



NSC-ONSC

---

Publication Reference

GLA-22

---

ข้อเสนอแนะการสอบเทียบไมโครมิเตอร์คาลิปเปอร์แบบวัดนอก (Micrometer calipers for external measurement) พิสัยการวัด 0 mm ถึง 1 000 mm

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ ๑ 10400

โทรศัพท์ 0-2202-3491

โทรสาร 0-2354-3045

GLA-22-00

30/06/2558

1/16

## รายชื่อผู้จัดทำเอกสารข้อเสนอแนะการสอบเทียบไมโครมิเตอร์คาลิปเปอร์แบบวัดนอก

### คณะทำงาน

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 เซอร์วิสเสส จำกัด
นางสาวกิริณา เหลืองศิริฤ	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายอติคม เกิดศิริ	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นางสาวเพ็ญศิริ ลิ้มวัฒนาภรณ์	สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

### คณะทำงานและเลขานุการ

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

## การสอบเทียบ Micrometer caliper for external measurement โดย Gauge block

### 1. วัตถุประสงค์

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางวิธีการสอบเทียบ Micrometer caliper for external measurement โดยใช้ Gauge block เป็นมาตรฐานอ้างอิง

### 2. ขอบเขต

พิสัย	ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด
0 mm to 25 mm	1.1 $\mu\text{m}$
> 25 mm to 50 mm	1.6 $\mu\text{m}$
> 50 mm to 75 mm	2.2 $\mu\text{m}$
> 75 mm to 100 mm	2.3 $\mu\text{m}$
> 100 mm to 125 mm	3.5 $\mu\text{m}$
> 125 mm to 150 mm	4.1 $\mu\text{m}$
> 150 mm to 175 mm	4.8 $\mu\text{m}$
> 175 mm to 200 mm	5.4 $\mu\text{m}$
> 200 mm to 225 mm	6.1 $\mu\text{m}$
> 225 mm to 250 mm	6.7 $\mu\text{m}$
> 250 mm to 275 mm	7.4 $\mu\text{m}$
> 275 mm to 300 mm	8.0 $\mu\text{m}$
> 300 mm to 325 mm	8.7 $\mu\text{m}$
> 325 mm to 350 mm	9.4 $\mu\text{m}$
> 350 mm to 375 mm	10 $\mu\text{m}$
> 375 mm to 400 mm	11 $\mu\text{m}$
> 400 mm to 425 mm	12 $\mu\text{m}$

พิสัย	ขีดความสามารถของการสอบเทียบและการวัด
> 425 mm to 450 mm	12 $\mu\text{m}$
> 450 mm to 475 mm	13 $\mu\text{m}$
> 475 mm to 500 mm	14 $\mu\text{m}$
> 500 mm to 600 mm	16 $\mu\text{m}$
> 600 mm to 700 mm	19 $\mu\text{m}$
> 700 mm to 800 mm	22 $\mu\text{m}$
> 800 mm to 900 mm	24 $\mu\text{m}$
> 900 mm to 1000 mm	27 $\mu\text{m}$

### 3. นิยาม

- UUC = Unit Under Calibration (Micrometer caliper for external measurement) หมายถึง เครื่องมือที่นำมาสอบเทียบ

### 4. หลักการ

- การเปรียบเทียบค่าที่ซ้บออกของ UUC กับ ค่าความยาวมาตรฐานอ้างอิงของ Gauge block

### 5. มาตรฐานอ้างอิง

- JIS B 7502 : 1994 ; Micrometer calipers
- 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 Long gauge block set มีค่าความแม่นยำไม่ต่ำกว่า grade 2
- 6.3 Optical parallel set
- 6.4 Digital thermo-hygrometer
- 6.5 Optical flat
- 6.6 Micrometer stand
- 6.7 อุปกรณ์ทำความสะอาด

## 7. สภาพแวดล้อมในการสอบเทียบเครื่องมือ (สำหรับงานสอบเทียบ)

7.1 อุณหภูมิของห้องสอบเทียบ ( $20 \pm 2$ )°C

7.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสอบเทียบ ( $55 \pm 15$ ) %

## 8. ขั้นตอนการปฏิบัติก่อนและหลังการสอบเทียบ

### 8.1 การเตรียม Gauge Block

8.1.1 เลือกขนาดของ Gauge Block ตามจุดสอบเทียบของ UUC

8.1.2 เตรียมใบแบบฟอร์มบันทึกผลการสอบเทียบ

8.1.3 ตรวจสอบวันหมดอายุของ Gauge Block

8.1.4 ทำความสะอาด Gauge Block โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด

### 8.2 การเตรียม Optical Parallels

8.2.1 เลือกขนาดของ Optical Parallels ตามพิสัยของ UUC

8.2.2 ตรวจสอบวันหมดอายุของ Optical Parallels

8.2.3 ทำความสะอาด Optical Parallels โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด

### 8.3 การเตรียม UUC

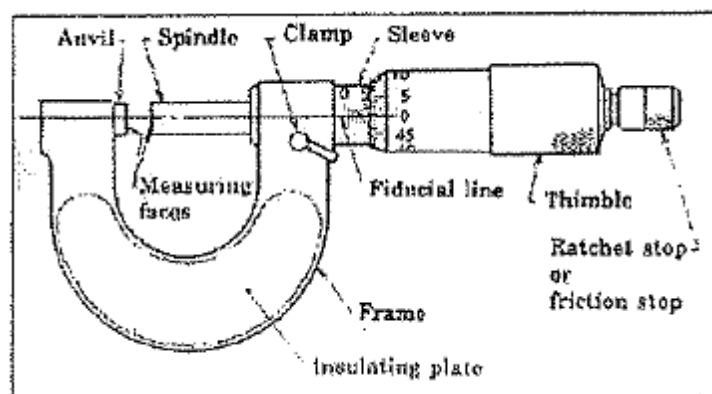
8.3.1 ทำความสะอาดโดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดก่อนสอบเทียบ

8.3.2 ปรับตั้งศูนย์ UUC

- UUC พิสัย 0 ถึง 25 mm ให้เลื่อนด้าน Spindle มาสัมผัสกับด้าน Anvil แล้วทำการปรับที่ปlockสเกลเป็น “0” แต่ถ้า UUC ที่เป็นแบบ Digital ให้ปรับทั้งสเกล และ หน้าจอที่เป็น Display ให้เป็น “0”

- UUC พิสัยมากกว่า 25 mm ขึ้นไป ให้เลื่อนด้าน Spindle มาสัมผัสกับ Gauge Block หรือ setting bar ที่มีขนาดเท่ากับพิสัยเริ่มต้น และปรับค่าเริ่มต้นของตัว UUC แต่ถ้า UUC ที่เป็นแบบ Digital ให้ปรับทั้งสเกล และหน้าจอที่เป็น Display ให้เป็นค่าเริ่มต้นด้วย

8.3.3 ตรวจสอบลักษณะทั่วไปของ UUC ลงบันทึกสภาพในแบบฟอร์ม



รูปที่ 1 ลักษณะทั่วไปของ UUC

#### 8.4 การทำความสะอาดและการจัดเก็บหลังการสอบเทียบ

ทำความสะอาด Gauge Block และ UUC ก่อนดำเนินการป้องกันการเป็นสนิมด้วยวิธีการที่เหมาะสมและจัดเก็บในบริเวณที่สะอาด

### 9. การบันทึก วัน เวลา อุณหภูมิ ความชื้น ลงในแบบฟอร์ม

9.1 บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับ UUC เครื่องมือมาตรฐาน อุปกรณ์ วัน เวลา และอุณหภูมิและความชื้นก่อนและหลังการสอบเทียบ

9.2 บันทึกการตรวจสภาพเบื้องต้นของ UUC

### 10. การสอบเทียบ Micrometer Caliper for External Measurement

10.1 การตรวจสอบค่าความเรียบผิว (Flatness) ของ UUC

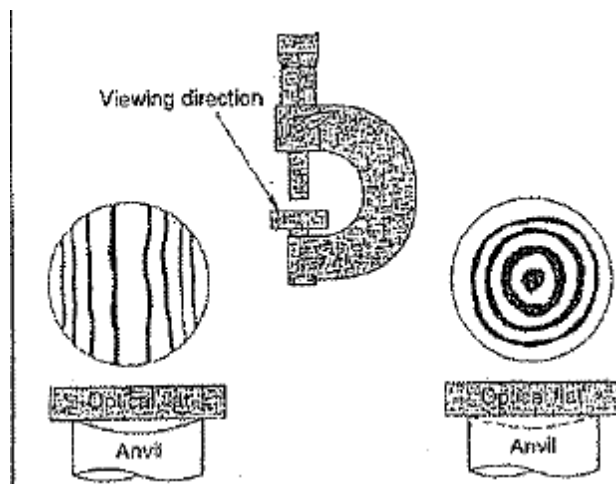
10.1.1 วาง Optical flat/parallel ลงบนผิวหน้าสัมผัสของ UUC ด้าน Anvil ทำการปรับ Optical flat/parallel ให้มีจำนวนริ้วน้อยที่สุด แล้วนับจำนวนริ้วการแทรกสอดของแสง (fringe) ที่เป็นสีแดงที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัส และบันทึกผลลงในแบบฟอร์มการสอบเทียบ

10.1.2 วาง Optical flat/parallel ลงบนผิวหน้าสัมผัสของ UUC ด้าน Spindle ทำการปรับ Optical flat/parallel ให้มีจำนวนริ้วน้อยที่สุด แล้วนับจำนวนริ้วการแทรกสอดของแสง (fringe) ที่เป็นสีแดงที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัส และบันทึกผลลงในแบบฟอร์มการสอบเทียบ

10.1.3 คำนวณหาค่าความเรียบของผิวหน้าสัมผัส โดยสมการ

$$F = \left(\frac{\lambda}{2} \times N\right) \mu m$$

เมื่อ  $F$  คือความเรียบ (Flatness) มีหน่วยเป็น  $\mu m$   
 $\lambda$  คือความยาวคลื่นแสงสีแดงเท่ากับ  $0.64 \mu m$   
 $N$  คือจำนวนริ้วการแทรกสอดของแสง (fringe) ที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัสของแต่ละด้าน โดยนับแถบที่เป็นสีแดง



รูปที่ 2 ลักษณะของริ้วการแทรกสอดแสงในการตรวจสอบค่าความเรียบผิว (Flatness) ของ UUC

## 10.2 การตรวจสอบค่าความขนาน (Parallelism) ของ UUC

### 10.2.1 กรณีพิสัยเริ่มต้นที่ 0 mm ถึง 25 mm

10.2.1.1 วาง Optical Parallel ขนาด 12.00 mm บนด้าน anvil แล้วปรับให้มีจำนวนริ้วน้อยที่สุด แล้วหมุนแกน Spindle ให้หน้าสัมผัสทั้งสองมาสัมผัสกับ Optical Parallel แล้วนับจำนวนริ้ว (fringe) ที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัสทั้งด้าน Anvil และ Spindle ทำการบันทึกผลในแบบฟอร์ม

10.2.1.2 ทำซ้ำข้อ 10.2.1.1 โดยเปลี่ยนขนาดของ Optical Parallel เป็น 12.12, 12.25 และ 12.37 mm ตามลำดับ

หมายเหตุ กรณีที่ UUC ชนิด non-rotate spindle ให้ทำการวัดความขนานโดยใช้ optical parallel เพียงขนาดเดียว

10.2.1.3 คำนวณหาค่าความขนานระหว่างผิวหน้าสัมผัสทั้ง 2 ด้าน โดยสมการ

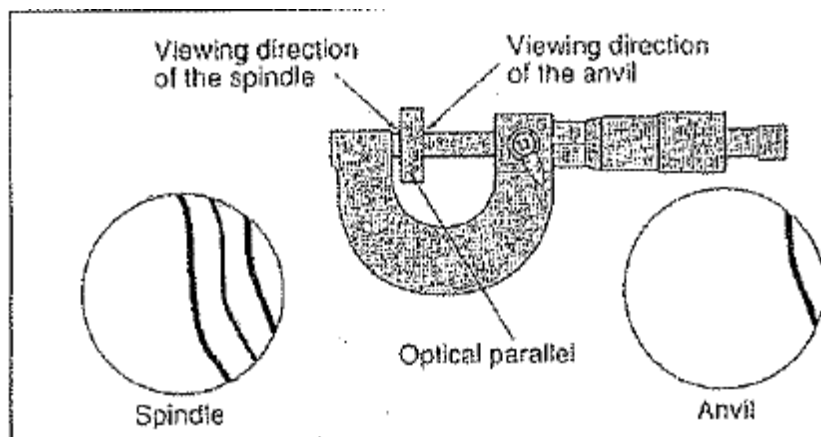
$$P = \left[ \frac{\lambda}{2} \times (N_{Anvil} + N_{Spindle}) \right] \mu m$$

เมื่อ  $P$  คือความขนาน (Parallelism) มีหน่วยเป็น  $\mu m$

$\lambda$  คือความยาวคลื่นแสงสีแดงเท่ากับ  $0.64 \mu m$

$N_{Anvil}$  คือจำนวนริ้วการแทรกสอดของแสง (fringe) ที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัสด้าน Anvil โดยนับแถบที่เป็นสีแดง

$N_{Spindle}$  คือจำนวนริ้วการแทรกสอดของแสง (fringe) ที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัสด้าน Spindle โดยนับแถบที่เป็นสีแดง



รูปที่ 3 การตรวจสอบค่าความขนาน (Parallelism) ของ UUC

## 10.2.2 กรณีพิสัยเริ่มต้นที่ 25 mm ถึง 175 mm

10.2.2.1 ทำการต่อ Optical Parallels กับ Gauge Block โดยใช้ Optical Parallel 2 ชิ้น ประกบหัวท้ายของ Gauge Block โดยให้ความยาวครอบคลุม 4 ตำแหน่งรอบเกลียว

10.2.2.2 วาง Optical Parallels ที่ต่อกับ Gauge Block ตรงกลางระหว่างผิวหน้าสัมผัสของ UUC แล้วหมุนแกน Spindle ให้หน้าสัมผัสทั้งสองมาสัมผัสกับ Optical Parallels แล้วปรับให้มีจำนวนริ้วน้อยที่สุด และนับจำนวนริ้วที่เป็นสีแดงที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัสทั้งด้าน Anvil และ Spindle ทำการบันทึกผลลงในแบบฟอร์ม

10.2.2.3 คำนวณค่าความขนานระหว่างผิวหน้าสัมผัสทั้ง 2 ด้าน โดยสมการ

$$P = \left[ \frac{\lambda}{2} \times (N_{Anvil} + N_{Spindle}) \right] \mu m$$

เมื่อ  $P$  คือความขนาน (Parallelism) มีหน่วยเป็น  $\mu m$

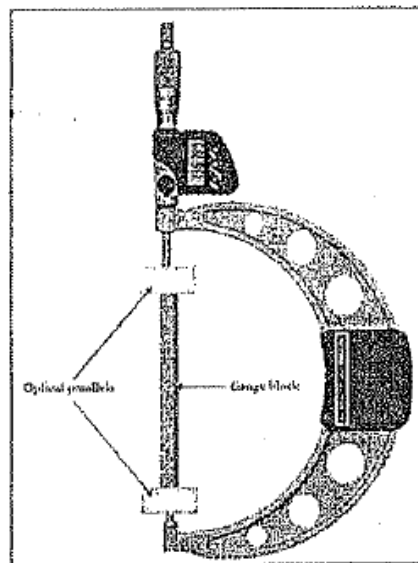
$\lambda$  คือความยาวคลื่นแสงสีแดงเท่ากับ  $0.64 \mu m$

$N_{Anvil}$  คือจำนวนริ้วการแทรกสอดของแสง (fringe) ที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัส

ด้าน Anvil โดยนับแถบที่เป็นสีแดง

$N_{Spindle}$  คือจำนวนริ้วการแทรกสอดของแสง (fringe) ที่เกิดขึ้นบนหน้าสัมผัส

ด้าน Spindle โดยนับแถบที่เป็นสีแดง



รูปที่ 4 การตรวจสอบค่าความขนาน (Parallelism) ของ UUC

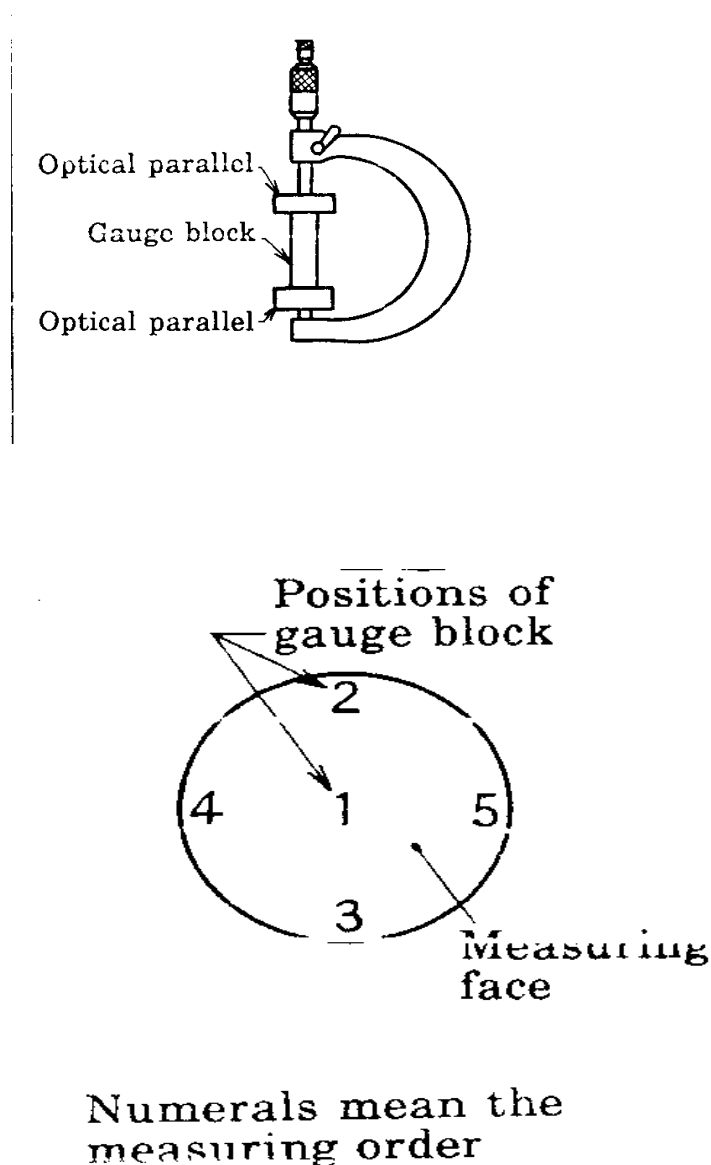


10.2.3 กรณีพิสัยเริ่มต้นมากกว่า 175 mm หรือหน้าสัมผัสที่ไม่สามารถใช้ Optical Parallel วัดได้

10.2.3.1 วาง Gauge Block ขนาดระหว่างพิสัยของ Micrometer Caliper ที่ทำการวัดไว้ตรงกลางระหว่างผิวหน้าสัมผัส Anvil และ Spindle ของ UUC แล้วหมุนแกน Spindle มาสัมผัสกับ Gauge Block อ่านค่าตำแหน่งที่ 1 ดังรูปที่ 5 ทำการบันทึกผลลงในแบบฟอร์ม

10.2.3.2 ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 10.2.3.1 โดยจัดให้ผิวหน้าสัมผัส Anvil และ Spindle ของ UUC สัมผัสกับ Gauge block ณ ตำแหน่งที่ 2,3,4,5 ดังรูปที่ 5 ทำการบันทึกผลลงในแบบฟอร์ม

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



รูปที่ 5 การตรวจสอบค่าความขนาน (Parallelism) ของ UUC

### 10.3 การสอบเทียบ UUC

#### 10.3.1 กำหนดจุดสอบเทียบ ดังนี้

- กรณีพิสัย 0 mm ถึง 25 mm จุดสอบเทียบคือ 0, 2.5, 5.1, 7.7, 10.3, 12.9, 15.0, 17.6, 20.2, 22.8 และ 25 mm

- กรณีพิสัยเริ่มต้นมากกว่า 25 mm จุดสอบเทียบคือ พิสัยเริ่มต้นบวกกับ 0, 2.5, 5.1, 7.7, 10.3, 12.9, 15.0, 17.6, 20.2, 22.8, 25 mm ตัวอย่างเช่น พิสัย 25 mm ถึง 50 mm จุดสอบเทียบคือ 25, 27.5, 30.1, 32.7, 35.3, 37.9, 40.0, 42.6, 45.2, 47.8 และ 50 mm เป็นต้น

- หรือกำหนดจุดสอบเทียบตามลูกค้ำร้องขอ

หมายเหตุ หากใช้ Gauge block ในการปรับตั้งค่าเริ่มต้น ไม่ต้องทำการวัด ณ ตำแหน่งเริ่มต้น แต่หากใช้ setting bar ปรับตั้งค่าเริ่มต้น ต้องทำการวัด ณ ตำแหน่งเริ่มต้น

10.3.2 วาง Gauge Block ขนาดตามที่กำหนดในข้อ 10.3.1 ระหว่าง Anvil และ Spindle ของ UUC หมุนให้หน้าผิวสัมผัสทั้งสองด้านของ UUC สัมผัสกับ Gauge Block แล้วอ่านค่าที่ตัว UUC และบันทึกผลการสอบเทียบลงในแบบฟอร์ม

10.3.3 ทำซ้ำตามข้อ 10.3.2 จนครบ 4 ครั้ง

10.3.4 เปลี่ยนขนาดของ Gauge Block ตามจุดสอบเทียบที่กำหนด และทำซ้ำข้อ 10.3.2 และ 10.3.3 จนครบทุกจุดสอบเทียบ

10.3.5 เมื่อสอบเทียบเสร็จ ให้ทำการบันทึก เวลา อุณหภูมิ ความชื้น หลังจากทดสอบเสร็จแล้วลงในแบบฟอร์ม

10.3.6 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

10.3.7 คำนวณหาค่าแก้ (Correction) จากสมการ

$$C_x = l_s - l_x$$

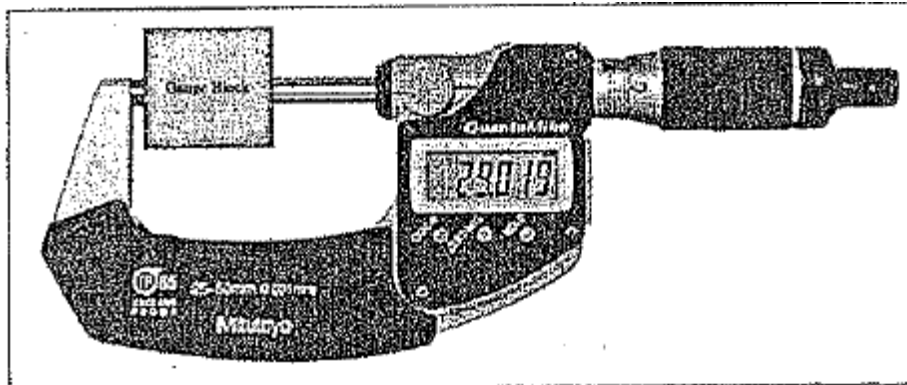
- เมื่อ  $C_x$  คือค่าแก้ของ UUC
- $l_s$  คือความยาวของ Gauge Block ที่อุณหภูมิ 20 °C
- $l_x$  คือค่าความยาวที่อ่านได้จาก UUC

### 10.3.8 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากสมการ

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

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

### 10.3.9 คำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty)



รูปที่ 6 ลักษณะการสอบเทียบ UUC

## 11. การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ

สามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ของค่าแก้ (Correction) ของ UUC และสาเหตุที่ทำให้ผลการวัดเกิดความไม่แน่นอน ดังสมการต่อไปนี้

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

$C_x$  ค่าแก้ของ UUC

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

$l_x$	ค่าความยาวที่อ่านได้จาก UUC
$\delta l_{ds}$	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการเลื่อนค่าของ Gauge Block
$\delta l_{Wr}$	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการต่อ Gauge Block
$L$	ค่าที่ระบุ (Nominal Length)
$\overline{\alpha}$	ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุระหว่าง UUC กับ Gauge Block
$\Delta t$	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง UUC กับ Gauge Block (ใช้ค่าการแปรปรวนของอุณหภูมิห้อง $\pm 2^\circ\text{C}$ )
$\delta l_{ix}$	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากความละเอียดของ UUC
$\delta l_M$	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการโครงสร้างของ UUC

### 11.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอน Type A

#### 11.1.1 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำ ; $u(l_x)$

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

$\sigma_{n-1}$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด

$n$  จำนวนครั้งของการวัด

### 11.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนชนิด 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 ;  $u(\delta l_{ds})$  ; เนื่องจาก Gauge Block ที่ใช้มีทั้ง Grade 1 และ Grade 2 ดังนั้นจึงใช้ค่า Dimensional Stability : ISO 3650 : 1998 Grade 1 ในการประเมินความไม่แน่นอน 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 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องอุณหภูมิ ให้มีการแจกแจงเป็นแบบ rectangular ;  $u(\Delta t)$

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

$\Delta t$  ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง UUC กับ Gauge Block (ใช้ค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ )

$L$  ค่าที่ระบุ (Nominal Length)

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

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

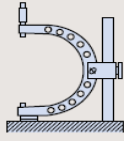
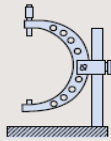
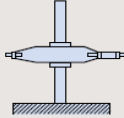
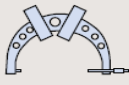
ในกรณีที่ UUC เป็นแบบ Digital Micrometer หรือ Vernier Scale Micrometer

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

ในกรณีที่ UUC เป็นแบบ analog Scale Micrometer

$$u(\delta l_{ix}) = \frac{\text{Readability of UUC}}{\sqrt{3}}$$

11.2.5 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากโครงสร้าง Mechanical Effect ของ UUC สำหรับการสอบเทียบขนาด  $> 300 \text{ mm}$  ขึ้นไป ;  $u(\delta l_M)$  เช่น Force, Abbe Error, Flatness, Parallelism เป็นต้น ให้มีการแจกแจงเป็นแบบ Rectangular ซึ่งอาจละเว้นได้ กรณีที่มี support stand ดังรูปที่ 7

Supporting method	Supported at the bottom and center	Supported only at the center
Attitude		
Maximum measuring length (mm)		
325	0	-5.5
425	0	-2.5
525	0	-5.5
625	0	-11.0
725	0	-9.5
825	0	-18.0
925	0	-22.5
1025	0	-26.0
Supporting method	Supported at the center in a lateral orientation.	Supported by hand downward.
Attitude		
Maximum measuring length (mm)		
325	+1.5	-4.5
425	+2.0	-10.5
525	-4.5	-10.0
625	0	-5.5
725	-9.5	-19.0
825	-5.0	-35.0
925	-14.0	-27.0
1025	-5.0	-40.0

รูปที่ 7 ลักษณะการวาง UUC สอบเทียบโดยมี support stand

11.3 การประเมินค่าความไม่แน่นอนรวม (Combined uncertainty) ;  $u_c(y)$  เป็นค่าความไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ 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 table ดังรูปที่ 8

Degrees of freedom $\nu$	Values of $t_p(\nu)$ from the $t$ -distribution for degrees of freedom $\nu$ 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
$\infty$	1.000	1.645	1.960	2.000	2.576	3.000

รูปที่ 8 t-distribution table

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

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

ตารางบันทึกผลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ที่ 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	0.0 $\mu\text{m}$	Normal	1	-1	0.000 $\mu\text{m}$	3
$u(l_s)$	Uncertainty of Gauge Block	0.58 $\mu\text{m}$	Normal	2	1	0.290 $\mu\text{m}$	$\infty$
$u(\delta l_{ds})$	Drift of Gauge Block	0.20 $\mu\text{m}$	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.115 $\mu\text{m}$	$\infty$
$u(\Delta t)$	Temperature $\pm 2^\circ\text{C}$	2 $^\circ\text{C}$	Rectangular	$\sqrt{3}$	3.450 $\mu\text{m}/^\circ\text{C}$	3.984 $\mu\text{m}$	$\infty$
$u(\delta l_{ix})$	Resolution of micrometer caliper for External Measurement	0.5 $\mu\text{m}$	Rectangular	$\sqrt{3}$	-1	0.289 $\mu\text{m}$	$\infty$
$u_c(y)$	Combined standard uncertainty		Normal			4.0 $\mu\text{m}$	> 500
$u_{95\%}(y)$	Expanded Uncertainty		Normal (k=2)			8.0 $\mu\text{m}$	$\infty$

หมายเหตุ

-

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

-

แบบบันทึก

- ใบกรอกผลการสอบเทียบ UUC

-

Certificate

ระยะเวลาจัดเก็บ

-

3 ปี