



NSC-ONSC

Publication Reference

GLA-21

ข้อเสนอแนะการสอบเทียบ เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier calipers)

พิสัยการวัด 0 mm ถึง 1 000 mm

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 0-2202-3491

โทรสาร 0-2354-3045

รายชื่อคณะกรรมการขออนุญาตสอบเทียบเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ (Vernier calipers)

คณะกรรมการ

นายสมโภชน์ บุญสุนิต	กรมวิทยาศาสตร์บริการ
นางมลฤดี เรณูสวัสดิ์	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
นางสาวเกษญา วัชรระนุกุล	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
นายมิตร วีระธรรม	สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)
นายไพรัช กองศรี	สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
นายสำเนา ทงม่น	บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) (ฝ่ายช่าง)
นายอนุพันธ์ โตเชื้อ	บริษัท โปรเฟสชั่นแนล แคลิเบรชั่น แอนด์ เซอร์วิส เซส จำกัด
นางสาวกิริณา เหลืองศิริฤ	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายอติคม เกิดศิริ	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นางสาวเพ็ญศิริ ลิ้มวัฒนาภรณ์	สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะกรรมการและเลขานุการ

นางอุทุมพร แก้วน้ำดี	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
นายคมสัน ยังจรรยา	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
นายสมิทธิ จำรัสศรี	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
นางสาวนันทน์หทัย สงบพันธ์	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
นายภาณุพล อัครเดโชชัย	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การสอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers โดย Gauge Block

1. วัตถุประสงค์

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางวิธีการสอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers โดยใช้ Gauge block เป็นมาตรฐานอ้างอิง

2. ขอบเขต

External measurement

พิสัย	ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด
0 mm to 300 mm	16 μ m
> 300 mm to 450 mm	18 μ m
> 450 mm to 600 mm	21 μ m
> 600 mm to 1000 mm	30 μ m

3. นิยาม

- UUC = Unit Under Calibration (Vernier, Dial and Digital Calipers) หมายถึง เครื่องมือที่นำมาสอบเทียบ

4. หลักการ

- การเปรียบเทียบค่าที่ขั้วออกของ UUC กับ ค่าความยาวมาตรฐานอ้างอิงของ Gauge block

5. มาตรฐานอ้างอิง

- JIS B 7507 : 1993 ; Vernier, Dial and Digital Calipers
- JIS B 7518 : 1993 ; Vernier, Dial and Digital Depth Gauges
- EA-4/02 : 2013 ; Expression of uncertainty of measurement in calibration
- JIS B 7506 : 2004 ; Gauge blocks
- ISO 3650 : 1998 ; Geometrical product specifications (GPS)-Length standards-Gauge blocks

6. เครื่องมือมาตรฐานและอุปกรณ์ที่ใช้

- 6.1 Gauge Block Set ขนาด 0 mm ถึง 1 000 mm และมีค่าความแม่นยำไม่ต่ำกว่า grade 2
- 6.2 Rectangular Gauge Block Accessory (Flat Jaws and Gauge Block Holder),
- 6.3 Granite Surface Plate
- 6.4 Digital Thermometer-Hygrometer
- 6.5 อุปกรณ์ทำความสะอาด

7. สภาวะแวดล้อมในการสอบเทียบเครื่องมือ

- 7.1 อุณหภูมิของห้องสอบเทียบ (20 ± 2)°C
- 7.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสอบเทียบ (55 ± 15) %

8. ขั้นตอนการปฏิบัติก่อนและหลังสอบเทียบ

8.1 การเตรียม Gauge Block

- 8.1.1 เลือกขนาดของ Gauge Block ตามจุดสอบเทียบ UUC
- 8.1.2 เตรียมใบแบบฟอร์มบันทึกผลการสอบเทียบ
- 8.1.3 ตรวจสอบวันหมดอายุของ Gauge Block
- 8.1.4 ทำความสะอาด Gauge Block โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด

8.2 การเตรียม Flat Jaws และ Gauge Block Holder

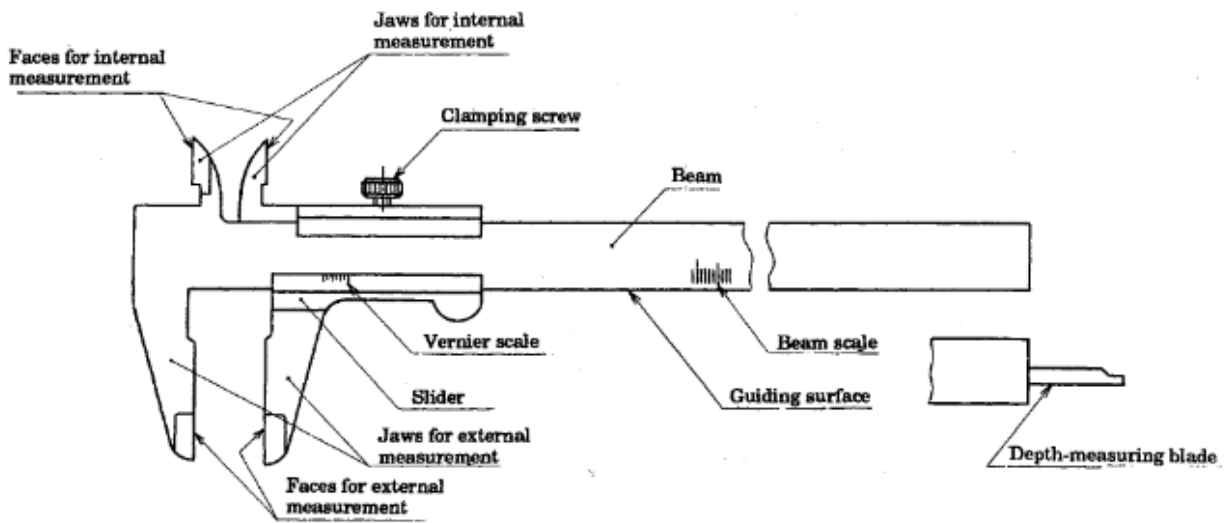
- 8.2.1 เลือก Gauge Block Holder ขนาดที่เหมาะสมกับ UUC
- 8.2.2 ทำความสะอาด Flat Jaws และ Gauge Block Holder โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด

8.3 การเตรียม UUC

- 8.3.1 ทำความสะอาดโดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดก่อนสอบเทียบ
- 8.3.2 ปรับตั้งศูนย์ UUC
- 8.3.3 ตรวจสอบลักษณะทั่วไปของ UUC ดังรูปที่ 1 ลงบันทึกสภาพใบแบบฟอร์ม
- 8.3.4 ทำความสะอาดโดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดหลังการสอบเทียบเสร็จ

8.4 การทำความสะอาดและการจัดเก็บหลังการสอบเทียบ

ทำความสะอาด Gauge Block, Gauge Block Holder, Flat Jaw และ UUC ก่อนดำเนินการป้องกันการเป็นสนิมด้วยวิธีการที่เหมาะสมและจัดเก็บในบริเวณที่สะอาด



รูปที่ 1 ลักษณะทั่วไปของ UUC

9. บันทึกวัน เวลา อุณหภูมิ ความชื้น ลงในแบบฟอร์ม

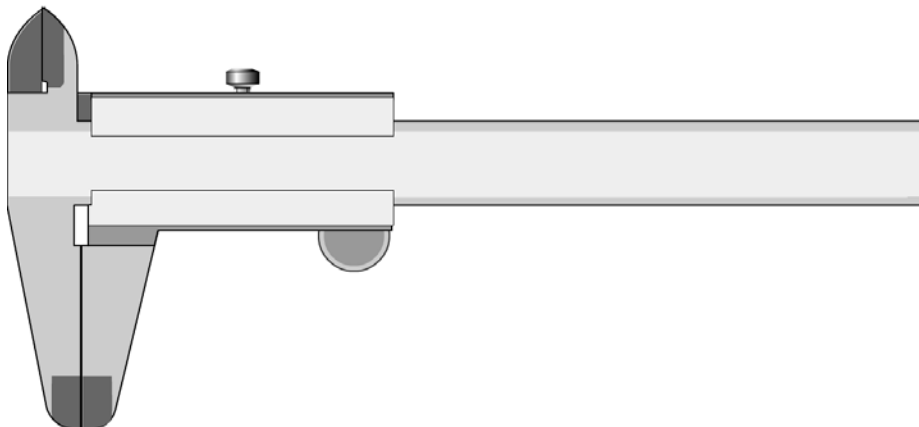
9.1 บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับ UUC เครื่องมือมาตรฐาน อุปกรณ์ วัน เวลา และอุณหภูมิและความชื้นก่อนและหลังการสอบเทียบ

9.2 บันทึกการตรวจสอบสภาพเบื้องต้นของ UUC

10. การสอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers

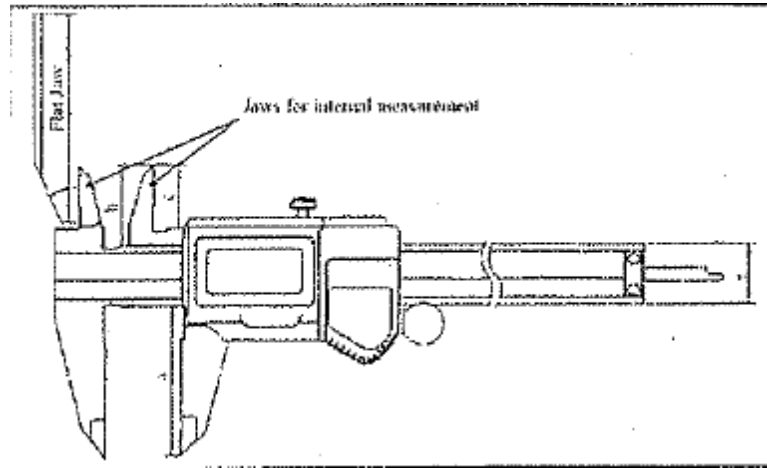
10.1 การตรวจสอบค่าความเรียบปากวัด (Flatness Inspection) ของ UUC

10.1.1 ตรวจสอบความเรียบปากวัดนอก โดยการเลื่อนผิวหน้าปากวัดนอกของ UUC ให้ประกบกันดังรูปที่ 2 แล้วสังเกตแสงลอดผ่าน (ปากวัดนอกของ UUC ที่อยู่ในสภาพปกติต้องไม่มีแสงลอดผ่าน หากพบว่ามีแสงลอดผ่านให้ทดสอบด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อหาค่าความเรียบ) และทำการบันทึกผลลงในแบบฟอร์มการสอบเทียบ



รูปที่ 2 ลักษณะการตรวจสอบความเรียบปากวัดนอกของ UUC

10.1.2 ตรวจสอบความเรียบปากวัดใน โดยวาง Flat Jaw ให้สัมผัสกับผิวหน้าของปากวัดในของ UUC ดังรูปที่ 3 แล้วสังเกตแสงลอดผ่าน (ปากวัดในของ UUC ที่อยู่ในสภาพปกติต้องไม่มีแสงลอดผ่าน หากพบว่ามีแสงลอดผ่านให้ทดสอบด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อหาค่าความเรียบ) โดยตรวจสอบทั้งสองด้านของปากวัดในและทำการบันทึกผลลงในแบบฟอร์มการสอบเทียบ



รูปที่ 3 ลักษณะการตรวจสอบความเรียบปากวัดในของ UUC

10.2 การตรวจสอบค่าความขนานปากวัด (Parallelism Inspection) ของ UUC

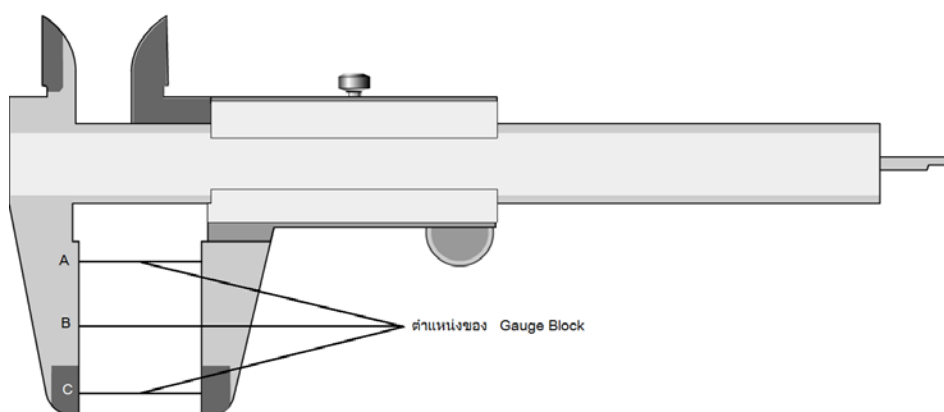
10.2.1 การตรวจสอบค่าความขนานของปากวัดนอก

10.2.1.1 วาง Gauge Block ขนาดประมาณช่วงต้น ช่วงกลาง และช่วงปลายของพิสัย

ระหว่างผิวหน้าสัมผัสปากวัดนอกของ UUC ณ ตำแหน่ง A,B และ C ดังรูปที่ 4 และปรับผิวหน้าสัมผัสของ UUC ให้สัมผัสกับ Gauge Block อ่านค่าจาก UUC และบันทึกผลการสอบเทียบลงในตารางบันทึกผลการสอบเทียบในแบบฟอร์ม

10.2.1.2 คำนวณหาค่าความขนาน ในแต่ละช่วงและบันทึกค่าความขนานลงในแบบฟอร์ม

โดยกำหนดให้ค่าความขนาน = ค่าที่อ่านได้สูงสุด - ค่าที่อ่านได้ต่ำสุด (Maximum-Minimum)



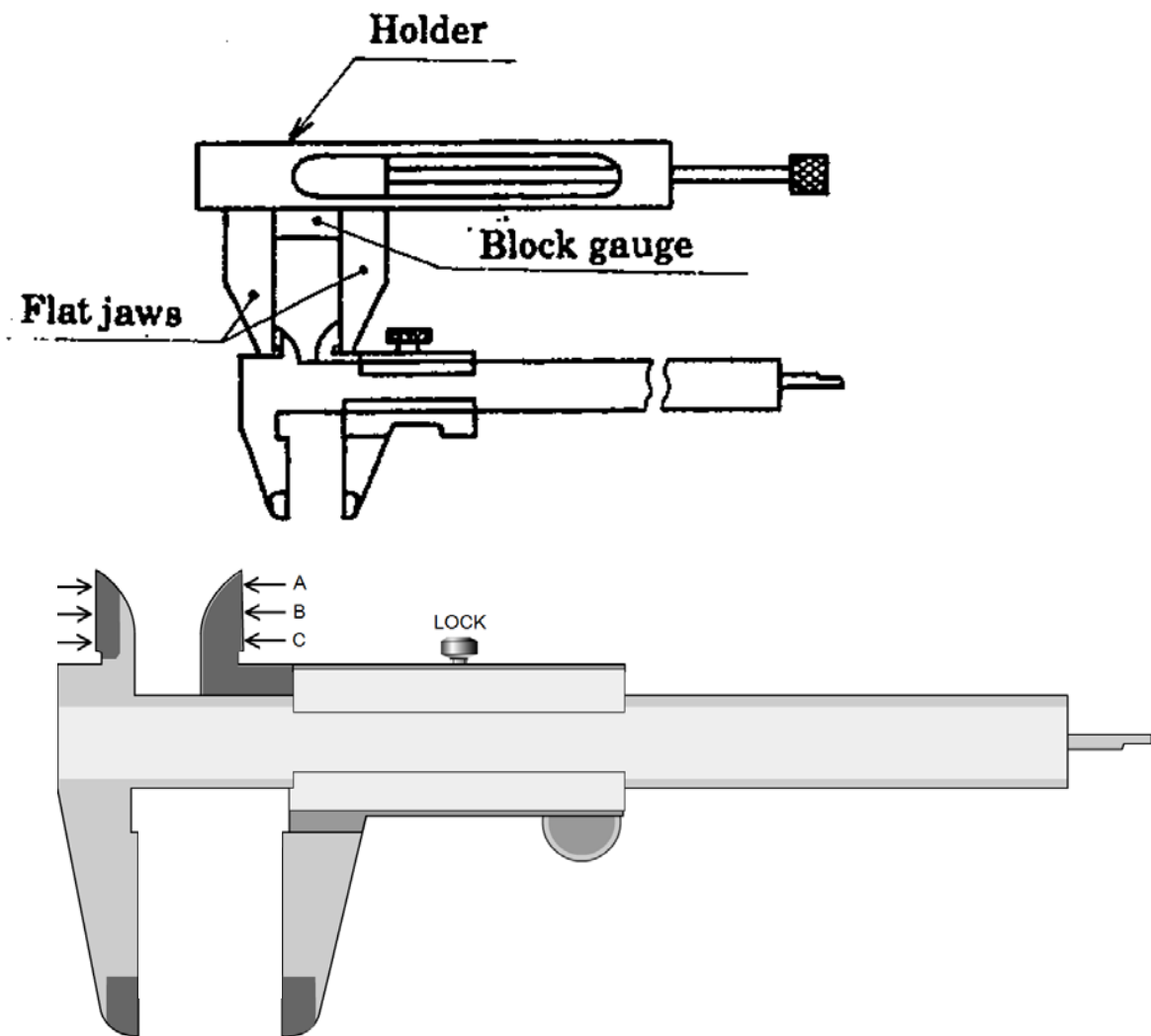
รูปที่ 4 ลักษณะการตรวจสอบค่าความขนานปากวัดนอกของ UUC

10.2.2 การตรวจสอบค่าความขนานของปากวัดใน

10.2.2.1 เตรียม Gauge Block ขนาดประมาณช่วงต้น ช่วงกลาง และช่วงปลายของพิสัยของ Caliper ที่ทำการวัด และประกบทั้งสองด้านของ Gauge block ด้วย Flat Jaws

10.2.2.2 ตรวจสอบความขนานของปากวัดใน โดยวัดความกว้างของช่องว่างที่เกิดจากการเตรียมตามข้อ 10.2.2.1 ณ ตำแหน่ง A, B และ C ดังรูปที่ 5 และบันทึกผลลงในแบบฟอร์มการสอบเทียบ

10.2.2.3 คำนวณหาค่าความขนาน ในแต่ละช่วงและบันทึกค่าความขนานลงในแบบฟอร์ม โดยกำหนดให้ค่าความขนาน = ค่าที่อ่านได้สูงสุด - ค่าที่อ่านได้ต่ำสุด (Maximum-Minimum)



รูปที่ 5 ลักษณะการตรวจสอบค่าความขนานปากวัดในของ UUC

10.3 การสอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers ด้วย Gauge Block

10.3.1 สอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers (External Measurement)

10.3.1.1 กำหนดจุดสอบเทียบไม่น้อยกว่า 5 จุด โดยครอบคลุมช่วงพิสัยการวัดทั้งสเกลหลัก

และสเกลย่อย

หมายเหตุ ตัวอย่างพิสัยการวัด 0 mm ถึง 150 mm เช่น 10.3, 22.8, 50, 100, 150 mm

ตัวอย่างพิสัยการวัด 0 mm ถึง 300 mm เช่น 10.3, 22.8, 100, 200, 300 mm

10.3.1.2 วาง Gauge Block ระหว่างผิวสัมผัสปากวัดนอกของ UUC เลื่อนให้ผิวหน้าสัมผัสปากวัดนอกของ UUC สัมผัส Gauge Block อ่านค่าจาก UUC ดังรูปที่ 6 และบันทึกผลลงในแบบฟอร์มการสอบเทียบ

10.3.1.3 ทำซ้ำตามข้อ 10.3.1.2 จบครบ 4 ครั้ง

10.3.1.4 เปลี่ยนขนาด Gauge Block ตามจุดสอบเทียบที่กำหนดตามข้อ 10.3.1.1 และทำซ้ำข้อ 10.3.1.2 ถึง 10.3.1.3 จนครบทุกตำแหน่งของการสอบเทียบ

10.3.1.5 คำนวณหาค่าเฉลี่ย (l_x) จากสมการ

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = l_x$$

เมื่อ \bar{x} คือค่าเฉลี่ยของการวัด

x_i คือค่าที่ได้จากการวัดครั้งที่ i ; $i = 1, 2, 3, \dots, n$

n คือจำนวนครั้งของการวัด

10.3.1.6 คำนวณหาค่าแก้ (Correction) จากสมการ

$$C_x = l_s - l_x$$

เมื่อ C_x คือค่าแก้ของ UUC

l_s คือค่าจริงของ Gauge block ที่อุณหภูมิอ้างอิง (20 °C)

l_x คือความยาวที่อ่านได้จาก UUC

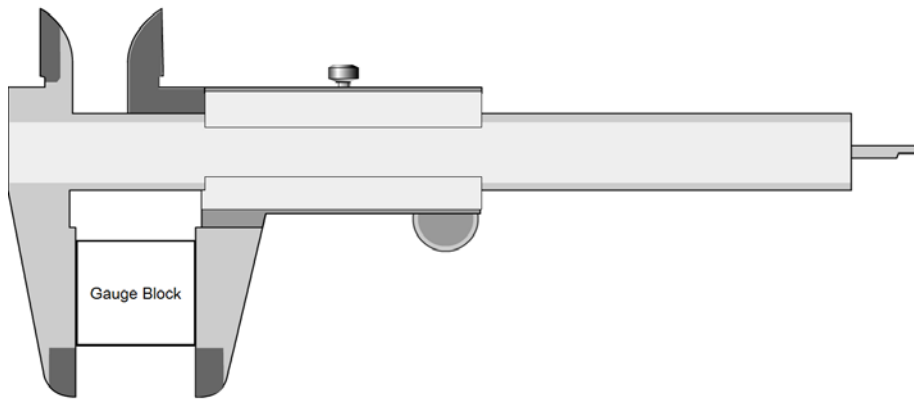
10.3.1.7 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

เมื่อ σ_{n-1} คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด

- \bar{x} คือค่าเฉลี่ยของการวัด
- x_i คือค่าที่ได้จากการวัดครั้งที่ $i ; i = 1, 2, 3, \dots, n$
- n คือจำนวนครั้งของการวัด

10.3.1.8 คำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty)



รูปที่ 6 ลักษณะการสอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers (External Measurement)

10.3.2 สอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers (Internal Measurement)

10.3.2.1 กำหนดจุดสอบเทียบอย่างน้อย 1 จุด

10.3.2.2 วาง Gauge Block ขนาดตามจุดสอบเทียบที่กำหนดใน Gauge Block Holder ประกอบทั้งสองด้านของ Gauge block ด้วย Flat Jaws ทำการล็อก Gauge Block Holder

10.3.2.3 เลื่อนผิวสัมผัสปากวัดใน ให้สัมผัสกับ Flat Jaws แล้วเลื่อนหาจุดที่ค่าซึ่งบอกต่ำสุด โดยอ่านค่าที่ UUC ดังรูปที่ 9 และบันทึกผลลงในแบบฟอร์มการสอบเทียบ

10.3.2.4 ทำซ้ำตามข้อ 10.3.2.3 จนครบ 4 ครั้ง

10.3.2.5 คำนวณหาค่าเฉลี่ย (Average) จากสมการ

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = l_x$$

- เมื่อ \bar{x} คือค่าเฉลี่ยของการวัด
- x_i คือค่าที่ได้จากการวัดครั้งที่ $i ; i = 1, 2, 3, \dots, n$
- n คือจำนวนครั้งของการวัด

10.3.2.6 คำนวณหาค่าแก้ (Correction) จากสมการ

$$C_x = l_s - l_x$$

เมื่อ C_x คือค่าแก้ของ UUC

l_s คือค่าจริงของ Gauge block ที่อุณหภูมิอ้างอิง (20 °C)

l_x คือความยาวที่อ่านได้จาก UUC

10.3.2.7 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

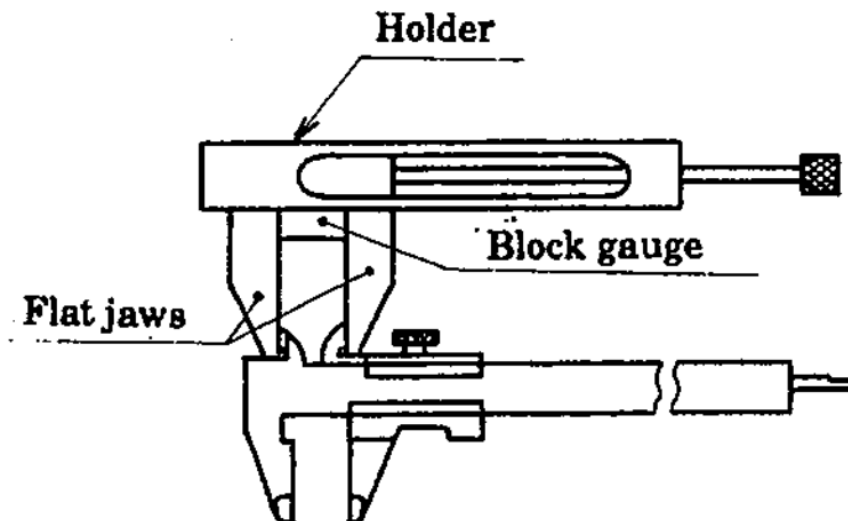
เมื่อ σ_{n-1} คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด

\bar{x} คือค่าเฉลี่ยของการวัด

x_i คือค่าที่ได้จากการวัดครั้งที่ $i ; i = 1, 2, 3, \dots, n$

n คือจำนวนครั้งของการวัด

10.3.2.8 คำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty)



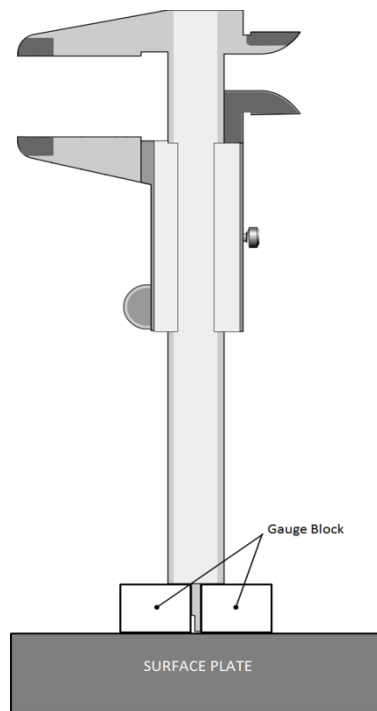
รูปที่ 9 ลักษณะการสอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers (Internal Measurement)

10.3.3 สอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers (Depth Measurement)

10.3.3.1 กำหนดจุดสอบเทียบอย่างน้อย 1 จุด

10.3.3.2 วาง Gauge Block ขนาดตามที่กำหนดบน Surface Plate

10.3.3.3 วัดความหนาของ Gauge Block บน Surface Plate โดย Set Zero ที่ปากวัดนอก และใช้ก้านวัดวัดความหนาของ Gauge Block ดังรูปที่ 10 และบันทึกผลลงในแบบฟอร์มการสอบเทียบ



รูปที่ 10 ลักษณะการสอบเทียบ Vernier, Dial and Digital Calipers (Depth Measurement)

10.3.3.4 ทำซ้ำ 10.3.3.3 จนครบ 4 ครั้ง

10.3.3.5 คำนวณหาค่าเฉลี่ย จากสมการ

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = l_x$$

เมื่อ \bar{x} คือค่าเฉลี่ยของการวัด

x_i คือค่าที่ได้จากการวัดครั้งที่ $i ; i = 1, 2, 3, \dots, n$

n คือจำนวนครั้งของการวัด

10.3.3.6 คำนวณหาค่าแก้ (Correction) จากสมการ

$$C_x = l_s - l_x$$

เมื่อ C_x คือค่าแก้ของ UUC

l_s คือค่าจริงของ Gauge block ที่อุณหภูมิอ้างอิง (20 °C)

l_x คือความยาวที่อ่านได้จาก UUC

10.3.3.7 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

เมื่อ σ_{n-1} คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด

\bar{x} คือค่าเฉลี่ยของการวัด

x_i คือค่าที่ได้จากการวัดครั้งที่ i ; $i = 1, 2, 3, \dots, n$

n คือจำนวนครั้งของการวัด

10.3.3.8 คำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty)

11. การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ

สามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ของค่าแก้ (Correction) External Measurement ของ UUC และสาเหตุที่ทำให้ผลการวัดเกิดความไม่แน่นอนดังสมการต่อไปนี้

$$C_x = l_s - l_x + \delta l_{ds} - L \times \bar{\alpha} \times \Delta t + \delta l_{ix} - \delta l_M$$

C_x ค่าแก้ของ UUC

l_s ความยาวของ Gauge block ที่อุณหภูมิอ้างอิง ($t_0=20^\circ\text{C}$)

l_x ความยาวที่อ่านได้จาก UUC

δl_{ds} ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการเลื่อนค่าของ Gauge Block

L ค่าที่ระบุ (Nominal Length)

$\bar{\alpha}$ ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุระหว่าง UUC กับ Gauge Block

Δt ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง UUC กับ Gauge Block (ใช้ค่าการแปรปรวนของอุณหภูมิห้อง $\pm 2^\circ\text{C}$)

δl_{ix} ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากความละเอียดของ UUC

δl_M ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการโครงสร้างของ UUC

11.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอน Type A

11.1.1 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำ ($u(l_x)$) จากสมการ

$$u(l_x) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ σ_{n-1} คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด

n คือจำนวนครั้งของการวัด

11.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอน Type B

11.2.1 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจาก Gauge block $u(l_s)$ ให้นำค่าความไม่แน่นอนจากใบรับรองการสอบเทียบ มีการกระจายแบบ normal

$$u(l_s) = \frac{\text{ค่าความไม่แน่นอนจากใบรับรอง}}{k}$$

11.2.2 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจาก Stability ของ Gauge Block; (δl_{ds}) : เนื่องจาก Gauge Block ที่ใช้มีทั้ง Grade 1 และ Grade 2 ดังนั้นจึงใช้ค่า Dimensional Stability : ISO 3650 : 1998 Grade 1 ในการประเมินค่าความไม่แน่นอน ซึ่งมีการแจกแจงเป็นแบบ Rectangular

$$u(\delta l_{ds}) = \frac{(0.05 \mu\text{m} + 0.5 \times 10^{-6} \times L) \times Y}{\sqrt{3}}$$

L ค่าที่ระบุ (Nominal length ; in mm)

Y ช่วงระยะเวลาของการส่งสอบเทียบของ Gauge Block ในหน่วยปี

11.2.3 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากอุณหภูมิ ให้มีการกระจายเป็นแบบ Rectangular ; $u(\Delta t)$

$$u(\Delta t) = \frac{\Delta t}{\sqrt{3}} \times L \times \bar{\alpha}$$

Δt ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง UUC กับ Gauge Block (ใช้ค่าการแปรปรวนของอุณหภูมิ $\pm 2^\circ\text{C}$)

L ค่าที่ระบุ (Nominal Length)

$\bar{\alpha}$ ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุระหว่าง UUC (α_x) กับ Gauge block (α_s) ; $\bar{\alpha} = \frac{\alpha_s + \alpha_x}{2}$

11.2.4 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของ UUC ให้มีการกระจายเป็นแบบ Rectangular ; $u(\delta l_{ix})$

$$u(\delta l_{ix}) = \frac{(\text{Resolution of caliper})/2}{\sqrt{3}}$$

11.2.5 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากโครงสร้าง Mechanical Effects ของ UUC $u(\delta l_M)$ เช่น Force, Abbe Error, Flatness and Parallel Error of Measurement Faces เป็นต้น ให้มีการแจกแจงเป็นแบบ Rectangular

$$u(\delta l_M) = \frac{(\text{Resolution of Caliper})}{\sqrt{3}}$$

11.3 การประเมินค่าความไม่แน่นอนรวม (Combined uncertainty) ; $u_c(y)$ เป็นค่าความไม่แน่นอนอันเนื่องจากสาเหตุต่างๆ ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้หลักการของ Root sum square ดังนี้

$$u_c(y) = \sqrt{u^2(l_x) + u^2(l_s) + u^2(\delta l_{ds}) + u^2(\Delta t) + u^2(\delta l_{ix}) + u^2(\delta l_M)}$$

11.4 การประเมินค่า Coverage Factor, k

Welch-Satterthwaite Equation

$$v_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4}{v_i}}$$

และสามารถหาค่า Coverage Factor, k จาก t-distribution

Degrees of freedom ν	Values of $t_p(\nu)$ from the t -distribution for degrees of freedom ν that define an interval that encompasses specified fractions p of the corresponding distribution					
	$p = 68.27\%$	$p = 90\%$	$p = 95\%$	$p = 95.45\%$	$p = 99\%$	$p = 99.73\%$
1	1.84	6.31	12.71	13.97	63.66	235.80
2	1.32	2.92	4.30	4.53	9.92	19.21
3	1.20	2.35	3.18	3.31	5.84	9.22
4	1.14	2.13	2.78	2.87	4.60	6.62
5	1.11	2.02	2.57	2.65	4.03	5.51
6	1.09	1.94	2.45	2.52	3.71	4.90
7	1.08	1.89	2.36	2.43	3.50	4.53
8	1.07	1.86	2.31	2.37	3.36	4.28
9	1.06	1.83	2.26	2.32	3.25	4.09
10	1.05	1.81	2.23	2.28	3.17	3.96
11	1.05	1.80	2.20	2.25	3.11	3.85
12	1.04	1.78	2.18	2.23	3.05	3.76
13	1.04	1.77	2.16	2.21	3.01	3.69
14	1.04	1.76	2.14	2.20	2.98	3.64
15	1.03	1.75	2.13	2.18	2.95	3.59
16	1.03	1.75	2.12	2.17	2.92	3.54
17	1.03	1.74	2.11	2.16	2.90	3.51
18	1.03	1.73	2.10	2.15	2.88	3.48
19	1.03	1.73	2.09	2.14	2.86	3.45
20	1.03	1.72	2.09	2.13	2.85	3.42
25	1.02	1.71	2.06	2.11	2.79	3.33
30	1.01	1.70	2.04	2.09	2.75	3.27
35	1.01	1.70	2.03	2.07	2.72	3.23
40	1.01	1.68	2.02	2.06	2.70	3.20
45	1.01	1.68	2.01	2.06	2.69	3.18
50	1.01	1.68	2.01	2.05	2.68	3.16
100	1.005	1.660	1.984	2.025	2.626	3.077
∞	1.000	1.645	1.960	2.000	2.576	3.000

รูปที่ 11 t-distribution table

11.5 การประเมินค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty) ; $U_{95\%}(y)$

$$U_{95\%}(y) = k \times u_c(y)$$

ตัวอย่าง ตารางบันทึกผลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด (External Measurement)

ในช่วง 0 mm ถึง 300 mm

Symbol	Source of Uncertainty	Uncertainty Value	Probability Distribution	Divisor	Sensitivity Coefficient	Standard Uncertainty	Degree of Freedom
$u(l_x)$	Repeatability of 4 Measurement	0 μm	Normal	1	1	0.000 μm	3
$u(l_s)$	Uncertainty of Gauge Block	0.58 μm	Normal	2	1	0.290 μm	∞
$u(\delta l_{ds})$	Stability of Gauge Block	0.20 μm	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.115 μm	∞
$u(\Delta t)$	Temperature	2 $^{\circ}\text{C}$	Rectangular	$\sqrt{3}$	3.450 $\mu\text{m}/^{\circ}\text{C}$	3.984 μm	∞
$u(\delta l_{ix})$	Resolution of caliper	5 μm	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	2.887 μm	∞
$u(\delta l_M)$	Mechanical effect	10 μm	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	5.774 μm	∞
$u_c(y)$	Combined standard uncertainty		Normal			7.592 μm	> 500
$u_{95\%}(y)$	Expanded Uncertainty		Normal (k=2)			15.184 μm	∞

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

-

แบบบันทึก

- แบบบันทึกผลการสอบเทียบ

- Certificate

ระยะเวลาจัดเก็บ

- 3 ปี