบที่ 4.1

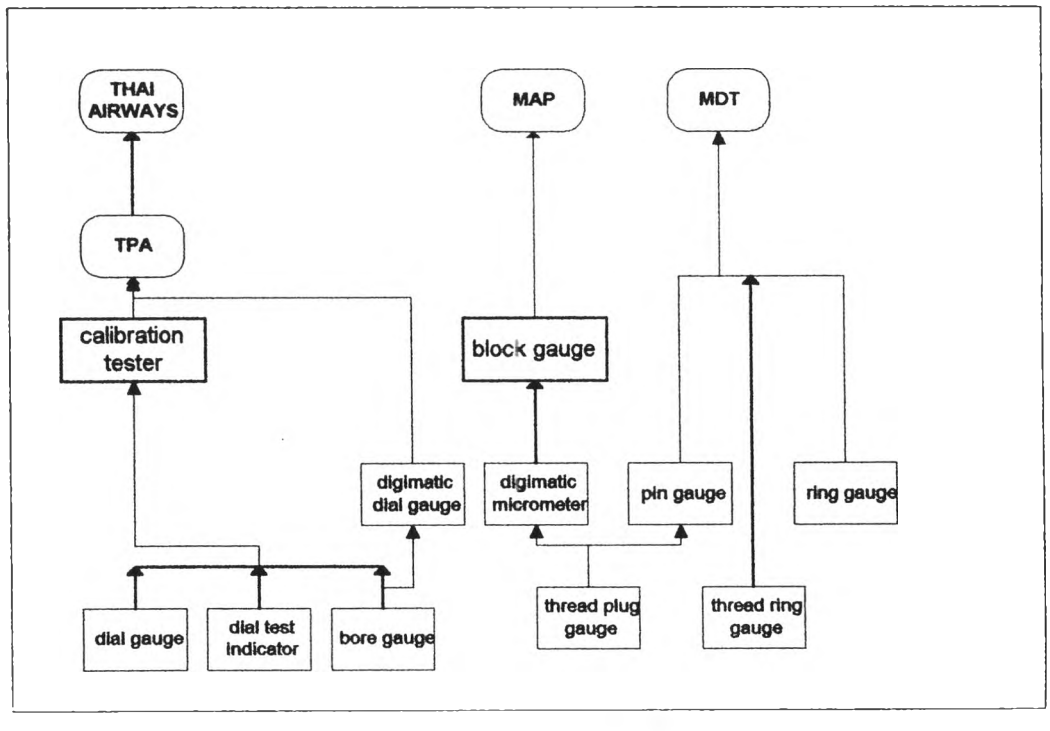



ภาพประกอบที่ 4.1 ระบบความสอบกลับได้ของโรงงานตัวอย่าง

สามารถแสดงความสอบกลับได้ของเครื่องมือวัดภายในโรงงานตัวอย่างไปยังมาตรฐานแห่งชาติหรือมาตรฐานระหว่างประเทศผ่านทางสถาบันที่ได้รับการอนุมัติให้ทำการสอบเทียบตามหัวข้อ 4.3 โดยการสอบเทียบด้วยเครื่องมือวัดมาตรฐานได้ดังภาพประกอบที่ 4.2 และ 4.3



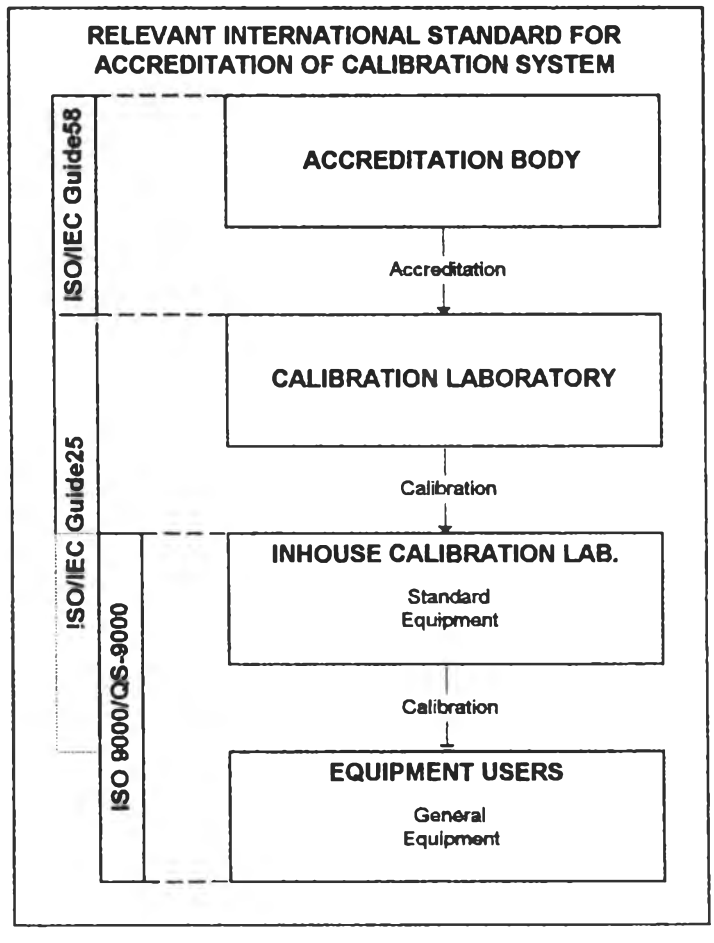

ภาพประกอบที่ 4.2 ความสอบกลับได้ของเครื่องมือวัดภายในโรงงานตัวอย่าง




ภาพประกอบที่ 4.3 ความสอบกลับได้ของเครื่องมือวัดภายในโรงงานตัวอย่าง

**4.3 บริษัทหรือสถาบันที่ได้รับการอนุมัติให้ทำการสอบเทียบ** (Approved Calibration Suppliers)

ความจำเป็นของการนำชิ้นส่วนที่ผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างกันทั้งภายในและนอกประเทศมาประกอบเข้าด้วยกันทำให้การตรวจสอบความเป็นไปตามข้อกำหนดในด้านขนาดของชิ้นส่วนเป็นกิจกรรมที่สำคัญ กล่าวคือ วิธีการและอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจสอบต้องเป็นที่น่าเชื่อถือและยอมรับระหว่างกัน การสอบเทียบเป็นปัจจัยสำคัญที่ยืนยันความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด และเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบก็เป็นปัจจัยสำคัญที่สร้างความน่าเชื่อถือให้กับการสอบเทียบ ด้วยเหตุนี้องค์กรหรือหน่วยงานที่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการการสอบเทียบจึงควรปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับระหว่างประเทศสำหรับระบบการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการ คือ ISO/IEC GUIDE25 และองค์กรหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบในการให้การรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการต้องปฏิบัติงานสอดคล้องกับมาตรฐานระหว่างประเทศ คือ ISO/IEC GUIDE58 สามารถแสดงมาตรฐานระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการรับรองความสามารถของระบบการสอบเทียบ ได้ดังภาพประกอบที่ 4.4




ภาพประกอบที่ 4.4 มาตรฐานระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการรับรองความสามารถของระบบการสอบเทียบ

ในปัจจุบันนี้สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบในประเทศไทยที่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการการสอบเทียบแก่บริษัทหรือหน่วยงานภายนอกที่ได้รับการรับรองความสามารถตามมาตรฐาน ISO/IEC GUIDE25 ได้แก่ ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม และ บริษัท การบินไทย (มหาชน) จำกัด โดยที่สถาบันมาตรฐานอุตสาหกรรม เป็นองค์กรที่ให้การรับรองในนามโดยใช้ผู้ตรวจประเมินจาก National Measurement Accreditation Service ( NAMAS ) ของอังกฤษ

เนื่องจากในปัจจุบันห้องปฏิบัติการสอบเทียบส่วนใหญ่ในประเทศไทยอยู่ในระหว่างการดำเนินงานให้ได้รับการรับรองตามมาตรฐานนี้ ดังนั้นการอนุมัติรายการบริษัทหรือสถาบันที่ทำการสอบเทียบจะพิจารณาจากความสอบกลับได้ ( traceability ) ไปยังมาตรฐานสูงสุดระดับชาติหรือระหว่างประเทศตามข้อ 4.2 และพิจารณาจากความน่าเชื่อถือของการออกใบรับรองการสอบเทียบ ( calibration certificate ) สามารถสรุปรายการบริษัทหรือสถาบันที่ได้รับอนุมัติให้ทำการสอบเทียบและความสามารถในการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่สอดคล้องกับการศึกษาและวิจัยนี้ได้ดังตารางที่ 4.2

4.3.1 ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยามีอำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบตามกฎหมายในการเก็บรักษาและจัดให้มีมาตรฐานการวัดแห่งชาติในด้านต่างๆ ให้บริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ให้บริการทดสอบและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ และวัตถุดิบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและเพื่อการส่งออก โดยมีการปฏิบัติงานแยกประเภทตามห้องปฏิบัติการดังต่อไปนี้

- ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมทางกล ( Mechanical Engineering Laboratory )
- ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีแสงและอุณหภูมิ ( Photometry and Temperature Technological Laboratory )
- ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ( Electrical and Electronics Laboratory )
- ห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ( Chemical Analysis Laboratory )
- ห้องปฏิบัติการชีวเคมี ( Biochemical Laboratory )

4.3.2 โครงการพัฒนาระบบมาตรวิทยา กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

โครงการพัฒนาระบบมาตรวิทยาทำหน้าที่เก็บรักษามาตรฐานแห่งชาติของการวัดปริมาณด้านต่างๆ ซึ่งสอบเทียบอ้างอิงได้กับมาตรฐานระหว่างประเทศของห้องปฏิบัติการทางมาตรวิทยาชั้นนำ เช่น International Bureau of Weights and Measures ( BIPM, ฝรั่งเศส ) National Institute of Standards and Technology ( NIST, สหรัฐอเมริกา ) National Physical Laboratory ( NPL , อังกฤษ ) Physikalisch Technische Bundesanstalt ( PTB , เยอรมัน ) National Measurement Laboratory ( NML ,ออสเตรเลีย ) เป็นต้น เพื่อไว้ให้บริการสอบเทียบความถูกต้องของมาตรฐานและเครื่องมือวัด เครื่องทดสอบ ทำการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนามาตรฐานและเทคโนโลยีการวัด รวมถึงให้คำแนะนำเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดให้กับหน่วยงานต่างๆทั้งในภาครัฐและเอกชน ฝึกอบรมด้านมาตรวิทยา และให้บริการข้อสนเทศทางมาตรวิทยาโดยมีการปฏิบัติงานแยกประเภทตามห้องปฏิบัติการดังต่อไปนี้

- ห้องปฏิบัติการความยาวและมิติ ( Length and Dimension Laboratory )
- ห้องปฏิบัติการมวลและเชิงกล ( Mass and Mechanical Laboratory )
- ห้องปฏิบัติการอุณหภูมิและแสง ( Temperature and Photometry Laboratory )
- ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าและความถี่ ( Electricity and Frequency Laboratory )
- ห้องปฏิบัติการเสียงและการสั่นสะเทือน ( Acoustics and Vibration Laboratory )
- ห้องปฏิบัติการวัสดุอ้างอิง ( Reference Materials Laboratory )

4.3.3 บริษัท Mitutoyo Asia Pacific Pte.,Ltd.

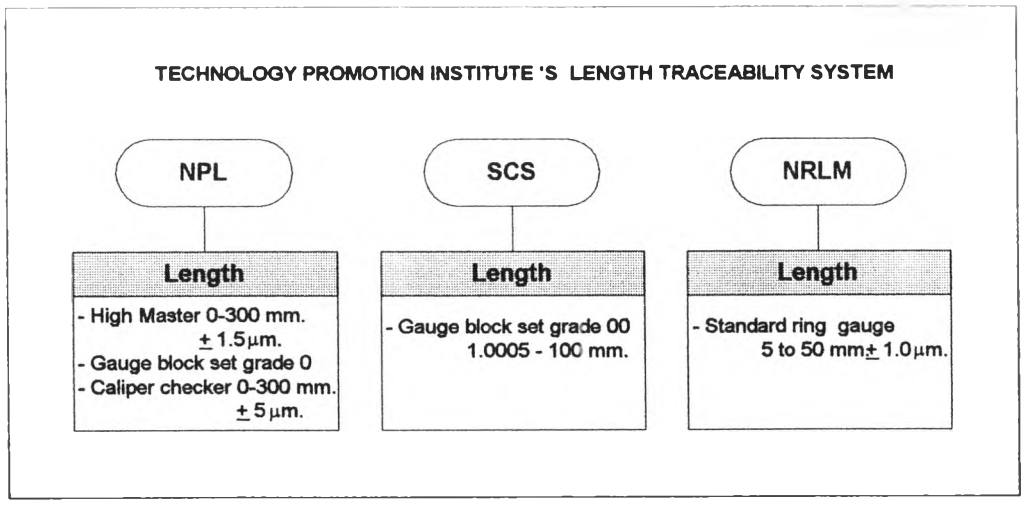
บริษัท Mitutoyo Corporation เป็นบริษัทชั้นนำของประเทศญี่ปุ่นในการผลิตเครื่องมือวัดละเอียดทางด้านมิติ ( dimensional) ทางกล ( mechanical ) และทางกายภาพ ( physical ) ซึ่งมีโรงงานผลิตและสาขาตัวแทนจำหน่ายอยู่ทั่วโลก สำหรับบริษัท Mitutoyo Asia Pacific ได้ถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อรองรับการขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยรับผิดชอบด้านการตลาดและการขายในภูมิภาคนี้ รวมถึงการให้บริการสนับสนุนทางด้านเทคนิคในการสอบเทียบ ซ่อมแซมและติดตั้งเครื่องมือวัด ให้การฝึกอบรมและสัมนาทางด้านมาตรวิทยาแก่ลูกค้า

โรงงานของบริษัท Mitutoyo ในประเทศญี่ปุ่นเก็บรักษามาตรฐานด้านความยาว ( length standard ) ซึ่งสามารถสอบเทียบอ้างอิงได้กับมาตรฐานแห่งชาติของประเทศญี่ปุ่น ( National Research Laboratory of Metrology ) สำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัท Mitutoyo ในประเทศต่างๆสามารถสอบเทียบอ้างอิงได้กับมาตรฐานแห่งชาติของประเทศนั้น เช่น มาตรฐานแห่งชาติของสิงคโปร์ ( Singapore Institute of Standards and Industrial Research - SISIR ) มาตรฐานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา ( National Institute of Standards and Technology - NIST ) มาตรฐานแห่งชาติของอังกฤษ ( National Measurement Accreditation Service - NAMAS ) หรือNational Physical Laboratory ( NPL ) มาตรฐานแห่งชาติของเยอรมัน ( Physikalisch Technische Bundesanstalt - PTB )หรือ Deutscher Kalibrierdient ( DKD ) เป็นต้น

4.3.4 ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ( ไทย-ญี่ปุ่น )

ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ( ไทย-ญี่ปุ่น ) ให้บริการ สอบเทียบ ปรับเทียบ เครื่องมือวัดและเครื่องควบคุมที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงให้เช่าเครื่องมือวัดและห้องสอบเทียบ เผยแพร่ความรู้ทางด้านมาตรวิทยาและให้คำแนะนำในด้าน เครื่องมือวัดแก่โรง งานอุตสาหกรรม

เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิงสำหรับการสอบเทียบและปรับเทียบของ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมจะเป็นของบริษัทผู้ผลิตที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับและมีใบรับรองที่สามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานแห่งชาติของผู้ผลิตได้ และมีการตรวจสอบรักษาความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดมาตรฐานนี้เป็นประจำทุกปี สามารถแสดงความสอบกลับได้ในมาตรฐานความยาวของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ( ไทย-ญี่ปุ่น )ได้ดังภาพประกอบที่ 4.5




**ภาพประกอบที่ 4.5 ความสอบกลับได้ในมาตรฐานความยาวของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ( ไทย-ญี่ปุ่น )**

4.3.5 บริษัท Mingdeng Metrology Services (Thailand) Co.,Ltd.

บริษัท Mingdeng Metrology Services (Thailand) Co.,Ltd. ให้บริการสอบเทียบและปรับเทียบเครื่องมือวัดละเอียดทางด้านมิติ ( dimensional) และทางกล ( mechanical ) โดยมีบริษัทแม่อยู่ที่ประเทศสิงคโปร์ เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิงสำหรับการสอบเทียบและปรับเทียบของบริษัท Mingdeng มีใบรับรองที่สามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานแห่งชาติของสิงคโปร์ ( Singapore Institute of Standards and Industrial Research - SISIR ) มาตรฐานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา ( National Institute of Standards and Technology - NIST ) และมาตรฐานแห่งชาติของอังกฤษ ( National Measurement Accreditation Service - NAMAS )

4.3.6 บริษัท Robotics Co.,Ltd.

บริษัท Robotics Co.,Ltd.เป็นบริษัทจัดจำหน่ายเครื่องวัด 3 มิติ (coordinate measuring machine) และให้บริการสอบเทียบและปรับเทียบแก่ลูกค้า โดยใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิงสำหรับการ สอบเทียบและปรับเทียบที่สามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานระหว่างประเทศผ่านทางบริษัท Mitutoyo Asia Pacific Pte.,Ltd.

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างบริษัทหรือสถาบันที่ได้รับอนุมัติให้ทำการสอบเทียบ และความสามารถในการสอบเทียบเครื่องมือวัด

| APPROVED CALIBRATION SUPPLIER | INSPECTION,MEASURING AND TEST EQUIPMENT | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | BLOCK GAUGE | CALIBRATION TESTER | DIAL GAUGE - 0.001 mm | CMM | PIN GAUGE | RING GAUGE | THREAD RING GAUGE | SURFACE PLATE | OTHERS |
| 1. THE METROLOGY DEVELOPMENT PROGRAMME ; DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE ; MINISTRY OF SCIENCE , TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT. | ⊙ | | | | | | | | ⊙ |
| 2. INDUSTRIAL METROLOGY & TESTING SERVICE CENTER ; THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC TECHNOLOGICAL RESEARCH ( TISTR ). | ⊙ | | | | | | | | ⊙ |
| 3. MITUTOYO ASIA PACIFIC PTE.,LTD. - MAP | ● | | | | | | | | |
| 4. INDUSTRIAL INSTRUMENT CALIBRATION CENTER ; TECHNOLOGY PROMOTION ASSOCIATION ( THAI - JAPAN ). - TPI | | ● | ● | | | | | | ⊙ |
| 5. MINGDENG METROLOGY SERVICES ( THAILAND ) CO.,LTD. - MDT | | | | | ● | ● | ● | ● | ⊙ |
| 6. ROBOTICS CO.,LTD. - RIT | | | | ● | | | | | |
| | REMARK<br>● หมายถึง มีการติดต่อและใช้บริการแล้ว<br>⊙ หมายถึง มีการติดต่อ มีข้อมูล แต่ยังไม่ได้ใช้บริการ | | | | | | | | |

I 17938813

**4.4 ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้** ( Permissible Instrumental Error )

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น การตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธเครื่องมือวัดนั้นทำได้โดยพิจารณาจากค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ได้จากการสอบเทียบ กล่าวคือ ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดนั้น ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้จึงสามารถยอมรับในความสามารถของเครื่องมือวัดนั้นได้

4.4.1 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้

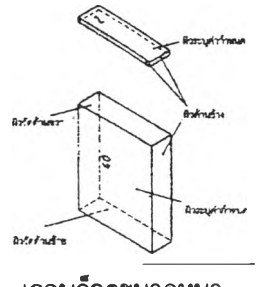
หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้สำหรับ เครื่องมือวัดแต่ละชนิดจะพิจารณาจากข้อมูลอ้างอิงดังต่อไปนี้

- พิจารณาจากมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ใช้อ้างอิงในกระบวนการสอบเทียบ เช่น Japanese Industrial Standard ( JIS ) , International Standard Organization ( ISO )
- พิจารณาจากคู่มือหรือข้อกำหนดทางคุณลักษณะของเครื่องมือวัด ซึ่งจะมีการระบุค่าความแม่นยำ ( accuracy ) ของเครื่องมือวัดนั้น
- พิจารณาจากพิกัดความคลาดเคลื่อนของลักษณะชิ้นงานที่ต้องการใช้ เครื่องมือวัดนั้น เช่น ลักษณะชิ้นงานที่มีช่วงของพิกัดความคลาดเคลื่อน 0.025 มิลลิเมตร กำหนดให้ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของช่วงของพิกัดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นจะมีค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้เท่ากับ 0.0025 มิลลิเมตร
- พิจารณาจากค่าความละเอียดของเครื่องมือวัด โดยที่กำหนดให้ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัด ที่สามารถยอมได้ไม่เกิน 1 หน่วยความละเอียดของเครื่องมือวัดนั้น

4.4.2 ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน

สามารถสรุปค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน และลักษณะภายนอกที่พิจารณา ได้ดังตารางที่ 4.3 – 4.6

ตารางที่ 4.3 ค่าความผิดพลาดและลักษณะภายนอกที่พิจารณาของเกจบล็อค

| เครื่องมือวัดมาตรฐาน : **เกจบล็อค** | มาตรฐานที่อ้างอิง : ISO/DIS 3650 -1996<br>JISB7506 – 1989 |
|---|---|
| เกจบล็อคแบ่งตามขนาดกำหนด ( nominal length )ได้เป็นเกจบล็อคขนาดบางและเกจบล็อคขนาดหนาโดยที่เกจบล็อคขนาดบางมีขนาดกำหนดน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร และเกจบล็อคขนาดหนามีขนาด กำหนดมากกว่าหรือเท่ากับ 6 มิลลิเมตร | เกจบล็อคขนาดบาง<br>  <br>เกจบล็อคขนาดหนา |

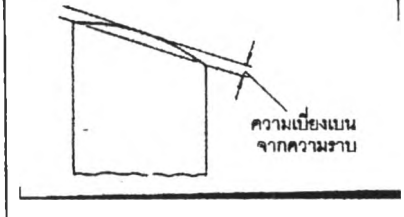
ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่าความผิดพลาดและลักษณะภายนอกที่พิจารณาของเกจบล็อค

เกจบล็อค แบ่งตามระดับขั้น (grade) ได้ 4 ระดับ โดยที่ระดับ K หรือ 00 ใช้สำหรับสอบเทียบ

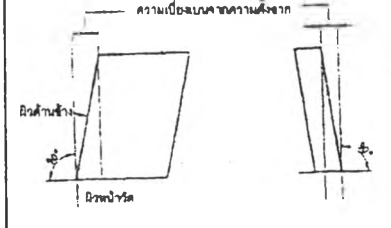
| ISO – grade (เครื่องหมาย) | Grade K ( K ) | Grade 0 ( 0 ) | Grade 1 ( - ) | Grade 2 ( = ) |
|---|---|---|---|---|
| JIS – grade | Grade 00 | Grade 0 | Grade 1 | Grade 2 |

ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้และลักษณะภายนอกที่พิจารณา

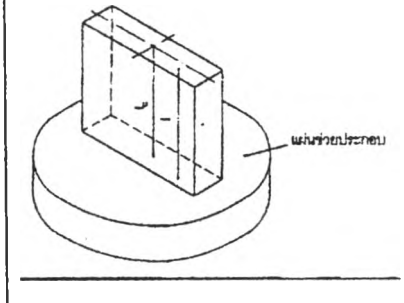
- ความเบี่ยงเบนไปจากความราบ ( deviation from flatness ) คือ ระยะห่างที่สั้นที่สุดระหว่าง 2 ระนาบที่ขนานกันโดยที่จุด ทุกจุดบนผิวหน้าวัดอยู่ภายในระนาบนั้น ดังรูป



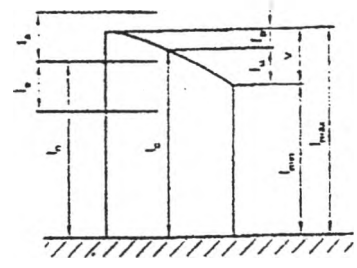

- ความเบี่ยงเบนไปจากความตั้งฉาก (deviation from perpendicularity )ของผิวด้านข้างโดยใช้ผิวหน้าวัดด้านหนึ่งเป็นจุดอ้างอิง



- ความยาวศูนย์กลาง (central length – $l_c$ ) ของเกจบล็อค คือ ความยาวของเกจบล็อคโดยวัดที่จุดกึ่งกลางของผิวหน้าวัดที่เป็นอิสระ เมื่อประกอบเกจบล็อคเข้ากับแผ่นช่วย



ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่าความผิดพลาดและลักษณะภายนอกที่พิจารณาของเกจบล็อค

| | |
|---|---|
| - ความเบี่ยงเบนไปจากขนาดกำหนด( norminal length - $l_n$ ) ที่จุดใดๆ(deviation of length at any point from norminal - $t_e$ )<br>- ความแปรปรวนของความยาว ( length variation – V ) คือ ความแตกต่างระหว่างความยาวที่มากที่สุด ( $l_{max}$ ) และน้อยที่สุด ( $l_{min}$ ) |  |
| - ผิวหน้าวัดหรือบริเวณขอบของเกจบล็อคไม่เป็นรอยที่จะทำให้เกิดอุปสรรคต่อการรวมชิ้นเกจบล็อค | |

ตารางที่ 4.4 ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมได้ของ Calibration Tester

| เครื่องมือวัดมาตรฐาน : Calibration Tester | มาตรฐานที่อ้างอิง : JIS B 7504 – 1980 Micrometer Heads |
|---|---|

ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้

| ช่วงการวัด (มม.) | ความราบของ ผิวหน้าวัด ( ไมโครเมตร - μm) | ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ ( ไมโครเมตร - μm) |
|---|---|---|
| 0-25 | 0.6 | ± 2 |

ตารางที่ 4.5 ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมได้ของ Dial Gauges

| เครื่องมือวัดมาตรฐาน : Dial Gauge ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร | มาตรฐานที่อ้างอิง : JIS B 7509 – 1974 |
|---|---|

ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ที่พิจารณา

| ช่วงการวัด (มม.) | Accuracy of wide measuring range ( ไมโครเมตร ) | Accuracy of narrow measuring range ( ไมโครเมตร ) | Retrace error ( ไมโครเมตร ) | Accuracy of repeat ( ไมโครเมตร ) |
|---|---|---|---|---|
| 0-1 | 3 | 2 | 2 | 0.3 |
| 0-2 | 5 | - | | |
| 0-5 | 8 | - | | |

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมได้ของ Dial Gauges

- Accuracy of wide measuring range หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความผิดพลาดที่มาก ที่สุด และ น้อยที่สุดในตลอดช่วงของการวัดไปข้างหน้า
- Accuracy of narrow measuring range หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความผิดพลาด ที่มากที่สุดและน้อยที่สุดในตลอดช่วงของการวัดไปข้างหน้าและย้อนกลับ ในช่วง 0-0.2 มิลลิเมตรแรก
- Retrace error ค่าความแตกต่างที่มากที่สุดระหว่างค่าวัดเดียวกันในช่วงการวัดไปข้างหน้า และช่วงการวัดย้อนกลับ
- Accuracy of repeat ค่าความแตกต่างที่มากที่สุดเมื่อทำการวัดในสภาวะที่เมื่อวางไดอัลเกจให้ ผิวหน้าวัดสัมผัสกับ surface plate แล้วทดลองกดspindle เข้าออกซ้ำๆ

ตารางที่ 4.6 ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมได้ของ Surface plate

| เครื่องมือวัดมาตรฐาน : Surface Plate ( Granite ) | มาตรฐานที่อ้างอิง : ISO 8512-2 1990<br>JIS B 7513 – 1978 |
|---|---|

Surface plate แบ่งตามระดับชั้น (grade) ได้ 4 ระดับ คือ 0 ,1,2 และ 3 โดยมีพิกัดความ คลาดเคลื่อนของค่าความราบ( flatness tolerance ) มากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากขนาดของ surface plate ที่ใช้ในโรงงานไม่ได้มีขนาดตามมาตรฐาน ดังนั้นจะคำนวณค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถ ยอมได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$T = c_1 l + c_2$$

โดยที่ t คือ พิกัดความคลาดเคลื่อนของค่าความราบ

l คือ ค่ากำหนดของความยาวเส้นแทยวมุม โดยปัดทศนิยมขึ้นเป็นหลักร้อย

$c_1$ , $c_2$ คือ ค่าคงที่สำหรับระดับของ surface plate ในที่นี้ surface plate ระดับ 1 มีค่าคง

ที่ $c_1 = 0.006$ และ $c_2 = 5$

| ขนาด (มม.) | l (มม.) | ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ ( ไมโครเมตร - μm) |
|---|---|---|
| 750 x 500 | 1000 | ≤ 11 |

**4.5 ช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบ** ( Calibration Interval )

เมื่อเริ่มทำการสอบเทียบตามแนวทางที่พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบครั้งต่อไปโดยพิจารณาจากข้อมูลต่างๆดังนี้

- พิจารณาจากคู่มือการใช้งานของบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัด
- พิจารณาจากอัตราการใช้งาน
- พิจารณาจากสภาวะแวดล้อมที่มีอิทธิพลในการใช้งาน เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความสั่นสะเทือน
- พิจารณาจากประวัติการสอบเทียบ
- พิจารณาจากเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง

การกำหนดช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบและวิธีการปรับช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้เฉพาะกับโรงงานตัวอย่างเนื่องจากขึ้นอยู่กับความถี่และสภาวะแวดล้อมในการใช้งาน

4.5.1 ช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบของเครื่องมือวัดมาตรฐาน

เมื่อพิจารณาจากอัตราการใช้งาน เครื่องมือวัดมาตรฐานที่ไม่สามารถสอบเทียบได้เองมีอัตราการใช้งานไม่สูงมาก เนื่องจากใช้แต่เฉพาะในการปฏิบัติงานสอบเทียบ และถูกใช้งานและเก็บรักษาในสภาวะแวดล้อมที่มีการควบคุมโดยเจ้าหน้าที่ซึ่งมีความรู้ความเข้าใจในเครื่องมือวัดเป็นอย่างดี แต่เมื่อพิจารณาในด้านความแม่นยำและความเที่ยงตรงที่ต้องการของเครื่องมือวัด เนื่องจากต้องนำไปใช้อ้างอิงในการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ใช้งานในโรงงานเป็นจำนวนมากจึงกำหนดช่วงระยะเวลาสำหรับ สอบเทียบของเครื่องมือวัดมาตรฐาน ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบของเครื่องมือวัดมาตรฐาน

| เครื่องมือวัดมาตรฐาน | ช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบ |
|---|---|
| Gauge Block ( Class00,0,1,2 ) | 1 ครั้ง / ปี |
| Calibration Tester | 1 ครั้ง / ปี |
| Dial Gauge ( resolution 0.001mm. ) | 1 ครั้ง / ปี |
| Pin Gauge / Wire unit | 2 ปี / ครั้ง |
| Surface Plate | 1 ครั้ง / ปี |

4.5.2 ช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

เครื่องมือวัดที่ใช้งานในโรงงานแห่งนี้ส่วนใหญ่เป็นของบริษัทผู้ผลิต คือ บริษัท มิตตูโตโย จำกัด ( Mitutoyo Co.,Ltd. ) ซึ่งมีคู่มือสำหรับการกำหนดช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบ ดังนั้นจึงได้นำมาเป็นแนวทางในการกำหนดช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบ เนื่องจากมี เครื่องมือวัดจำนวนมากอยู่ภายในโรงงานตัวอย่าง เพื่อที่จะลดระยะเวลาที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทั้งหมด ทำให้สามารถสอบเทียบเครื่องมือวัดทั้งหมดได้ภายในระยะเวลาสั้น และลดค่าใช้จ่ายในการ สอบเทียบ ดังนั้นจึงเลือกช่วงระยะเวลาสอบเทียบที่ยาวที่สุด ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

| เครื่องมือวัด | ช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบ |
|---|---|
| Coordinate Measuring Machine | 1 ครั้ง / ปี |
| Calipers ( vernier,dial ) | 1 ครั้ง / ปี |
| Height gauge ( vernier,dial ) | 1 ครั้ง / ปี |
| Micrometer | 1 ครั้ง / ปี |
| Dial gauge | 1 ครั้ง / ปี |
| Dial test indicator | 2 ครั้ง / ปี |
| Cylider / Bore gauge | 1 ครั้ง / ปี |
| Plug gauge | 1 ครั้ง / ปี |
| Snap gauge | 1 ครั้ง / ปี |
| Thread plug gauge | 1 ครั้ง / ปี |
| Thread ring gauge | 1 ครั้ง / ปี |
| Ring gauge | 1 ครั้ง / ปี |
| Special /Tailor made gauge | 2 ปี / ครั้ง |
| Position gauge | 2 ปี / ครั้ง |

4.5.3 การปรับช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบ

การปรับช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบทำได้โดยการประเมินจากผลการสอบเทียบ เนื่องจากการกำหนดช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบในหัวข้อ 4.5.1 และ 4.5.2 เป็นการกำหนดขึ้นเพื่อใช้ งานภายในโรงงานตัวอย่างเป็นครั้งแรกโดยอ้างอิงจากข้อมูลสำหรับการใช้งานโดยทั่วไป ดังนั้นเพื่อให้ เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานเครื่องมือวัดและสภาวะแวดล้อมโดยเฉพาะของโรงงานตัวอย่างจึงต้อง มีการปรับให้เหมาะสมโดยแบ่งได้ดังนี้

4.5.3.1 การปรับช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบของเครื่องมือวัดทุกรายการที่อยู่ในประเภทเครื่องมือวัดเดียวกัน โดยการปรับนี้มีสมมุติฐานว่า ลักษณะการใช้งานเครื่องมือวัดและสภาวะแวดล้อมโดยเฉพาะของโรงงานตัวอย่าง สามารถรักษาความแม่นยำของเครื่องมือวัดได้ ภายในช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบที่ปรับใหม่นั้น โดยเป็นการปรับขยายหรือปรับลดช่วงระยะเวลาก็ได้

ในกรณีของการปรับขยายช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบจะทำก็ต่อเมื่อร้อยละ 95 ของเครื่องมือวัดที่อยู่ในประเภทเครื่องมือวัดเดียวกัน เมื่อนำมาสอบเทียบตามช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบ แล้วพบว่าผลการสอบเทียบอยู่ภายในพิกัดความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ยอมได้ ตามที่ระบุไว้ในวิธีการปฏิบัติงานการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้นๆ สามารถขยายช่วงระยะเวลาในการสอบเทียบเพิ่มขึ้นครึ่งเท่าของช่วงระยะเวลาเริ่มต้น เช่น ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นในการสอบเทียบ 1 ปี สามารถขยายช่วงระยะเวลาในการสอบเทียบเป็น 1 ปีครึ่ง ทั้งนี้การปรับขยายช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบจะทำเฉพาะกับเครื่องมือวัดที่ไม่มีชิ้นส่วนที่สึกหรอได้ง่ายเนื่องจากการใช้งานหรือเครื่องมือวัดที่ไม่มีชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพไปตามลักษณะการใช้และอายุการใช้งาน

ในกรณีของการปรับลดช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบ จะทำก็ต่อเมื่อร้อยละ 25 ของเครื่องมือวัดที่อยู่ในประเภทเครื่องมือวัดเดียวกัน เมื่อนำมาสอบเทียบตามช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบ แล้วพบว่าผลการสอบเทียบอยู่นอกพิกัดความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ยอมได้ ทั้งนี้ให้รวมจำนวนของเครื่องมือวัดที่ถูกร้องขอให้ทำการสอบเทียบเนื่องจากเมื่อใช้งานในสภาวะปกติแล้วเกิดความไม่มั่นใจในความแม่นยำของเครื่องมือวัดนั้น การปรับลดให้ ลดช่วงระยะเวลาในการสอบเทียบลงครึ่งเท่าของช่วงระยะเวลาเริ่มต้น เช่น ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นในการสอบเทียบ 1 ปี ลดลงเป็นครึ่งปี

4.5.3.2 การปรับช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบของเครื่องมือวัดเฉพาะรายการ โดยการปรับนี้ มีสมมุติฐานว่า เครื่องมือวัดแต่ละรายการที่มีการสึกหรอของชิ้นส่วนบางตัวซึ่งทำให้ไม่สามารถ รักษาความแม่นยำของเครื่องมือวัดได้ภายในช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบนั้น ดังนั้นจึงต้อง ทำการปรับลดช่วงระยะเวลาสำหรับสอบเทียบโดยการปรับลดช่วงระยะเวลาในการสอบเทียบ ลงครึ่งเท่าของช่วงระยะเวลาเริ่มต้น เช่น ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นในการสอบเทียบ 1 ปี ลดลงเป็น ครึ่งปี

**4.6 การวางแผนการสอบเทียบ**

การวางแผนการเรียกกลับเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบครอบคลุมการเรียกกลับเครื่องมือตามเงื่อนไขของการเรียกกลับเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบตามปกติ และการเรียกกลับเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบเนื่องจากการส่งเครื่องมือมาตรฐานอ้างอิงไปสอบเทียบโดยสถาบันภายนอก โดยเจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวั ดเป็นผู้ออกรายงานเรียกกลับเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบเพื่อให้ผู้รับผิดชอบในการใช้งานเครื่องมือวัดส่งมอบเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบ

4.6.1 วิธีการเรียกกลับเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบตามปกติ

4.6.1.1. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดจะออกรายงานเรียกกลับเครื่องมือเพื่อสอบเทียบทุกวันพุธ เว้นพุธ ( ถ้าวันพุธใดตรงกับวันหยุด ให้ออกรายงานล่วงหน้าก่อนจะถึงวันหยุด ) โดยเครื่องมือที่ถูกเรียกกลับจะมีวันหมดอายุ (due date )อยู่ในช่วง 2 สัปดาห์ถัดไปเป็น

ระยะเวลา 2 สัปดาห์

| ธันวาคม 2540 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| อ | จ | อ | พ | พฤ | ศ | ส |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | 29 | 30 | 31 | | | |

| มกราคม 2541 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| อ | จ | อ | พ | พฤ | ศ | ส |
| | | | | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

*ตัวอย่าง* วันที่ 10 ธันวาคม 2540 เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดออกรายงานเรียกกลับเครื่องมือเพื่อสอบเทียบ เลขที่ 97/25ซึ่งจะเรียกเครื่องมือที่มีวันหมดอายุอยู่ในช่วงวันที่ 24 ธันวาคม 2540 - 7 มกราคม 2541 สำหรับรายงานเรียกกลับครั้งถัดไป ( เลขที่ 97/26 ) จะถูกออกในวันที่ 24 ธันวาคม 2540

4.6.1.2. ผู้รับผิดชอบในการใช้งานเครื่องมือวัดหรือเจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดส่งเครื่องมือวัดมายังห้องสอบเทียบภายในวันที่ 10-23 ธันวาคม 2540

4.6.1.3. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดทำการสอบเทียบให้เสร็จภายในวันที่ 10-23 ธันวาคม 2540

4.6.2 การเรียกกลับเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบเนื่องจากการส่งเครื่องมือมาตรฐานอ้างอิงไปสอบเทียบโดยสถาบันภายนอก

4.6.2.1. จากการเรียกกลับเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบตามปกติ เมื่อมีเครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิงที่ต้องส่งไปสอบเทียบภายนอก และไม่มีเครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้สำรองได้

*ตัวอย่าง* วันที่ 10 ธันวาคม 2540 เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดออกรายงานเรียกกลับเครื่องมือเพื่อสอบเทียบ เลขที่ 97/25 พบว่ามีเครื่องมือวัดที่ต้องส่งไปสอบเทียบภายนอก 1 รายการ ดังนี้

| ID.No. | Equipment Type | Due Date |
|---|---|---|
| ACA001 | CA : CAlibration tester | 5 JAN 98 |

4.6.2.2. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดติดต่อกับสถาบันสอบเทียบภายนอก เพื่อขอข้อมูลของระยะเวลาที่ใช้ในการส่งเครื่องมือวัดไปสอบเทียบจนถึงได้รับเครื่องมือวัดกลับ ( Turn Around Time - TAT )

4.6.2.3. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดทำรายงานเรียกกลับเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบเนื่องจากการส่งเครื่องมือมาตรฐานอ้างอิงไปสอบเทียบ

4.6.2.3.1 ในกรณีที่ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งเครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิงไปสอบเทียบจนถึงได้รับเครื่องมือวัดกลับยังไม่ถึงกำหนดวันสอบเทียบวันสุดท้ายในรายงานเรียกกลับเครื่องมือวัดตามปกติ ให้ออกรายงานเรียกกลับซ้ำโดยระบุเฉพาะเครื่องมือวัดที่ต้องใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิงนั้นในการสอบเทียบและมีกำหนดการสอบเทียบตั้งแต่วันที่ออกรายงานเรียกกลับจนถึงกำหนดการวันสอบเทียบวันสุดท้ายในรายงานเรียกกลับเครื่องมือวัดตามปกติ

| ธันวาคม 2540 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| อ | จ | อ | พ | พฤ | ศ | ส |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | 29 | 30 | 31 | | | |

| มกราคม 2541 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| อ | จ | อ | พ | พฤ | ศ | ส |
| | | | | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

*ตัวอย่าง* สมมุติให้เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดจะส่งเครื่องมือมาตรฐานอ้างอิงไปสอบเทียบในวันที่ 15 ธันวาคม 2540 Turn Around Time $\leq$ 1 สัปดาห์ ได้รับเครื่องมือวัดกลับภายในวันที่ 22 ธันวาคม 2540

เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดออกรายงานเรียกกลับเครื่องมือเพื่อสอบเทียบซ้ำเลขที่ 97/25/ACA001 โดยเรียกกลับเครื่องมือวัดที่มีกำหนดการสอบเทียบตั้งแต่วันที่ 10 ธันวาคม 2540 - 7 มกราคม 2541

4.6.2.3.2 ในกรณีที่ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งเครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิงไปสอบเทียบจนถึงได้รับเครื่องมือวัดกลับมากกว่ากำหนดวันสอบเทียบวันสุดท้ายในรายงานเรียกกลับเครื่องมือวัดตามปกติ ให้ออกรายงานเรียกกลับซ้ำโดยระบุเฉพาะเครื่องมือวัดที่ต้องใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิงนั้นในการสอบเทียบและมีกำหนดการสอบเทียบตั้งแต่วันที่ออกรายงานเรียกกลับจนถึงวันที่ได้รับเครื่องมือวัดกลับจากสถาบันภายนอก

| ธันวาคม 2540 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| อ | จ | อ | พ | พฤ | ศ | ส |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28 | 29 | 30 | 31 | | | |

| มกราคม 2541 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| อ | จ | อ | พ | พฤ | ศ | ส |
| | | | | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

*ตัวอย่าง* สมมุติให้เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดจะส่งเครื่องมือมาตรฐานอ้างอิงไปสอบเทียบในวันที่ 19 ธันวาคม 2540 Turn Around Time ≤ 3 สัปดาห์ ได้รับเครื่องมือวัดกลับภายในวันที่ 9 มกราคม 2541 เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดออกรายงานเรียกกลับเครื่องมือเพื่อสอบเทียบซ้ำเลขที่ 97/25/ACA001 โดยเรียกกลับเครื่องมือวัดที่มีกำหนดการสอบเทียบตั้งแต่วันที่ 10 ธันวาคม 2540 - 9 มกราคม 2541

4.6.2.4. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือวัดสอบเทียบเครื่องมือวัดตามรายงานการเรียกกลับเครื่องมือวัดเพื่อสอบเทียบเนื่องจากการส่งเครื่องมือมาตรฐานอ้างอิงไปสอบเทียบตามข้อ 4.6.2.3 ให้เสร็จภายในวันที่กำหนดว่าจะส่งเครื่องมือมาตรฐานอ้างอิงไปยังสถาบันสอบเทียบภายนอก

## 4.7 สภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

สภาวะแวดล้อมมีอิทธิพลและส่งผลกระทบต่อการวัดทางกายภาพ ( physical measurement ) ดังนั้นในกระบวนการสอบเทียบซึ่งเป็นการวัดทางกายภาพจึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดสภาวะแวดล้อมโดยหลักที่มีอิทธิพล สำหรับการควบคุมสภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบในโรงงานตัวอย่างนี้จะคำนึงถึงการวัดในด้านกายภาพ ( physical ) , ทางกล ( mechanical ) ,และด้านมิติ ( dimensional )

4.7.1 สถานที่ตั้งและโครงสร้าง ( location and construction )

ห้องปฏิบัติการสอบเทียบควรเป็นลักษณะโมดูลาร์ ( modular ) กล่าวคือ เป็นห้องที่อยู่ภายในห้องอีกห้องหนึ่ง ถ้าไม่สามารถทำในลักษณะโมดูลาร์ได้ สิ่งสำคัญที่ต้องหลีกเลี่ยง คือ การให้ผนังด้านใดด้านหนึ่งเป็นผนังภายนอกโรงงานโดยเฉพาะผนังด้านทิศตะวันตกซึ่งอิทธิพลจากแสงอาทิตย์จะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิและความร้อนภายในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการสอบเทียบหรือทดสอบควรอยู่ที่ชั้นล่างและมีพื้นเป็นโครงสร้างคอนกรีตเพื่อป้องกันการสั่นสะเทือน ผนังห้องสามารถป้องกันความชื้นได้โดยการใส่แผ่นพลาสติกภายในผนัง จำนวนประตูห้องควรกำหนดให้มีน้อยที่สุดและมีการระวังรอยต่อของขอบประตูเพื่อสะดวกต่อการควบคุมสภาวะแวดล้อม

4.7.2 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นองค์ประกอบสำคัญของการออกแบบห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เนื่องจากความแปรปรวนของอุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อความชื้น ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิจึงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง มาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับระหว่างชาติในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับงานทางกล( mechanical) จะควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 20 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50 $\pm$ 10 %RH

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต้องมีการบันทึกค่าไว้อย่างต่อเนื่องเป็นบันทึกของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และมีการบันทึกสภาวะแวดล้อมในขณะปฏิบัติการสอบเทียบลงในรายงานผลการสอบเทียบ

**4.8 ความไม่แน่นอนในการวัด ( Measurement Uncertainty )**

เนื่องจากกิจกรรมที่เป็นองค์ประกอบหลักของการสอบเทียบ คือ การวัด สำหรับการรายงานผลของ การวัดจะไม่สมบูรณ์ถ้าไม่ได้มีการรายงานค่าความไม่แน่นอนในการวัด โดยทั่วไปแล้วไม่มีการวัดหรือการ ทดลองใดที่จะทำได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด ดังนั้นผลการวัดจึงเป็นเพียงการประมาณค่าของสิ่งที่ถูกวัดและ จะครบสมบูรณ์ได้ก็ต่อเมื่อมีการรายงานค่าความไม่แน่นอนของการประมาณค่านั้น ความไม่แน่นอนของผลการ วัดเป็นพารามิเตอร์ที่แสดงการกระจายค่าของการวัดบอกถึงพิสัยของค่าการวัดว่าสิ่งที่ถูกวัดอยู่ภายในค่าที่ ประเมินนี้ด้วย ระดับความเชื่อมั่นตามที่ระบุไว้ ความผิดพลาด( error )ของการวัด หมายถึง ผลการวัดลบด้วย ค่าจริงของสิ่งที่ถูกวัด แต่เนื่องจากค่าจริงไม่มีใครทราบแน่นอน ดังนั้นจึงต้องระบุค่าความไม่แน่นอนในผล การวัดด้วย จากความหมายของความผิดพลาดสามารถให้ความหมายของความไม่แน่นอนได้ว่า ความไม่แน่นอน คือ พิสัย(range)รอบๆค่าความผิดพลาด โดยถือว่าค่าความผิดพลาดอยู่ที่ค่าศูนย์ของความ ไม่แน่นอน ในการสอบเทียบไม่สามารถใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อระบุการกระจายของผลการวัดหรือ ค่าความคลาดเคลื่อน ยังต้องมีการระบุช่วงความเชื่อมั่น เพื่อให้สามารถบอกได้ว่าการกระจายอยู่ในพิสัย ที่กล่าวถึงด้วยระดับความเชื่อมั่นตามที่ระบุ

4.8.1 สาเหตุของความไม่แน่นอนในการวัด

สาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในการวัดสามารถมาจากสิ่งต่างๆดังนี้

- คำจำกัดความในการวัดไม่สมบูรณ์เนื่องจากการระบุสภาวะที่ไม่ละเอียดพอ
- ในการปฏิบัติงานวัดจริงไม่สามารถทำตามสภาวะที่ระบุได้อย่างสมบูรณ์
- ในการวัดเป็นเพียงการสุ่มตัวอย่างของจุดวัดซึ่งตัวอย่างนั้นไม่ใช่ตัวแทนที่สมบูรณ์ทั้งหมด
- ไม่ทราบผลกระทบของปัจจัยหรือสภาวะแวดล้อมที่มีอิทธิพลอย่างเพียงพอหรือไม่สามารถวัดสภาวะแวดล้อมในการวัดได้อย่างสมบูรณ์
- ในการอ่านเครื่องมือแบบเข็มชี้หรือมีขีดระบุค่า (analog)จะทำให้เกิดความลำเอียง(bias) ของผู้อ่านเครื่องมือวัด รวมถึงเกิดความผิดพลาดเนื่องจากการอ่านขีดระบุค่าวัดที่อยู่ต่างระดับกัน(parallax error)
- เครื่องมือวัดไม่ละเอียดพอทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการแบ่งสเกล
- ความไม่แน่นอนของมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการวัด โดยได้จากผลการสอบเทียบมาตรฐานอ้างอิงนั้น หรือจากการระบุค่าความไม่แน่นอนประจำตัวของมาตรฐานอ้างอิงนั้น
- มาตรฐานอ้างอิงนั้นมีการเปลี่ยนแปลงค่า (drift )ต่างไปจากวันที่มีการสอบเทียบ
- วิธีการวัดและขั้นตอนการวัดไม่ถูกต้อง
- การแปรปรวนของผลการวัดที่ทำซ้ำกันภายใต้เงื่อนไขเดิม (repeatability condition) หรือที่เรียกว่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม(random error)

4.8.2 วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

แนวทางที่ใช้ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดอ้างอิงจากมาตรฐานระหว่างชาติ ISO TAG4 ( International Standard Organization - Technical Advisory Group 4 ) ดังมีรายละเอียดในภาคผนวก ข

**4.9 การแสดงสถานะและการรับรองการสอบเทียบ**

4.9.1 เครื่องหมายแสดงสถานะของเครื่องมือวัด

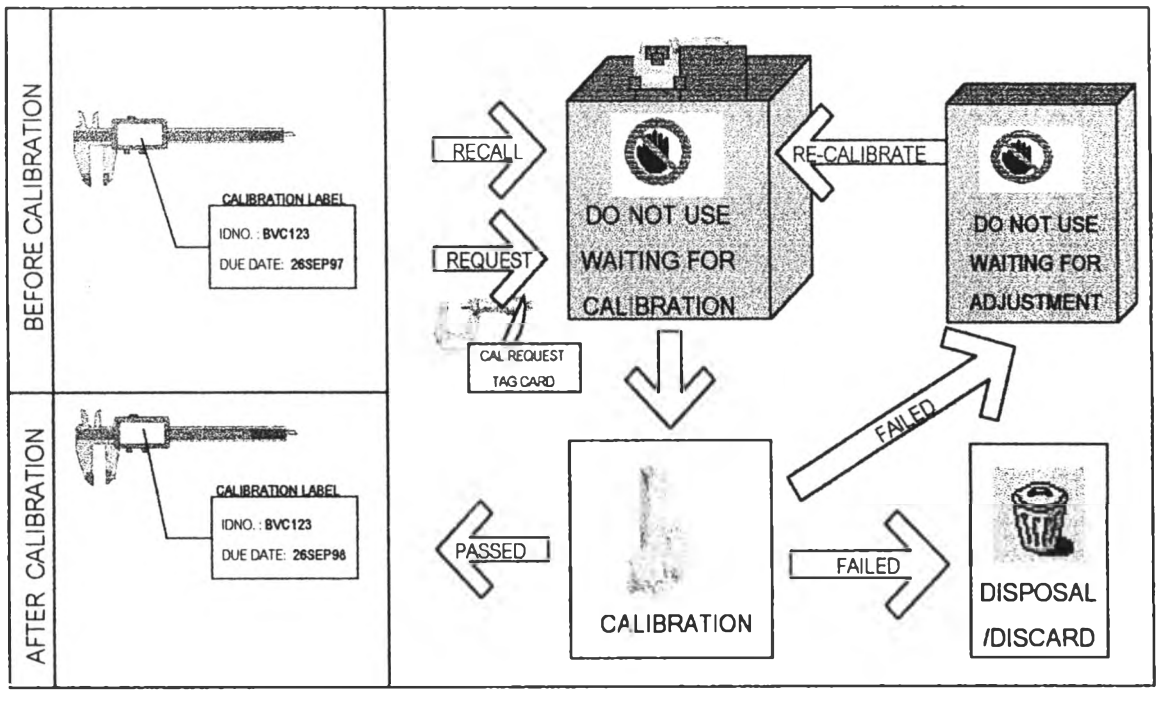
เครื่องมือวัดที่อยู่ภายในระบบต้องได้รับการแสดงสถานะไม่ว่าอยู่ในระหว่างการใช้งาน การสอบเทียบหรือการซ่อมแซมปรับเทียบ ดังภาพประกอบที่ 4.6

4.9.1.1 เครื่องหมายแสดงสถานะรับรองการสอบเทียบ( Calibration Label ) ต้องมีข้อมูลอย่างน้อย คือ หมายเลขเรียกเครื่องมือวัด( Id. No. )และกำหนดวันที่สอบเทียบครั้งต่อไป( Due Date ) โดยที่เครื่องมือวัดที่มีสถานะสามารถใช้งานได้ วันที่ขณะปัจจุบันนั้นจะต้องยังไม่ถึงกำหนดวันที่สอบเทียบครั้งต่อไป

4.9.1.2 เครื่องหมายแสดงสถานะร้องขอทำการสอบเทียบ( Calibration Request ) ในกรณีที่เกิดความเสียหายกับเครื่องมือวัด เครื่องหมายแสดงสถานะรับรองการสอบเทียบสูญหาย หรือ ผู้ใช้งานเกิดความสงสัยในความสามารถของเครื่องมือวัด ผู้ใช้งานเครื่องมือวัดสามารถนำเครื่องมือวัดพร้อมทั้งเขียนใบร้องขอทำการสอบเทียบผูกติดมากับเครื่องมือวัด

4.9.1.3 การแสดงสถานะรอสอบเทียบหรือรอซ่อมแซมปรับเทียบ เครื่องมือวัดที่อยู่ในระหว่างรอสอบเทียบหรือรอซ่อมแซมปรับเทียบต้องมีเครื่องหมายแสดงสถานะ หรือจัดวางอยู่ในบริเวณที่มีป้ายชี้บ่งสถานะว่าอยู่ในระหว่างรอสอบเทียบหรือรอซ่อมแซมปรับเทียบ

4 9.1.4 เครื่องมือวัดที่เสียหายหรือเกิดความคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถซ่อมแซมหรือปรับเทียบได้ ต้องถูกยกเลิกการใช้งานและกำจัดออกจากระบบ




ภาพประกอบที่ 4.6 การใช้เครื่องหมายแสดงสถานะของเครื่องมือวัด

4.9.2 ใบรับรองการสอบเทียบเครื่องมือวัด ( Calibration Cetificate )

เมื่อเปรียบเทียบข้อกำหนดในมาตรฐานเกี่ยวกับใบรับรองการสอบเทียบเครื่องมือวัดสามารถสรุปความสอดคล้องและแตกต่างกันได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบข้อกำหนดในมาตรฐานเกี่ยวกับใบรับรองการสอบเทียบเครื่องมือวัด

| ข้อกำหนดของ ISO900/QS9000 | ข้อกำหนดของ ISO/IEC Guide25 | |
|---|---|---|
| | Edition 1990 | Edition 1997 |
| 4.11.2 (d) ชี้บ่งเครื่องมือวัด ด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม หรือ บันทึกการชี้บ่งที่ได้รับ การอนุมัติ เพื่อแสดงสถานะ การสอบเทียบ | 13.1 ใบรับรองการสอบเทียบ ควรมี ข้อมูลที่จำเป็นต่อการแปลความหมาย ผลการสอบเทียบ | 3.9.1 |
| | 13.2 ใบรับรองการสอบเทียบ ต้อง มีรายละเอียด ดังนี้ | 3.9.2.1 |
| | (a) หัวเรื่อง เช่น "ใบรับรองการ สอบเทียบ" | 3.9.2.1 (a) |
| | (b) ชื่อและที่อยู่ห้องปฏิบัติการ | 3.9.2.1 (b) |

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) เปรียบเทียบข้อกำหนดในมาตรฐานเกี่ยวกับใบรับรองการสอบเทียบเครื่องมือวัด

| ข้อกำหนดของ ISO900/QS9000 | ข้อกำหนดของ ISO/IEC Guide25 | |
|---|---|---|
| | Edition 1990 | Edition 1997 |
| | (c) หมายเลขเฉพาะตัวของใบรับรองการสอบเทียบ หมายเลขหน้าและจำนวนหน้าทั้งหมด | 3.9.2.1 (c) |
| | (d) ชื่อและที่อยู่ผู้ใช้บริการ | 3.9.2.1 (d) |
| | (e) รายละเอียดเครื่องมือวัดที่ถูก สอบเทียบ | 3.9.2.1 (e)<br>3.9.2.2 |
| 4.11.3 สภาพภายนอกของเครื่องมือวัดและค่าวัดที่อ่านได้เมื่อรับเครื่องมือวัด ก่อนการปรับเทียบ | (f) ลักษณะและสภาพของ เครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ | 3.9.2.2 |
| | (g) วันที่รับเครื่องมือวัด วันที่สอบเทียบเครื่องมือวัด | 3.9.2.1 (f) |
| | (h) วิธีที่ใช้สอบเทียบ หรือ รายละเอียดวิธีที่ใช้สอบเทียบ ที่ยังไม่เป็นมาตรฐาน | 3.9.2.2 (b) |
| | (i) วิธีชักสุ่มตัวอย่าง (ถ้ามี) | 3.9.2.1 (h) , 3.9.2.3 |
| | (j) ความแตกต่างเมื่อไม่ได้ใช้วิธี สอบเทียบที่กำหนด รายละเอียด เช่น สภาวะแวดล้อม | 3.9.2.2 (d) |
| | (k) ผลการสอบเทียบในรูป ตาราง แผนภาพ รูปภาพ ตามที่เหมาะสม | 3.9.2.1 (g) |
| | (l) การประเมินความไม่แน่นอนในการวัด | 3.9.2.2 (f) |
| | (m) ลายมือชื่อผู้รับผิดชอบ ใบรับรองผลการสอบเทียบ | 3.9.2.1 (i) |
| | (n) ข้อความระบุ "รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สอบเทียบ" | 3.9.2.1 (j) |
| | (o) ข้อความระบุ "ห้ามถ่ายสำเนาใบรับรองการสอบเทียบเพียงบางส่วน" | 3.9.2.1 (หมายเหตุ) |

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) เปรียบเทียบข้อกำหนดในมาตรฐานเกี่ยวกับใบรับรองการสอบเทียบเครื่องมือวัด

| ข้อกำหนดของ ISO900/QS9000 | ข้อกำหนดของ ISO/IEC Guide25 Edition 1990 | Edition 1997 |
|---|---|---|
| | | 3.9.2.4 (b) ระบุสภาวะแวดล้อมขณะที่สอบเทียบ |
| | | 3.9.2.4 (c) ความไม่แน่นอนในการวัดและข้อความที่ ระบุว่า สอดคล้องกับข้อกำหนดทางมาตรวิทยา |
| | | 3.9.2.4 (d) ข้อความที่ระบุความสามารถในการสอบกลับของ มาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ |
| | | 3.9.2.5 ค่าวัดที่สอบเทียบ เมื่อรวมกับความไม่แน่นอนในการวัดต้อง ไม่เกินพิกัดความคลาดเคลื่อน ต้องระบุค่าที่ไม่สอดคล้องกับพิกัดความคลาดเคลื่อน ในกรณีที่เครื่องมือวัดไม่ได้นำไปใช้ในการสอบเทียบ ต่อสามารถละผลการ สอบเทียบไว้ แต่ต้องถูกเก็บไว้สำหรับอ้างอิง |
| | | 3.9.2.6 ต้องไม่มีคำแนะนำช่วงระยะเวลาการสอบเทียบใหม่ |

ข้อมูลที่มีในใบรับรองการสอบเทียบสำหรับการสอบเทียบที่ทำให้กับเครื่องมือวัดภายในและ ภายนอกของโรงงานตัวอย่างสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.10 โดยแบ่งระดับการรายงานข้อมูลเป็น

- ข้อมูลที่รายงานในใบรับรองการสอบเทียบสอดคล้องกับข้อกำหนดทั้งหมดใช้สัญลักษณ์ "●"
- ข้อมูลที่รายงานในใบรับรองการสอบเทียบสอดคล้องกับข้อกำหนดบางส่วนใช้สัญลักษณ์ "⊙"
- ไม่มีการรายงานข้อมูลในใบรับรองการสอบเทียบ " - "

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลที่มีในใบรับรองการสอบเทียบสำหรับการสอบเทียบที่ทำให้กับ เครื่องมือวัด ภายใน และ ภายนอกบริษัท

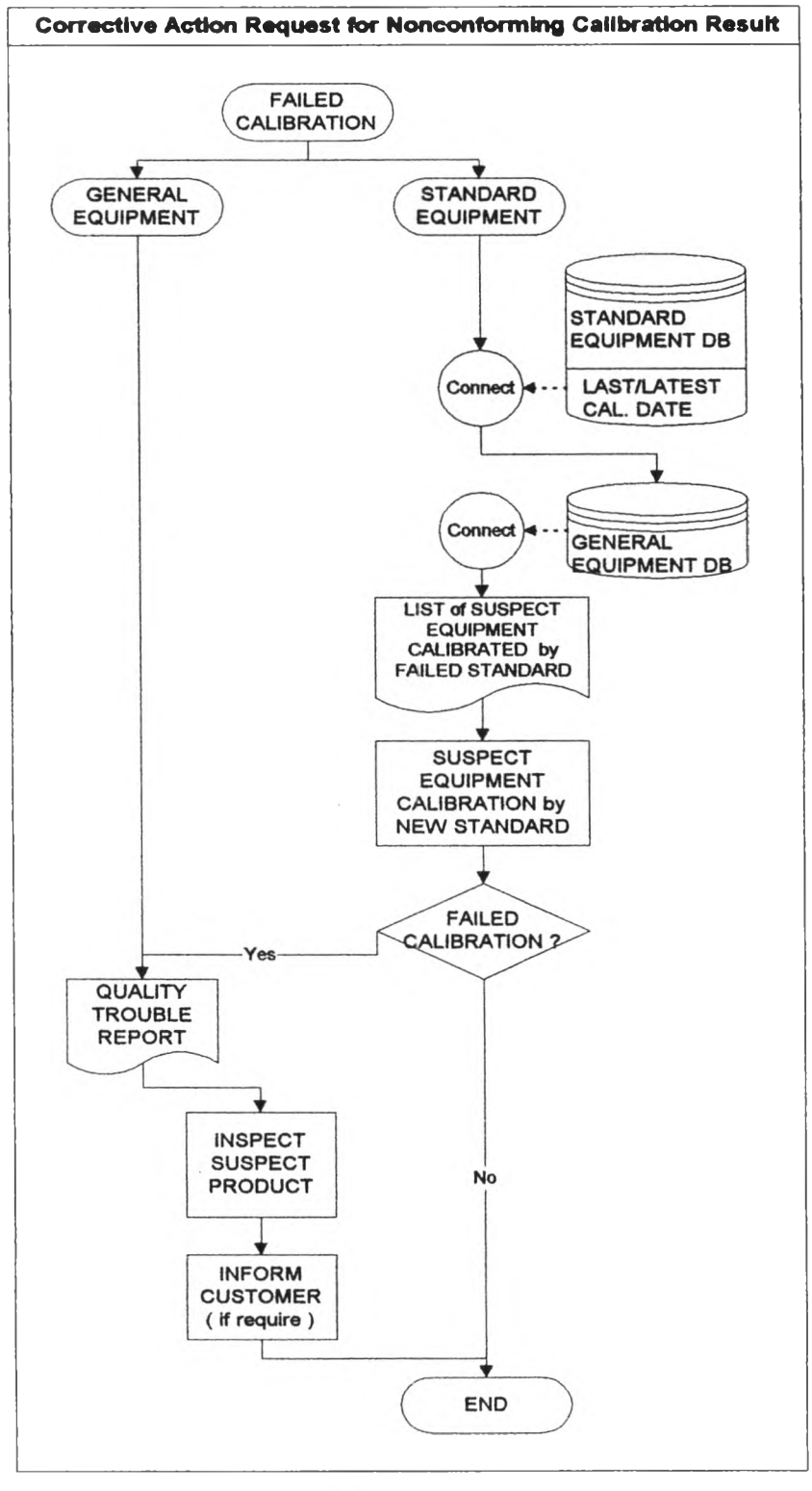
| ข้อกำหนดของ ISO/IEC Guide25 | | เครื่องมือวัด | |
|---|---|---|---|
| Edition 1990 | Edition 1997 | ภายในบริษัท | ภายนอกบริษัท |
| 13.1 ใบรับรองการสอบเทียบ ควรมีข้อมูลที่จำเป็นต่อการแปลความหมายผลการสอบเทียบ | 3.9.1 | ● | ● |
| 13.2 ใบรับรองการสอบเทียบต้องมีรายละเอียด ดังนี้<br>(a) หัวเรื่อง เช่น "ใบรับรองการสอบเทียบ" | 3.9.2.1<br>3.9.2.1 (a) | ● | ● |
| (b) ชื่อและที่อยู่ห้องปฏิบัติการ | 3.9.2.1 (b) | ⊙ | ● |
| (c) หมายเลขเฉพาะตัวของใบรับรองการสอบเทียบ หมายเลขหน้า และจำนวนหน้าทั้งหมด | 3.9.2.1 (c) | ● | ● |
| (d) ชื่อและที่อยู่ผู้ใช้บริการ | 3.9.2.1 (d) | ⊙ | ● |
| (e) รายละเอียดเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ | 3.9.2.1 (e)<br>3.9.2.2 | ● | ● |
| (f) ลักษณะและสภาพของ เครื่องมือวัด ที่ถูกสอบเทียบ | 3.9.2.2 | ● | ● |
| (g) วันที่รับเครื่องมือวัด วันที่สอบเทียบเครื่องมือวัด | 3.9.2.1 (f) | ⊙ | ● |
| (h) วิธีที่ใช้สอบเทียบ หรือ รายละเอียด วิธีที่ใช้สอบเทียบ ที่ยังไม่เป็นมาตรฐาน | 3.9.2.2 (b) | ● | ● |
| (i) วิธีชักสุ่มตัวอย่าง (ถ้ามี) | 3.9.2.1 (h) , 3.9.2.3 | - | - |
| (j) ความแตกต่างเมื่อไม่ได้ใช้วิธีสอบเทียบที่กำหนด รายละเอียด เช่น สภาวะแวดล้อม | 3.9.2.2 (d) | ● | ● |
| (k) ผลการสอบเทียบในรูป ตาราง แผนภาพ รูปภาพ ตามที่เหมาะสม | 3.9.2.1 (g) | ● | ● |
| (l) การประเมินความไม่แน่นอนในการวัด | 3.9.2.2 (f) | ● | ● |
| (m) ลายมือชื่อผู้รับผิดชอบใบรับรองผลการสอบเทียบ | 3.9.2.1 (i) | ● | ● |
| (n) ข้อความระบุ "รับรองเฉพาะ ตัวอย่างที่สอบเทียบ" | 3.9.2.1 (j) | ● | ● |

ตารางที่ 4.10 (ต่อ )ข้อมูลที่มีในใบรับรองการสอบเทียบสำหรับการสอบเทียบที่ทำให้กับเครื่องมือวัดภายใน และภายนอกบริษัท

| ข้อกำหนดของ ISO/IEC Guide25 | | เครื่องมือวัด | |
|---|---|---|---|
| Edition 1990 | Edition 1997 | ภายในบริษัท | ภายนอกบริษัท |
| (o) ข้อความระบุ "ห้ามถ่ายสำเนาใบรับรองการสอบเทียบเพียง บางส่วน" | 3.9.2.1 (หมายเหตุ) | - | ● |
| | 3.9.2.4 (a) มีการอ้างอิงข้อกำหนด ของมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ | - | ● |
| | 3.9.2.4 (b) ระบุสภาวะแวดล้อมขณะ ที่สอบเทียบ | ● | ● |
| | 3.9.2.4 (c) ความไม่แน่นอนในการวัด และข้อความที่ ระบุว่า สอดคล้องกับ ข้อกำหนดทางมาตรวิทยา | ● | ● |
| | 3.9.2.4 (d) ข้อความที่ระบุความสามารถในการสอบกลับของมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ | ● | ● |
| | 3.9.2.5 ค่าวัดที่สอบเทียบ เมื่อรวมกับความไม่แน่นอนในการวัดต้องไม่เกินพิกัดความคลาดเคลื่อน ต้องระบุค่าที่ไม่สอดคล้องกับพิกัดความคลาดเคลื่อน ในกรณีที่เครื่องมือวัดไม่ได้นำไปใช้ใน การสอบเทียบต่อ สามารถละผลการ สอบเทียบไว้ แต่ต้องถูกเก็บไว้สำหรับ อ้างอิง | ⊙ | ● |
| | 3.9.2.6 ต้องไม่มีคำแนะนำช่วงระยะเวลาการสอบเทียบใหม่ | - | ● |

**4.10 การดำเนินการเมื่อผลการสอบเทียบไม่ผ่าน**

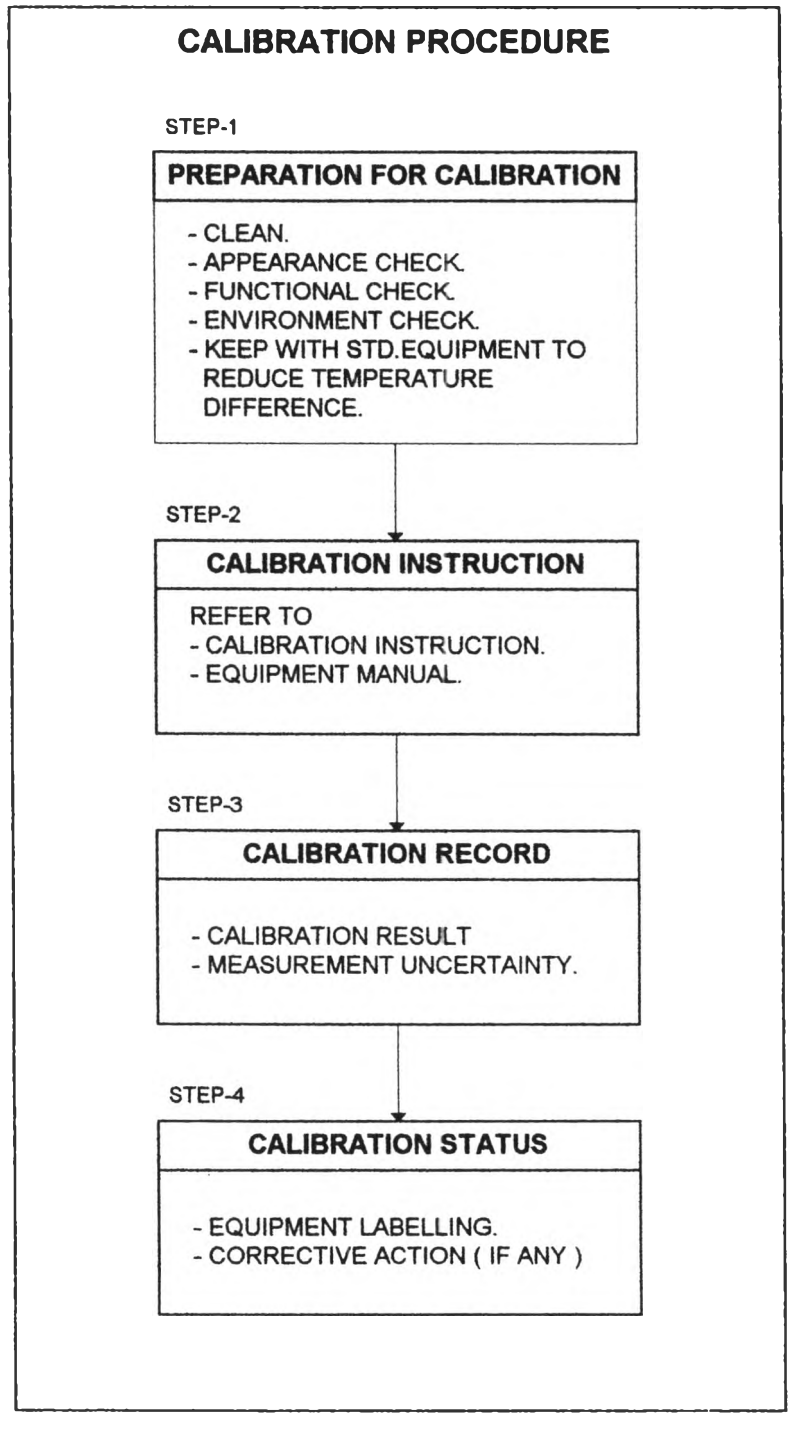
เมื่อผลการสอบเทียบไม่ผ่าน คือ ผลการสอบเทียบออกนอกค่าพิกัดความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดที่ยอมรับได้ แบ่งเป็น 2 กรรณี คือ กรณีที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานหรือเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการสอบเทียบ และ กรณีที่เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้งานทั่วไป ดังภาพประกอบที่ 4.7




ภาพประกอบที่ 4.7 การดำเนินการเมื่อผลการสอบเทียบไม่ผ่าน

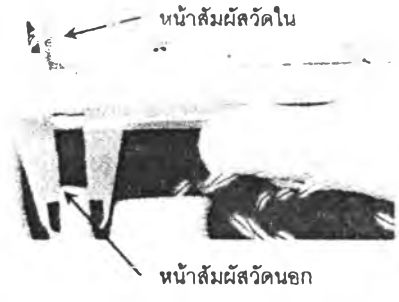
**4.11 กระบวนการสอบเทียบ** (Calibration Procedure)

กระบวนการสอบเทียบที่พัฒนาขึ้นของโรงงานตัวอย่างมีขั้นตอนที่ใช้กับเครื่องมือวัดทุกประเภทดังภาพประกอบที่ 4.8 และมีวิธีการสอบเทียบเฉพาะสำหรับแต่ละเครื่องมือวัดดังในตารางที่ 4.11 – 4.19

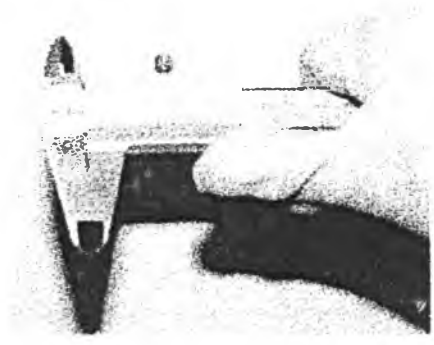



ภาพประกอบที่ 4.8 ขั้นตอนทั่วไปสำหรับกระบวนการสอบเทียบ

ตารางที่ 4.11 การสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

<table>
<tr><th colspan="2">การสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์</th></tr>
<tr><td><u>ขอบเขต</u> ครอบคลุมการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ดังนี้<br>ประเภท<br>- Vernier calipers<br>- Digimatic vernier calipers<br>- Dial calipers<br>ความละเอียด<br>- 0.01 , 0.05 มิลลิเมตร<br>ช่วงของการวัด<br>- 0-150, 0-200 มิลลิเมตร</td><td><u>เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง</u><br>- Gauge Block Set Class 0<br>ID. No. : ABL003<br>- Gauge Block Set Class 1<br>ID. No. : ABL002<br><u>สถาบันมาตรฐานสากลที่สอบย้อน</u><br>- National Research Laboratory of Metrology ( NRLM ) ประเทศญี่ปุ่น<br><u>อุปกรณ์ประกอบ</u><br>- ชุดช่วยการใช้งานเกจบล็อค (gauge block accessory)<br><u>มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง</u><br>- JIS B 7507 1979<br>- ISO 3599 – 1976</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>การตรวจสอบสภาพภายนอกและการทำงาน</u></td></tr>
<tr><td>1. ตรวจดูหน้าสัมผัสการวัดภายนอกว่า มีการกระเทาะหรือแตกเสียหายของคาร์ไบด์ที่ปากเวอร์เนียร์หรือไม่<br>2. ตรวจดูดูหน้าสัมผัสวัดระยะในว่ามีการบิ่นหรือโก่งงอหรือไม่</td><td>  <br></td></tr>
<tr><td>3. ตรวจ ดูว่ามีแผ่นรองรับการเคลื่อนที่อยู่ระหว่างช่องด้านบนของเวอร์เนียร์</td><td> <br></td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) การสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

| | |
|---|---|
| 4. ประกบปากวัดเข้าด้วยกันให้สนิท จะต้องไม่มีแสงสว่างลอดผ่านบริเวณใดบริเวณหนึ่งของปากวัด<br><br>5. สเกลบอกขนาดของเวอร์เนียร์ต้องชัดเจนไม่ลบเลือน |  |
| **<u>วิธีการสอบเทียบ</u>** | |
| 1 ตรวจสอบจุดศูนย์โดยอ่านค่าเวอร์เนียร์ขณะที่ปากวัดด้านนอกประกบกันสนิท อ่านค่าที่เวอร์เนียร์ว่าเป็น "0" หรือไม่ บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ | |
| 2. การสอบเทียบปากวัดนอก<br>2.1 รวมชิ้นเกจบล็อคตามที่ระบุไว้ในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ และนำมาทำการวัดดังรูป<br>2.2 อ่านค่าที่วัดได้ บันทึกในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ<br>2.3 ทำซ้ำ ข้อ 2.1-2.2 โดยเปลี่ยนขนาดเกจบล็อคตามที่ระบุไว้ ในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ | |
| 3. การสอบเทียบปากวัดใน<br>3.1 นำชุดช่วยประกอบการใช้งานเกจบล็อค(gauge block accessory) มาประกอบโดยรวมชิ้นเกจบล็อคให้ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ และนำมาทำการวัดดังรูป<br>3.2 อ่านค่าที่วัดได้ บันทึกในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ<br>3.3 ทำซ้ำ ข้อ 3.1- 3.2 โดยเปลี่ยนขนาดเกจบล็อคตามที่ระบุไว้ ในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ | |

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) การสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

4. การสอบเทียบแท่งวัดความลึก (Depth Bar )

( ในกรณีที่เวอร์เนียร์นั้นมีแท่งวัดความลึก)

4.1 รวมชิ้นเกจบล็อคตามที่ระบุไว้ในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ จำนวน 2 ชุด วางบนเซอร์เฟส พเลท ( surface plate) หรือโต๊ะระดับแล้วทำการวัด ดังรูป

4.2 อ่านค่าที่วัดได้ บันทึกในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

4.3 ทำซ้ำ ข้อ 4.1-4.2 โดยเปลี่ยนขนาดเกจบล็อคตามที่ระบุไว้ ในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

5. คำนวณค่าความผิดพลาด (error)

ความผิดพลาด = ค่าวัดที่อ่านจากเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ - ค่าของเกจบล็อค

**<u>บันทึกผลการสอบเทียบ</u>**

1. บันทึกค่าวัดที่อ่านได้และค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ ตัวอย่างตารางบันทึกผลการสอบเทียบสำหรับเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่มีช่วงการวัด 0-200 มิลลิเมตร ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร

| ผลการสอบเทียบปากวัดนอก | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ขนาดเกจบล็อค (ม.ม.) | ผลการวัด (ม.ม.) | ความผิดพลาด (ม.ม.) | ผลการสอบเทียบ | |
| | | | เครื่องมือวัด | รวม |
| 0.0 | | | | |
| 100 | | | | |
| 200 | | | | |

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) การสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

| ผลการสอบเทียบปากวัดใน | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ขนาดเกจบล็อค (ม.ม.) | ผลการวัด (ม.ม.) | ความผิดพลาด (ม.ม.) | ผลการสอบเทียบ | |
| | | | เครื่องมือวัด | รวม |
| 0.0 | | | | |
| 100 | | | | |
| 200 | | | | |

| ผลการสอบเทียบแท่งวัดความลึก | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ขนาดเกจบล็อค (ม.ม.) | ผลการวัด (ม.ม.) | ความผิดพลาด (ม.ม.) | ผลการสอบเทียบ | |
| | | | เครื่องมือวัด | รวม |
| 0.0 | | | | |
| 100 | | | | |
| 200 | | | | |

**การประเมินผลการสอบเทียบ**

1. พิจารณาค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ในแต่ละช่วงการวัด ดังตาราง

| ความละเอียด : 0.05 ม.ม. | ค่าความผิดพลาด ( ม.ม. ) | |
|---|---|---|
| ช่วงการวัด (ม.ม.) | เครื่องมือวัด | รวม |
| ( 100-200 ] | ± 0.05 | ± 0.08 |

| ความละเอียด : 0.01 ม.ม. | ค่าความผิดพลาด ( ม.ม. ) | |
|---|---|---|
| ช่วงการวัด (ม.ม.) | เครื่องมือวัด | รวม |
| [ 0 - 150 ] | ± 0.02 | ± 0.03 |
| [0 - 200 ] | ± 0.02 | ± 0.03 |

2. ในกรณีที่ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ มากกว่าค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ ให้พิจารณาว่าค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดรวม

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) การสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

**<u>การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด</u>**

1. ประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

| ประเภท | สัญลักษณ์ | ที่มาของความไม่แน่นอน | ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| A | $A_1$ | ความสามารถซ้ำกันได้ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ | |
| B | $B_1$ | ใบรับรองการสอบเทียบเกจบล็อค | |
| | $B_2$ | ความแม่นยำของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ | |
| | $B_3$ | ความละเอียดของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ | |

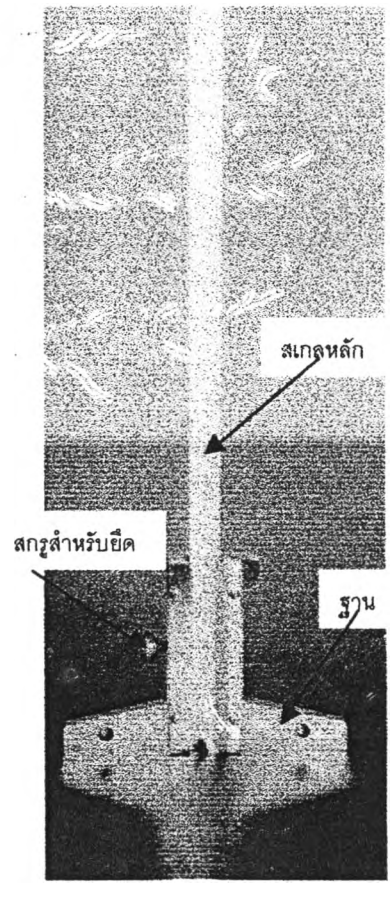
2. คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ( $u_c$ )

$$u_c = \sqrt{A_1^2 + B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}$$

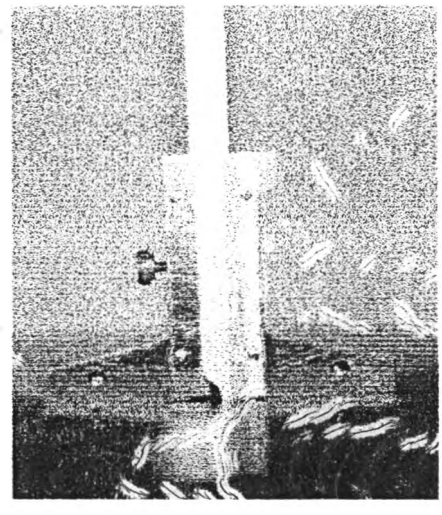
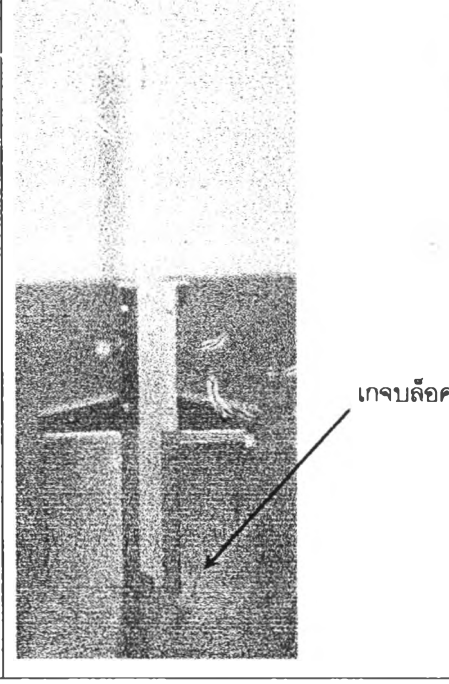
3. คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย U ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95 % ใช้ค่าตัวประกอบ( k ) เท่ากับ 2

$$U = k\,u_c$$

ตารางที่ 4.12 การสอบเทียบเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก

<table>
<tr><th colspan="2">การสอบเทียบเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก</th></tr>
<tr><td><u>ขอบเขต</u> ครอบคลุมการสอบเทียบเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก ดังนี้<br>ประเภท<br>- Vernier Depth Gauges without Microfeed.<br>- Vernier Depth Gauges with Microfeed.<br>- Vernier Depth Gauges with Pointer Reading.<br>ความละเอียด<br>- 0.05 มิลลิเมตร<br>ช่วงของการวัด<br>- 0-150, 0-200 มิลลิเมตร</td><td><u>เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง</u><br>- Gauge Block Set Class 0<br>ID. No. : ABL003<br>- Gauge Block Set Class 1<br>ID. No. : ABL002<br><u>สถาบันมาตรฐานสากลที่สอบย้อน</u><br>- National Research Laboratory of Metrology ( NRLM ) ประเทศญี่ปุ่น<br><u>อุปกรณ์ประกอบ</u><br>- Gauge Block Accessory<br><u>มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง</u><br>- JIS B 7507 - 1979</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>การตรวจสอบสภาพภายนอกและการทำงาน</u></td></tr>
<tr><td>1. สีและชิ้นส่วนที่เคลือบ ต้องไม่ลบเลือนและเป็นสนิมในบริเวณที่มีผลกระทบต่อการใช้งาน<br>2. ความเรียบผิวของผิวหน้าวัดที่ฐานและที่สเกลหลักต้องไม่เกิน 0.4a<br>3. เมื่อต้องการยึดสเกลหลักด้วยสกรูสำหรับยึด ( locking screw ) หรือ อุปกรณ์ ยึดอื่น ต้องไม่มีผลกระทบต่อการวัด<br>4. สเกลหลักต้องสามารถเคลื่อนที่ได้ราบรื่น ไม่หลวมหรือ มีระยะห่าง( clearance )มากเกินไปตลอดการเคลื่อนที่</td><td> 
</td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) การสอบเทียบเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก

<table>
<tr><td colspan="2">5. ปุ่มปรับละเอียดต้องสามารถยึดอยู่อย่างมั่นคงกับสเกลหลัก ด้วยอุปกรณ์ยึดอื่น หรือ locking screw<br>6. ในกรณีของเวอร์เนียร์วัดความลึกประเภทที่มีหน้าปัทม์และ เข็มชี้ ระยะห่างระหว่างปลายเข็มชี้และหน้าปัทม์ ต้องไม่เกิน 1 มิลลิเมตร และมีระยะห่างเท่ากันตลอดการเคลื่อนที่ครบรอบ<br>7.กรอบหน้าปัทม์ต้องสามารถหมุนได้ราบรื่นและสามารถยึดอยู่ ที่ตำแหน่งตามที่ต้องการ แผ่นกระจกของหน้าปัทม์ต้องยึด ติดกับกรอบหน้าปัทม์อย่าง มั่นคง ไม่หลุดได้ง่าย</td></tr>
<tr><td><u>วิธีการสอบเทียบ</u><br><br>1. ตรวจสอบจุดศูนย์ของเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึกโดยอ่านค่า ขณะที่ ผิวหน้าวัดและผิวหน้าอ้างอิงแนบสนิทกับ surface plate ดังรูป บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการ สอบเทียบ</td><td>  </td></tr>
<tr><td>2. นำเกจบล็อค 2 ชิ้นขนาดเท่ากันวางบน surface plate และให้ผิวระนาบอ้างอิงของเวอร์เนียร์สำหรับวัดความลึกสัมผัสกับเกจบล็อคทั้งสองอย่างสมบูรณ์ อ่านค่าวัดที่ได้เมื่อผิวหน้าวัดสัมผัสกับ surface plate ดังรูป บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ</td><td> 
</td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) การสอบเทียบเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก

3. คำนวณค่าความผิดพลาด (error)

ความผิดพลาด = ค่าวัดที่อ่านจากเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก - ค่าของเกจบล็อค

4. ทำซ้ำข้อ 2-3 โดยเปลี่ยนขนาดเกจบล็อคสำหรับแต่ละช่วงความสามารถในการวัดดังตาราง

| ขนาดเกจบล็อค (ม.ม.) | |
|---|---|
| ช่วงการวัด 0-150 | ช่วงการวัด 0-200 |
| 0.0 | 0.0 |
| 75 | 100 |
| 150 | 200 |

**บันทึกผลการสอบเทียบ**

1. บันทึกค่าวัดที่อ่านได้และค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

| ขนาดเกจบล็อค (ม.ม.) | ผลการวัด (ม.ม.) | ความผิดพลาด (ม.ม.) | ผลการสอบเทียบ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | เครื่องมือวัด | รวม |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

**การประเมินผลการสอบเทียบ**

1. พิจารณาค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ในแต่ละช่วงการวัด ดังตาราง

| ความละเอียด : 0.05 ม.ม. | ค่าความผิดพลาด ( ม.ม. ) | |
|---|---|---|
| ช่วงการวัด (ม.ม.) | เครื่องมือวัด | รวม |
| [ 0 - 150 ] | ± 0.05 | ± 0.08 |
| [ 0 - 200 ] | ± 0.05 | ± 0.08 |

2. ในกรณีที่ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ มากกว่าค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ ให้พิจารณาว่าค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดรวม

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) การสอบเทียบเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก

**การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด**

1. ประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

| ประเภท | สัญลักษณ์ | ที่มาของความไม่แน่นอน | ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| A | $A_1$ | ความสามารถซ้ำกันได้ของเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก | |
| B | $B_1$ | ใบรับรองการสอบเทียบเกจบล็อค | |
| | $B_2$ | ความแม่นยำของเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก | |
| | $B_3$ | ความละเอียดของเวอร์เนียร์สำหรับวัดลึก | |

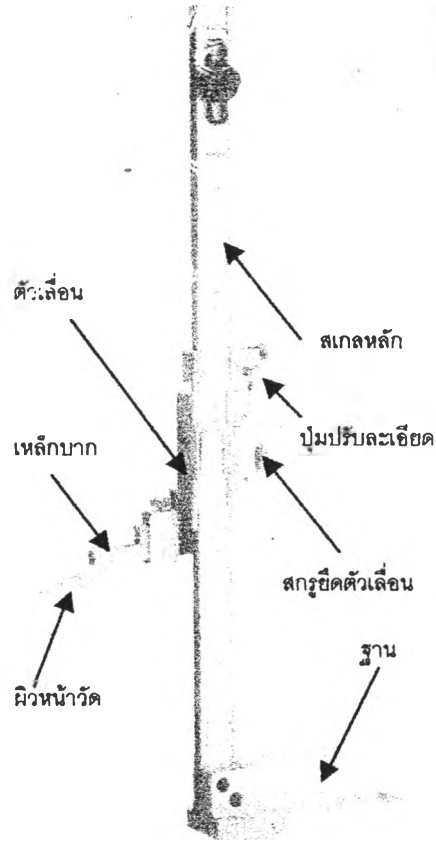
2. คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ( $u_c$ )

$$u_c = \sqrt{A_1^2 + B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}$$

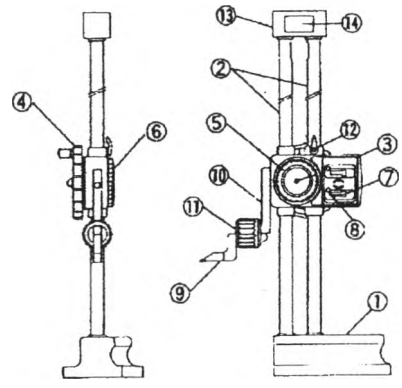
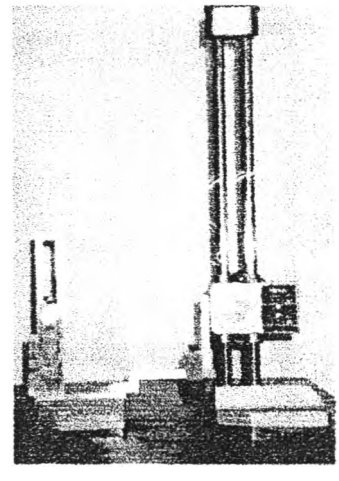
3. คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย U ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95 % ใช้ค่าตัวประกอบ( k ) เท่ากับ 2

$$U = k u_c$$

ตารางที่ 4.13 การสอบเทียบเกจวัดความสูง ( Height Gauges )

<table>
<tr><th colspan="2">การสอบเทียบเกจวัดความสูง</th></tr>
<tr><td><u>ขอบเขต</u> ครอบคลุมการสอบเทียบเกจวัดความสูง ( Height Gauges ) ดังนี้<br>ประเภท<br>- เกจวัดความสูงที่มีอุปกรณ์เคลื่อนที่สเกลหลัก<br>- เกจวัดความสูงที่มีอุปกรณ์เคลื่อนที่ละเอียด<br>- เกจวัดความสูงที่มีเข็มชี้และตัวเลขนับ<br>- เกจวัดความสูงแบบดิจิตอล<br>ความละเอียด<br>- 0.01, 0.02 ,0.05 มิลลิเมตร<br>ช่วงของการวัด<br>- 0-200 มิลลิเมตร</td><td><u>เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง</u><br>- Gauge Block Set Class 0<br>ID. No. : ABL003<br>- Gauge Block Set Class 1<br>ID. No. : ABL002<br><u>สถาบันมาตรฐานสากลที่สอบย้อน</u><br>- National Research Laboratory of Metrology ( NRLM ) ประเทศญี่ปุ่น<br><u>อุปกรณ์ประกอบ</u><br>- ชุดช่วยการใช้งานเกจบล็อค ( Gauge Block Accessory )<br><u>มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง</u><br>- JIS B7517 – 1982</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>การตรวจสอบสภาพภายนอกและการทำงาน</u></td></tr>
<tr><td>1. สีและชิ้นส่วนที่เคลือบ ต้องไม่ลบเลือนและเป็นสนิมในบริเวณที่มีผลกระทบต่อการใช้งาน<br>2. ความเรียบผิวของผิวอ้างอิงที่ฐานและที่ต้องไม่เกิน 0.4a หรือไม่มีครีบหรือรอยขูดขีดที่มีผลกระทบต่อการใช้งาน เมื่อวางเกจวัดความสูงลงบนเซอร์เฟส พเลท ( surface plate ) ผิวอ้างอิงที่ฐานต้องสัมผัสกับผิวของเซอร์เฟส พเลท ( surface plate ) อย่างสมบูรณ์ ไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัด<br>3. เมื่อต้องการยึดตัวเลื่อน(slider) ด้วยสกรูสำหรับยึด( locking screw ) หรือที่ยึดตัวเลื่อน( slider clamp )การเคลื่อนที่ของเหล็กบาก ( scriber ) ต้องไม่มี ผลกระทบต่อการใช้งาน<br>4. ตัวเลื่อน ( slider )ต้องสามารถเคลื่อนที่ได้ราบรื่น ไม่หลวมหรือมีระยะห่าง( clearance )มากเกินไปตลอดการเคลื่อนที่<br>5. ปุ่มปรับละเอียดและตัวเลื่อน ( slider ) ต้องสามารถยึดอยู่อย่างมั่นคงกับสเกลหลัก ด้วยสกรูสำหรับยึด( locking screw ) หรือที่ยึดตัวเลื่อน( slider clamp )</td><td> 
</td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) การสอบเทียบเกจวัดความสูง ( Height Gauges )

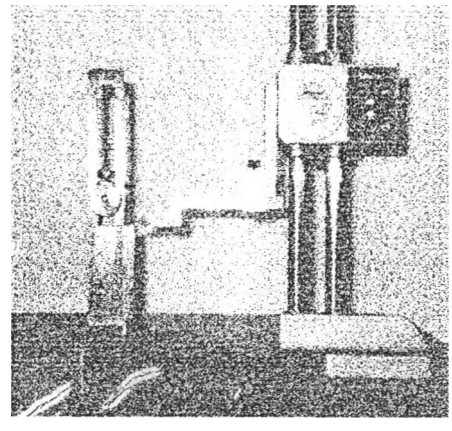
| | |
|---|---|
| 6. ในกรณีของเกจวัดความสูงประเภทที่มีหน้าปัทม์ ( dial )และเข็มชี้ ระยะห่างระหว่างปลายเข็มชี้และหน้าปัทม์ ต้องไม่เกิน 1 มิลลิเมตร และมีระยะห่างเท่ากันตลอดการเคลื่อนที่ครบรอบ<br>7.กรอบหน้าปัทม์ต้องสามารถหมุนได้ราบรื่นและสามารถยึดอยู่ที่ตำแหน่งตามที่ต้องการ แผ่นกระจกของหน้าปัทม์( bezel )ต้องยึดติดกับกรอบหน้าปัทม์อย่างมั่นคงไม่หลุดได้ง่าย<br>8. ในกรณีของเกจวัดความสูงประเภทที่มีตัวเลขนับ ( counter ) ตัวเลขนับต้องสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างราบรื่นตลอดช่วงการวัด การเคลื่อนที่ไปข้างหน้ามากหรือการเคลื่อนที่ช้า ต้องไม่ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในค่าวัด |  <br>1. ฐาน( Base )<br>2. เสา ( Column )<br>3. ตัวเลื่อน ( Slider )<br>4. มือหมุน ( Feed wheel )<br>5. หน้าปัด ( Dial )<br>6. กระจกหน้าปัด ( Bezel )<br>7. ตัวเลขนับ ( Counter )<br>8. ปุ่ม reset ( Reset button )<br>9. เหล็กขูด( Scriber )<br>10. ฟันจับ ( Jaw )<br>11. ตัวยึดเหล็กขูด ( Scriber clamp )<br>12. ที่ยึดตัวเลื่อน ( Slider clamp )<br>13. แกนยึด ( Fixing beam )<br>14. เครื่องหมายห้ามถือที่เสา |
| **<u>วิธีการสอบเทียบ</u>** | |
| 1. การตรวจสอบจุดศูนย์ของเกจวัดความสูง<br>1.1 กรณีของเกจวัดความสูงที่มีอุปกรณ์เคลื่อนที่สเกลหลัก (vernier height gauge)วางเกจวัดความสูงบนเซอร์เฟสพเลท ( surface plate ) และอ่านค่าขณะที่ตัวเลื่อนเคลื่อนที่ลงจนกระทั่งผิวหน้าวัดสัมผัสกับเซอร์เฟส พเลท ( surface plate ) บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ<br>1.2 กรณีของเกจวัดความสูงที่มีเข็มชี้และตัวเลขนับ ( vernier height gauge) วางเกจวัดความสูงและชุดช่วยการใช้งานเกจบล็อค ( gauge block accessory ) บนเซอร์เฟส พเลท (surface plate ) อ่านค่าขณะที่ตัวเลื่อนเคลื่อนที่ลงจนกระทั่งผิวหน้าวัดสัมผัสกับฐานของชุดช่วยการใช้งานเกจบล็อคดังรูป |  |

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) การสอบเทียบเกจวัดความสูง ( Height Gauges )

2. การตรวจสอบค่าวัดของเกจวัดความสูงโดยใช้เกจบล็อค ขนาด 100 มิลลิเมตร

2.1 กรณีของเกจวัดความสูงที่มีอุปกรณ์เคลื่อนที่สเกลหลัก วางเกจวัดความสูงและเกจบล็อคบนเซอร์เฟส พเลท( surface plate ) และอ่านค่าวัดที่ได้เมื่อผิวหน้าวัดสัมผัสกับเกจบล็อค บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

2.2 กรณีของเกจวัดความสูงที่มีเข็มชี้และตัวเลขนับ วางเกจวัดความสูงและชุดช่วยการใช้งานเกจบล็อคที่ประกอบ เกจบล็อคบนเซอร์เฟส พเลท(surface plate ) อ่านค่าขณะที่ตัวเลื่อนเคลื่อนที่ลงจนกระทั่งผิวหน้าวัดสัมผัสเกจบล็อค ดังรูป บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ



3. คำนวณค่าความผิดพลาด (error)

ความผิดพลาด = ค่าวัดที่อ่านจากเกจวัดความสูง - ค่าของเกจบล็อค

4. ทำซ้ำข้อ 2.-3. โดยเปลี่ยนขนาดเกจบล็อค เป็น 200 มิลลิเมตร

**<u>บันทึกผลการสอบเทียบ</u>**

1. บันทึกค่าวัดที่อ่านได้และค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

| ขนาดเกจบล็อค (ม.ม.) | ผลการวัด(ม.ม.) | ความผิดพลาด(ม.ม.) |
|---|---|---|
| 0 | | |
| 100 | | |
| 200 | | |

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) การสอบเทียบเกจวัดความสูง ( Height Gauges )

**การประเมินผลการสอบเทียบ**

1. พิจารณาค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ ดังตาราง

| ช่วงการวัด (ม.ม.) | ค่าความผิดพลาด (มม.) | |
|---|---|---|
| | ความละเอียด 0.05 | ความละเอียด 0.02,0.01 |
| 0 | ± 0.05 | ± 0.02 |
| (0,200] | | ± 0.03 |

2. ในกรณีที่ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ มากกว่าค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ในข้อ 1. ให้พิจารณาว่าค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดรวม ดังตาราง

| ช่วงการวัด (ม.ม.) | ค่าความผิดพลาด (มม.) | |
|---|---|---|
| | ความละเอียด 0.05 | ความละเอียด 0.02,0.01 |
| (0,250] | ± 0.08 | ± 0.05 |

**การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด**

1. ประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

| ประเภท | สัญลักษณ์ | ที่มาของความไม่แน่นอน | ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| A | $A_1$ | ความสามารถซ้ำกันได้ของเกจวัดความสูง | |
| B | $B_1$ | ใบรับรองการสอบเทียบเกจบล็อค | |
| | $B_2$ | ความแม่นยำของเกจวัดความสูง | |
| | $B_3$ | ความละเอียดของเกจวัดความสูง | |

2. คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ( $u_c$ )

$$u_c = \sqrt{A_1^2 + B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}$$

3. คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย U ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95 % ใช้ค่าตัวประกอบ( k ) เท่ากับ 2

$$U = k\, u_c$$

ตารางที่ 4.14 การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดนอก

**การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดนอก**

**ขอบเขต** ครอบคลุมการสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดนอก ดังนี้

***ประเภท***

- ไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบธรรมดา ( Outside Micrometer – plain type )
- ไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบตัวเลข ( Digimatic Outside Micrometer )
- ไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบจาน ( Disc Micrometer )

***ความละเอียด***

- 0.01,0.001 มิลลิเมตร

***ช่วงของการวัด***

- 0-25,25-50,50-75,75-100,100-125, 125-150,150-175 มิลลิเมตร

**เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง**

- Gauge Block Set Class 0 ID. No. : ABL003
- Gauge Block Set Class 1 ID. No. : ABL002

**สถาบันมาตรฐานสากลที่สอบย้อน**

- National Research Laboratory of Metrology ( NRLM ) ประเทศญี่ปุ่น

**อุปกรณ์ประกอบ**

- ออพติคอล ฟแลท ( Optical Flat )
- ชุดช่วยการใช้งานเกจบล็อค ( Gauge Block Accessory )
- แท่นวางไมโครมิเตอร์ ( Micrometer Stand )

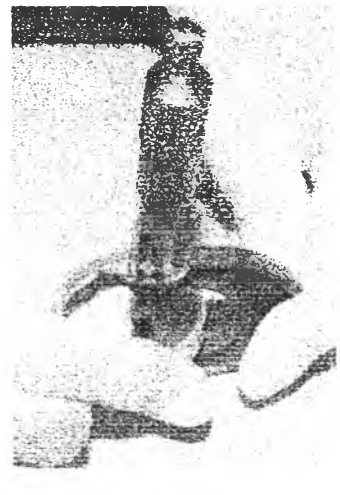
**มาตรฐานอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง**

- JIS B7502 – 1979
- ISO 3611 – 1978

**การตรวจสอบสภาพภายนอกและการทำงาน**

1. ส่วนที่หุ้มหรือสีเคลือบไม่กระเทาะหรือเป็นสนิมบริเวณที่มีผลกระทบต่อ การใช้งาน
2. ขีดบอกค่าและตัวเลขไม่ลบเลือนสามารถอ่านค่าได้
3. ตรวจสอบความราบของผิวหน้าวัดโดยใช้ ออพติคอล ฟแลท ( optical flat ) ดังรูป

| จำนวนวงแดง | ค่าความราบ (ไมโครเมตร) |
|---|---|
| 1 | 0.3 |
| 2 | 0.6 |
| 3 | 1.0 |
| 4 | 1.3 |
| 5 | 1.6 |
| 6 | 2.0 |

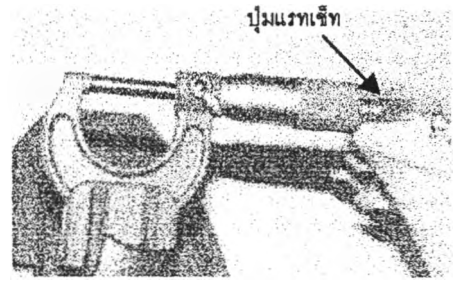


ตารางที่ 4.14 (ต่อ) การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดนอก

4. ชิ้นส่วนที่เป็นเกลียวประกอบกันพอดี ทำให้เคลื่อนที่ได้ราบรื่นตลอดช่วงที่สามารถเคลื่อนที่ได้

5. ปุ่มแรทเช็ท( ratchet stop )สามารถหมุนได้ราบรื่น

6. เมื่อประกบผิวหน้าวัดสนิทสามารถอ่านค่าวัดได้ที่จุดศูนย์



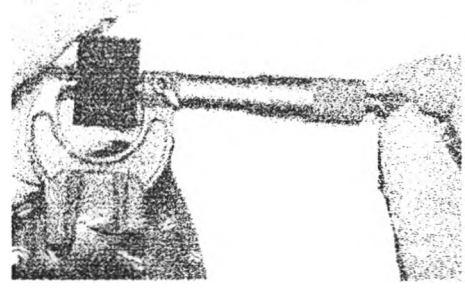

**<u>วิธีการสอบเทียบ</u>**

1. นำไมโครมิเตอร์มาวัดและอ่านค่าเกจบล็อค ดังรูป

2. คำนวณค่าความผิดพลาด (error)

ความผิดพลาด = ค่าวัดที่อ่านจากไมโครมิเตอร์-ค่าของเกจบล็อค

3. เปลี่ยนขนาดเกจบล็อค โดยใช้เกจบล็อคสำหรับไมโครมิเตอร์แต่ละช่วงการวัดดังตารางต่อไปนี้



| ช่วงการวัด | ขนาดเกจบล็อค | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-25 | 2.5 | 5.1 | 7.7 | 10.3 | 12.9 | 15 | 17.6 | 20.2 | 22.8 | 25 |
| 25-50 | 27.5 | 30.1 | 32.7 | 35.3 | 37.9 | 40 | 42.6 | 45.2 | 47.8 | 50 |
| 50-75 | 52.5 | 55.1 | 57.7 | 60.3 | 62.9 | 65 | 67.6 | 70.2 | 72.8 | 75 |
| 75-100 | 77.5 | 80.1 | 82.7 | 85.3 | 87.9 | 90 | 92.6 | 95.2 | 97.8 | 100 |
| 100-125 | 102.5 | 105.1 | 107.7 | 110.3 | 112.9 | 115 | 117.6 | 120.2 | 122.8 | 125 |
| 125-150 | 127.5 | 130.1 | 132.7 | 135.3 | 137.9 | 140 | 142.6 | 145.2 | 147.8 | 150 |
| 150-175 | 152.5 | 155.1 | 157.7 | 160.3 | 162.9 | 165 | 167.6 | 170.2 | 172.8 | 175 |
| 175-200 | 177.5 | 180.1 | 182.7 | 185.3 | 187.9 | 190 | 192.6 | 195.2 | 197.8 | 200 |
| 200-225 | 202.5 | 205.1 | 207.7 | 210.3 | 212.9 | 215 | 217.6 | 220.2 | 222.8 | 225 |
| 225-250 | 227.5 | 230.1 | 232.7 | 235.3 | 237.9 | 240 | 242.6 | 245.2 | 247.8 | 250 |

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดนอก

**บันทึกผลการสอบเทียบ**

1. บันทึกค่าวัดที่อ่านได้และค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผลการ สอบเทียบ ตัวอย่างตาราง บันทึกผลการสอบเทียบสำหรับไมโครมิเตอร์ที่มีช่วงการวัด 0-25 มิลลิเมตร

| ขนาดเกจบล็อค (ม.ม.) | ผลการวัด (ม.ม.) | ความผิดพลาด (ม.ม.) | ผลการสอบเทียบ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | เครื่องมือวัด | รวม |
| 0.0 | | | | |
| 2.6 | | | | |
| 5.1 | | | | |
| 7.7 | | | | |
| 10.3 | | | | |
| 12.9 | | | | |
| 15.0 | | | | |
| 17.6 | | | | |
| 20.2 | | | | |
| 22.8 | | | | |
| 25.0 | | | | |

**การประเมินผลการสอบเทียบ**

1. พิจารณาค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ใน แต่ละช่วงการวัด ดังตาราง

| ช่วงการวัด (ม.ม.) | ค่าความผิดพลาด (ไมโครเมตร) | |
|---|---|---|
| | เครื่องมือวัด | รวม |
| 0-25 | ± 2 | ± 4 |
| 25-50 | | |
| 50-75 | | ± 5 |
| 75-100 | ± 3 | |
| 100-125 | | ± 6 |
| 125-150 | | |
| 150-175 | ± 4 | ± 7 |
| 175-200 | | |
| 200-225 | | ± 8 |
| 225-250 | ± 5 | |

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดนอก

2. ในกรณีที่ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ มากกว่าค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ ให้พิจารณา ว่าค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดรวม

**<u>การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด</u>**

1. ประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

| ประเภท | สัญลักษณ์ | ที่มาของความไม่แน่นอน | ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| A | $A_1$ | ความสามารถซ้ำกันได้ของไมโครมิเตอร์ | |
| B | $B_1$ | ใบรับรองการสอบเทียบเกจบล็อค | |
| | $B_2$ | ความละเอียดของไมโครมิเตอร์ | |

2. คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ( $u_c$ )

$$u_c = \sqrt{A_1^2 + B_1^2 + B_2^2}$$

3. คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย U ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95 % ใช้ค่าตัวประกอบ( k ) เท่ากับ 2

$$U = k\, u_c$$

ตารางที่ 4.15 การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดใน

**การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดใน**

**ขอบเขต** ครอบคลุมการสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดใน ( Inside Micrometers )ดังนี้

***ประเภท***

- ไมโครมิเตอร์วัดในชนิดคาลิปเปอร์ ( Inside Micrometers - caliper type.)
- ไมโครมิเตอร์วัดในชนิดแท่งตรง (Inside Micrometers- tubular type.) ซึ่งจะสอบเทียบเฉพาะช่วงที่สามารถวัดได้ของไมโครมิเตอร์ โดยไม่รวมแท่งขยาย ( extension rod )

***ความละเอียด***

- 0.01, 0.001 มิลลิเมตร

***ช่วงของการวัด***

- 5-30, 25-50 มิลลิเมตร

**เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง**

- Gauge Block Set Class 0
  ID. No. : ABL003
- Gauge Block Set Class 1
  ID. No. : ABL002

**สถาบันมาตรฐานสากลที่สอบย้อน**

- National Research Laboratory of Metrology ( NRLM ) ประเทศญี่ปุ่น

**อุปกรณ์ประกอบ**

- ชุดช่วยการใช้งานเกจบล็อค (gauge block accessory)

**มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง**

- JIS B7544 – 1981

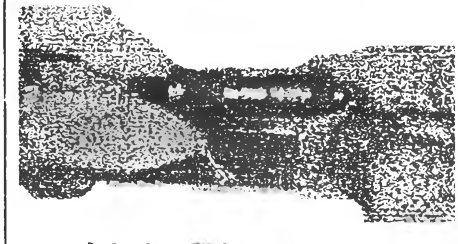
**การตรวจสอบสภาพภายนอกและการใช้งาน**

1. ส่วนที่หุ้ม หรือ สีที่เคลือบต้องไม่กะเทาะ หลุดลอก หรือมีตำหนิที่มีผล กระทบต่อการวัด
2. สเกลบอกขนาดต้องชัดเจนไม่ลบเลือน
3. ผิวหน้าวัดและระนาบอ้างอิงต้องไม่มีครีบหรือรอยขูดขีดที่จะมีผลกระทบ ต่อการวัด
4. ชิ้นส่วนที่เป็นเกลียวประกอบกันพอดี ทำให้เคลื่อนที่ได้ราบรื่นตลอดช่วงที่ สามารถเคลื่อนที่ได้

**วิธีการสอบเทียบ**

1. นำเกจบล็อคขนาดเท่ากับช่วงความสามารถในการวัดที่สั้นที่สุด ประกอบเข้ากับชุดอุปกรณ์ช่วยการใช้งานเกจบล็อคสำหรับวัดด้านในดังรูป
2. ตรวจสอบจุดศูนย์และปรับตั้งค่าศูนย์กับเกจบล็อคที่ประกอบขึ้นตามข้อ 1.
3. ประกอบเกจบล็อคเพิ่มอีกโดยให้ได้ขนาดตามตารางบันทึกผลการสอบเทียบเพื่อวัดเปรียบเทียบ
4. วัดและอ่านค่าจากไมโครมิเตอร์บันทึกในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

ไมโครมิเตอร์วัดในชนิดคาลิปเปอร์



ไมโครมิเตอร์วัดในชนิดแท่งตรง

ตารางที่ 4.15 (ต่อ) การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดใน

5. คำนวณค่าความผิดพลาด (error)บันทึกในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

ความผิดพลาด = ค่าวัดที่อ่านจากไมโครมิเตอร์วัดใน - ค่าความแตกต่างของเกจบล็อค

6. ทำซ้ำข้อ 3-5. โดยเปลี่ยนขนาดเกจบล็อค เพื่อรวมชิ้นเกจบล็อคให้ได้ ความยาวสำหรับแต่ละช่วงการวัด ดังตาราง

| **ช่วงการวัด** (มม.) | **ขนาดของเกจบล็อค** (มม.) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5-30** | - | - | 7.7 | 10.3 | 12.9 | 15 | 17.6 | 20.2 | 22.8 | 25 |
| **25-50** | 25 | 27.5 | 32.7 | 35.3 | 37.9 | 40 | 42.6 | 45.2 | 47.8 | 50 |
| **50-63** | 50 | 52.5 | 57.7 | 60.3 | 62.9 | - | - | - | - | - |

**<u>บันทึกผลการสอบเทียบ</u>**

1. บันทึกค่าวัดที่อ่านได้และค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

| **ขนาดเกจบล็อค (ม.ม.)** | **ผลการวัด(ม.ม.)** | **ความผิดพลาด(ม.ม.)** |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

**<u>การประเมินผลการสอบเทียบ</u>**

1. พิจารณาค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้

1.1 สำหรับไมโครมิเตอร์สำหรับวัดในชนิดคาลิปเปอร์ (caliper type.)

| **ช่วงการวัด** (ม.ม.) | **ค่าความผิดพลาด** (ม.ม.) |
|---|---|
| **5-30** | $\pm$ 0.005 |
| **25-50** | $\pm$ 0.006 |

ตารางที่ 4.15 (ต่อ) การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดใน

1.2 สำหรับไมโครมิเตอร์สำหรับวัดในชนิดแท่งตรง( tubular type.)

| ช่วงการวัด (ม.ม.) | ค่าความผิดพลาด (ไมโครเมตร) | |
|---|---|---|
| | เครื่องมือวัด | รวม |
| 50-63 | ± 4 | ± 7 |

2. ในกรณีที่ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้มากกว่าค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ ให้พิจารณาว่าค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดรวม

**การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด**

1. ประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

| ประเภท | สัญลักษณ์ | ที่มาของความไม่แน่นอน | ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| A | $A_1$ | ความสามารถซ้ำกันได้ของไมโครมิเตอร์ | |
| B | $B_1$ | ใบรับรองการสอบเทียบเกจบล็อก | |
| | $B_2$ | ความแม่นตรงของไมโครมิเตอร์ | |
| | $B_3$ | ความละเอียดของไมโครมิเตอร์ | |

2. คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ( $u_c$ )

$$u_c = \sqrt{A_1^2+B_1^2+B_2^2+B_3^2}$$

3. คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย U ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95 % ใช้ค่าตัวประกอบ( k ) เท่ากับ 2

$$U = k u_c$$

ตารางที่ 4.16 การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดลึก

**การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดลึก**

**ขอบเขต** ครอบคลุมการสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดลึกที่มีแกนเปลี่ยน (exchanged spindle) สำหรับวัดความลึกที่มากกว่า 25 มิลลิเมตร โดยสอบเทียบเฉพาะไมโครมิเตอร์สำหรับ วัดลึกที่ 0-25 มิลลิเมตร โดยไม่เปลี่ยนแกนวัด

***ประเภท***

- ไมโครมิเตอร์สำหรับวัดลึกที่มีแกนเปลี่ยน ( Depth micrometers with interchangeable rod type.)

***ความละเอียด***

- 0.01 มิลลิเมตร

***ช่วงของการวัด***

- 0-25,0-50,0-75,0-100,0-150 มิลลิเมตร

**เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง**

- Gauge Block Set Class 0
  ID. No. : ABL003
- Gauge Block Set Class 1
  ID. No. : ABL002

**สถาบันมาตรฐานสากลที่สอบย้อน**

- National Research Laboratory of Metrology ( NRLM ) ประเทศญี่ปุ่น

**อุปกรณ์ประกอบ**

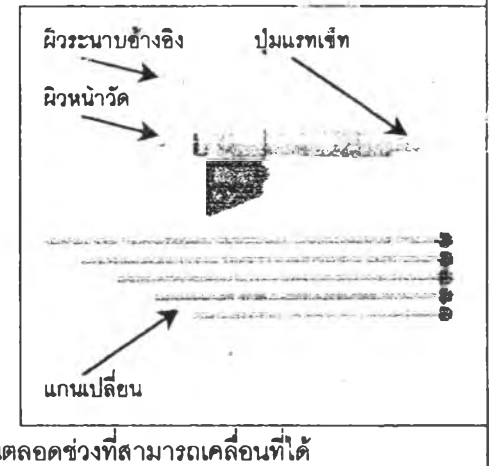
- ออพติคอล ฟแลท ( Optical Flat )

**มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง**

- JIS B7544 – 1981

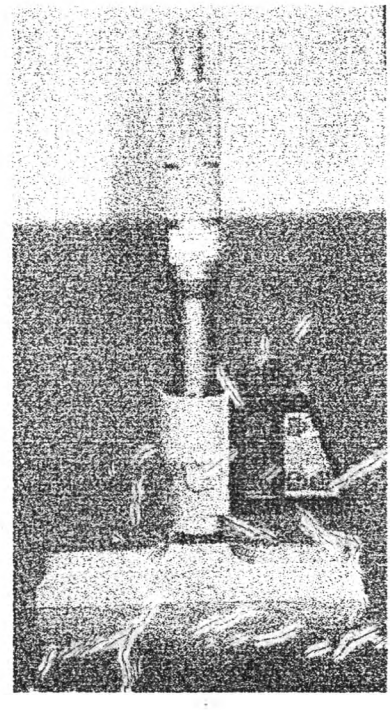
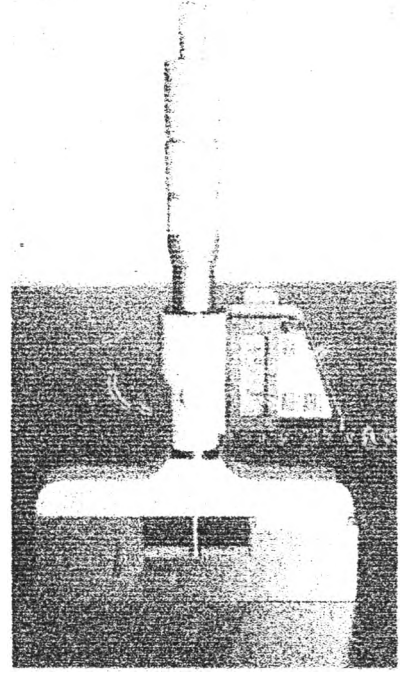
**การตรวจสอบสภาพภายนอกและการทำงาน**

1. ส่วนที่หุ้ม หรือ สีที่เคลือบต้องไม่กะเทาะ หลุดลอก หรือเป็นสนิมในจุดที่มีผลกระทบต่อการวัด
2. สเกลบอกขนาดต้องชัดเจนไม่ลบเลือน
3. ผิวหน้าวัดและระนาบอ้างอิงต้องไม่มีครีบหรือรอยชูดขีดที่จะมีผลกระทบต่อการวัด
   3.1 ตรวจสอบความราบของผิวหน้าวัด โดยใช้ optical flat จำนวนวงแดง ต้องไม่เกิน 2 วง ( ความราบไม่เกิน 0.6 ไมโครเมตร )
   3.2 ตรวจสอบความราบของผิวระนาบอ้างอิง โดยใช้ออพติคอล ฟแลท ( optical flat ) จำนวนวงแดง ต้องไม่เกิน 6 วง ( ความราบไม่เกิน 2.0 ไมโครเมตร )




4. ชิ้นส่วนที่เป็นเกลียวประกอบกันพอดี ทำให้เคลื่อนที่ได้ราบรื่นตลอดช่วงที่สามารถเคลื่อนที่ได้
5. ปุ่มแรทเช็ท( ratchet stop )สามารถหมุนได้ราบรื่น
6. สามารถเปลี่ยนแกน( spindle )ได้ง่าย และยึดติดแกนได้อย่างมั่นคง

ตารางที่ 4.16 (ต่อ) การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดลึก

<table>
<tr><td colspan="2"><u>วิธีการสอบเทียบ</u></td></tr>
<tr><td>1. ตรวจสอบจุดศูนย์ของไมโครมิเตอร์สำหรับวัดความลึก ดังรูป</td><td>  </td></tr>
<tr><td>2. นำเกจบล็อค 2 ชิ้นขนาดเท่ากันที่มีความยาวมากกว่าช่วงความสามารถในการวัดสูงสุด(ในที่นี้คือมากกว่า 25 มิลลิเมตร ) วางบนเซอร์เฟส พเลท( surface plate )และให้ผิวระนาบอ้างอิงของไมโครมิเตอร์สำหรับวัดความลึกสัมผัสกับเกจบล็อคทั้งสองอย่างสมบูรณ์<br>3. เลือกเกจบล็อคอีก 1 ชิ้นที่มีขนาดแตกต่างจากเกจบล็อคในข้อ 2 อยู่ 2.5 มิลลิเมตร มาวางสอดไประหว่างผิวหน้าวัดและเซอร์เฟส พเลท(surface plate) ดังรูป<br>4. วัดและอ่านค่าความแตกต่างบันทึกในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ</td><td>  </td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.16 (ต่อ) การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดลึก

5. คำนวณค่าความผิดพลาด (error)บันทึกในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

ความผิดพลาด = ค่าวัดที่อ่านจากไมโครมิเตอร์ – ค่าความแตกต่างของเกจบล็อค

6. ทำซ้ำข้อ 3-5. โดยเปลี่ยนขนาดเกจบล็อค ที่ทำให้ค่าความแตกต่างของเกจบล็อค เป็นดังตาราง

| ช่วงการวัด | ความแตกต่างของเกจบล็อค | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-25 | 2.5 | 5.1 | 7.7 | 10.3 | 12.9 | 15 | 17.6 | 20.2 | 22.8 | 25 |

**บันทึกผลการสอบเทียบ**

1. บันทึกค่าวัดที่อ่านได้และค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

| ขนาดเกจบล็อคที่เป็นฐาน (ม.ม.) | ขนาดเกจบล็อคที่วัด (ม.ม.) | ความแตกต่าง (ม.ม.) | ผลการวัด (ม.ม.) | ความผิดพลาด (ม.ม.) |
|---|---|---|---|---|
| | | 0.0 | | |
| | | 2.5 | | |
| | | 5.1 | | |
| | | 7.7 | | |
| | | 10.3 | | |
| | | 12.9 | | |
| | | 15.0 | | |
| | | 17.6 | | |
| | | 20.2 | | |
| | | 22.8 | | |
| | | 25.0 | | |

ตารางที่ 4.16 (ต่อ) การสอบเทียบไมโครมิเตอร์สำหรับวัดลึก

**การประเมินผลการสอบเทียบ**

1. พิจารณาค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ในแต่ละช่วงการวัด ดังตาราง

| ช่วงการวัด (ม.ม.) | ค่าความผิดพลาด (ไมโครเมตร) | |
|---|---|---|
| | เครื่องมือวัด | รวม |
| 0-25 | $\pm$ 4 | $\pm$ 7 |

2. ในกรณีที่ค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ มากกว่าค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ ให้พิจารณาว่าค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดรวม

**การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด**

1. ประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

| ประเภท | สัญลักษณ์ | ที่มาของความไม่แน่นอน | ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| A | $A_1$ | ความสามารถซ้ำกันได้ของไมโครมิเตอร์ | |
| B | $B_1$ | ใบรับรองการสอบเทียบเกจบล็อค | |
| | $B_2$ | ความแม่นยำของไมโครมิเตอร์ | |
| | $B_3$ | ความละเอียดของไมโครมิเตอร์ | |

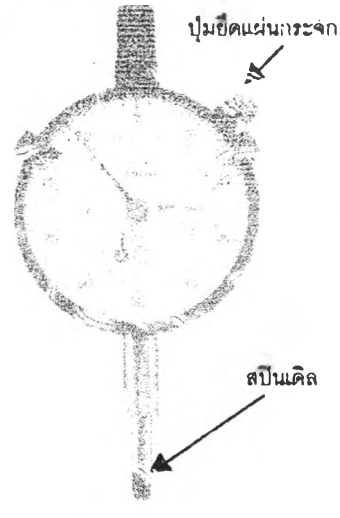
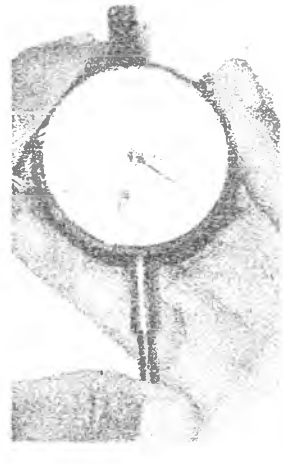
2. คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ( $u_c$ )

$$u_c = \sqrt{A_1^2 + B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}$$

3. คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย U ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95 % ใช้ค่าตัวประกอบ( k ) เท่ากับ 2

$$U = k u_c$$

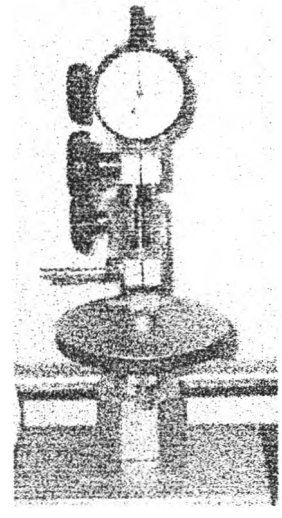
ตารางที่ 4.17 การสอบเทียบไดอัลเกจ

<table>
<tr><th colspan="2">การสอบเทียบไดอัลเกจ</th></tr>
<tr><td><u>ขอบเขต</u> ครอบคลุมการสอบเทียบไดอัลเกจ ดังนี้<br>ประเภท<br>- ไดอัลเกจ ( Dial Indicator )<br>- ไดอัลเกจแบบตัวเลข ( Digimatic Indicator )<br>ความละเอียด<br>- 0.01 มิลลิเมตร<br>ช่วงของการวัด<br>- 0-5 , 0-10 มิลลิเมตร</td><td><u>เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง</u><br>- Calibration Tester ID. No. : ACA001<br><u>สถาบันมาตรฐานสากลที่สอบย้อน</u><br>- National Research Laboratory of Metrology ( NRLM ) ประเทศญี่ปุ่น<br><u>อุปกรณ์ประกอบ</u><br>-<br><u>มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง</u><br>- JIS B7503 - 1974<br>- ISO/DIS 463 - 1996</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>การตรวจสอบสภาพภายนอกและการทำงาน</u></td></tr>
<tr><td>1. ส่วนที่หุ้มหรือสีเคลือบไม่กระเทาะหรือเป็นสนิมบริเวณที่มีผลกระทบต่อการใช้งาน<br>2. ขีดบอกค่าและตัวเลขไม่ลบเลือนสามารถอ่านค่าได้<br>3. แผ่นกระจกหน้าปัทม์ติดอยู่กับกรอบหน้าปัทม์อย่างมั่นคงไม่หลุดออกได้ง่าย และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างราบรื่นโดยไม่มีผลกระทบต่อแผ่นสเกลระบุค่าที่ติดอยู่<br>4. ปุ่มยึดแผ่นกระจกหน้าปัทม์ต้องสามารถทำงานได้<br>5. เมื่อสปินเดิล ( spindle ) อยู่ในตำแหน่งก่อนกดเข้าไป เข็มชี้จะต้องอยู่ในตำแหน่งทวนเข็มนาฬิกา จากตำแหน่ง 12 นาฬิกา เป็นระยะ 1/10 ของการเคลื่อนที่ครบรอบ ดังรูป</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>6. ทดสอบการดึงกลับของสปริงว่าสามารถทำงานได้อย่างราบรื่น ไม่มีเสียงผิดปกติ เมื่อทดลองเคลื่อนที่ตลอดช่วงการเคลื่อนที่ 2-3 ครั้ง<br>7. เมื่อกดสปินเดิล ( spindle )เข้าไป เข็มยาวจะต้องเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา ดังรูป<br>8. ระยะห่างระหว่างปลายเข็มยาวและแผ่นสเกลระบุค่า เท่ากับ 1 มิลลิเมตร และมีค่าเท่ากันตลอดช่วงการเคลื่อนที่</td><td>  </td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.17 (ต่อ) การสอบเทียบไดอัลเกจ

**วิธีการสอบเทียบ**

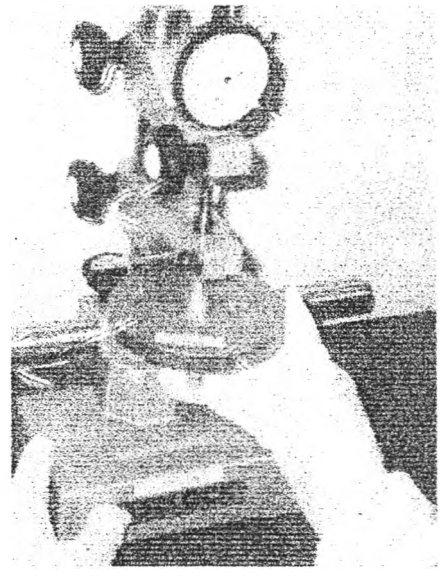
1. นำไดอัลเกจมาประกอบเข้ากับชุดแคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester ) ดังรูป
2. ตั้งค่าศูนย์ที่อุปกรณ์ทั้ง 2 ตัวโดยตั้งที่แคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester ) แล้วจึงตั้งที่ไดอัลเกจ



3. หมุนไมโครมิเตอร์ เฮด ( micrometer head ) ของแคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester ) ให้กดไดอัลเกจเพิ่มขึ้นทีละ 0.1 มิลลิเมตร
4. อ่านค่าที่วัดได้จากไดอัลเกจ บันทึกช่อง FORWARD ในใบรายงานผลการสอบเทียบ
5. คำนวณค่าความผิดพลาด (error)

**ความผิดพลาด=ค่าวัดที่อ่านจากไดอัลเกจ-ค่าของแคลิบเรชันเทสเตอร์**

6. บันทึกค่าผิดพลาดในช่อง ERROR
7. ทำซ้ำข้อ 3 - 6 จนถึงช่วง 1 มิลลิเมตร
8. หมุนไมโครมิเตอร์ เฮด ( micrometer head ) ของแคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester ) ให้เพิ่มขึ้นทีละ 0.2 มิลลิเมตรในช่วงที่มากกว่า 1 มิลลิเมตรจนถึงสุดช่วงการใช้งานของ ไดอัลเกจนั้น
7. อ่านค่าและบันทึกผลตามข้อ 4.-6.



8. ทำซ้ำข้อ 3.-7. แต่เป็นการหมุนmicrometer head ของ Calibration Tester ในทิศทางตรงข้ามกับข้อ 3. ให้กดไดอัลเกจลดลง และบันทึกผลในช่อง BACKWARD

**บันทึกผลการสอบเทียบ**

1. บันทึกค่าวัดที่อ่านได้และค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ ตัวอย่างตารางบันทึกผลการสอบเทียบสำหรับไดอัลเกจที่มีช่วงการวัด 0-5 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.17 (ต่อ) การสอบเทียบไดอัลเกจ

| ช่วงการวัด ( µm ) | บันทึกผลการวัด( µm ) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | FORWARD | ERROR | BACKWARD | ERROR |
| 0 | | | | |
| 100 | | | | |
| 200 | | | | |
| 300 | | | | |
| 400 | | | | |
| 500 | | | | |
| 600 | | | | |
| 700 | | | | |
| 800 | | | | |
| 900 | | | | |
| 1000 | | | | |
| 1200 | | | | |
| 1400 | | | | |
| 1600 | | | | |
| 1800 | | | | |
| 2000 | | | | |
| 2200 | | | | |
| 2400 | | | | |
| 2600 | | | | |
| 2800 | | | | |
| 3000 | | | | |
| 3200 | | | | |
| 3400 | | | | |
| 3600 | | | | |
| 3800 | | | | |
| 4000 | | | | |
| 4200 | | | | |
| 4400 | | | | |
| 4600 | | | | |
| 4800 | | | | |
| 5000 | | | | |

ตารางที่ 4.17 (ต่อ) การสอบเทียบไดอัลเกจ

**การประเมินผลการสอบเทียบ**

1. คำนวณค่าความเที่ยงตรง ดังต่อไปนี้

1.1 Precision of wide measuring range

ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความผิดพลาดที่มากที่สุด และน้อยที่สุดในตลอดช่วงการวัดไปข้างหน้า ( forward )

1.2 Precision of narrow measuring range

ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความผิดพลาดที่มากที่สุด และน้อยที่สุดในช่วง 0-1 มิลลิเมตรของช่วงการวัดไปข้างหน้า( forward )

1.3 Precision of the adjacent error of narrow measuring range

ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความผิดพลาดที่อยู่ติดกันที่มากที่สุดในช่วง 0-1 มิลลิเมตร

1.4 Retrace error

ค่าความแตกต่างที่มากที่สุดระหว่างค่าวัดในช่วงการวัดไปข้างหน้า( forward ) และช่วงการวัดย้อนกลับ( backward )

2. พิจารณาค่าความเที่ยงตรงที่คำนวณได้ตามข้อ 1 ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ในแต่ละช่วงการวัด ดังตาราง

| ค่าความเที่ยงตรงที่พิจารณา | ความผิดพลาดที่ยอมได้ในแต่ละช่วงการวัด(µm) | |
|---|---|---|
| | 5 ม.ม. | 10 ม.ม. |
| Precision of wide measuring range | 10 | 15 |
| Precision of narrow measuring range | 8 | |
| Precision of the adjacent error of narrow measuring range | 5 | |
| Retrace error | 3 | |

**การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด**

1. ประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

| ประเภท | สัญลักษณ์ | ที่มาของความไม่แน่นอน | ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| A | $A_1$ | ความสามารถซ้ำกันได้ของไดอัลเกจ | |
| B | $B_1$ | ใบรับรองการสอบเทียบCalibration Tester | |
| | $B_2$ | ความแม่นยำของไดอัลเกจ | |
| | $B_3$ | ความละเอียดของไดอัลเกจ | |

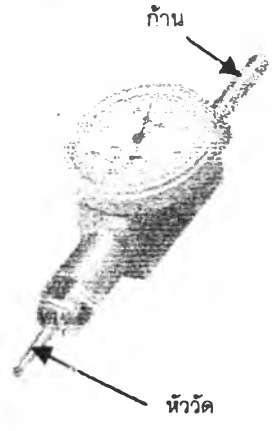
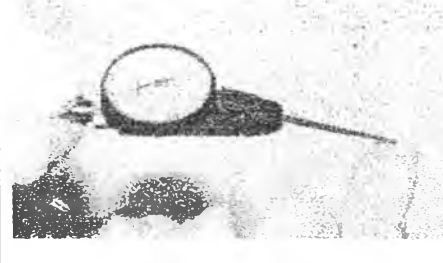
2. คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ( $u_c$ )

$$u_c = \sqrt{A_1^2 + B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}$$

3. คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย U ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95 % ใช้ค่าตัวประกอบ( k ) เท่ากับ 2

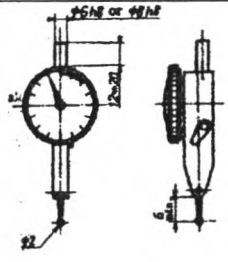
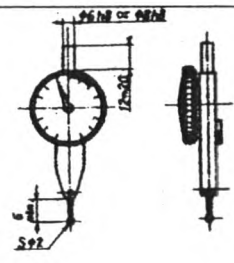
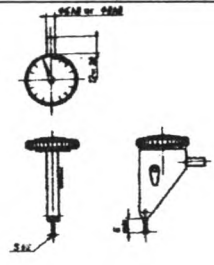
$$U = k u_c$$

ตารางที่ 4.18 การสอบเทียบไดอัล เทส อินดิเคเตอร์ ( dial test indicator )

<table>
<tr><th colspan="2">การสอบเทียบไดอัล เทส อินดิเคเตอร์ ( dial test indicator )</th></tr>
<tr><td><u>ขอบเขต</u> ครอบคลุมการสอบเทียบไดอัล เทส อินดิเคเตอร์ ( dial test indicator ) ประเภท คาน ( lever type )ดังต่อไปนี้<br>- แบบแนวนอน ( Longitudinal Type-T )<br>- แบบแนวด้านข้าง ( Horizontal Type-Y )<br>- แบบแนวดิ่ง( Vertical Type-S )<br>ความละเอียด<br>- 0.01 , 0.002 มิลลิเมตร<br>ช่วงของการวัด<br>- 0.5 , 0.8 , 1.0 ม.ม. ( สำหรับความละเอียด 0.01 ม.ม.)<br>- 0.2 , 0.28 ( สำหรับความละเอียด 0.002 ม.ม.)</td><td><u>เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง</u><br>- Calibration Tester ID. No. : ACA001<br><u>สถาบันมาตรฐานสากลที่สอบย้อน</u><br>- National Research Laboratory of Metrology ( NRLM ) ประเทศญี่ปุ่น<br><u>อุปกรณ์ประกอบ</u><br>- กระจกขยาย<br><u>มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง</u><br>- JIS B7533 - 1990<br>- ISO/DIS 9493 – 1996</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>การตรวจสอบสภาพภายนอกและการทำงาน</u></td></tr>
<tr><td>1. ส่วนที่จับหรือสัมผัสไม่กระเทาะหรือเป็นสนิมบริเวณที่มีผลกระทบต่อการใช้งาน<br>2. ขีดบอกค่าและตัวเลขไม่ลบเลือนสามารถอ่านค่าได้<br>3. แผ่นกระจกหน้าปัทม์ติดอยู่กับกรอบหน้าปัทม์อย่างมั่นคงไม่หลุดออกได้ง่าย และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างราบรื่นโดยไม่มีผลกระทบต่อแผ่นสเกลระบุค่าที่ติดอยู่<br>4. หัววัด( measuring probe ) สามารถเคลื่อนที่ได้ 90 องศาในทั้งสองทิศทาง</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>5. ตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ โดยที่เข็มชี้สามารถเคลื่อนที่ได้ครบรอบและมากกว่านั้นอีก 5 ช่องสเกล โดยเคลื่อนที่จาก จุดฐาน ( basal point ) จุดฐาน คือ จุดที่เข็มวัดเคลื่อนที่จากจุดอยู่นิ่งมา 5 ช่องสเกล โดยที่จุดฐานควรอยู่ใกล้กับก้าน ( stem )<br>6. ระยะห่างระหว่างปลายเข็มชี้ และแผ่นสเกลระบุค่าไม่เกิน 1 มิลลิเมตรและมีค่าเท่ากันตลอดช่วงการเคลื่อนที่</td><td>  </td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) การสอบเทียบไดอัล เทส อินดิเคเตอร์ ( dial test indicator )

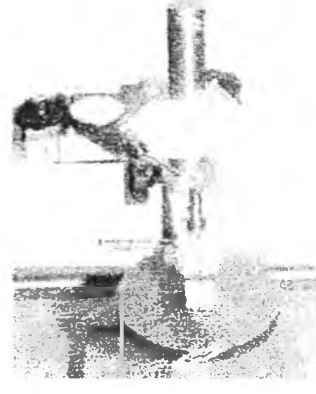
6. ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของหัววัดและเข็มชี้ของ ไดอัล เทส อินดิเคเตอร์ เป็นดังนี้

| แบบแนวนอน | แบบแนวด้านข้าง | แบบแนวดิ่ง |
|---|---|---|
|  Longitudinal Type - T |  Horizontal Type - Y |  Vertical Type - S |
| เมื่อหัววัดเคลื่อนที่จากด้านหลังของหน้าปัทม์มาด้านหน้า เข็มชี้จะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา | เมื่อหัววัดเคลื่อนที่จากขวามาซ้าย เข็มชี้จะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา | เมื่อหัววัดเคลื่อนที่จากด้านที่มีก้านยึดมาด้านตรงข้าม เข็มชี้จะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา |

**วิธีการสอบเทียบ**

1. นำไดอัล เทส อินดิเคเตอร์มาประกอบเข้ากับแคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester ) ดังรูป

2. ตั้งค่าศูนย์ที่อุปกรณ์ทั้ง 2 ตัว โดยตั้งที่แคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester )แล้วจึงตั้งที่ไดอัล เทส อินดิเคเตอร์



3. ในกรณีของไดอัลเทส อินดิเคเตอร์ที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ให้หมุนไมโครมิเตอร์ เฮด ( micrometer head )ของแคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester ) ให้กดไดอัลเทส อินดิเคเตอร์เพิ่มขึ้นทีละ 0.01 มิลลิเมตร และให้กดไดอัลเทส อินดิเคเตอร์ เพิ่มขึ้นทีละ 0.1 มิลลิเมตรในช่วงที่มากกว่า 0.1 มิลลิเมตร ( ในกรณีของไดอัลเทส อินดิเคเตอร์ที่มีความละเอียด 0.002 มิลลิเมตร ให้กดไดอัลเทส อินดิเคเตอร์ เพิ่มขึ้นทีละ 0.002 มิลลิเมตรและให้กดไดอัลเทส อินดิเคเตอร์ เพิ่มขึ้นทีละ 0.02 มิลลิเมตรในช่วงที่มากกว่า 0.02 มิลลิเมตร)

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) การสอบเทียบไดอัล เทส อินดิเคเตอร์ ( dial test indicator )

4. อ่านค่าที่วัดได้จากไดอัลเทส อินดิเคเตอร์ บันทึกช่อง FORWARD ในใบรายงานผลการสอบเทียบ

5. คำนวณค่าความผิดพลาด (error)

ความผิดพลาด=ค่าวัดที่อ่านจากไดอัลเทส อินดิเคเตอร์ –ค่าของแคลิบเรชั่น เทสเตอร์ (calibration tester )

6. บันทึกค่าผิดพลาดในช่อง ERROR

7. ทำซ้ำข้อ 3.-6. จนตลอดช่วงของการวัด

8. ทำซ้ำข้อ 3.-7. แต่เป็นการหมุนmicrometer head ของ Calibration Tester ในทิศทางตรงข้ามกับข้อ 3. ให้กดไดอัลเทส อินดิเคเตอร์ลดลง และบันทึกผลในช่อง BACKWARD

**บันทึกผลการสอบเทียบ**

1. บันทึกค่าวัดที่อ่านได้และค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ ตัวอย่างตารางบันทึกผลการสอบเทียบสำหรับไดอัลเทส อินดิเคเตอร์ความละเอียด 0.01มิลลิเมตร และมีช่วงการวัด 0-1.0 มิลลิเมตร

| ช่วงการวัด ( µm ) | บันทึกผลการวัด( µm ) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | FORWARD | ERROR | BACKWARD | ERROR |
| 0 | | | | |
| 10 | | | | |
| 20 | | | | |
| 30 | | | | |
| 40 | | | | |
| 50 | | | | |
| 60 | | | | |
| 70 | | | | |
| 80 | | | | |
| 90 | | | | |
| 100 | | | | |
| 200 | | | | |
| 300 | | | | |
| 400 | | | | |
| 500 | | | | |
| 600 | | | | |
| 700 | | | | |
| 800 | | | | |
| 900 | | | | |
| 1000 | | | | |

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) การสอบเทียบไดอัล เทส อินดิเคเตอร์ ( dial test indicator )

**การประเมินผลการสอบเทียบ**

1. คำนวณค่าความแม่นยำ ดังต่อไปนี้

1.1 *Wide-range forward accuracy.* คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความผิดพลาดที่มากที่สุด และน้อยที่สุดในตลอดช่วงการวัดไป ข้างหน้า ( forward )

1.2 *Neighboring error.* คือ ค่าความแตกต่างที่มากที่สุดระหว่างค่าความผิดพลาดที่อยู่ติดกันเป็นช่วง ( ช่วง 0.1 มม. สำหรับ ความละเอียด 0.01 มม. และช่วง 0.02 มม. สำหรับความละเอียด 0.002 มม. ) ตลอดของช่วงการวัดไป ข้างหน้า ( forward )

1.3 *Narrow range neighboring error.* คือ ค่าความแตกต่างที่มากที่สุดระหว่างค่าความผิดพลาดที่อยู่ติดกันช่วง0.1 มม. ในการวัดไปข้างหน้า ( forward ) สำหรับความละเอียด 0.01 มม. และช่วง 0.02 มม. สำหรับความละเอียด 0.002 มม.

1.4 *Backward error.* คือ ค่าความแตกต่างที่มากที่สุดระหว่างค่าวัดในช่วงการวัดไปข้างหน้า( forward ) และช่วงการวัด ย้อนกลับ( backward )

2. พิจารณาค่าความแม่นยำที่คำนวณได้ตามข้อ 1 ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ในแต่ละช่วงการวัด ดังตาราง

| ความละเอียด ( มม.) | ช่วงการวัด ( มม.) | Wide-range forward accuracy | Neighboring error | Narrow range neighboring error | Backward error |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.01 | 0.5 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| | 0.8 | 8 | | | |
| | 1.0 | 10 | | | |
| 0.002 | 0.2 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| | 0.28 | | | | |

**การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด**

1. ประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

| ประเภท | สัญลักษณ์ | ที่มาของความไม่แน่นอน | ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| A | $A_1$ | ความสามารถซ้ำกันได้ของ dial test indicator | |
| B | $B_1$ | ใบรับรองการสอบเทียบCalibration Tester | |
| | $B_2$ | ความแม่นยำของ dial test indicator | |
| | $B_3$ | ความละเอียดของ dial test indicator | |

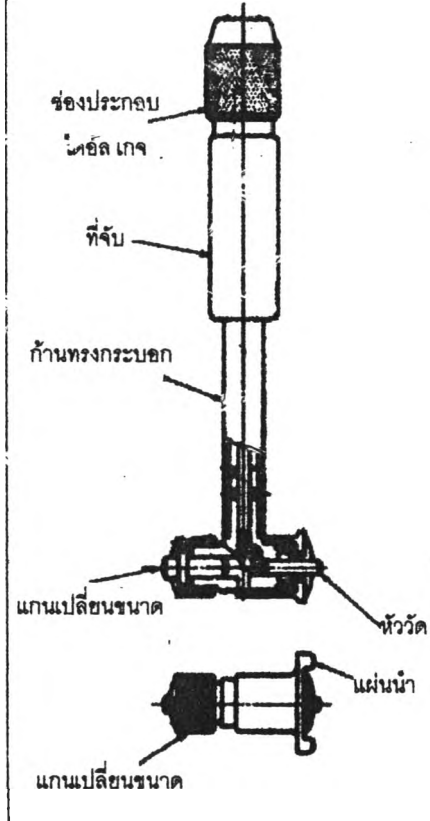
2. คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ( $u_c$ )

$$u_c = \sqrt{A_1^2+B_1^2+B_2^2+B_3^2}$$

3. คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย U ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95 % ใช้ค่าตัวประกอบ( k ) เท่ากับ 2

$$U = k u_c$$

ตารางที่ 4.19 การสอบเทียบไซลินเดอร์เกจ ( cylinder gauges )

<table>
<tr><th colspan="2">การสอบเทียบไซลินเดอร์เกจ ( Cylinder Gauges )</th></tr>
<tr><td><u>ขอบเขต</u> ครอบคลุมการสอบเทียบไซลินเดอร์เกจ ( cylinder gauges ) 2 ระดับ คือ ระดับA และระดับ B<br>ความละเอียด<br>- 0.01 , 0.001 มิลลิเมตร (ขึ้นอยู่กับ dial gauges ที่ใช้ )<br>ช่วงของการวัด<br>- 6-10 มิลลิเมตร<br>- 10-18.5 มิลลิเมตร<br>- 18-35 มิลลิเมตร<br>- 35-60 มิลลิเมตร<br>- 50-100 มิลลิเมตร</td><td><u>เครื่องมือวัดมาตรฐานอ้างอิง</u><br>- Calibration Tester ID. No. : ACA001<br>- Digital Dial Gauge ID. No. : ADI002<br><u>สถาบันมาตรฐานตากลที่สอบย้อน</u><br>- National Research Laboratory of Metrology ( NRLM ) ประเทศญี่ปุ่น<br><u>อุปกรณ์ประกอบ</u><br>-<br><u>มาตรฐานตากลที่เกี่ยวข้อง</u><br>- JIS B7515 – 1982</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>การตรวจสอบสภาพภายนอกและการทำงาน</u></td></tr>
<tr><td>1. ส่วนที่หุ้มห่อสีเคลือบไม่กระเทาะหรือเป็นสนิมบริเวณที่มีผลกระทบต่อการใช้งาน<br>2. ก้านทรงกระบอก( barrel ) ต้องมีความแข็งแรง ไม่มีการหลวมหรือไม่แน่น ซึ่งจะทำ ให้ได้รับผลกระทบจากการวัด<br>3. ช่องประกอบไดอัล เกจต้องสะอาดเรียบร้อยสามารถยึดไดอัลเกจได้อย่างมั่นคงไม่เป็นอุปสรรคต่อการวัด<br>4. เมื่อถือไซลินเดอร์เกจ ( cylinder gauges )อยู่ในตำแหน่งใดๆ หัววัด ( piunger ) และแผ่นนำ ( guide plate )ต้องสามารถทำงานได้สะดวก ไม่มีความผิดปกติเนื่องจากการเคลื่อนที่<br>5. หัววัด ( plunger )ต้องสามารถเคลื่อนที่ได้ไม่น้อยกว่า 1.4 มิลลิเมตร โดยมีตำแหน่งเริ่มต้น จากการกดหัววัด ( plunger ) ยุบเข้าไป 0.1 มิลลิเมตร และมีช่วงระยะใช้งาน1.2 มิลลิเมตร จากการเคลื่อนที่ของหัววัด ( plunger )ยุบเข้าไปอีก</td><td> 
</td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) การสอบเทียบไซลินเดอร์เกจ ( cylinder gauges )

**วิธีการสอบเทียบ**

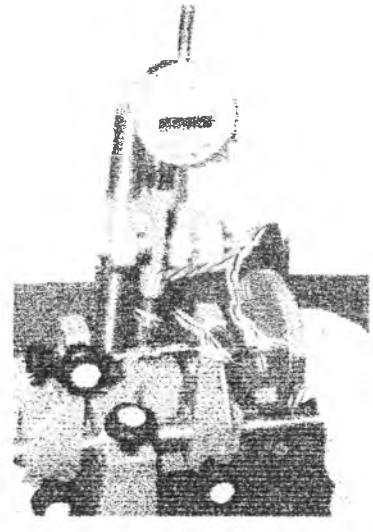
1. นำไซลินเดอร์เกจ ( cylinder gauges )มาประกอบเข้ากับไดอัล เกจมาตรฐานดังรูป

2. จากนั้นนำชุดไซลินเดอร์เกจ ( cylinder gauges ) ที่ประกอบตามข้อ 1. มาประกอบกับชุดแคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester )

3. ตั้งค่าศูนย์ที่อุปกรณ์ทั้ง 2 ตัว โดยหมุนไมโครมิเตอร์เฮด (micrometer head )ของแคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester ) ไปที่ 0 แล้วปรับสเกลของไดอัลเกจมาตรฐาน ไปที่ 0 เช่นกัน

4. หมุนไมโครมิเตอร์เฮด(micrometer head )ของแคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester )ให้หัววัด ( plunger )ยุบเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.1 มิลลิเมตร

5. อ่านค่าที่วัดได้จากไดอัลเกจ บันทึกบันทึกผลการวัด ในใบรายงานผลการสอบเทียบ



6. คำนวณค่าความผิดพลาด (error)

ความผิดพลาด = ค่าวัดที่อ่านจากไดอัล เกจ – ค่าของแคลิบเรชัน เทสเตอร์ ( calibration tester )

7. บันทึกค่าผิดพลาดในช่อง ERROR

8. ทำซ้ำข้อ 4 - 7 จนตลอดช่วงที่สามารถวัดได้ของหัววัด ( plunger ) คือ 1.2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) การสอบเทียบไซลินเดอร์เกจ ( cylinder gauges )

**บันทึกผลการสอบเทียบ**

1. บันทึกค่าวัดที่อ่านได้และค่าความผิดพลาดที่คำนวณได้ลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบ

| ช่วงการวัด ( μm ) | บันทึกผลการวัด( μm ) | |
|---|---|---|
| | ผลการวัด | ERROR |
| 0 | | |
| 100 | | |
| 200 | | |
| 300 | | |
| 400 | | |
| 500 | | |
| 600 | | |
| 700 | | |
| 800 | | |
| 900 | | |
| 1000 | | |
| 1100 | | |
| 1200 | | |

**การประเมินผลการสอบเทียบ**

1. คำนวณค่าความแม่นยำ ดังต่อไปนี้

   1.1 *Wide-range accuracy.* คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความผิดพลาดที่มากที่สุด และน้อยที่สุดตลอดช่วงการวัด

   1.2 *Adjacent error.* คือ ค่าความแตกต่างที่มากที่สุดระหว่างค่าความผิดพลาดที่อยู่ติดกันเป็นช่วง ( ช่วง 0.1 มิลลิเมตร ) ตลอดของช่วงการวัด

2. พิจารณาค่าความแม่นยำที่คำนวณได้ตามข้อ 1 ต้องไม่เกินค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้สำหรับทุกช่วงการวัด ดังตาราง

| ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่สามารถยอมได้ ( μm) | | | |
|---|---|---|---|
| Wide-range accuracy | | Adjacent error | |
| Grade A | Grade B | Grade A | Grade B |
| 5 | 10 | 2 | 4 |

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) การสอบเทียบไซลินเดอร์เกจ ( cylinder gauges )

**<u>การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด</u>**

1. ประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

| ประเภท | สัญลักษณ์ | ที่มาของความไม่แน่นอน | ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| A | $A_1$ | ความสามารถซ้ำกันได้ของ dial gauge | |
| B | $B_1$ | ใบรับรองการสอบเทียบCalibration Tester | |
| | $B_2$ | ความแม่นยำของ dial gauge | |
| | $B_3$ | ความละเอียดของ dial gauge | |
| | $B_4$ | ความคลาดเคลื่อนของ guide plate | |

2. คำนวณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ( $u_c$ )

$$u_c = \sqrt{A_1^2 + B_1^2 + B_2^2 + B_3^2 + B_4^2}$$

3. คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย U ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95 % ใช้ค่าตัวประกอบ( k ) เท่ากับ 2

$$U = k u_c$$