โครงการ ฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดในงานมาตรวิทยามิติ

ระหว่างวันที่ ๘ – ๑๒ มิถุนายน ๒๕๖๙

ณ สำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา

“การสอบเทียบคาลิเปอร์และไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล็อก การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด”

วิทยากร

ดร. มลฤดี เรณูสวัสดิ์

นาย ฉัตรฉลอง อภิภูติกุล

นาย พีรพัฒน์ เทศแย้ม

บรรยายโดย บริษัท เอ็มเอสเอ โซลูชั่น จำกัด

วัตถุประสงค์โครงการ

1. ผู้เข้าอบรมมีความรู้ที่เกี่ยวข้องในการสอบเทียบเครื่องมือวัดในงานมาตรวิทยาด้านมิติ
2. ผู้เข้าอบรมมีทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดในงานมาตรวิทยามิติ
3. ผู้เข้าอบรมมีทัศนคติที่ดี มีความเป็นครูสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวัดผลและประเมินผล

ประเด็นการประเมิน	วัตถุประสงค์ข้อที่	ตัวชี้วัดความสำเร็จ	เกณฑ์การผ่าน	วิธีการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้
ด้านความรู้และทักษะ	๑๐.๑	ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด	ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๗๐	ทดสอบ	แบบทดสอบ
ด้านความเป็นครู	๑๐.๒	มีทักษะการพัฒนารูปแบบการสอน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๗๐	สังเกตุ	แบบติดตามผล
ด้านการนำไปใช้	๑๐.๓	การนำไปปรับใช้ในการสอน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๕๐	สอบถาม	แบบติดตามผล
ด้านเวลา	-	เวลาเข้าร่วมกิจกรรม	ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๘๐	การลงเวลา	ใบลงเวลา

บริษัท เอ็มเอสเอ โซลูชั่น จำกัด

Tel: 662-0009131
Fax: 662-8029441
www.msa-sol.com
e-mail: info@msa-sol.com

เป็นตัวแทนจำหน่ายสินค้าเครื่องมือวัดคุณภาพสูงสำหรับอุตสาหกรรมและห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ด้วยประสบการณ์ด้านมาตรวิทยาและความรู้ความชำนาญทางด้านการวัดกว่า 20 ปี เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านการวัดที่มีคุณภาพ รวมถึงการให้บริการให้คำปรึกษาระบบการรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 และอบรมความรู้ทางด้านเครื่องมือวัดและด้านมาตรวิทยาต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับพื้นฐานจนถึงระดับชั้นสูง ได้แก่ ระบบการวัดทางด้านมิติ ระบบการวัดทางด้านเครื่องชั่งและตุ้มน้ำหนัก ระบบการวัดทางด้านอุณหภูมิ ระบบการวัดทางด้านไฟฟ้า รวมถึง ระบบการวัดทางด้านเคมี เป็นต้น

Mahr

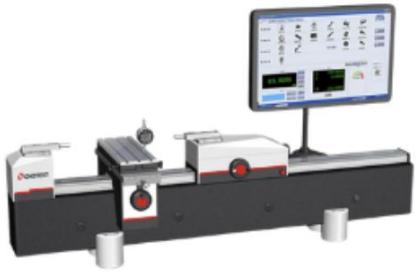
บริษัท เอ็มเอสเอ โซลูชั่น จำกัด

Tel: 662-0009131
Fax: 662-8029441
www.msa-sol.com
e-mail: info@msa-sol.com

เครื่องมือวัดทางด้านมิติ

Mahr

เครื่องมือวัดทางด้านมิติ



CHOTEST

เครื่องมือวัดทางด้านอุณหภูมิ

MADGETECH
WE BUILD DATA LOGGERS

เครื่องมือวัดทางด้านอุณหภูมิ

DEARTO

เครื่องมือวัดทางด้านน้ำหนัก (เครื่องชั่ง)

KERN

เครื่องมือวัดทางด้านมิติ
(Ultra high precision)

kunz precision

รายละเอียดหัวข้อการอบรม

1. ความรู้พื้นฐานด้านมาตรวิทยาและการสอบกลับได้ด้านความยาวมาตรฐาน
2. การใช้และบำรุงรักษาเกจบล๊อก ไมโครมิเตอร์ และ เวอร์เนียคาลิเปอร์
3. การสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก (ทฤษฎีและปฏิบัติ)
4. การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก (ทฤษฎีและปฏิบัติ)
5. การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบเครื่องมือวัด
6. ศึกษาดูงาน เทคโนโลยีงานมาตรวิทยาด้านมิติ ณ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ความรู้พื้นฐานด้านมาตรวิทยาและการสอบกลับได้ด้านความยาวมาตรฐาน

มาตรวิทยามิติ

(Dimensional Metrology)

มาตรวิทยา (Metrology)

ศาสตร์แห่งการวัด

“ ใครถูกใครผิด เมื่อผลการวัดด้วยเครื่องมือไม่ตรงกัน? ”

“Once measurement accepted everywhere”

- การนิยามหน่วยของการวัดที่เป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ
- การทำให้เป็นจริง
- มีระบบสอบกลับได้

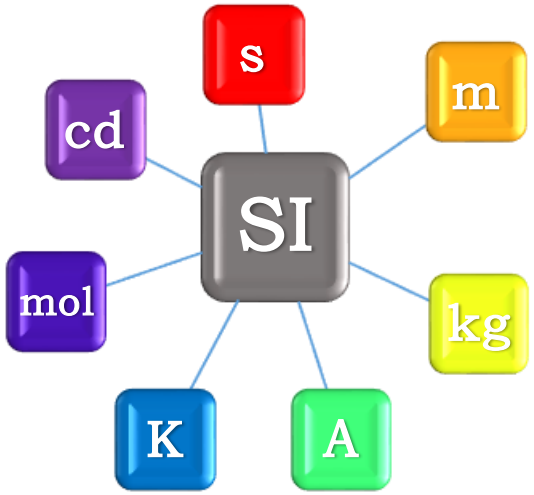
ระบบหน่วยสากลและมาตรฐานแห่งชาติ

ระบบหน่วยสากล : The International System of Unit (SI)

: ระบบใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก, อย่างเป็นระบบ

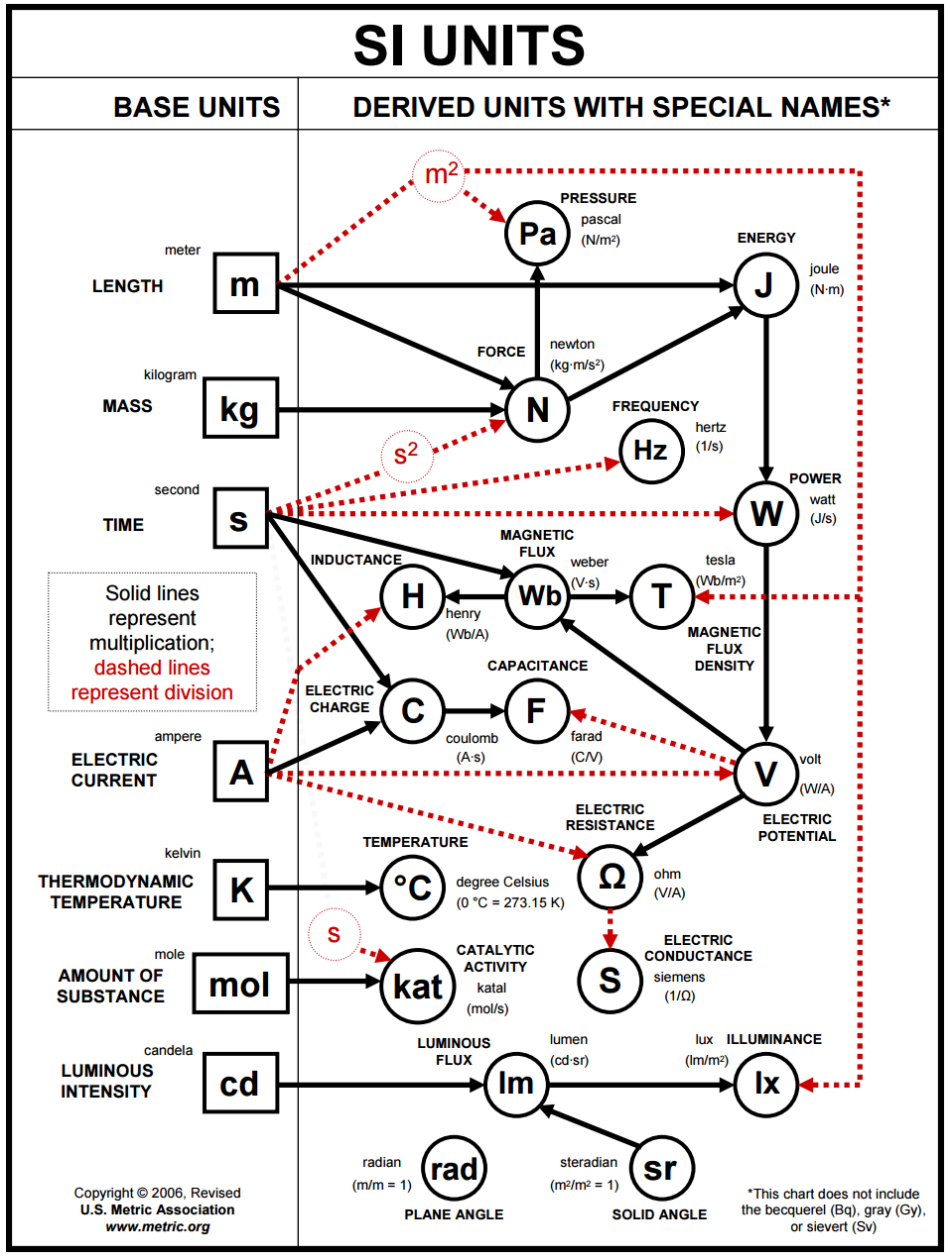
หน่วยพื้นฐาน : เป็นหน่วยวัดที่ไม่สามารถแยกย่อยเป็นหน่วยอื่นได้

หน่วยอนุพันธ์ : เป็นหน่วยวัดที่ได้มาจากรวมหน่วยวัดพื้นฐาน



- เวลา : (s) วินาที
- ความยาว : (m) เมตร
- มวล : (kg) กิโลกรัม
- กระแสไฟฟ้า : (A) แอมแปร์
- อุณหภูมิอุณหพลวัต : (K), เคลวิน
- ปริมาณสาร : (mol), โมล
- ความเข้มการส่องสว่าง : (cd) แคนเดล่า

หน่วยวัดพื้นฐาน

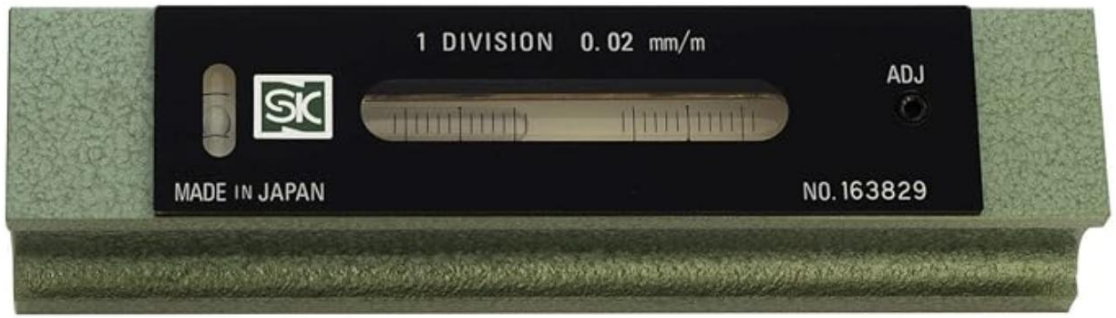


ตัวอย่าง : หน่วยอนุพันธ์ (Derived units) ที่เกี่ยวข้องกับความยาว (m)

- แรง (Newton, N) $\Rightarrow$ $kg \cdot m/s^2$
- แรงดัน (Pressure, Pascal) $\Rightarrow$ N/m^2
- **พลังงาน (Energy, Joule)** $\Rightarrow$ N/m
- มุม (Radian, rad) $\Rightarrow$ mm/m

Note : 2π rad = 360^{O}

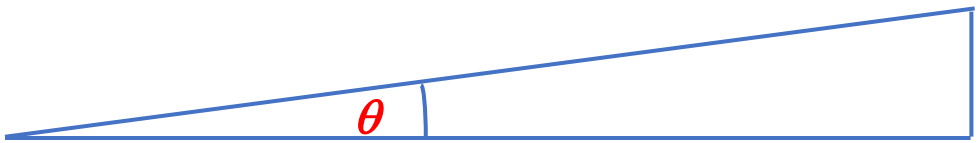
ตัวอย่าง : การคำนวณหามุมจากหน่วย mm/m



$$\text{Slope} = \frac{0.02\ \text{mm}}{1\ \text{m}} = \frac{0.02\ \text{mm}}{1000\ \text{mm}} = 0.00002$$

$$\theta = \arctan(0.00002) \approx 0.0011459^\circ$$

$$\theta = 0.0011459 \times 3600 \approx 4.1253$$



1° = 60 ลิปดา (′)

1 ลิปดา = 60 ฟิลิปดา (″)

- **องศา (Degree: °)**
- **ลิปดา (Minute of Arc: ′ หรือ arcminute)**
- **ฟิลิปดา (Second of Arc: ″ หรือ arcsecond)**

คำอุปสรรคของระบบ SI

ตารางคำอุปสรรคของหน่วยวัดสากล (SI Prefixes)

คำอุปสรรค	สัญลักษณ์	ค่าเทียบกับหน่วยฐาน	เลขยกกำลัง	ตัวอย่างในงานช่าง
นาโน	n	0.000000001	10^{-9}	50 nm (งานเคลือบผิว)
ไมโคร	µ	0.000001	10^{-6}	25 µm (ความละเอียดผิว)
มิลลิ	m	0.001	10^{-3}	5 mm (ขนาดชิ้นงาน)
เซนติ	c	0.01	10^{-2}	2 cm
เดซิ	d	0.1	10^{-1}	1 dm
หน่วยฐาน	–	1	10^{0}	1 m
เดคา	da	10	10^{1}	1 daN
เฮกโต	h	100	10^{2}	1 hPa
กิโล	k	1,000	10^{3}	1 km
เมกะ	M	1,000,000	10^{6}	1 MPa

คำอุปสรรค : สัญลักษณ์ที่เติมไว้หน้าหน่วยฐาน หรือหน่วยอนุพันธ์

- 0.001 m = 1 mm
- 1,000 m = 1 km
- 1 m = 1000 mm (m x 1000)
- 1 mm = 1000 µm (mm x 1000)
- 1 mm = 0.001 m (mm / 1000)
- 1 µm = 0.000001 m (µm /1000000)

ปริมาณทางมาตรวิทยาทางมิติ

- 1 Dimension ⟹ ระยะทาง, ความยาว, ความกว้าง, ความสูง, ความลึก, ความหนา, เส้นผ่านศูนย์กลาง, รัศมี และอื่น ๆ อีกมากมาย

ปริมาณทางรูปทรง (2D/3D)

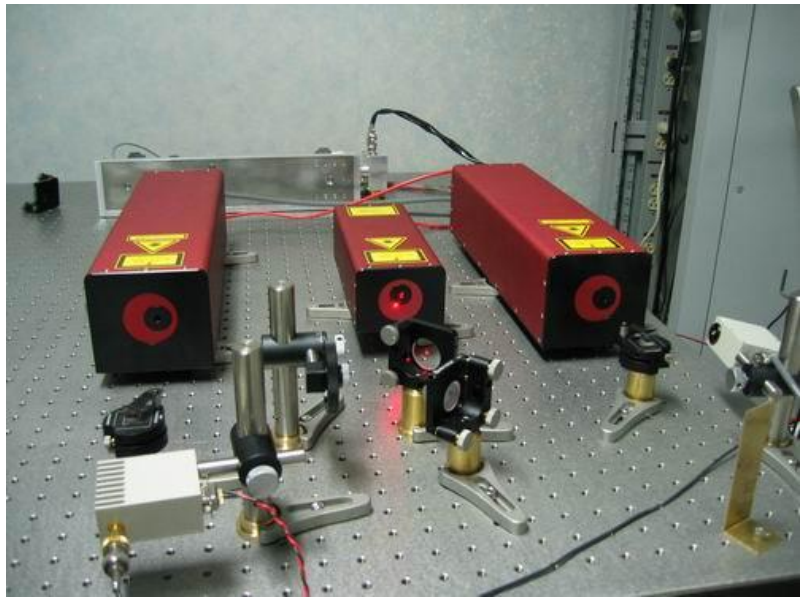
การวัดเชิงปริมาณของวัตถุอย่างแม่นยำ โดยครอบคลุมถึง ขนาด (Dimension), รูปทรง (Form) และตำแหน่ง (Position)

ตัวอย่าง : ความกลม, ความตรง, ความราบ, ความเป็นทรงกระบอก, ความเอียง, พิกัดตำแหน่ง, ความได้ศูนย์/ความร่วมศูนย์, ความสมมาตร, ความขนาน, ความฉาก และความหนีศูนย์กลาง

ความยาว : (m) เมตร

ค่าความเร็วแสงในสุญญากาศ

$$(\mathbf{c = 299,792,458\ m \cdot s^{-1}})$$

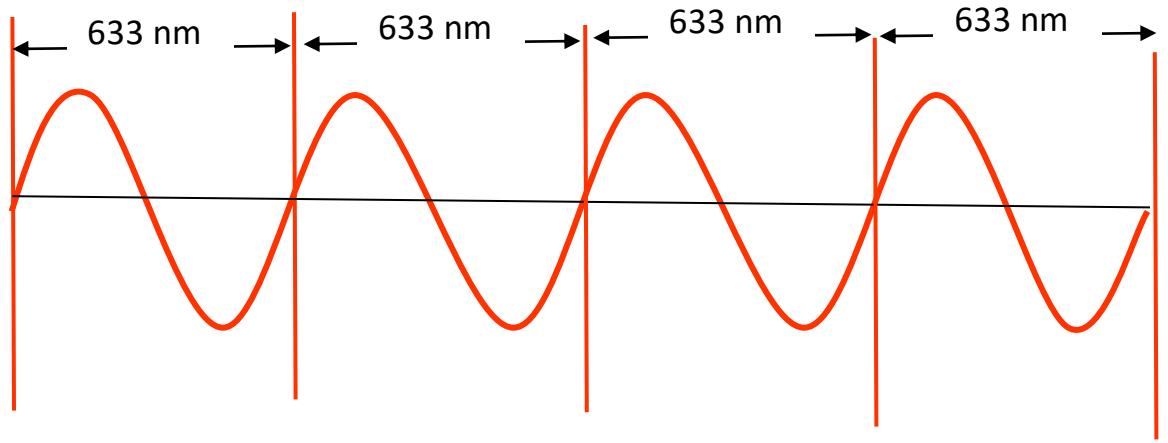


Cr. NIMT

ความยาวคลื่นเลเซอร์

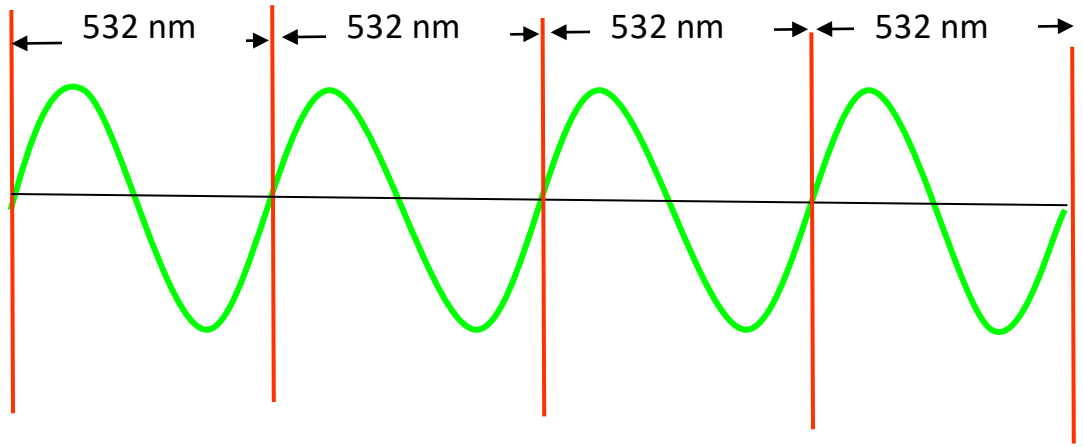
ฮีเลียมนีออนเลเซอร์

(He-Ne laser)

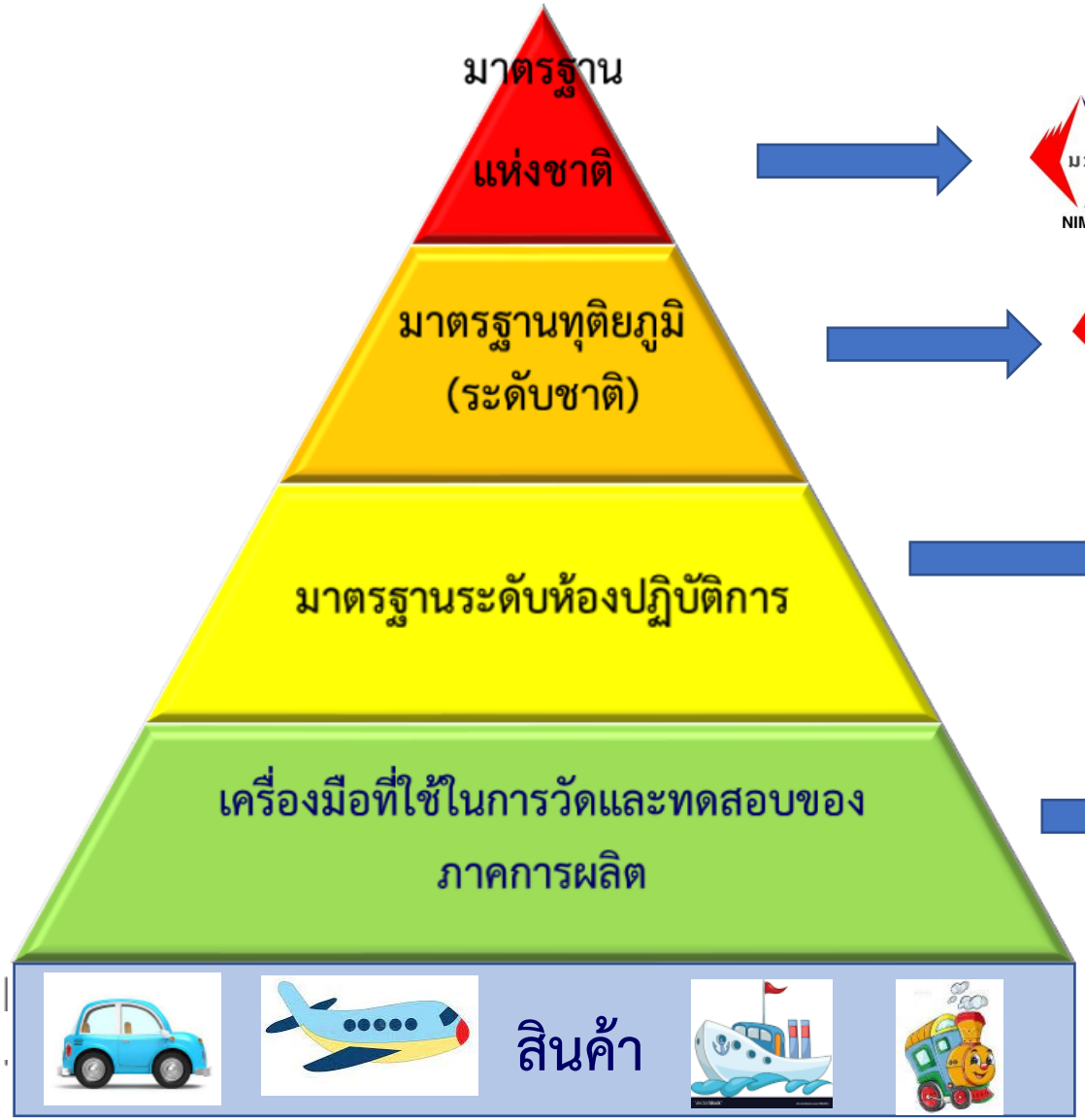


นีโอดีเมียมแย๊กเลเซอร์

(Nd: YAG laser)



มาตรฐานของเครื่องมือวัดทางมิติและการสอบกลับได้



NIMT สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ.

NIMT สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

สายการผลิต, ห้องปฏิบัติการ
ทดสอบของภาคอุตสหากรรม

เกณฑ์การยอมรับเครื่องมือมาตรฐาน

- ตามโรงงานผู้ผลิต
- ตาม Specification ของชิ้นงานที่ถูกวัด

  (1 ใน 3 หรือ 1 ใน 10 ตาม ISO 10012-1)

Guidance

Measuring equipment can be confirmed for use for particular measurement processes, and not confirmed for use for other measurement processes because of differing metrological requirements. Metrological requirements for the measuring equipment are derived from specified requirements for the product or the equipment to be calibrated, verified and confirmed.

The maximum permissible error may be designated by reference to the published specification of the measuring equipment manufacturer, or by the metrological function.

Measuring equipment may be calibrated by an organization other than the metrological function performing the metrological confirmation.

The characterization of reference materials might meet the requirement for calibration.

เกณฑ์การยอมรับเครื่องมือมาตรฐาน

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 10012-1

First edition
1992-01-15

Corrected and reprinted
1993-05-01

Measurement management systems — Requirements for measurement processes and measuring equipment

Systèmes de management de la mesure — Exigences pour les processus et les équipements de mesure

4.3 Confirmation system

GUIDANCE

The intention of a confirmation system is to ensure that the risk of measuring equipment producing results having unacceptable errors remains within acceptable bounds. The use of appropriate statistical methods for analysing the results of preceding calibrations, for assessing the results of calibrations of several similar items of measuring equipment and for predicting cumulative uncertainties is recommended. (See ISO 9004:1987, 13.1.)

The error attributable to calibration should be as small as possible. In most areas of measurement, it should be no more than one third and preferably one tenth of the permissible error of the confirmed equipment when in use.

iTeh STANDA
(standar
ISO 100
https://standards.iteh.ai/catalog/stand
c5ed6285f4ef/is

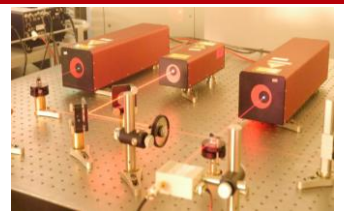
Acc. Of Under test : Acc. Of Standard

1 : 3

1 : 10

มาตรฐานของเครื่องมือวัดทางมิติและการสอบกลับได้

- มาตรฐานแห่งชาติ (มาตรฐานปฐมภูมิ)



- Iodine stabilized He-Ne laser

ระดับความถูกต้อง = 5×10^{-11}

- มาตรฐานทุติยภูมิ

- เลเซอร์อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์
- เกจบล๊อกอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์

ระดับความถูกต้อง = 1×10^{-9} (นาโนเมตร)

- มาตรฐานระดับห้องปฏิบัติการ

- เกจบล๊อก
- Measuring Machine >> CMM, Roughness, Roundness , Flatness

ระดับความถูกต้อง = 1×10^{-7} (0.1 – 5 ไมครอน)

- เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและทดสอบของภาคการผลิต

- เครื่องมือวัดละเอียด (Hand tools)
- ไมโครมิเตอร์ คาลิเปอร์ ไม้บรรทัด

ระดับความถูกต้อง = มากกว่า 5 ไมครอน

มาตรฐานความยาวปฐมภูมิของประเทศไทย

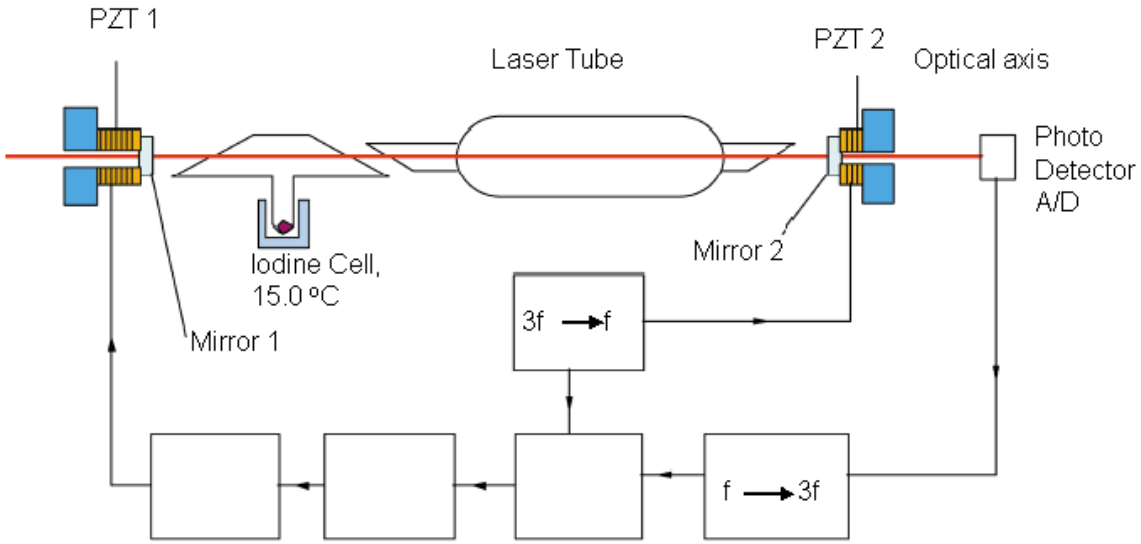
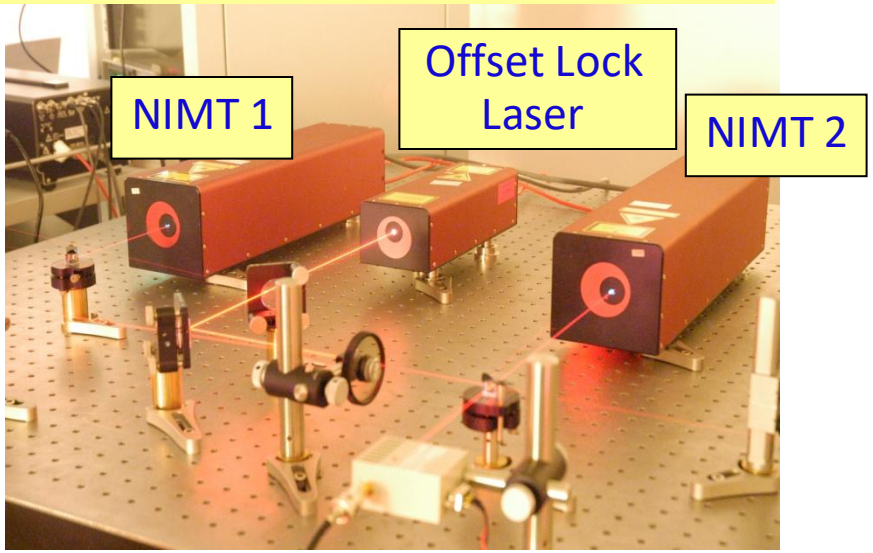


Diagram: Iodine Stabilized He-Ne Laser,
λ=633 nm

APMP L-K11, 2004, NIM China

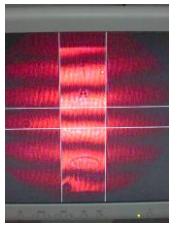
APMP L-K11, 2010, NIMJ Japan

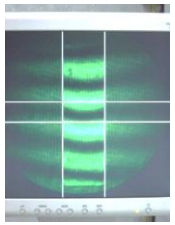


Iodine Stabilized He-Ne Laser,
λ=633 nm

มาตรฐานของเครื่องมือวัดความยาว

มาตรฐานระดับทุติยภูมิ





Gauge Block Interferometer,

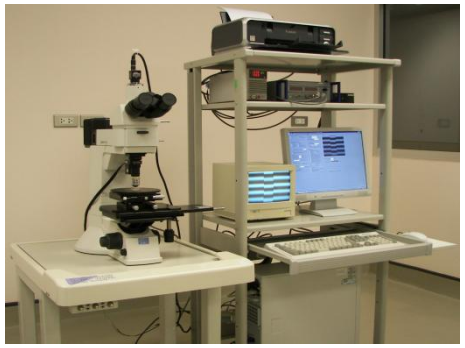
l = 633nm, 543 nm

Laser Interferometer,

l = 633nm

Flatness Interferometer,

l = 633nm



Interference microscope

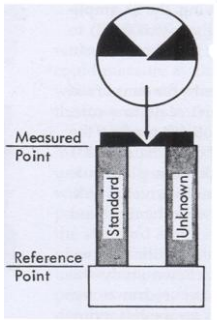
l = 633nm

มาตรฐานของเครื่องมือวัดความยาว

เกจบล๊อก

มาตรฐานระดับห้องปฏิบัติการ,

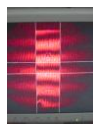
ระดับความถูกต้อง = 1×10^{-7} (0.1 – 5 ไมครอน)

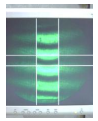


เกจบล๊อก เกรด 0, 1 และ 2

↓

Gauge Block Comparator





เกจบล๊อก เกรด 00/K

↓

Gauge Block Interferometer

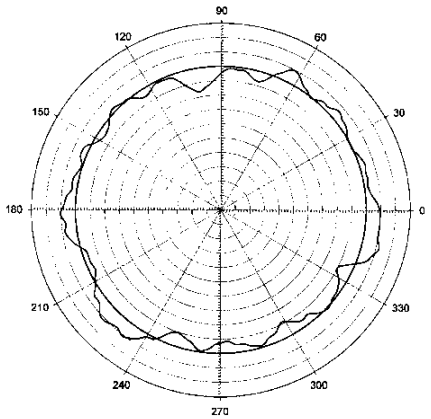
มาตรฐานของเครื่องมือวัดความยาว

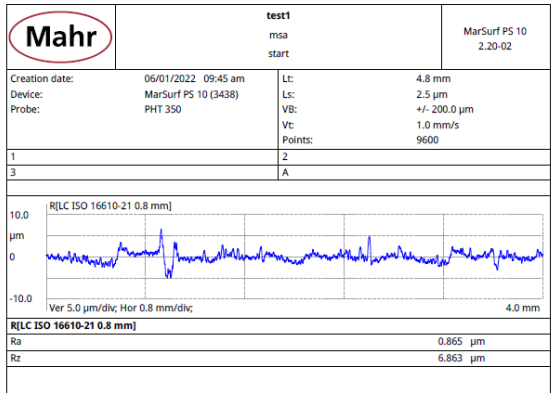
Measuring Machine

มาตรฐานระดับห้องปฏิบัติการ,

ระดับความถูกต้อง = 1 – 5 ไมครอน)

- Roughness Measuring Machine >>> วัดความขรุขระชิ้นงาน, Ra, Rz
- Roundness Measuring Machine >>>> วัดความกลมชิ้นงาน
- Contour Measuring Machine >>>> วัดรูปทรงชิ้นงาน





มาตรฐานของเครื่องมือวัดความยาว

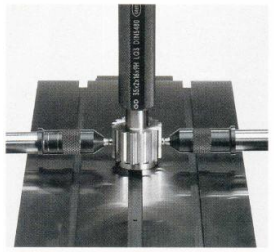
มาตรฐานระดับห้องปฏิบัติการ,

ระดับความถูกต้อง = 1 – 5 ไมครอน)

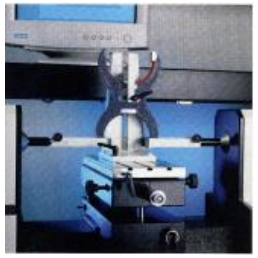
Measuring Machine

- Universal Length Measuring Machine >>>> วัดขนาดชิ้นงานชนิด 1 มิติ

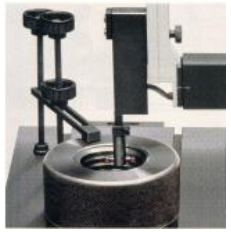
Ring gauge



Plug gauge



Snap gauge



Thread Ring gauge

Thread Plug gauge

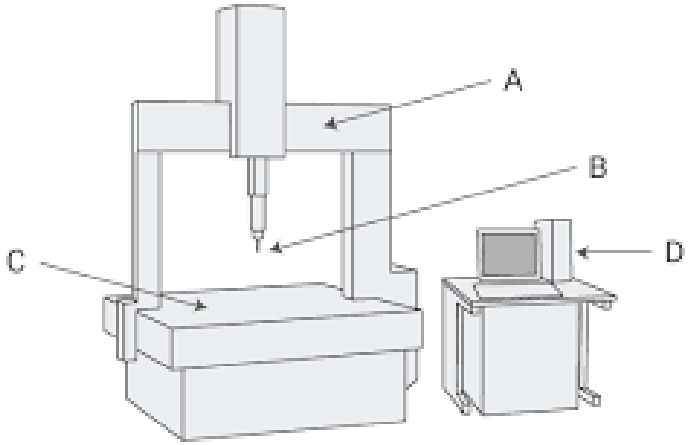
มาตรฐานของเครื่องมือวัดความยาว

มาตรฐานระดับห้องปฏิบัติการ,

ระดับความถูกต้อง = 1 – 5 ไมครอน)

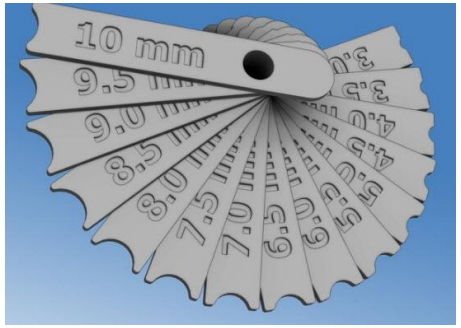
Measuring Machine

- Coordinate Measuring Machine >>> วัดขนาด 3 มิติชิ้นงาน



เครื่องมือวัดด้านมิติในภาคอุตสาหกรรม

เครื่องมือวัดที่ใช้ในภาคการผลิตส่วนหน้าหรือเรียกว่า small tools เช่น ไมโครมิเตอร์ เวอร์เนียคาลิเปอร์ ไดอัลเกจ ไดอัลอินดิเคเตอร์ ไฮเกจ ระดับน้ำ บีเวลโพรเทคเตอร์ ฯลฯ



เครื่องมือวัดด้านมิติในภาคอุตสาหกรรม

เครื่องมือวัดที่ใช้ในห้องควบคุมคุณภาพภายในโรงงาน เช่น โต๊ะระดับ ไฮมาสเตอร์ roughness tester roundness tester CMM caliper checker และ เกจบล็อก เป็นต้น

คุณภาพ

สิ่งที่ผู้บริโภคเห็นคือ **เครื่องหมายคุณภาพ**ที่แสดงอยู่ ผลิตภัณฑ์หรือบริการ เช่น

เครื่องหมายคุณภาพ คือ สัญลักษณ์แสดงว่าผลิตภัณฑ์หรือบริการมีสมบัติตามที่มาตรฐานกำหนด

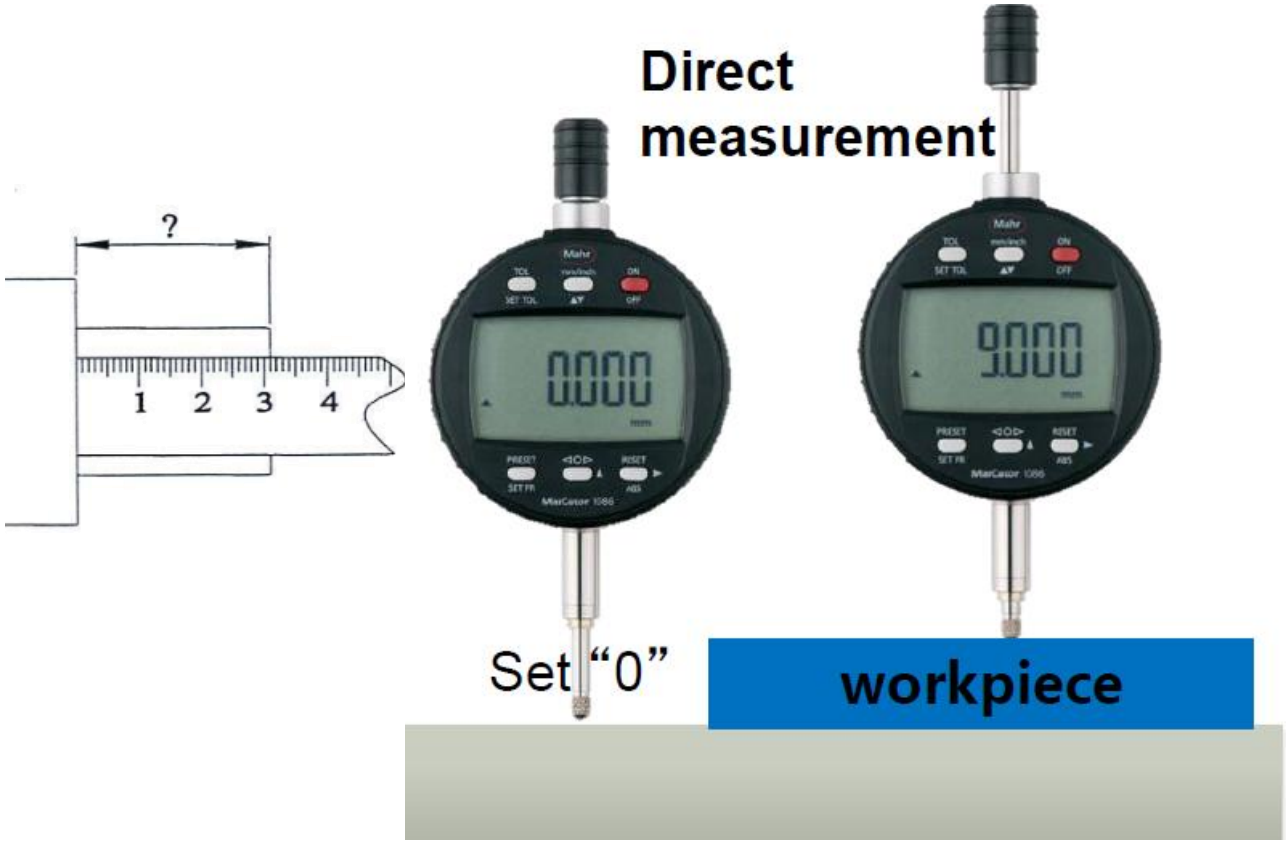
เครื่องหมายคุณภาพ คือ **หลักประกันการเข้าสู่ตลาดการค้าเสรี**

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการวัด

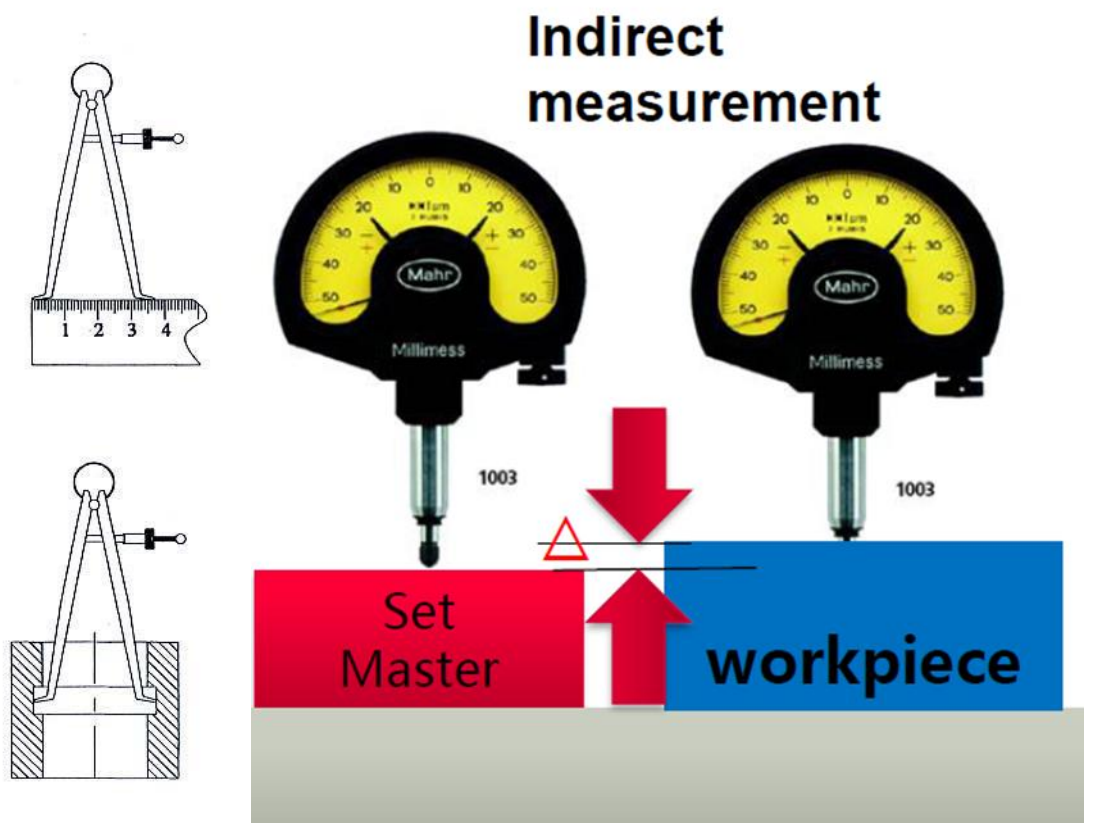
1. Measurement ⇒ การวัด
2. Accuracy ⇒ ค่าความถูกต้อง
3. Precision ⇒ ค่าความแม่นยำ
4. Error ⇒ ค่าความผิดพลาด
5. Correction / deviation ⇒ ค่าแก้
6. Resolution ⇒ ค่าความละเอียด
7. Calibration ⇒ การสอบเทียบ
8. Measurement Uncertainty ⇒ ค่าความไม่แน่นอนของการวัด

ประเภทของการวัด

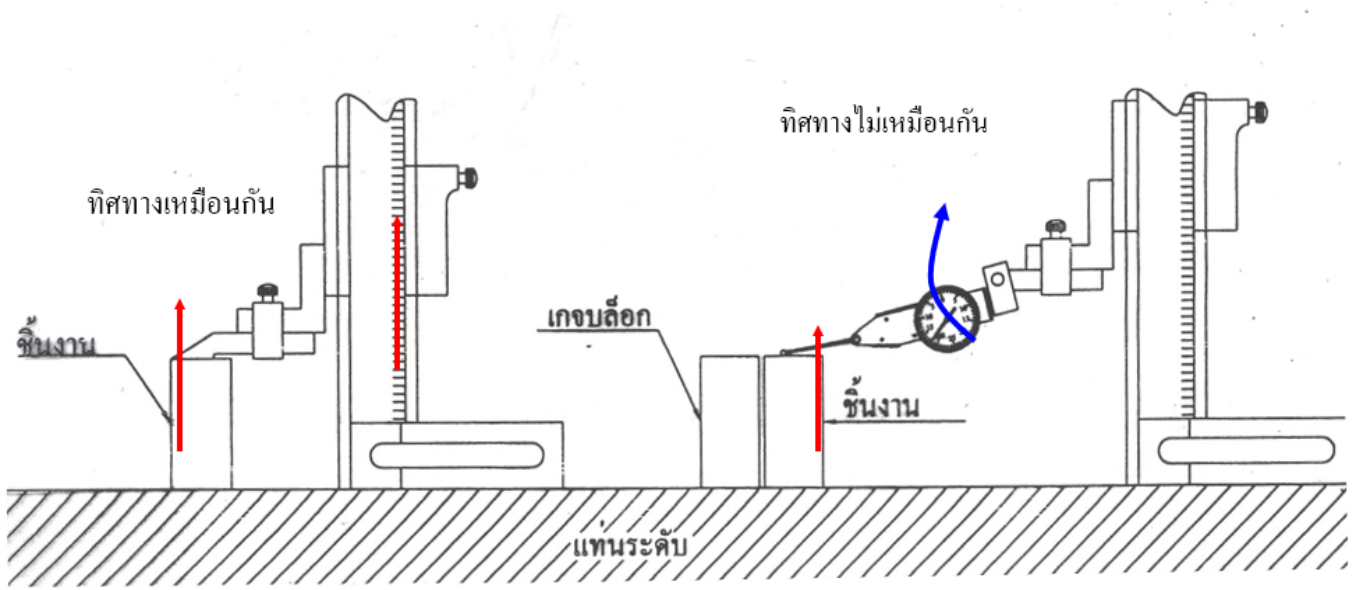
1. การวัดทางตรง (Direct measurement)



2. การวัดทางอ้อม (Indirect measurement)



วิธีการวัด



A

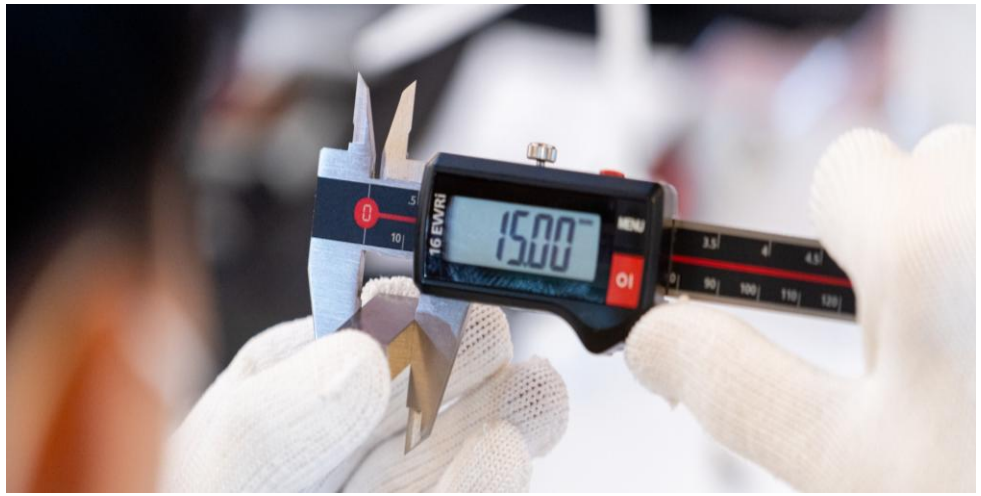
วิธีการวัดแบบแสดงค่า Absolute

B

วิธีการวัดแบบย้ายศูนย์ Relative

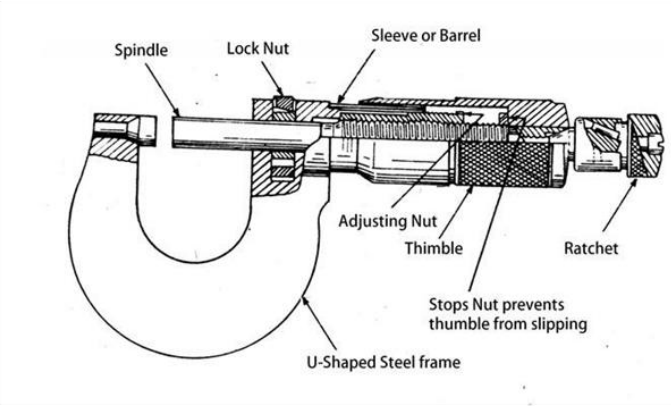
การวัด (Measurement)

การวัดด้วย Caliper คือ การหาค่าระยะสเกล caliper



การวัด (Measurement)

การวัดชิ้นงานด้วย Micrometer คือ การหาค่าระยะที่เลื่อนของ micrometer (จำนวนเกลียว)



shutterstock.com · 635780489

Accuracy and Precision

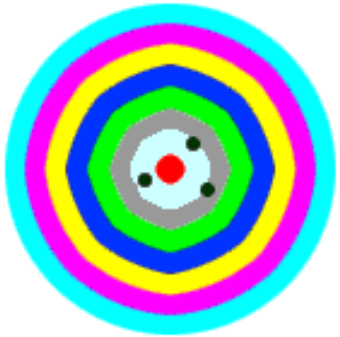
- Accuracy (ความถูกต้องของการวัด)

"ความใกล้เคียงระหว่างค่าของปริมาณที่ได้จากการวัดกับค่าจริงของปริมาณที่ถูกวัด"

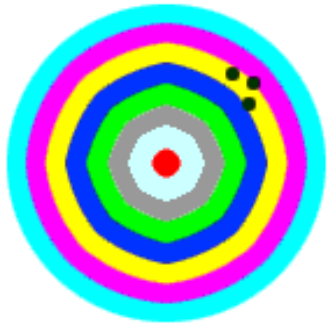
- Precision (ความแม่นของการวัด)

"ความใกล้เคียงระหว่างค่าของปริมาณที่ได้จากการวัดซ้ำของปริมาณ, ภายใต้สภาวะที่กำหนด"

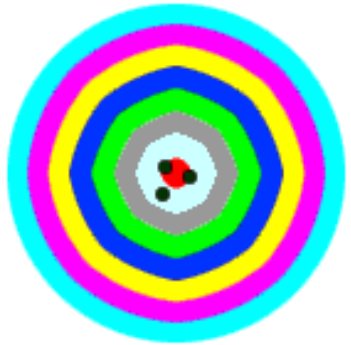
Accuracy and Precision



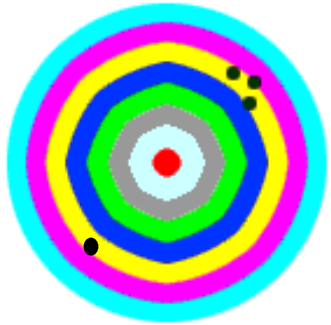
1. Accuracy



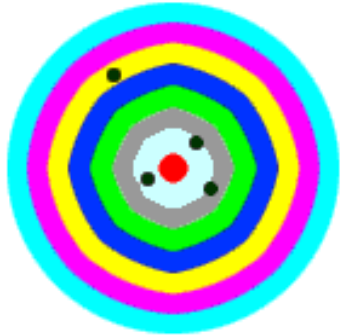
2. Precision



3. Accuracy with Precision



4. Precision with blunder



5. Accuracy with blunder

Error and Correction

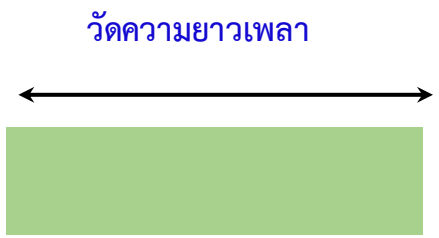
1. ความคลาดเคลื่อน (Error)

Error is measured quantity value minus a reference quantity value.

"ความแตกต่างของค่าปริมาณที่เกิดจากการวัดและค่าจริงของปริมาณที่ถูกวัด"

Error = Unknown value – Standard value

ค่าความผิดพลาด = ค่าที่ถูกวัด - ค่ามาตรฐาน



ตัวอย่าง

เมื่อนำเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ไปวัดเพลาที่ผลิตได้ โดยมีค่าจากการออกแบบ 10 mm

และพบว่าเวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดได้ 10.05 mm

ดังนั้น Error = 10.00 – 10.05 mm = -0.05 mm

Correction = 10.05 – 10.00 mm = +0.05 mm

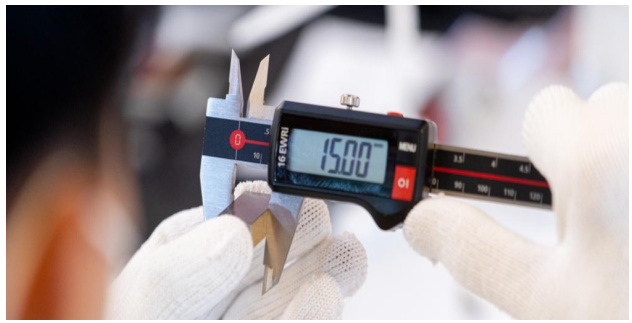
Error and Correction

2. ค่าแก้ (correction)

Correction is compensation for an estimated systematic effect.

“ค่าที่ชดเชยสำหรับค่าผิดพลาดเชิงระบบ ที่สมมุติขึ้นโดยนำมาบวกทางพีชคณิตกับค่ายังไม่ปรับแก้ของการวัด”

Correction = Standard value – Unknown value



ค่าแก้ = ค่ามาตรฐาน - ค่าที่ถูกวัด

ตัวอย่าง

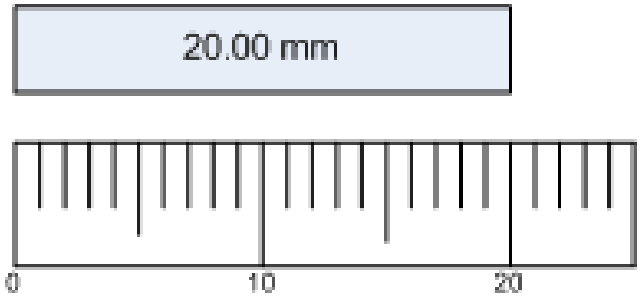
เมื่อนำเวอร์เนียคาลิปเปอร์ไปวัดแท่งมาตรฐาน (Gauge block) ขนาด 10.00 mm

พบว่าค่าเวอร์เนียร์คาลิเปอร์อ่านค่าได้ 10.05 mm

ดังนั้น Correction = 10.00 – 10.05 mm = -0.05 mm

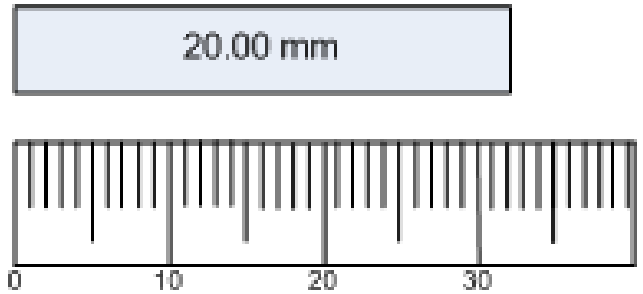
Calibration: การสอบเทียบ

- การหาความสัมพันธ์ของผลการวัดระหว่างเครื่องมือวัดใดๆ กับผลการวัดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด และมีความไม่แน่นอนของผลการวัดนั้นประกอบด้วยเสมอ



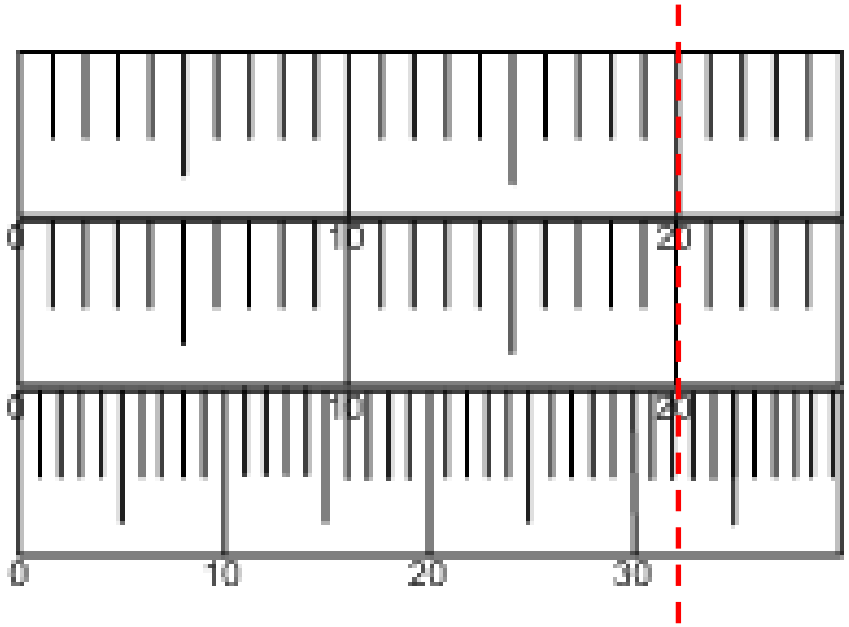
ค่าที่อ่านได้จากไม้บรรทัด A = 20 mm

ของชิ้นเดียวกันทำไมค่าที่อ่านจากไม้บรรทัดทั้งสองไม่เท่ากัน



ค่าที่อ่านได้จากไม้บรรทัด B = 32 mm

Calibration: การสอบเทียบ



Standard = 20 mm

A = 20 mm

B = 32 mm

ค่าแก้ A = 20 mm – 20 mm = 0 mm

ค่าแก้ B = 20 mm – 32 mm = -12 mm

Uncertainty : ความไม่แน่นอนของการวัด

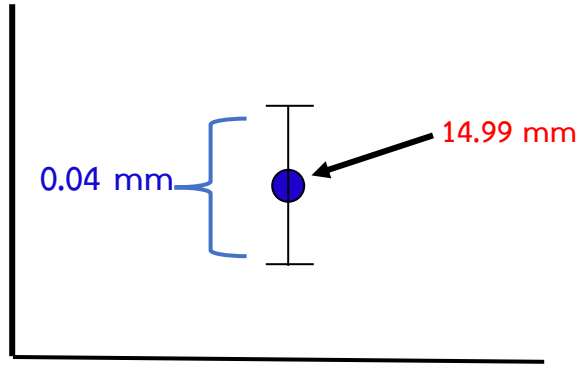
• โดยทั่ว ๆ ไป หมายถึง ค่าประมาณพิสัยของค่าที่โดยทั่ว ๆ ไป จะมีจุดศูนย์กลางที่ค่าที่วัดได้ซึ่งภายในพิสัยนี้จะมีค่าจริงบรรจุอยู่ พร้อมกับระดับความเชื่อมั่นของผลการวัดที่รายงาน

ค่าของปริมาณ = ค่าที่วัดได้ $\pm$ ความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น .... %

$$y = \bar{x} \pm U \text{ .... } \%$$

Ex. Micrometer

15 mm = 14.99 mm $\pm$ 0.02 mm (k = 2)



เอกสารที่ว่าด้วยการประเมิน uncertainty

- GUM “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”
- EA-4/02 “Expression of the uncertainty of Measurement in Calibration”
- M3003 “The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement”
- A2LA Guide for the of Dimensional Calibration and Testing Results

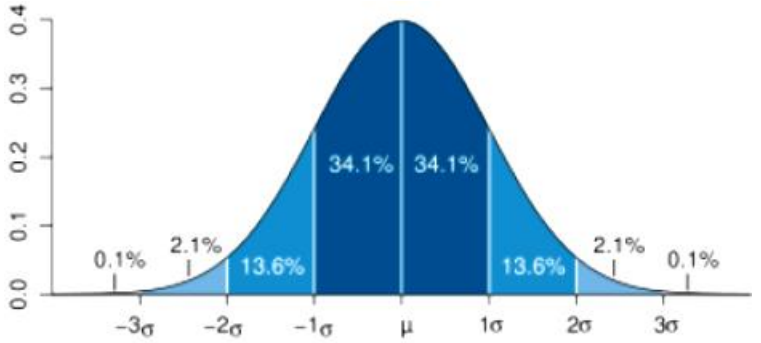
แหล่งที่มาของความไม่แน่นอนของการวัด โดยอ้างถึง ISO/IEC 17025

1. มาตรฐานอ้างอิงและวัสดุอ้างอิงที่ใช้ (reference standard & reference materials)
2. วิธีการวัด (Measurement procedure)
3. เครื่องมือที่ใช้วัด (Equipment used)
4. สภาวะแวดล้อม (Environment condition)
5. คุณสมบัติและภาวะของตัวอย่างที่นำมาสอบเทียบ (Unit Under Calibration, UUC
6. ผู้ปฏิบัติการ (Operator)

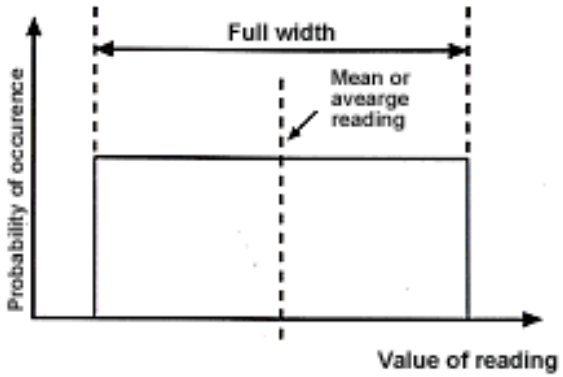
การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบ

การกระจายค่าของ Uncertainty (Distributions)

- Normal Distribution $\Rightarrow$ $1\sigma = \frac{a_1}{k}$



- Rectangular Distribution $\Rightarrow$ $1\sigma = \frac{a_1}{\sqrt{3}}$



เพื่อปรับค่าความเชื่อมั่นของ uncertainty ของรูปแบบการกระจายให้อยู่ในระดับเดียวกันก่อนนำค่า uncertainty ทั้งหมดมารวมกัน โดยในการรวมกันของ uncertainty ทั่วไป ๆ จะใช้ 1σ

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบ

- ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval)

  ช่วงการประมาณค่าที่สามารถคลุม parameter ตั้งแต่ขีดจำกัดล่างถึงขีดจำกัดบน และกำหนดเป็นค่า $\pm k\sigma$ โดย k คือค่าคงที่เช่น 1, 2, 3 เป็นต้น

- ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level)

  เป็นการประมาณค่าที่คลุม parameter ตั้งแต่ขีดจำกัดล่างถึงขีดจำกัดบน เป็น % เช่น 68.3 %, 95.5%, 99.7%

- ความสัมพันธ์ระหว่าง Confidence Interval กับ Confidence level

  $\pm 1\sigma$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 68.3%

  $\pm 2\sigma$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95.5%

  $\pm 3\sigma$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.7%

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบ

- การคำนวณความไม่แน่นอนรวม (combined uncertainty)

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + ...u_n^2}$$

- การรายงานผล uncertainty ; $U_{95\%}$

$U_{95\%}$ = $k \times u_c$ เมื่อ k = coverage factor

แบบฝึกหัดการวัดและการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด

(พร้อมนำเสนอแบบกลุ่ม)

ชุดบำรุงรักษา

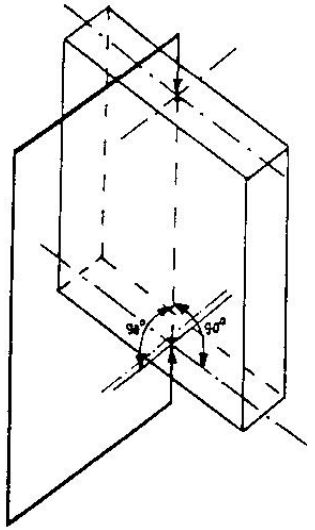
Maintenance kit

ชุดบำรุงรักษาใน 1 ชุด ประกอบด้วย

- ถุงมือผ้า
- แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95%
- ลูกยางเป่าลม
- กระดาษทิชชูชนิดไร้ขน
- เจลเคลือบป้องกันสนิม 100 มล.
- ถาดสแตนเลส

เกจบล๊อก

- เกจบล๊อก (Gauge block) หรือแท่งความยาวมาตรฐาน อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 3650:1998 มีลักษณะเป็นแท่งความยาว 0.5 – 1000 mm



- ระยะของเกจบล๊อกที่ตำแหน่งการวัด(การใช้งาน) คือ ระยะบนผิวหน้าที่ตั้งฉากระหว่างจุดกึ่งกลางของผิวด้านบนกับจุดกึ่งกลางของผิวสัมผัสด้านล่าง

เกจบล๊อก

ชนิดของเกจบล๊อก (วัสดุ)

Ceramic

สัมประสิทธิ์การขยายตัว

: ~ 9.3 ± 1.0 × 10^{-6}/K

Stainless steel

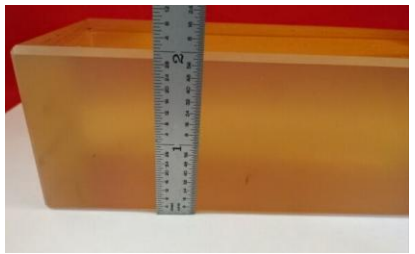
สัมประสิทธิ์การขยายตัว

: ~ 11.5 ± 1.0 × 10^{-6}/K

Tungsten carbide

สัมประสิทธิ์การขยายตัว

: ~ 5.5 ± 1.0 × 10^{-6}/K



Zerodur

สัมประสิทธิ์การขยายตัว

- Class 0 materials: 0 ± 0,02 × 10^{-6}/K
- Class 1 materials: 0 ± 0,05 × 10^{-6}/K
- Class 2 materials: 0 ± 0,10 × 10^{-6}/K

เกจบล๊อก

ชนิดของเกจบล๊อก (รูปร่าง)

1. สี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular gauge block)

- เกจบล๊อกสั้น (short gauge block) : 0.005 – 100 มม.
- เกจบล๊อกสั้น (long gauge block) : >> 125 มม.

เกจบล๊อก

ชนิดของเกจบล๊อก (รูปร่าง)

3. ทรงกระบอก (Length bar)

Code No.	Size
MB8	10mm, 20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm, 200mm and 300mm
MB9	10mm, 20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm, 200mm, 300mm and 400mm
MB10	10mm, 20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm, 200mm, 300mm, 400mm and 600mm
MB11	25mm, 50mm, 75mm, 100mm, 125mm, 150mm, 175mm, 200mm, 375mm, 575mm and 775mm
MB14	25mm (x3), 50mm, 75mm, 100mm, 125mm, 150mm, 175mm, 200mm (x2), 375mm, 575mm and 775mm

เกจบล๊อก

เกรดของเกจบล๊อก

ตามมาตรฐาน ISO 3650-1996(E)

- เกรด K : วิธีการสอบเทียบใช้เลเซอร์อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ และสามารถใช้สอบเทียบเกรดอื่น ๆ
- เกรด 0
- เกรด 1
- เกรด 2

หมายเหตุ : วิธีการสอบเทียบเกจบล๊อกเกรด 0, 1 และ 2 ใช้วิธีเปรียบเทียบ โดยใช้หลักตามมาตรฐาน ISO 10012

เกจบล๊อก

Limit deviation of the length at any point and tolerance for variation in length

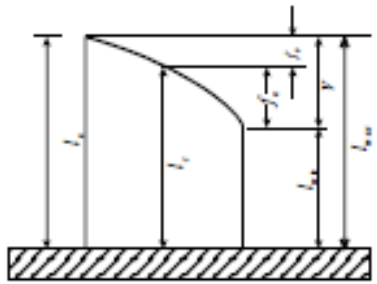
ISO 3650-1996(E) (International Organization for Standardization)

Nominal length, l_n	Calibration grade K		Grade 0		Grade 1		Grade 2	
	limit deviation of length at any point from nominal length	tolerance for the variation in length	limit deviation of length at any point from nominal length	tolerance for the variation in length	limit deviation of length at any point from nominal length	tolerance for the variation in length	limit deviation of length at any point from nominal length	tolerance for the variation in length
	$\pm t_e$	t_v	$\pm t_e$	t_v	$\pm t_e$	t_v	$\pm t_e$	t_v
mm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm
$0,5 \leq l_n \leq 10$	0,2	0,05	0,12	0,1	0,2	0,16	0.45	0,3
$10 < l_n \leq 25$	0,3	0,05	0,14	0,1	0,3	0,16	0,6	0.3
$25 < l_n \leq 50$	0.4	0,06	0,2	0,1	0,4	0.18	0,8	0.3
$50 < l_n \leq 75$	0.5	0,06	0,25	0,12	0,5	0.18	1	0.35
$75 < l_n \leq 100$	0.6	0,07	0,3	0,12	0,6	0,2	1.2	0.35
$100 < l_n \leq 150$	0,8	0.08	0,4	0,14	0,8	0,2	1,6	0,4
$150 < l_n \leq 200$	1	0,09	0,5	0,16	1	0,25	2	0,4

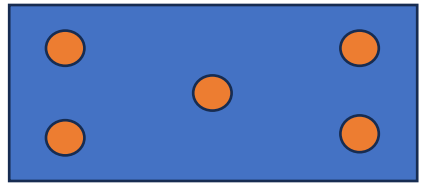
จบล๊อก

Measurement Results

The following tables state for each gauge block, the measured deviations at 20 °C of the central length from the nominal length(Dl_c) the measured deviations (f_o, f_u) from the central length



$Dl_c = l_c - l_n$ = Central deviation
$f_o = l_{max} - l_c$ = Maximum deviation
$f_u = l_c - l_{min}$ = Minimum deviation
$V = l_{max} - l_{min}$ = Variation
l_n = Nominal length
l_c = Central length
l_{max} = Maximum length
l_{min} = Minimum length



Nominal length mm	ID. No.	Deviation of the central length from the nominal length Dl_c µm	Deviation from the central length (µm)	
			f_o	f_u
2.5	070679	0.00	0.01	0.02
5.1	070581	0.04	0.00	0.02
7.7	060313	0.02	0.00	0.04
10.3	060304	0.04	0.00	0.03
12.9	060386	0.03	0.01	0.02
15.0	070078	0.04	0.00	0.04
17.6	060317	-0.03	0.01	0.03
20.2	060339	0.06	0.00	0.03
22.8	060317	0.00	0.02	0.04
25.0	065989	-0.05	0.02	0.00

Uncertainty of measurement = 0,06 µm + 0,7· 10^{-6} l

l being the length of the gauge block

-oo0oo-

จบล๊อก

Seite 4 / *Page* 4 zum Kalibrierschein vom / *of calibration certificate dated* 06.09.2021

HOFFMANN Kalibrierlaboratorium für Parallelendmaße

104637
D-K-15190-01-00
2021-09

122 Parallelendmaße nach DIN EN ISO 3650 / *122 gauge blocks according to DIN EN ISO 3650*
Werkstoff / *material*: Stahl / *steel* DAkkS 1

Nennmaß *Nominal size* in mm	Abweichung des Mittenmaßes vom Nennmaß *Deviation of central length from nominal size* $l_c - l_n$ in µm	Abweichungsspanne *Deviation of central length* f_o	f_u in µm	Toleranzklasse *Tolerance class*	Identnummer *Identification No.*
0,50000	0,09	0,00	0,03	K	210581
1,00000	0,03	0,02	0,01	K	194373
1,00050	0,03	0,00	0,02	K	180079
1,00100	0,00	0,00	0,03	K	190757
1,00200	- 0,02	0,01	0,02	K	190356
1,00300	- 0,04	0,00	0,02	K	190529
1,00400	0,04	0,01	0,03	K	190816
1,00500	0,04	0,00	0,02	K	1901729
1,00600	0,02	0,00	0,03	K	190815
1,00700	0,05	0,01	0,02	K	190942
1,00800	0,01	0,01	0,02	K	191428
1,00900	0,04	0,02	0,01	K	190345
1,01000	0,00	0,01	0,02	K	180517
1,02000	0,06	0,01	0,02	K	191379
1,03000	0,06	0,00	0,03	K	192289

ตัวอย่างชุดของเกจบล๊อก

Catalog no.	Tolerance class	Order no.	Quantity per set	Nominal sizes mm	Increments mm	Gage blocks
402/K	K	**4800403**	32	1.005	-	1
402/0	0	**4800400**		1.01 - 1.09	0.01	9
402/1	1	**4800401**		1.1 - 1.9	0.1	9
402/2	2	**4800402**		1 - 9	1	9
				10 - 30	10	3
				50	-	1
404/K	K	**4800003**	46	1.001 - 1.009	0.001	9
404/0	0	**4800000**		1.01 - 1.09	0.01	9
404/1	1	**4800001**		1.1 - 1.9	0.1	9
404/2	2	**4800002**		1 - 9	1	9
				10 - 100	10	10
406/K	K	**4800014**	87	0.5	-	1
406/0	0	**4800010**		1.001 - 1.009	0.001	9
406/1	1	**4800011**		1.01 - 1.49	0.01	49
406/2	2	**4800012**		1 - 9.5	0.5	18
				10 - 100	10	10
408/K	K	**4800027**	111	0.5	-	1
408/0	0	**4800020**		1.001 - 1.009	0.001	9
408/1	1	**4800021**		1.01 - 1.49	0.01	49
408/2	2	**4800022**		1 - 24.5	0.5	48
				25 - 100	25	4
409/K	K	**4800033**	121	0.5	-	1
409/0	0	**4800030**		1.001 - 1.009	0.001	9
409/1	1	**4800031**		1.01 - 1.49	0.01	49
409/2	2	**4800032**		1.6 - 1.9	0.1	4
				1 - 24.5	0.5	48
				25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90, 100		10

ตัวอย่างชุดของเกจบล๊อก

ชุด 10 ชิ้น เกจบล๊อก

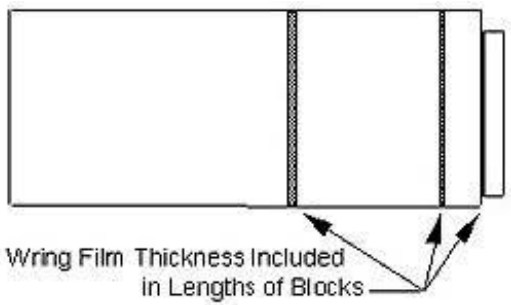
Test Set for Micrometers 419 C (DIN 863)

Catalog no.	Tolerance class	Order no.	Quantity per set	Nominal sizes mm
419 C/1	1	**4800090**	10	2.5 / 5.1 / 7.7 / 10.3 / 12.9 / 15.0 / 17.6 / 20.2 / 22.8 / 25 plus 1 optical parallel dia. 30 mm

เกจบล๊อก

หลักการต่อ (ประกบ) เกจบล๊อกให้ได้ความยาวที่ต้องการ

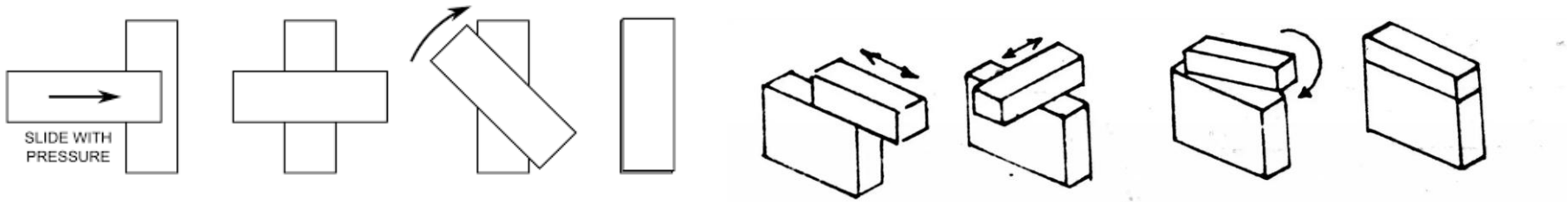
- จำนวนเกจบล๊อกน้อยที่สุดเพื่อลดความผิดพลาดจากการต่อ
- ให้ต่อจากชิ้นที่มีขนาดเล็กก่อนไปยังชิ้นที่มีขนาดใหญ่
- ความยาวของเกจบล๊อกรวมคือความยาวของเกจบล๊อกแต่ละชิ้นรวมกัน
- ความผิดพลาดของการต่อเกจบล๊อก 1 layer มีค่าประมาณ 0.1 ไมครอน (สำหรับคนทั่วไป)



เกจบล๊อก

ขั้นตอนการต่อเกจบล๊อก

- ทำความสะอาดผิวหน้าเกจบล๊อกแต่ละชิ้นให้ดีเยี่ยม
- แตะวาสลีน (น้ำมัน) บาง ๆ บนผิวเกจบล๊อก และ เช็ดวาสลีนออกให้เหลือน้อยที่สุด
- สไลด์เกจบล๊อกเข้าด้วยแรงเบา ๆ คงที่ในแนวตั้งฉากกันแล้วค่อย ๆ หมุนจนเกจบล๊อกประกบกันดังรูป

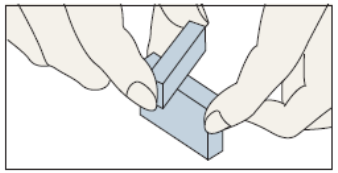


Slide with Slite Pressure

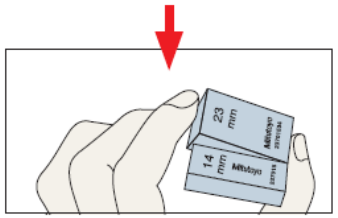
เกจบล๊อก

ขั้นตอนการต่อเกจบล๊อก

a. Wringing thick gauge blocks

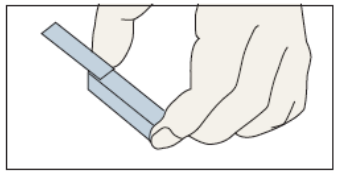


Cross the gauge blocks at 90° in the middle of the measuring faces.

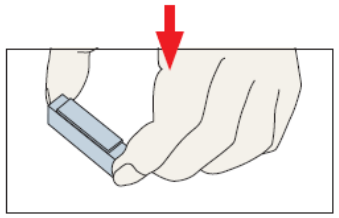


Rotate the gauge blocks while applying slight force to them. You will get a sense of wringing by sliding the blocks.

b. Wringing a thick gauge block to a thin gauge block

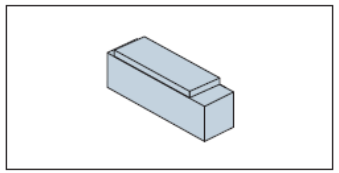


Overlap one side of a thin gauge block on one side of a thick gauge block.

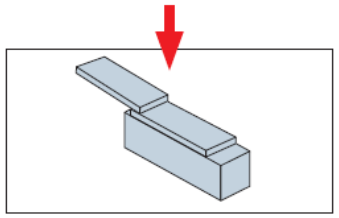


Slide the thin gauge block while pressing the entire overlapped area to align the measuring faces with each other.

c. Wringing thin gauge blocks



To prevent thin gauge blocks from bending, first wring a thin gauge block onto a thick gauge block.

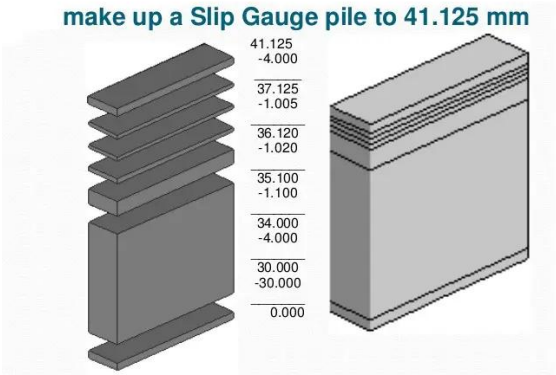


Then, wring the other thin gauge block onto the first thin gauge block.

เกจบล๊อก

การต่อเกจบล๊อก

- 12.30 mm ⇒ เกจบล๊อก 2 ชิ้น หรือ เกจบล๊อก 3 ชิ้น
- 17.25 mm ⇒ เกจบล๊อก 2 ชิ้น หรือ เกจบล๊อก 3 ชิ้น
- 34.685 mm ⇒ เกจบล๊อก 2 ชิ้น หรือ เกจบล๊อก 3 ชิ้น
- 43.82 mm ⇒ เกจบล๊อก 2 ชิ้น หรือ เกจบล๊อก 3 ชิ้น
- 58.19 mm ⇒ เกจบล๊อก 2 ชิ้น หรือ เกจบล๊อก 3 ชิ้น
- 85.74 mm ⇒ เกจบล๊อก 2 ชิ้น หรือ เกจบล๊อก 3 ชิ้น
- 127.50 mm ⇒ เกจบล๊อก 2 ชิ้น หรือ เกจบล๊อก 3 ชิ้น



จบล๊อก

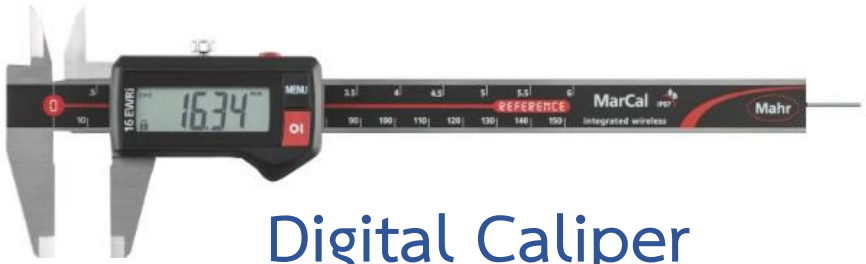
- ชนิดของคาลิเปอร์
- โครงสร้างของคาลิเปอร์
- ลักษณะการใช้งานของคาลิเปอร์
- การอ่านค่าคาลิเปอร์
- การใช้และการดูแลรักษาคาลิเปอร์
- การสอบเทียบคาลิเปอร์
- การประเมินค่าความไม่แน่นอนการวัด

ชนิดของคาลิเปอร์

Display

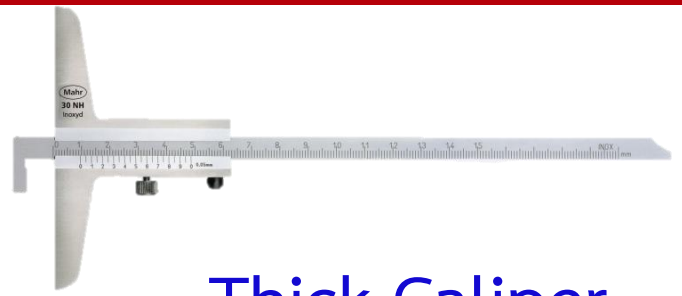
Vernier Caliper

Dial Caliper



Digital Caliper

Application



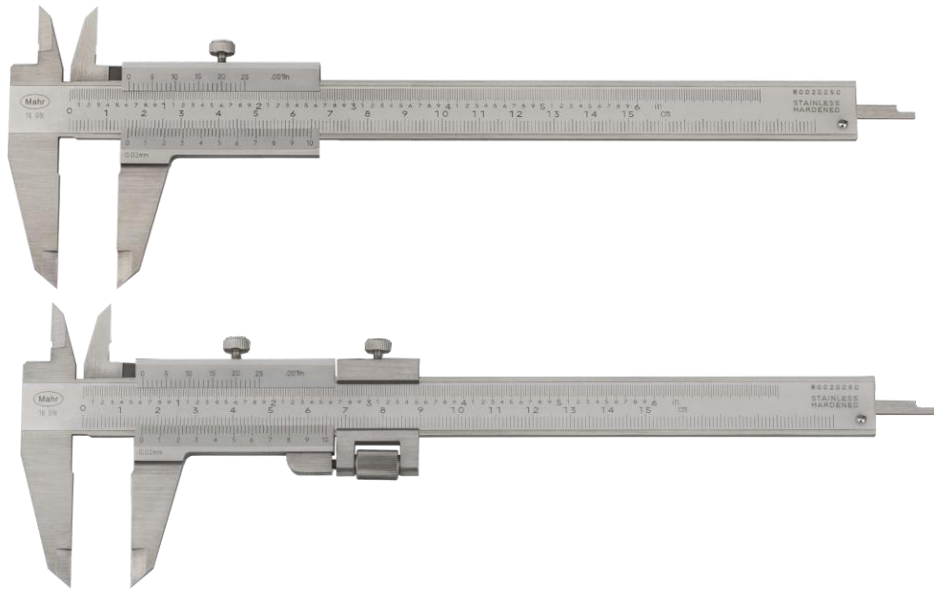
Thick Caliper

Depth Caliper

Bore Distance Caliper

16 EWRi-BA

เวอร์เนียร์คาลิเปอร์



Vernier Caliper MarCal 16 GN

- พิสัย : 0 – 150 มิลลิเมตร / 0 – 6 นิ้ว
- ความละเอียด : 0.02 มิลลิเมตร / 0.001 นิ้ว
- ความถูกต้อง : ± 0.03 มิลลิเมตร / 0.001 นิ้ว

ไดอัลคาลิเปอร์

Dial Caliper MarCal 16 U

- พิสัย : 0 – 150 มิลลิเมตร
- ความละเอียด : 0.01 มิลลิเมตร
- พิสัยต่อรอบ : 1.00 มิลลิเมตร
- ความถูกต้อง : ± 0.03 มิลลิเมตร

ดิจิทัลคาลิเปอร์

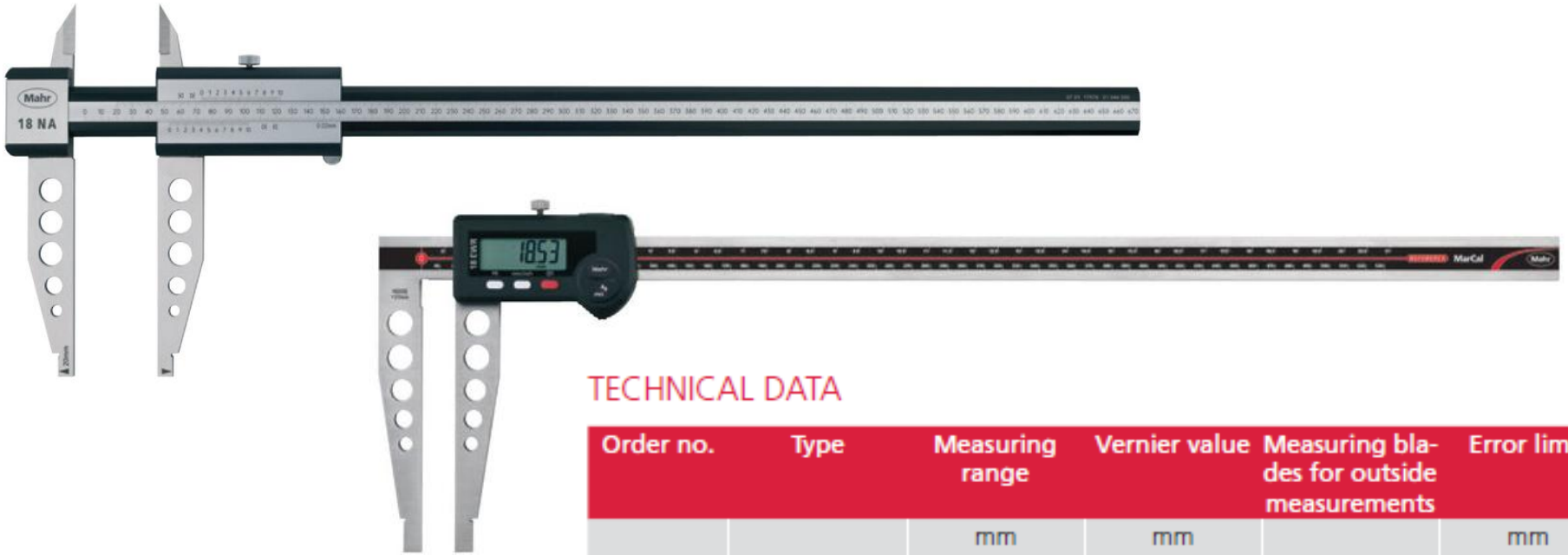
Digital Caliper MarCal 16 ER

- พิสัย : 0 – 150 มิลลิเมตร / 0 – 6 นิ้ว
- ความละเอียด : 0.01 มิลลิเมตร / 0.0005 นิ้ว
- ความถูกต้อง : ± 0.03 มิลลิเมตร / 0.001 นิ้ว

MSA Solution

Mahr

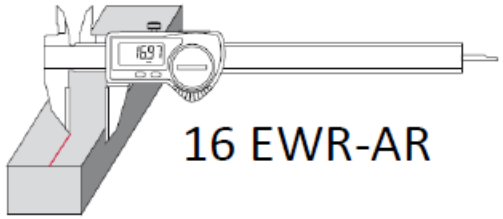
ชนิดของคาลิเปอร์ – Workshop Caliper

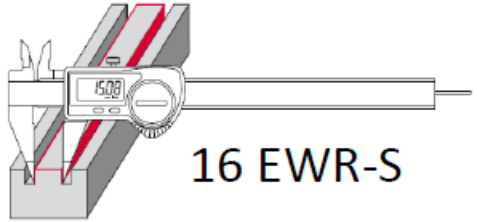


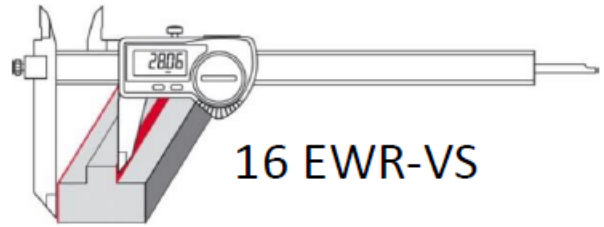
TECHNICAL DATA

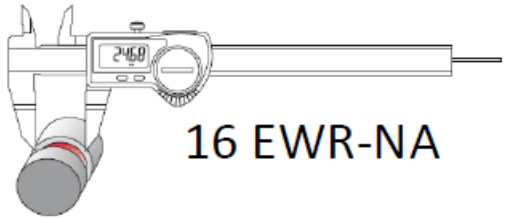
Order no.	Type	Measuring range	Vernier value	Measuring blades for outside measurements	Error limit	Standard	Weight
		mm	mm		mm		kg
4112300	18 NA	0 –300	0.02	•	0.04	Factory standard	0.50
4112301	18 NA	0 –500	0.02	•	0.05	Factory standard	1.40
4112302	18 NA	0 –800	0.02	•	0.07	Factory standard	1.60
4112303	18 NA	0 –1000	0.02	•	0.08	Factory standard	1.75
4112304	18 NA	0 –1500	0.02	•	0.16	Factory standard	2.10
4112305	18 NA	0 –2000	0.02	•	0.16	Factory standard	2.50

ชนิดของคาลิเปอร์ (พิเศษ)

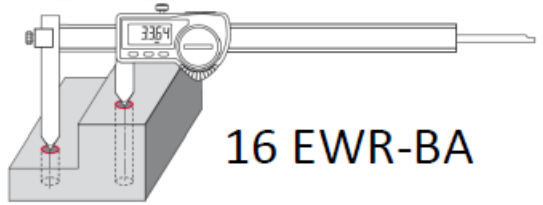

16 EWR-AR

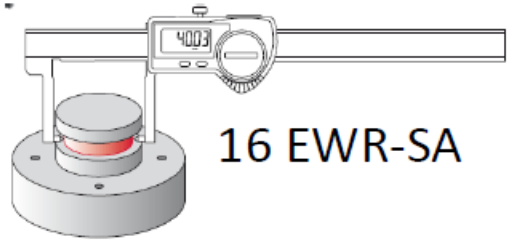

16 EWR-S

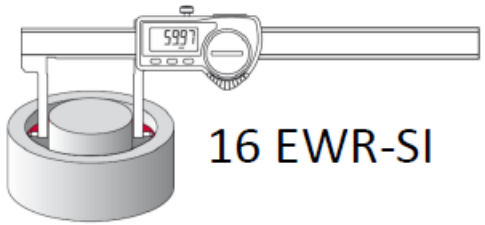

16 EWR-VS

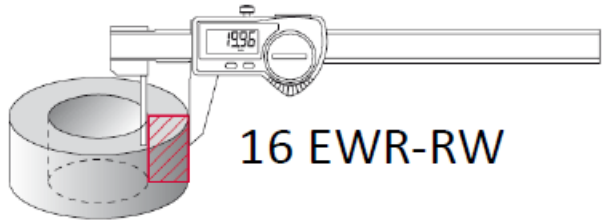

16 EWR-NA

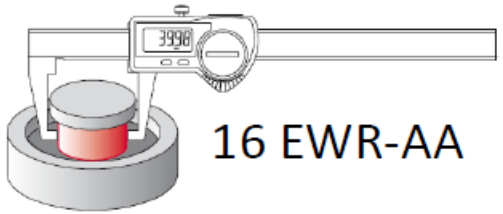
16 EWR-SM

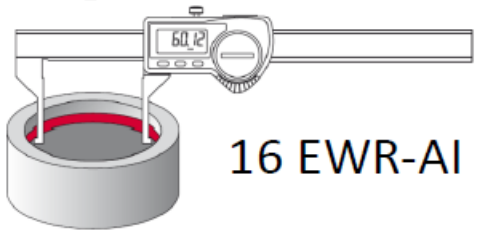

16 EWR-BA

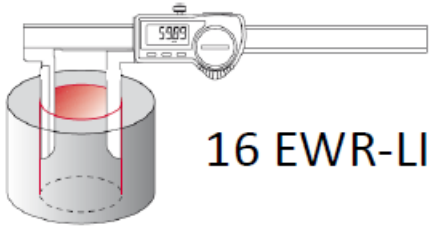

16 EWR-SA


16 EWR-SI

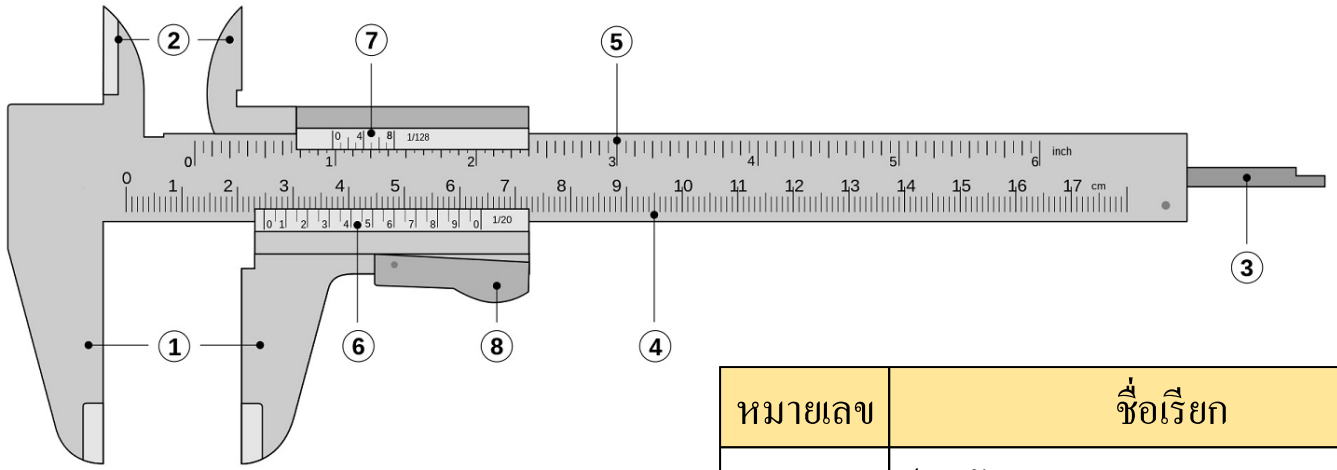

16 EWR-RW


16 EWR-AA


16 EWR-AI

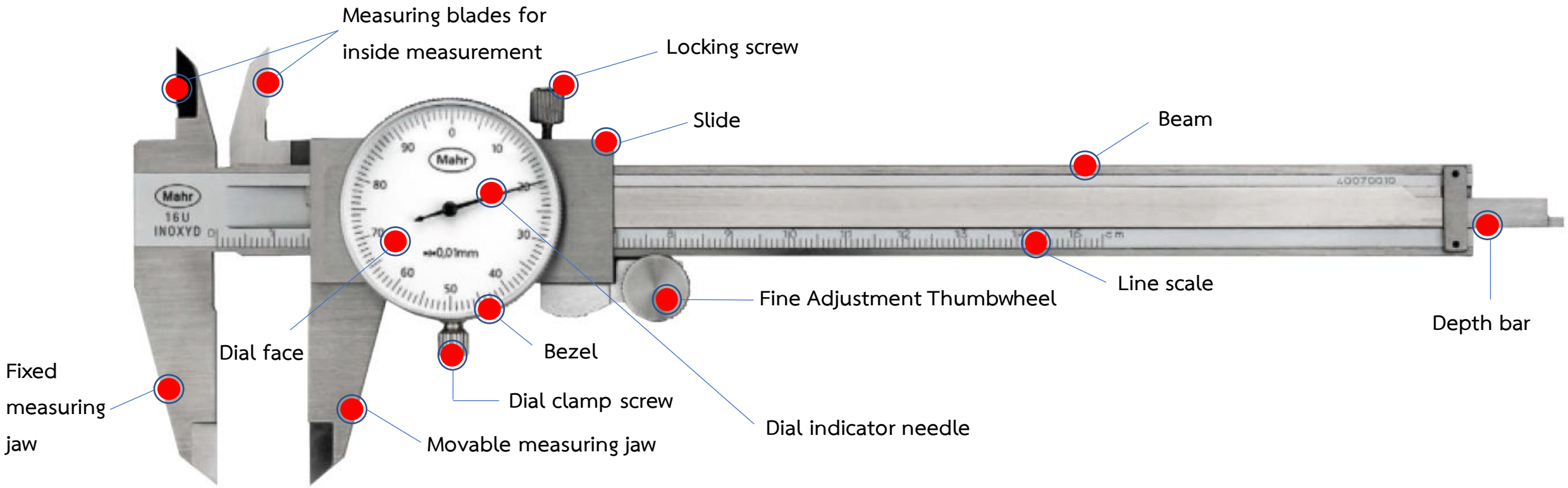

16 EWR-LI

โครงสร้างของคาลิเปอร์



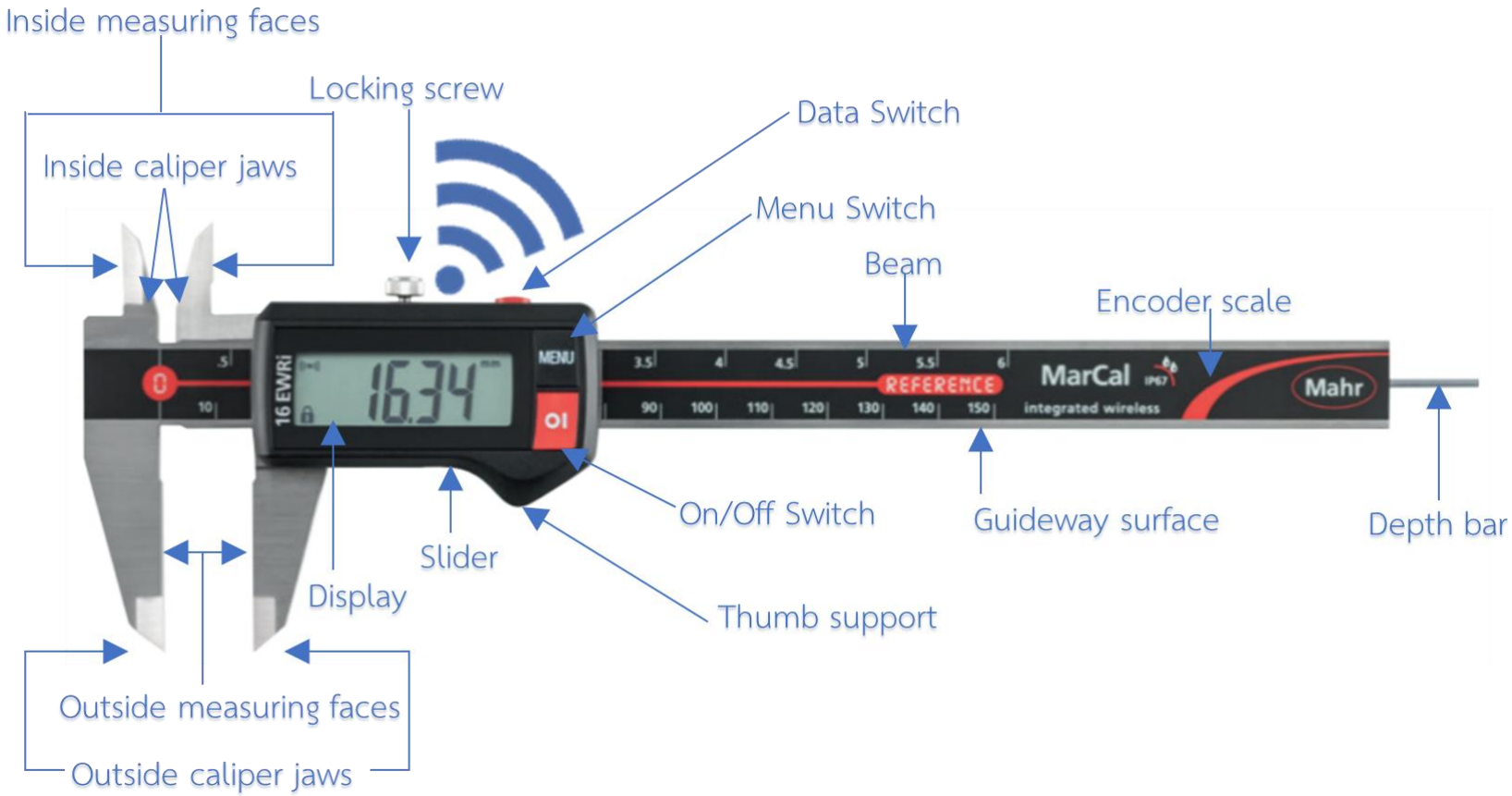
หมายเลข	ชื่อเรียก	หน้าที่
1	ปากวัดนอก (outside caliper)	วัดขนาดภายนอกของวัตถุ
2	บากวัดใน (inside caliper)	วัดขนาดภายในของวัตถุ
3	ก้านวัดลึก (depth measuring)	วัดความลึก
4-5	สเกลหลัก (main scale)	
6-7	สเกลเวอร์เนีย/เลื่อน (vernier scale)	
8	สกรูล็อค (thumbwheel)	ล็อคตำแหน่งของปากวัด

ไดอัลคาลิเปอร์



ดิจิทัลคาลิเปอร์

ส่วนประกอบ



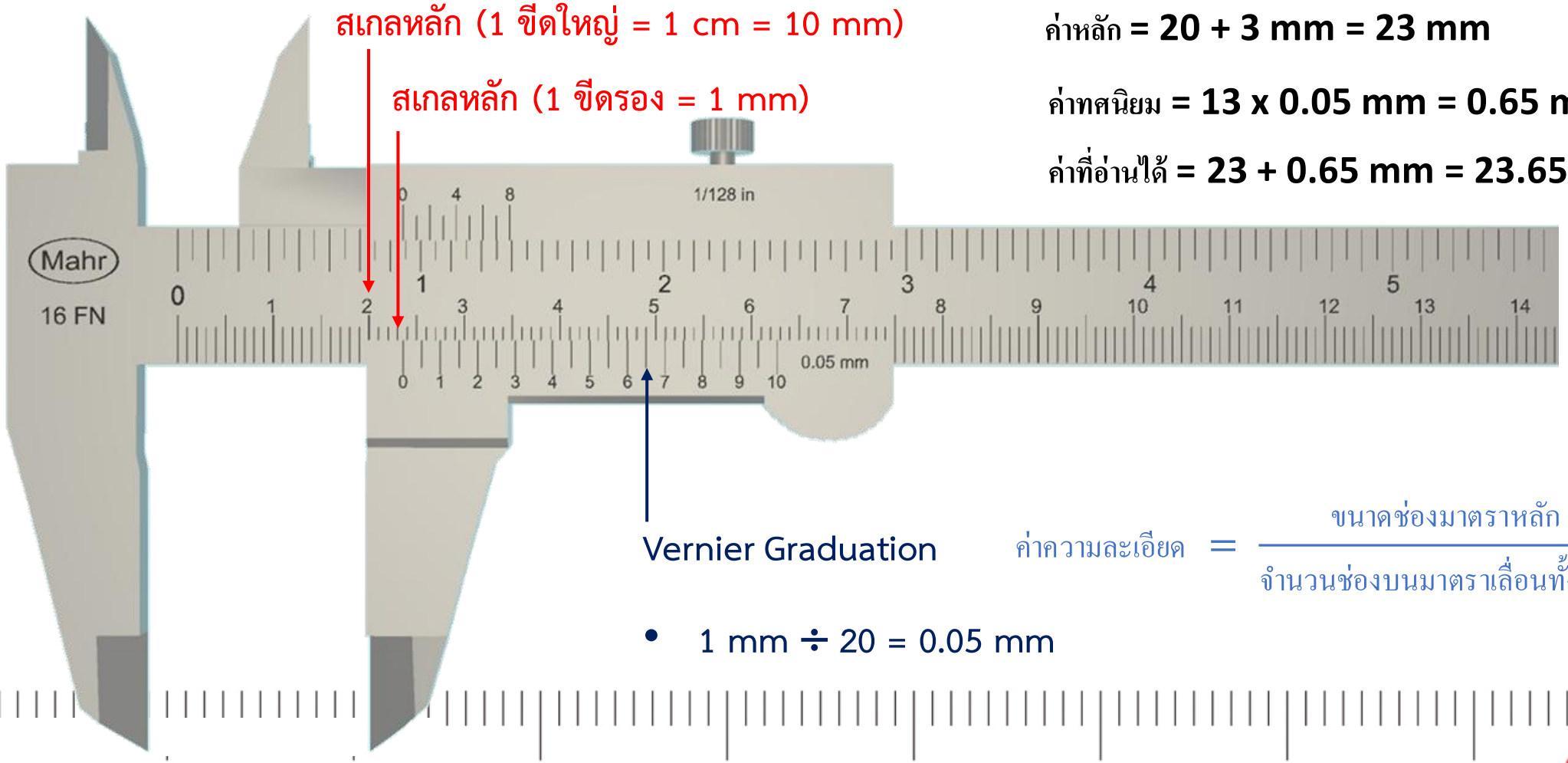
การอ่านค่าเวอร์เนียคาลิปเปอร์

ขั้นที่ 1 อ่านค่าบนสเกลหลักที่อยู่หน้าขีดศูนย์ของเวอร์เนียสเกล จะได้ ค่าหลัก (Main Scale Reading, MSR)

ขั้นที่ 2 หา ค่าทศนิยม (Vernier Scale Reading, VSR) โดยนับจำนวนช่องของเวอร์เนียสเกลที่อยู่ระหว่างขีดศูนย์ถึงขีดสุดท้ายบนเวอร์เนียสเกลที่อยู่ตรงกับขีดบนสเกลหลัก แล้วคูณด้วยค่าความละเอียด (Graduation)

ขั้นที่ 3 นำค่าหลักบวกกับค่าทศนิยมจะได้ค่าที่วัดได้จากเวอร์เนียคาลิปเปอร์

การอ่านค่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ความละเอียด 0.05 mm



ค่าหลัก = **20 + 3 mm = 23 mm**

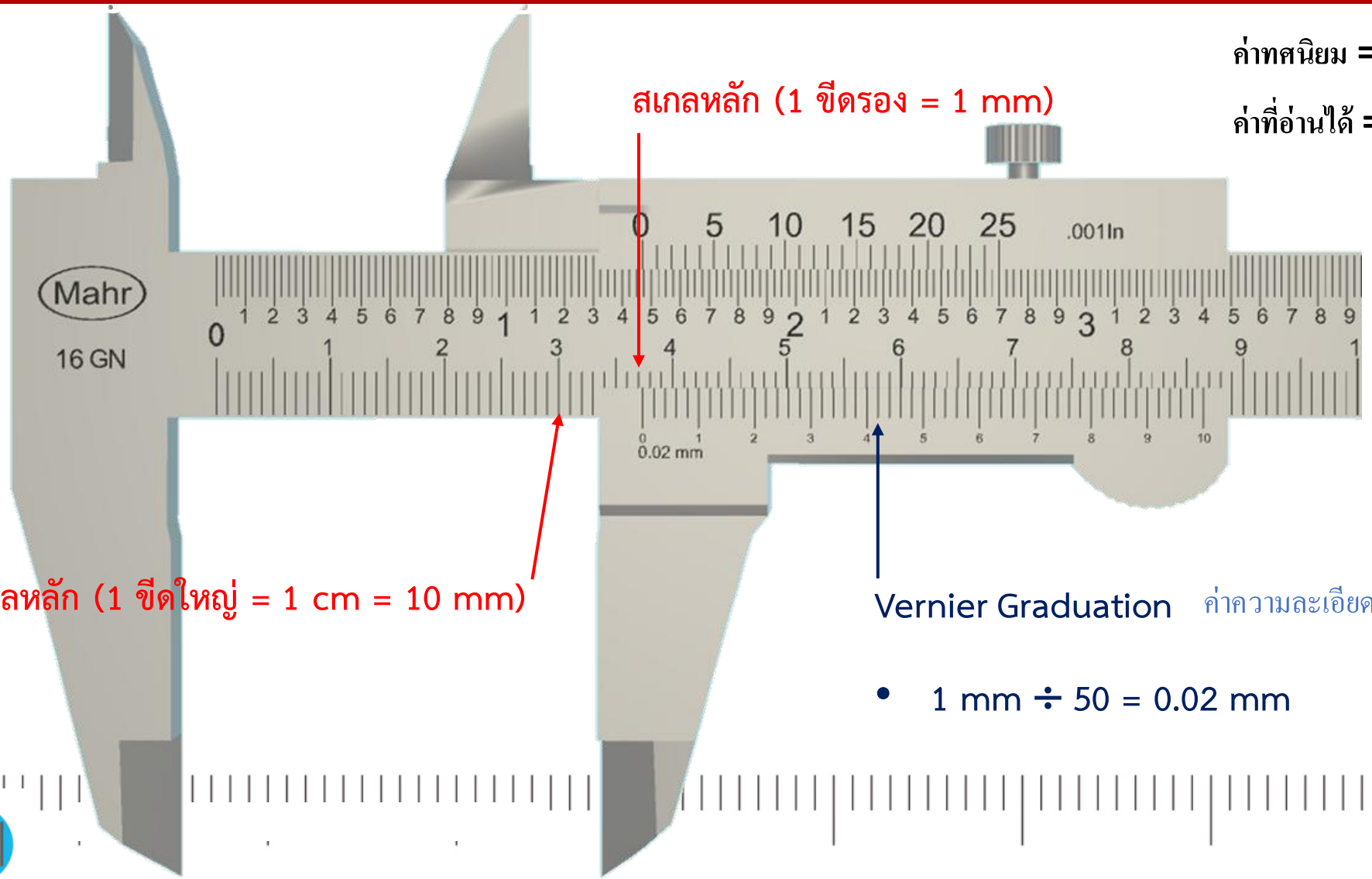
ค่าทศนิยม = **13 x 0.05 mm = 0.65 mm**

ค่าที่อ่านได้ = **23 + 0.65 mm = 23.65 mm**

$$\text{ค่าความละเอียด} = \frac{\text{ขนาดช่องมาตราหลัก}}{\text{จำนวนช่องบนมาตราเลื่อนทั้งหมด}}$$

- 1 mm ÷ 20 = 0.05 mm

การอ่านค่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ความละเอียด 0.02 mm



สเกลหลัก (1 ขีดรอง = 1 mm)

สเกลหลัก (1 ขีดใหญ่ = 1 cm = 10 mm)

Vernier Graduation

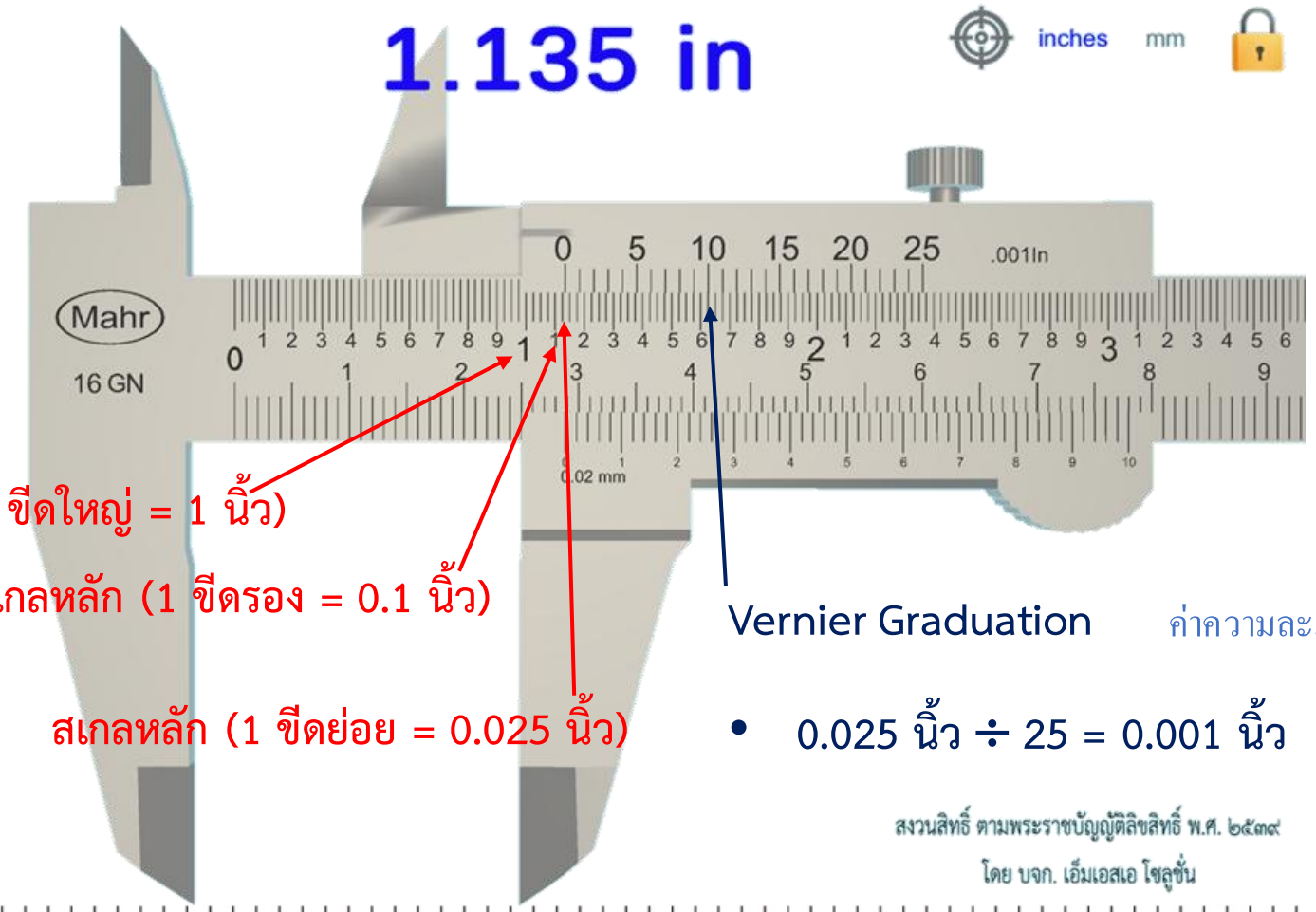
ค่าทศนิยม = **21 x 0.02 mm = 0.42 mm**

ค่าที่อ่านได้ = **37 + 0.42 mm = 37.42 mm**

$$\text{ค่าความละเอียด} = \frac{\text{ขนาดช่องมาตราหลัก}}{\text{จำนวนช่องบนมาตราเลื่อนทั้งหมด}}$$

- 1 mm ÷ 50 = 0.02 mm

การอ่านค่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ความละเอียด 0.001 นิ้ว



สเกลหลัก (1 ขีดใหญ่ = 1 นิ้ว)

สเกลหลัก (1 ขีดรอง = 0.1 นิ้ว)

สเกลหลัก (1 ขีดย่อย = 0.025 นิ้ว)

Vernier Graduation

- 0.025 นิ้ว ÷ 25 = 0.001 นิ้ว

ค่าความละเอียด $=\frac{\text{ขนาดช่องมาตราหลัก}}{\text{จำนวนช่องบนมาตราเลื่อนทั้งหมด}}$

ค่าหลัก = 1 + 0.1 + 0.025 นิ้ว = 1.125 นิ้ว

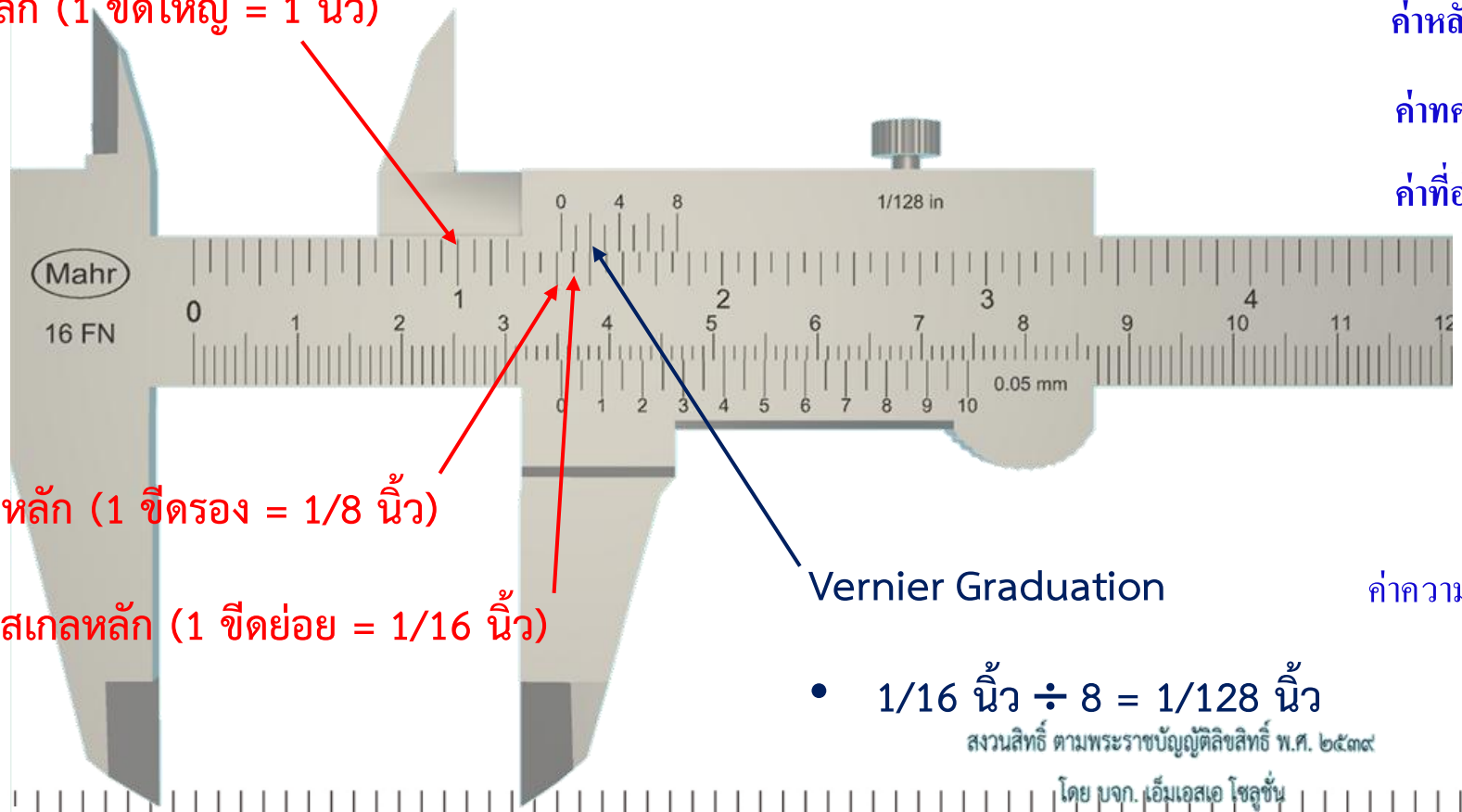
ค่าทศนิยม = 10 x 0.001 นิ้ว = 0.010 นิ้ว

ค่าที่อ่านได้ = 1.125 + 0.010 นิ้ว = 1.135 นิ้ว

สงวนสิทธิ์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. ๒๕๓๙
โดย บจก. เอ็มเอสเอ โซลูชั่น

การอ่านค่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ความละเอียด 1/128 นิ้ว

(1 + 50/128) in inches mm



สเกลหลัก (1 ขีดใหญ่ = 1 นิ้ว)

สเกลหลัก (1 ขีดรอง = 1/8 นิ้ว)

สเกลหลัก (1 ขีดย่อย = 1/16 นิ้ว)

Vernier Graduation

- 1/16 นิ้ว ÷ 8 = 1/128 นิ้ว

ค่าหลัก = 1 + 3/8 นิ้ว = 1 + 48/128 นิ้ว

ค่าทศนิยม = 2 x 1/128 นิ้ว = 2/128 นิ้ว

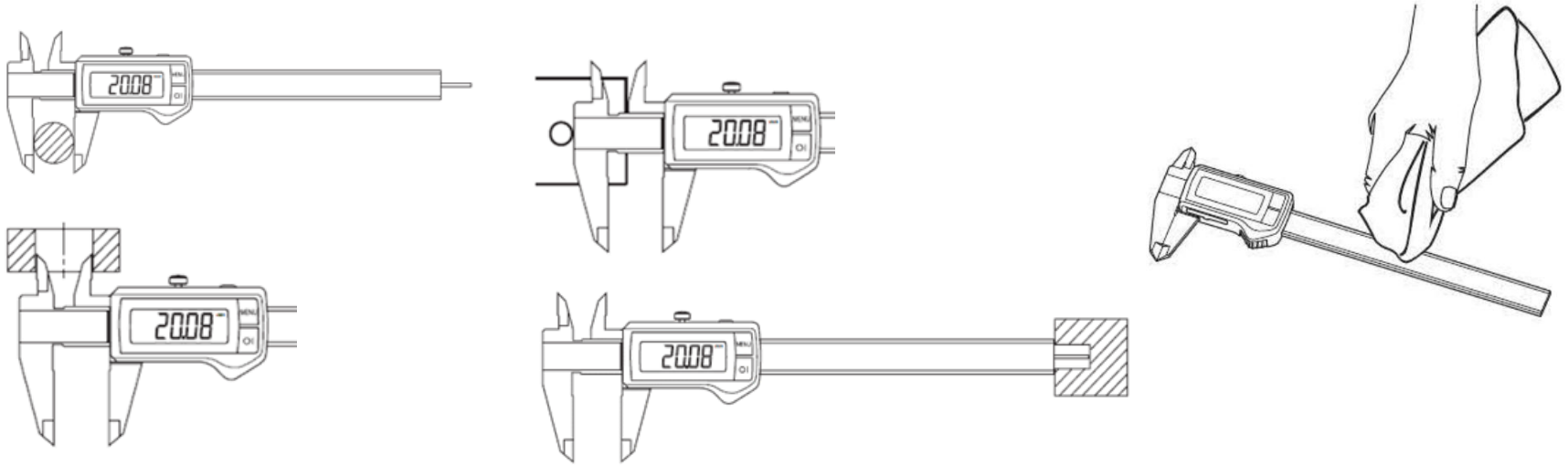
ค่าที่อ่านได้ = (1 + 48/128) + 2/128 นิ้ว
= 1 + 50/128 นิ้ว
= 1 + 25/64 นิ้ว

$$\text{ค่าความละเอียด} = \frac{\text{ขนาดช่องมาตราหลัก}}{\text{จำนวนช่องบนมาตราเลื่อนทั้งหมด}}$$

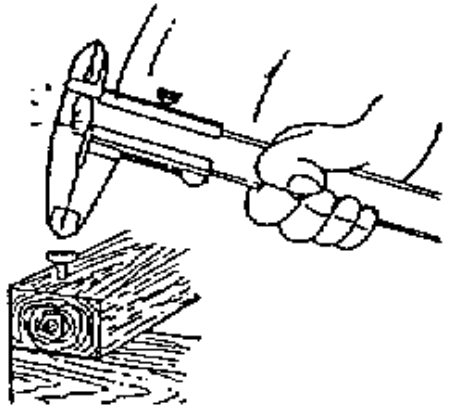
สงวนสิทธิ์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. ๒๕๓๙
โดย บจก. เอ็มเอสเอ โซลูชั่น

เปอร์

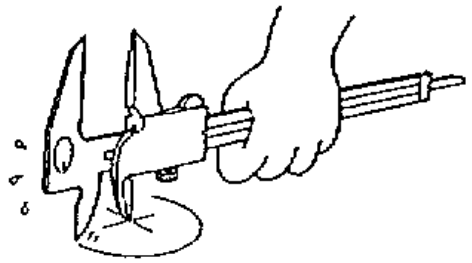
ทำความสะอาดผิวหน้าสัมผัสการวัดของคาลิเปอร์และพื้นผิวชิ้นงานด้วย ลูกยางเป่าลม และกระดาษไร้ขนร่วมกับแอลกอฮอล์ 95% ให้ปราศจากฝุ่นละออง หรือคราบสกปรก โดยเช็ดไปในทิศทางเดียวกัน และสวมถุงมือก่อนการดำเนินงานทุกครั้ง



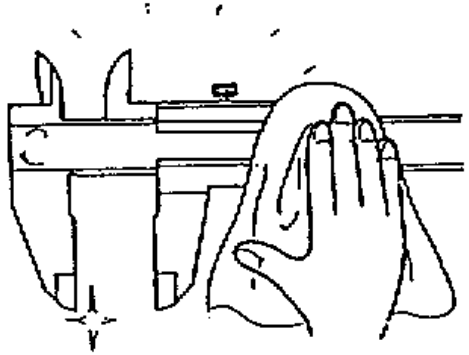
ข้อควรระวังในการใช้งาน



หลีกเลี่ยงการกระทบกระเทือน
- อย่าทำเครื่องมือ หล่น, กระแทก
- อย่าใช้เครื่องมือแทนค้อน

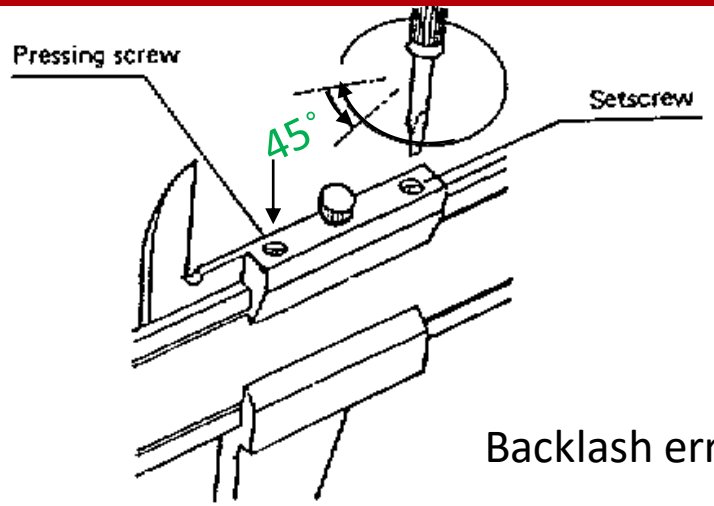


ระมัดระวังอย่าให้ปากวัดเสียหาย
- อย่าใช้ปากวัดแทนวงเวียนหรือเครื่องมืออื่นๆ

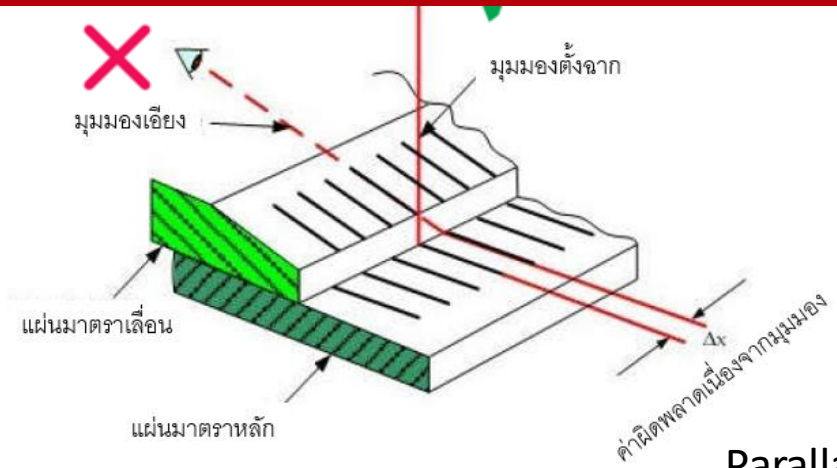


เช็ดเครื่องมือให้สะอาดก่อนใช้วัดด้วยผ้าหรือกระดาษนุ่มที่ไม่เป็นขุยหรือขน

ข้อควรระวังในการใช้งาน



Backlash error



Parallax error

ตรวจสอบสภาพของตัวเลื่อน (slider) ให้อยู่ในสภาพดี ไม่หลวมสะดุด หากพบว่าไม่ปกติให้ปรับสกรู

1. ปรับสกรูทั้งสอง(pressing และ set screw) ให้แน่น และคลายออก1/8 รอบ หรือ 45 องศา
2. ทดลองเลื่อนตรวจสอบดูหากว่ายังไม่ดีให้ปรับสกรูตามขั้นตอนแรก

หลีกเลี่ยงการอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจาก Parallax errors ให้อ่านโดยตรงจากด้านหน้าเท่านั้น

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

ข้อแนะนำการสอบเทียบคาลิเปอร์แบบวัดนอกพิสัยการวัด 0 mm ถึง 1000 mm
ขอบข่ายการสอบเทียบตาม GLA-21 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์)

พิสัย	ขีดความสามารถการสอบเทียบและการวัด
0 - 300 mm	16 µm
> 300 mm to 450 mm	18 µm
> 450 mm to 600 mm	21 µm
> 600 mm to 100 mm	30 µm

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

- นิยาม : UUC = Unit Under Calibration (Vernier, Dial and Digital Calipers)
- หลักการ : การเปรียบเทียบค่าที่ชี้บ่งของ UUC กับค่าความยาวมาตรฐานอ้างอิงของ Gauge block
- มาตรฐานอ้างอิง

  - JIS B 7507 : 1993 ; Calipers
  - EA-4/02 : 2003 ; Expression of uncertainty of measurement in calibration
  - JIS B 7506 : 2004 ; Gauge blocks
  - ISO 3650 : 1998 ; Geometrical product specificaitions (GPS) - Length standard Gauge blocks

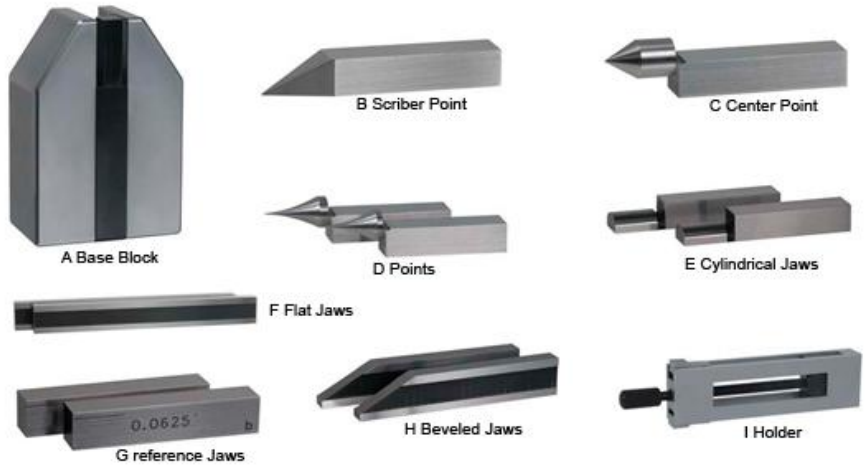
การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

เครื่องมือมาตรฐานและอุปกรณ์ที่ใช้

1. Gauge block set ขนาด 0 mm ถึง 1000 mm มีค่าความถูกต้อง (accuracy) ไม่ต่ำกว่าเกรด 2
2. Rectangular Gauge Block Accessory (Flat Jaws and Gauge block holder)
3. Granite Surface plate
4. Digital thermo-hygrometer
5. อุปกรณ์ทำความสะอาด

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

Rectangular Gauge Block Accessory (Flat Jaws and Gauge block holder)



การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

สภาวะแวดล้อมในการสอบเทียบเครื่องมือ

1. อุณหภูมิของห้องสอบเทียบ (20 ± 2) °C
2. ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสอบเทียบ (55 ± 15) %

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

ขั้นตอนก่อนสอบเทียบ

1. การเตรียม Gauge block
   - ❖ เลือกขนาดของ Gauge block ตามจุดสอบเทียบ UUC
   - ❖ เตรียมใบแบบฟอร์มบันทึกผลการสอบเทียบ
   - ❖ ตรวจสอบวันหมดอายุของ Gauge block
   - ❖ ทำความสะอาด Gauge block โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

ขั้นตอนก่อนสอบเทียบ

2. การเตรียม Flat Jaws และ Gauge block holder
   - ❖ เลือกขนาดของ Gauge block ตามจุดสอบเทียบ UUC
   - ❖ ทำความสะอาด Flat Jaws และ Gauge block holder โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด

3. การเตรียม UUC (คาลิเปอร์)
   - ❖ ทำความสะอาดโดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด
   - ❖ ปรับตั้งศูนย์ของคาลิเปอร์

4. บันทึกวันเวลา อุณหภูมิ ความชื้น ลงในแบบฟอร์ม

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

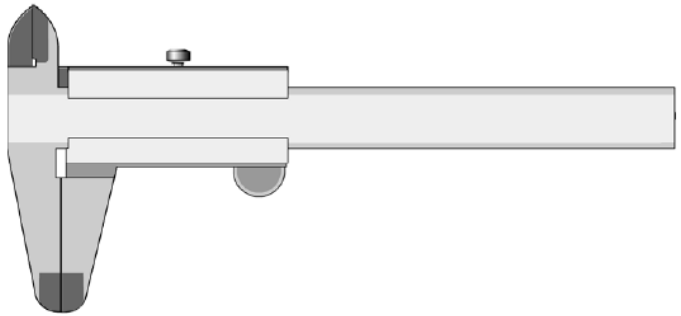
หัวข้อการสอบเทียบ (ตรวจสอบ) คาลิเปอร์แบ่งได้ 3 เรื่องคือ

1. การตรวจสอบความเรียบของปากวัดนอกและปากวัดใน
2. การตรวจสอบความขนานของปากวัด
3. การสอบเทียบความถูกต้องของสเกลด้วยเกจบล๊อก

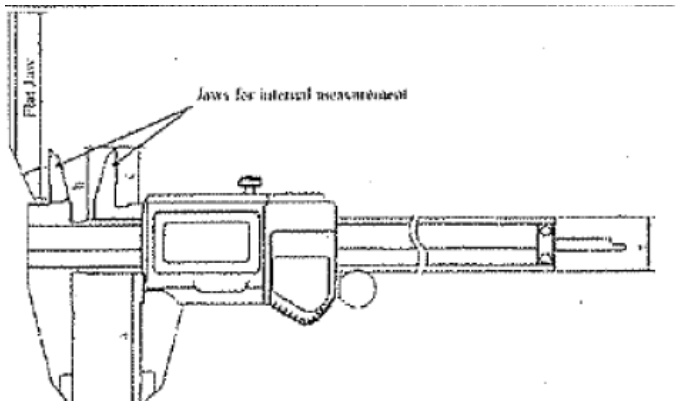
การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

1. การตรวจสอบความเรียบของปากวัดของคาลิเปอร์

- การตรวจสอบค่าความเรียบปากวัดนอก : เลื่อนผิวหน้าปากวัดนอกของคาลิเปอร์ให้ประกบกัน แล้วสังเกตแสงลอดผ่าน



- การตรวจสอบค่าความเรียบปากวัดใน : วาง Flat jaw ให้สัมผัสผิวหน้าของปากวัดใน แล้วสังเกตแสงลอดผ่าน



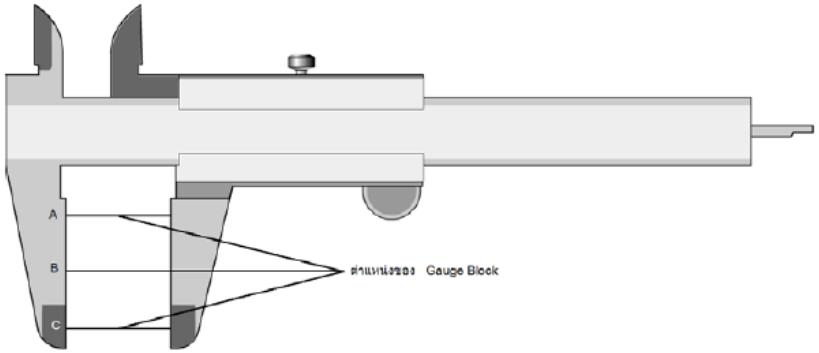
การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

2. การตรวจสอบความขนานของปากวัดของคาลิเปอร์

❖ การตรวจสอบความขนานของปากวัดนอก :

- วาง Gauge block ขนาดประมาณช่วงต้น ช่วงกลางและช่วงปลายพิสัยระหว่างผิวหน้าสัมผัสปากวัดนอกของคาลิเปอร์ ณ ตำแหน่ง A, B และ C และบันทึกผลลงในตารางแบบฟอร์ม
- คำนวณหาค่าความขนานในแต่ละช่วงการวัด โดย

  ค่าความขนาน = ค่าที่อ่านได้สูงสุด - ค่าที่อ่านได้ต่ำสุด

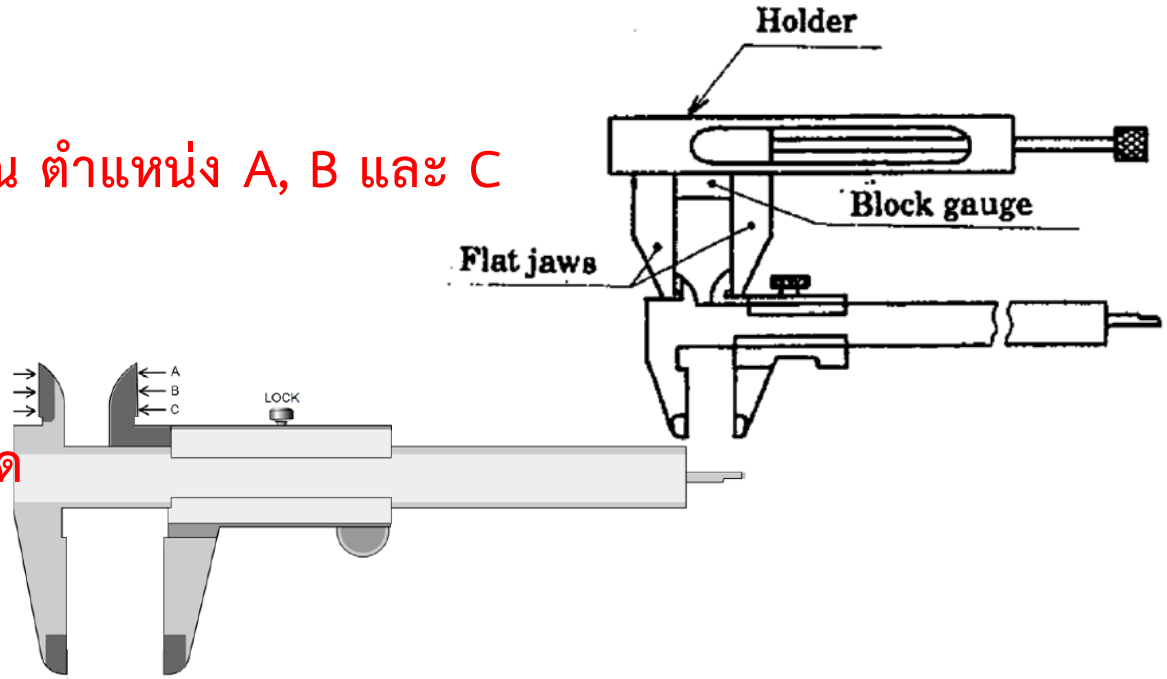


การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

❖ การตรวจสอบความขนานของปากวัดใน :

- เตรียม Gauge block ขนาดประมาณช่วงต้น ช่วงกลางและช่วงปลายพิสัย และประกบทั้งสองด้านของ Gauge block ด้วย Flat jaws
- วัดความกว้างของช่องว่างที่เกิดระหว่าง Flat jaws ณ ตำแหน่ง A, B และ C และบันทึกผลลงในตารางแบบฟอร์ม
- คำนวณหาค่าความขนานในแต่ละช่วงการวัด โดย

ค่าความขนาน = ค่าที่อ่านได้สูงสุด - ค่าที่อ่านได้ต่ำสุด



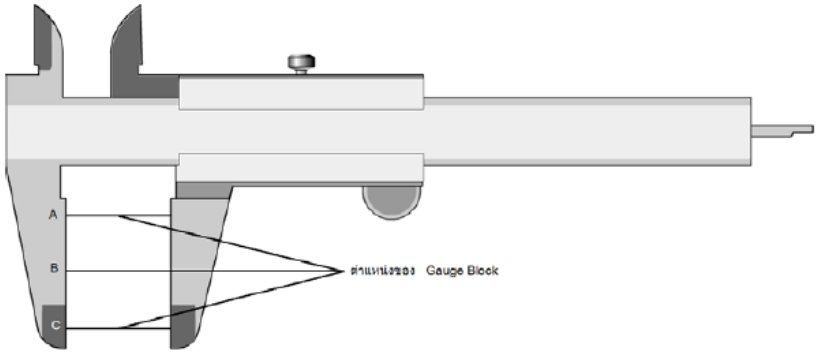
การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

2. การตรวจสอบความขนานของปากวัดของคาลิเปอร์

❖ การตรวจสอบความขนานของปากวัดนอก :

- วาง Gauge block ขนาดประมาณช่วงต้น ช่วงกลางและช่วงปลายพิสัยระหว่างผิวหน้าสัมผัสปากวัดนอกของคาลิเปอร์ ณ ตำแหน่ง A, B และ C และบันทึกผลลงในตารางแบบฟอร์ม
- คำนวณหาค่าความขนานในแต่ละช่วงการวัด โดย

  ค่าความขนาน = ค่าที่อ่านได้สูงสุด - ค่าที่อ่านได้ต่ำสุด

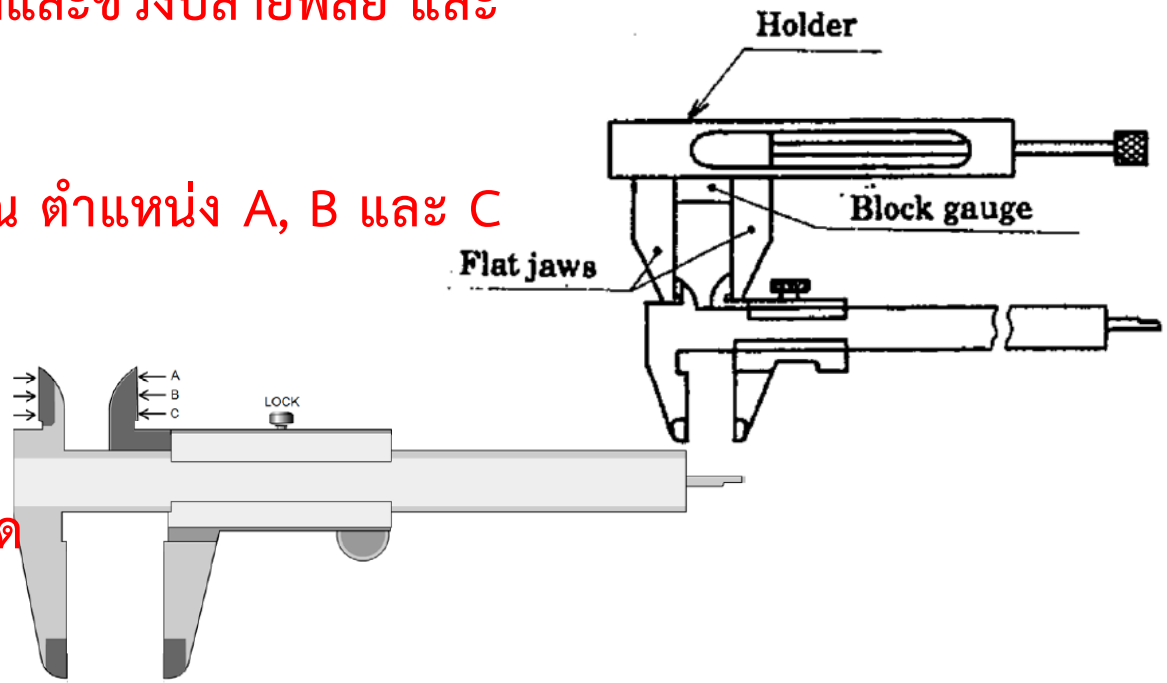


การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

❖ การตรวจสอบความขนานของปากวัดใน :

- เตรียม Gauge block ขนาดประมาณช่วงต้น ช่วงกลางและช่วงปลายพิสัย และประกบทั้งสองด้านของ Gauge block ด้วย Flat jaws
- วัดความกว้างของช่องว่างที่เกิดระหว่าง Flat jaws ณ ตำแหน่ง A, B และ C และบันทึกผลลงในตารางแบบฟอร์ม
- คำนวณหาค่าความขนานในแต่ละช่วงการวัด โดย

ค่าความขนาน = ค่าที่อ่านได้สูงสุด - ค่าที่อ่านได้ต่ำสุด



การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

3. การสอบเทียบความถูกต้องของสเกลวัดนอก (External measurement)

- กำหนดจุดสอบเทียบ (เลือก gauge blocks) ไม่น้อยกว่า 5 จุด

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

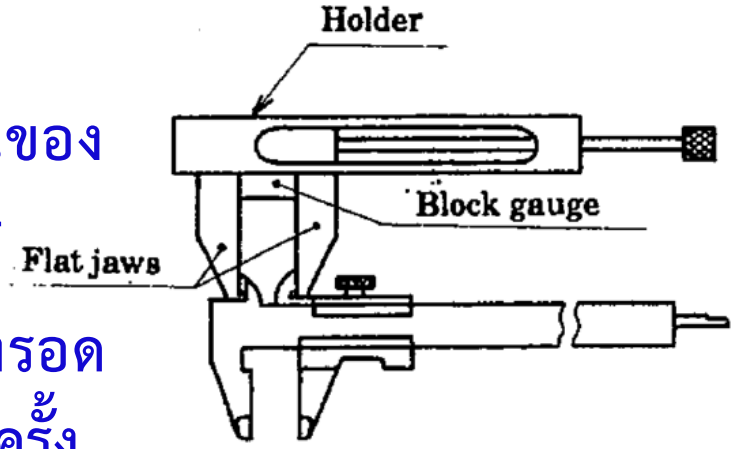
ตัวอย่างพิสัยการวัด 0 mm ถึง 300 mm เช่น 10.3, 22.8, 100, 200, 300 mm

- วาง Gauge block ระหว่างผิวหน้าสัมผัสปากวัดนอกของคาลิเปอร์เลื่อนให้ผิวหน้าสัมผัสปากวัดนอกสัมผัสตำแหน่งกึ่งกลางของ Gauge block สนิท (ไม่มีแสงรอดผ่าน) และบันทุกผลการสอบเทียบลงในแบบฟอร์ม ทำซ้ำจนครบ 4 ครั้ง

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

4. การสอบเทียบความถูกต้องของสเกลวัดใน (Internal measurement)

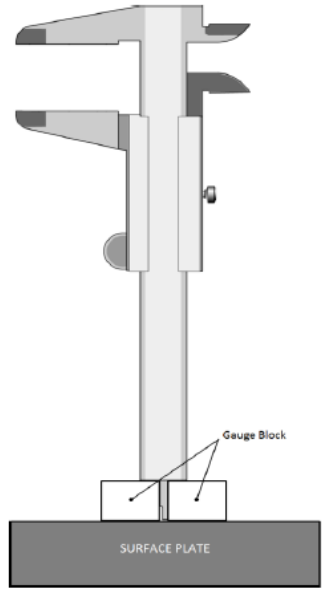
- กำหนดจุดสอบเทียบ (เลือก gauge blocks) ไม่น้อยกว่า 1 จุด
- วาง Gauge block ใน Gauge Block Holder ประกบทั้งสองด้านของ Gauge block ด้วย Flat Jaws ทำการล็อก Gauge Block Holder
- เลื่อนให้ผิวหน้าสัมผัสปากวัดในสัมผัส Flat Jaws สนิท (ไม่มีแสงรอดผ่าน) และบันทุกผลการสอบเทียบลงในแบบฟอร์ม ทำซ้ำจนครบ 4 ครั้ง



การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

5. การสอบเทียบความถูกต้องของสเกลวัดลึก (Depth measurement)

- กำหนดจุดสอบเทียบ (เลือก gauge blocks) ไม่น้อยกว่า 1 จุด
- วาง Gauge block บน Surface plate
- วัดความหนาของ Gauge block บน Surface plate โดย set zero ที่ปากวัดนอก และใช้ก้านวัดลึกวัดความหนาของ Gauge block ทำซ้ำจนครบ 4 ครั้ง



การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

การสอบเทียบความถูกต้องของสเกลคาลิเปอร์

6. คำนวณหาค่าเฉลี่ยจากสมการ

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

เมื่อ $\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยของการวัด

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

n คือจำนวนครั้งของการวัด

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

การสอบเทียบความถูกต้องของสเกล (ต่อ)

7. คำนวณหาค่าแก้จากสมการ

$$C_x = l_s - l_x$$

$$C_x = ([Nominal\ length : GB] + C_s) - \bar{X}$$

เมื่อ C_x คือค่าแก้ของ UUC

l_s คือความยาวของ Gauge Block ที่อุณหภูมิ 20 °C $= Nominal\ length\ (GB) + C_s$

l_x คือค่าความยาวที่อ่านได้จาก UUC

$\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยของการวัด

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

การสอบเทียบความถูกต้องของสเกล

8. คำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสมการ

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

เมื่อ σ_{n-1} คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด

$\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยของการวัด

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

n คือจำนวนครั้งของการวัด

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

ตัวอย่างแบบฟอร์มการสอบเทียบคาลิเปอร์สเกลวัดนอก (External)

1. Flatness of measuring jaws

☐	No gap between the measuring faces.
☐	A gap between the measuring faces less than 0,005 mm
☐	A gap between the measuring faces more than 0,005 mm

☒	No gap between the measuring faces.
☐	A gap between the measuring faces less than 0,005 mm
☐	A gap between the measuring faces more than 0,005 mm

2. Parallelism

Setting mm	Reading at difference points of the jaws (mm)		Parallelism mm
	1/4 from the tips	3/4 from the tips	
31.2			
91.6			
150			

Setting mm	Reading at difference points of the jaws (mm)		Parallelism mm
	1/4 from the tips	3/4 from the tips	
31.2	31.20	31.20	0.00
91.6	91.60	91.60	0.00
150	150.00	150.00	0.00

การสอบเทียบคาลิเปอร์ด้วยเกจบล๊อก

ตัวอย่างแบบฟอร์มการสอบเทียบคาลิเปอร์

3. Error of measurement

Nominal Length	Read - Out ,mm		
mm	1st	2nd	3rd
0.00			
10.00			
16.10			
31.20			
46.30			
61.40			
76.50			
91.60			
106.70			
121.80			
136.90			
150.00			

Nominal Length	C_s	Read - Out ,mm			$\bar{X}$	σ_{n-1}	C_x
mm	mm	1st	2nd	3rd	mm	mm	mm
0.00	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00000
10.00	-0.00007	10.00	10.00	10.00	10.000	0.000	-0.00007
16.10	-0.00007	16.10	16.10	16.10	16.100	0.000	-0.00007
31.20	-0.00008	31.20	31.20	31.20	31.200	0.000	-0.00008
46.30	-0.00011	46.30	46.30	46.30	46.300	0.000	-0.00011
61.40	0.00006	61.39	61.39	61.39	61.390	0.000	0.01006
76.50	0.00010	76.49	76.50	76.49	76.493	0.006	0.00677
91.60	0.00001	91.60	91.59	91.59	91.593	0.006	0.00668
106.70	0.00000	106.69	106.69	106.70	106.693	0.006	0.00667
121.80	-0.00004	121.80	121.80	121.80	121.800	0.000	-0.00004
136.90	-0.00009	136.90	136.90	136.90	136.900	0.000	-0.00009
150.00	0.00005	150.00	150.00	150.00	150.000	0.000	0.00005

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบคาลิเปอร์

สมการคณิตศาตร์ในการวัดเพื่อหาค่าแก้ของคาลิเปอร์

$$C_x = l_s - l_x + \delta l_{ds} - L \times \overline{\propto} \times \Delta t + \delta l_{ix} - \delta l_M - \delta l_w$$

C_x	ค่าแก้ของ UUC
l_s	ความยาวของ Gauge Block ที่อุณหภูมิอ้างอิง (t_0=20˚C)
l_x	ค่าความยาวที่อ่านได้จาก UUC
δl_{ds}	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการเลื่อนค่าของ Gauge Block
L	ค่าที่ระบุ (Nominal Length)
$\overline{\propto}$	ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุระหว่าง UUC กับ Gauge Block
Δt	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง UUC กับ Gauge block (ใช้ค่าการแปรปรวนของอุณหภูมิห้อง $\pm$ 2 ˚C)
δl_{ix}	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากความละเอียดของ UUC
δl_M	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการโครงสร้างของ UUC
δl_w	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการประกบ Gauge block

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบคาลิเปอร์

- ## ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น

1. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำ ; $u(l_x)$
2. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจาก Gauge block ; $u(l_s)$
3. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจาก Stability ของ Gauge Block ; $u(\delta l_{ds})$
4. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องอุณหภูมิ ;$u(\Delta t)$
5. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของ UUC $u(\delta l_{ix})$
6. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากโครงสร้าง Mechanical Effect ของ UUC ; $u(\delta l_M)$
7. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการประกบ Gauge block ; $u(\delta l_w)$ (หากมี)

- ## การประเมินค่าความไม่แน่นอนรวม

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

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบคาลิเปอร์

1. ค่าความไม่แม่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำ ; $u(l_x)$ ตัวอย่าง

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

σ_{n-1} ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด

n จำนวนครั้งของการวัด

σ_{n-1}

$$= \frac{0}{\sqrt{3}} = 0$$

$\sqrt{n}$

Nominal Length	Read - Out ,mm			$\bar{X}$	σ_{n-1}	C_u
mm	1st	2nd	3rd	mm	mm	mm
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	9.99	9.99	9.99	9.99	0.00	0.01
16.10	16.09	16.09	16.09	16.09	0.00	0.01
31.20	31.20	31.20	31.20	31.20	0.00	0.00
46.30	46.30	46.30	46.30	46.30	0.00	0.00
61.40	61.40	61.40	61.40	61.40	0.00	0.00
76.50	76.50	76.50	76.50	76.50	0.00	0.00
91.60	91.60	91.60	91.60	91.60	0.00	0.00
106.70	106.70	106.70	106.70	106.70	0.00	0.00
121.80	121.80	121.80	121.80	121.80	0.00	0.00
136.90	136.90	136.90	136.90	136.90	0.00	0.00
150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	0.00	0.00

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบคาลิเปอร์

2. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจาก Gauge Block ; $u(l_s)$

ให้นำค่าความแน่นอนจากใบรับรองการสอบเทียบมาใช้มีการกระจายแบบ normal

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

ค่า Uncertainty

ค่า l

$$= \frac{(0.07\ \mu m + 0.7 \times 10^{-6} \times l)}{2} = \frac{(0.07\ \mu m + 0.7 \times 10^{-6} \times 150)}{2}$$

ค่า k

$$= 0.035\ \mu m$$

เมื่อ l คือ ระยะของ gauge block

Messunsicherheit/ *Uncertainty of Measurement*

Die Messunsicherheit der Abweichung des Mittenmaßes vom Nennmaß beträgt
The uncertainty of the deviation for the central length l_c from nominal length l_n is
$U = 0{,}07\ \mu m + 0{,}7 \cdot 10^{-6} \cdot l$; *l* ist die Länge des Maßes / *l is the length of the gauge block*

The uncertainty stated is the expanded uncertainty obtained by multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k = 2. It has been determined in accordance with EA-4/02 M: 2022. The value of the measurand lies within the assigned range of values with a coverage probability of about 95 %.

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบคาลิเปอร์

4. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากอุณหภูมิ $;u(\Delta t)$

มีการกระจายแบบ Rectangular

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

Δt : ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง UUC กับ Gauge block ($\pm$ 2°C)

L : ค่าที่ระบุ (Nominal Length)

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

: มีค่าเท่ากับ 11.5 x 10^{-6}

ตัวอย่าง : คาลิเปอร์ที่ระยะ 150 mm

Δt L $\overline{\alpha}$

$$= \frac{2 \times 150 \times 11.5 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}}$$

= 0.00199 mm = 1.99 µm

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบคาลิเปอร์

5. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของ UUC ; $u(\delta l_{ix})$

มีการกระจายแบบ Rectangular

Δt

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

ตัวอย่าง : คาลิเปอร์ที่ระยะ 150 mm, resolution 0.01 mm

ค่า resolution

$$= \frac{(0.01/2)}{\sqrt{3}} = 0.00288 \text{ mm} = 2.9 \ \mu\text{m}$$

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบคาลิเปอร์

6. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากโครงสร้าง (Mechanical effect)ของ UUC ;

; $u(\delta l_M)$ เช่น Force, Abbe Error, Bending, Parallax ที่เกิดขึ้นสำหรับการสอบเทียบ ให้มีการแจกแจงแบบ Rectangular

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

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบคาลิเปอร์

7. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการประกบ Gauge block ; $u(\delta l_w)$ (หากมี)

ให้มีการแจกแจงแบบ Rectangular

$$u(\delta l_w) = \frac{\text{จำนวนรอยต่อของ } gauge\ block}{\sqrt{3}} = \frac{(n-1) \times 0.1}{\sqrt{3}} \ \mu m$$

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบคาลิเปอร์

ตารางบันทึกผลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Caliper : 150 mm)

Symbol	Source of uncertainty	Uncertainty Value		Proability Distribution	Divisor	Sensitivity Coefficient		Standard Uncertainty		Degree of Freedom
$u(l_x)$	Repeability of 3 measurement	0.00	µm	Normal	1	-1		0.000	µm	∞
$u(l_s)$	Uncertainty of Gauge block	0.18	µm	Normal	2	1		0.088	µm	∞
$u(l_{ds})$	Drift of Gauge block	0.25	µm	Retangular		1		0.144	µm	∞
$u(\Delta t)$	Temperature ± 2°C	2.00	°C	Retangular		1.725	µm/°C	1.992	µm	∞
$u(\delta l_{ix})$	Resolution of caliper	5.00	µm	Retangular		-1		2.887	µm	∞
$u(\delta l_M)$	Mechanical Effect	10.00	µm	Retangular		-1		5.774	µm	∞
$u_c(y)$	Combined standard uncertainty			Normal				6.8	µm	>500
$u_{95\%}(y)$	Expanded Uncertainty			Normal (k=2)				13.5	µm	∞

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ (Micrometer)

- ชนิดของไมโครมิเตอร์
- โครงสร้างของไมโครมิเตอร์
- ลักษณะการใช้งานของไมโครมิเตอร์
- การอ่านค่าไมโครมิเตอร์
- การใช้และการดูแลรักษาไมโครมิเตอร์
- การสอบเทียบไมโครมิเตอร์
- การประเมินค่าความไม่แน่นอนการวัด

ชนิดของไมโครมิเตอร์

Display

Mechanical with scale

Mechanical with dial

Digital Micrometer

Application

Outside

Thread flanks & Gear

Groove

Depth

Inside

3 Contact anvils

ชนิดของไมโครมิเตอร์

Outside Micrometer Micromar 40 A (0-25 mm)

- พิสัย : 0 – 25 มิลลิเมตร
- ความละเอียด : 0.01 มิลลิเมตร
- ความถูกต้อง : ± 0.002 มิลลิเมตร

ชนิดของไมโครมิเตอร์

ไดอัลไมโครมิเตอร์

Micrometer with integrated dial comparator

Micromar 40 F (0-25 mm)

- พิสัย : 0 – 25 มิลลิเมตร
- ความละเอียด : 0.01 มิลลิเมตร
- ความถูกต้อง : ± 0.002 มิลลิเมตร

ชนิดของไมโครมิเตอร์

ดิจิทัลไมโครมิเตอร์

Digital Micrometer Micromar 40 ER (0-25 mm)

- พิสัย : 0 – 25 มิลลิเมตร / 0 – 1 นิ้ว
- ความละเอียด : 0.001 มิลลิเมตร / 0.00005 นิ้ว
- ความถูกต้อง : ± 0.002 มิลลิเมตร

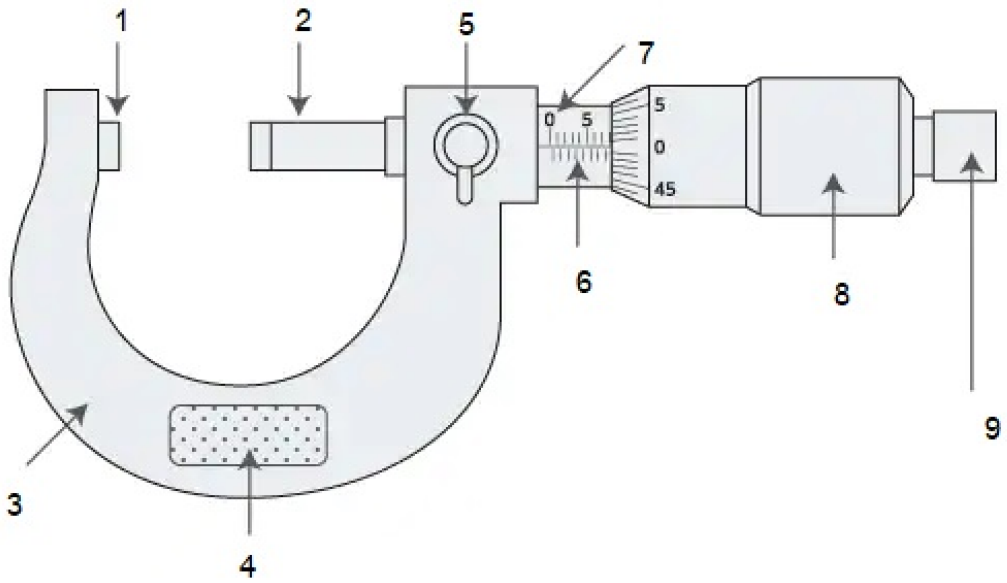
ชนิดของไมโครมิเตอร์

ดิจิทัลไมโครมิเตอร์

Digital Micrometer Micromar 40 EWR (25-50 mm)

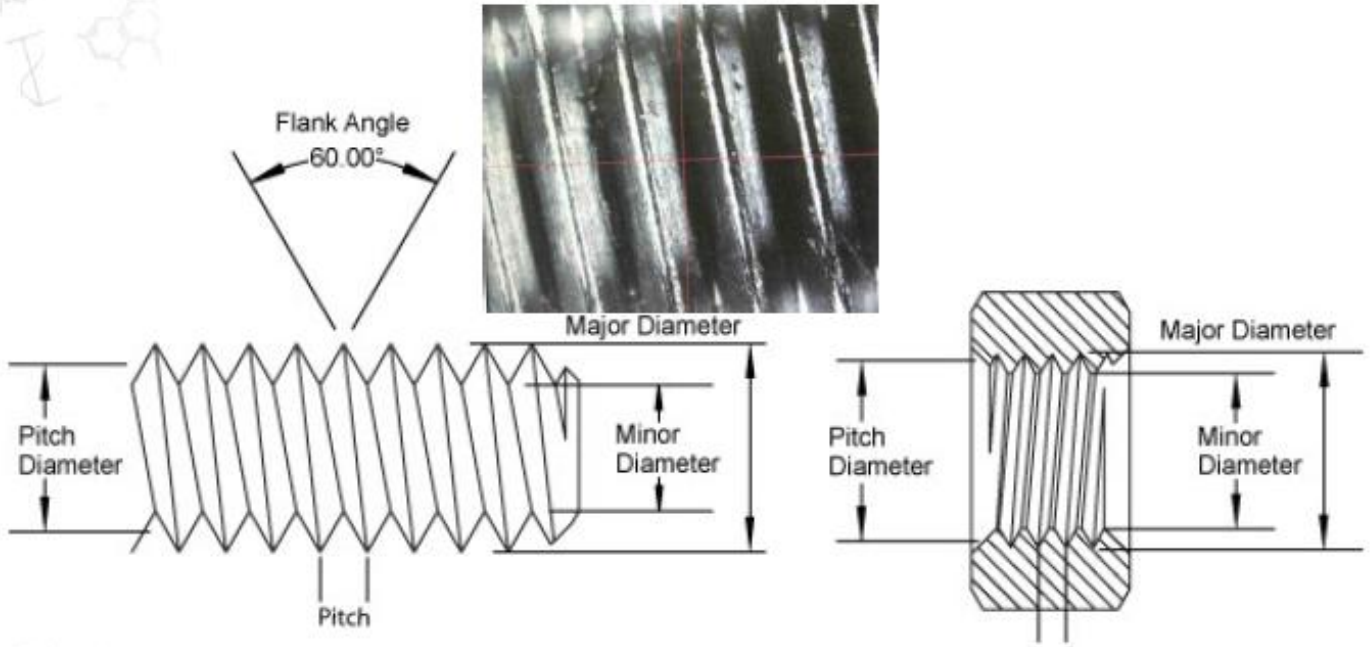
- พิสัย : 25 – 50 มิลลิเมตร / 1 – 2 นิ้ว
- ความละเอียด : 0.001 มิลลิเมตร / 0.00005 นิ้ว
- ความถูกต้อง : ± 0.002 มิลลิเมตร

โครงสร้างของไมโครมิเตอร์



หมายเลข	ชื่อเรียก	หน้าที่
1	แกนรับ (anvil)	รองรับการวัด
2	แกนวัด (spindle)	เลื่อนสัมผัสวัดขนาดของชิ้นงาน
3	เฟรม (frame)	วัดความลึก
4	ฝาป้องกันอุณหภูมิ (thermal protection cover)	
5	ตัวล็อก (clamp)	ล็อคหรือบีบแกนวัดไม่ให้เคลื่อนที่
6	สเกล	ล็อคตำแหน่งของปากวัด
7	แขนวัด (sleeve)	ปลอกขีดสเกลแบ่งตามแนวยาว
8	ปลอกหมุน (thimble)	หมุนเลื่อนให้แกนวัดสัมผัสชิ้นงาน ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
9	ตัวหยุดแกนหมุน (ratchet stopper)	ป้องกันแกนวัดในการเลื่อนสัมผัสผิวงานวัด

โครงสร้างของไมโครมิเตอร์

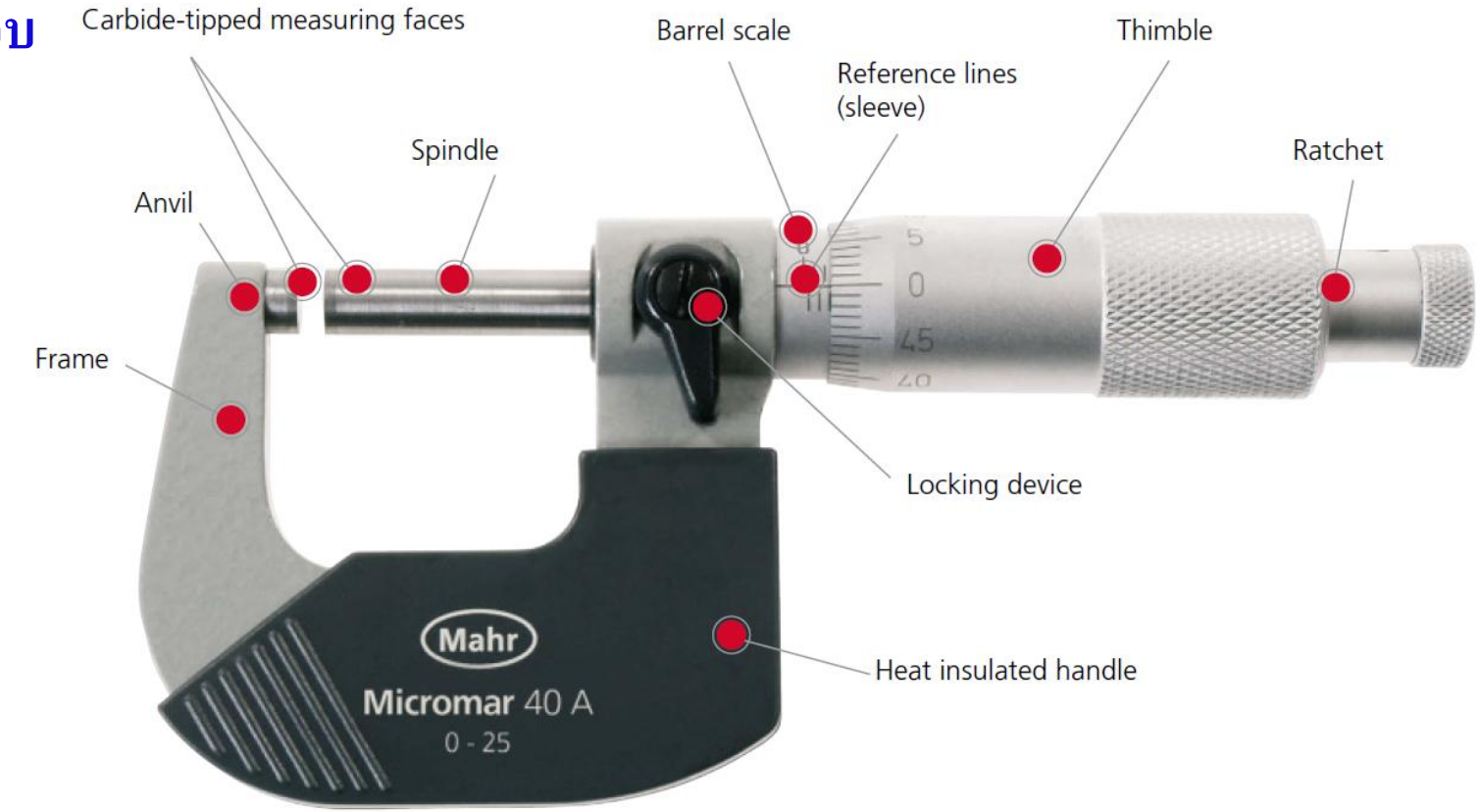


JIS B 7502:1994 และ ISO 3611:1978 เอกสารอ้างอิงเพื่อใช้สอบเทียบไมโครมิเตอร์มีขอบเขตใช้

สำหรับระยะ pitch 0.5 mm และ 1 mm โดยมี graduation 0.01 mm และ 0.001 mm

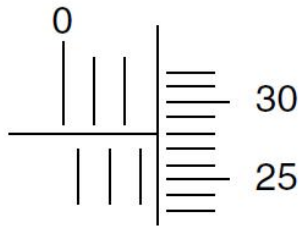
ไมโครมิเตอร์

ส่วนประกอบ



Reading example:

Micrometer with 0.01 mm divisions



Sleeve	2.5
Thimble	0.28
Measuring result	2.78 mm

ดิจิทัลไมโครมิเตอร์

ส่วนประกอบ

การอ่านไมโครมิเตอร์ ความละเอียด 0.01 mm

ขั้นที่ 1 อ่านค่าบน**สเกลหลัก**ที่อยู่หน้า**ขอบของปลอกวัด**ของ thimble จะได้ **ค่าหลัก**

ขั้นที่ 2 หา **ค่าทศนิยม** โดยอ่านจาก**ขีดของสเกลละเอียด**ที่ปลอก thimble ซึ่งอยู่ตรงกับเส้นแนวกลางของ**สเกลหลัก**

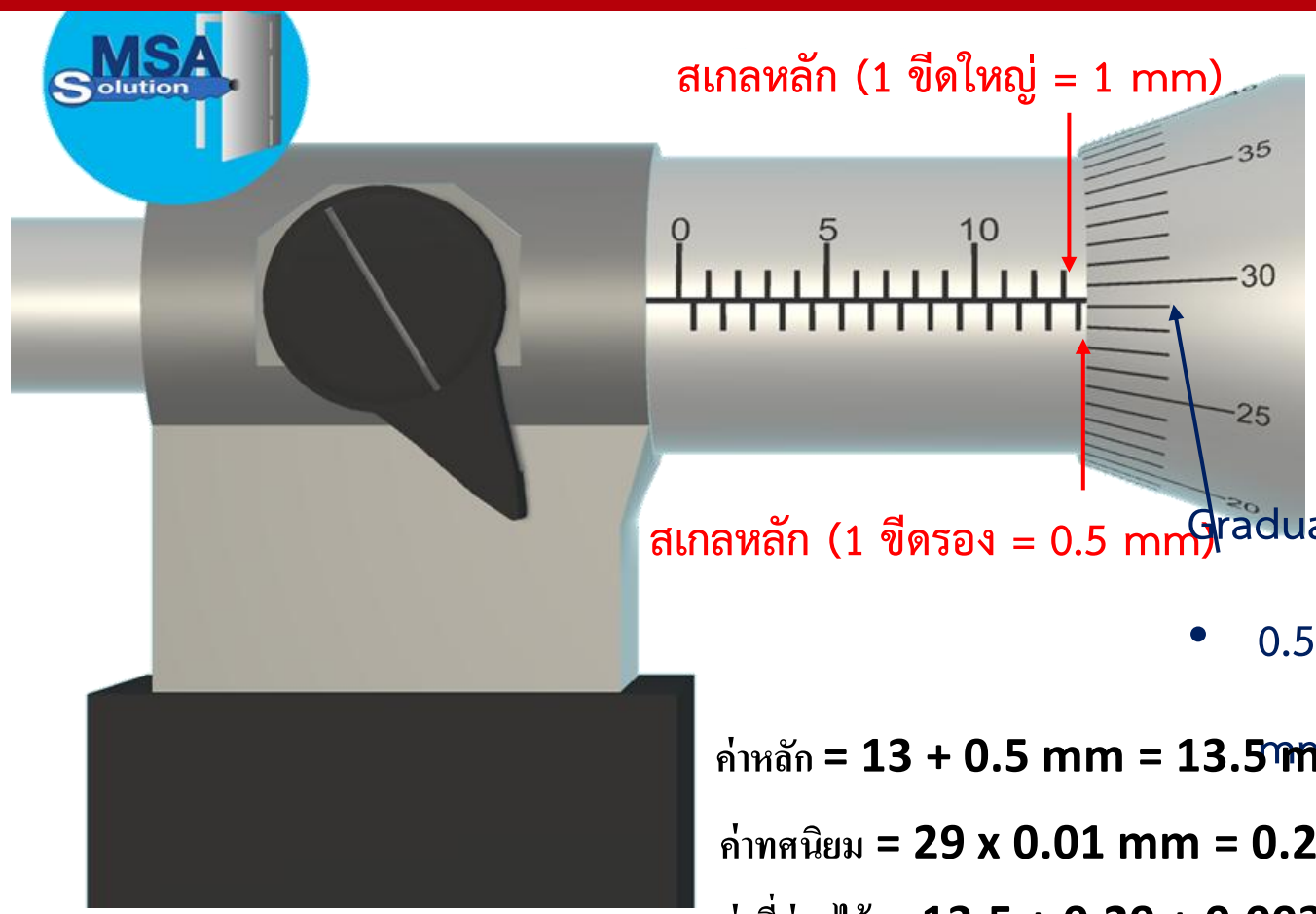
โดย 2.1 ถ้าอยู่ตรงกันพอดีก็เอาค่าตัวเลขมาได้เลย

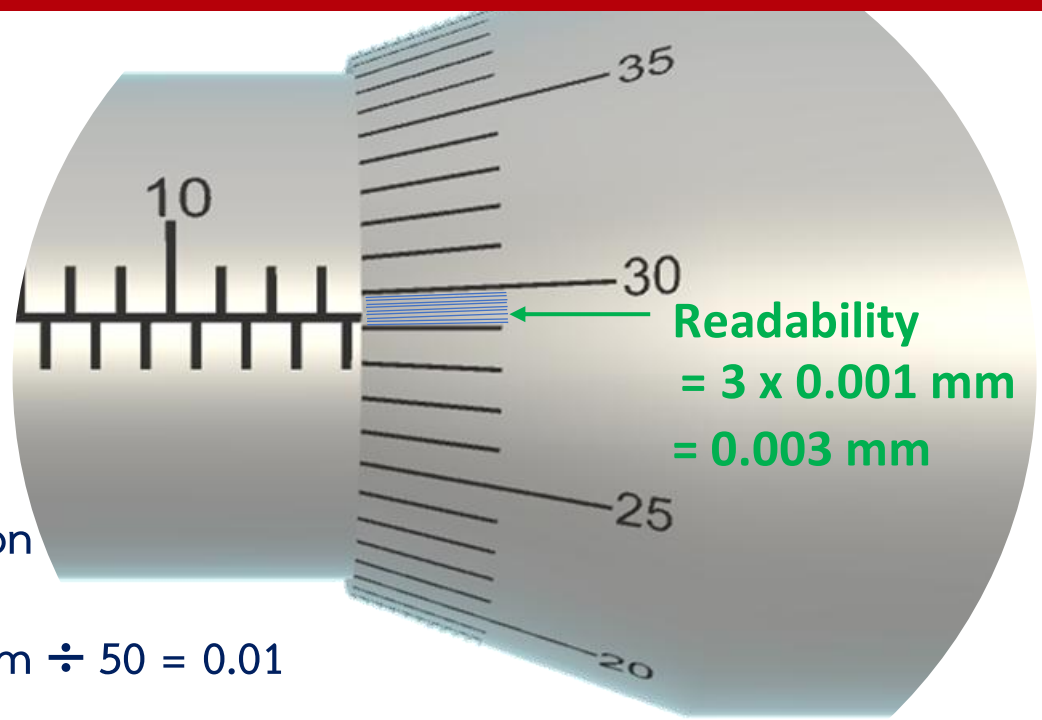
2.2 ถ้าเส้นแนวกลางอยู่ระหว่างช่องของสเกลละเอียด ให้ทำการแบ่งช่องด้วยสายตาออกเป็น 5 ส่วนเท่า ๆ กัน จะได้ค่า Readability เท่ากับ 0.002 mm

2.3 ถ้าเส้นแนวกลางอยู่ระหว่างช่องของสเกลละเอียด ให้ทำการแบ่งช่องด้วยสายตาออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน จะได้ค่า Readability เท่ากับ 0.001 mm

ขั้นที่ 3 นำ**ค่าหลัก**บวกกับ**ค่าทศนิยม**จะได้ค่าที่วัดได้จากไมโครมิเตอร์ (อย่าลืมรวม Readability ด้วย ถ้ามี)

การอ่านไมโครมิเตอร์ ความละเอียด 0.01 mm แบ่งด้วยสายตา 10 ส่วน





- 0.5 mm ÷ 50 = 0.01 mm

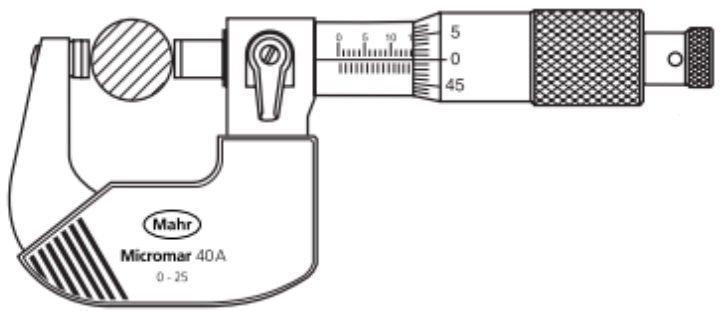
ค่าหลัก = **13 + 0.5 mm = 13.5 mm**

ค่าทศนิยม = **29 x 0.01 mm = 0.29 mm**

ค่าที่อ่านได้ = **13.5 + 0.29 + 0.003 mm = 13.793 mm**

การดูแลและบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์

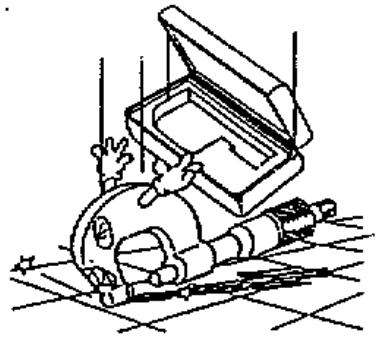
ทำความสะอาดผิวหน้าสัมผัสของแกนวัดและแกนรับ ด้วยลูกยางเป่าลม และหนีบกระดาษไร้ขนชุบแอลกอฮอล์ 95% แล้วค่อย ๆ ดึงแผ่นกระดาษออกไปตรง ๆ ในทิศทางเดียว เพื่อให้ปราศจากฝุ่นละออง หรือคราบสกปรก ก่อนการใช้งาน โดยสวมถุงมือก่อนการดำเนินงานทุกครั้ง



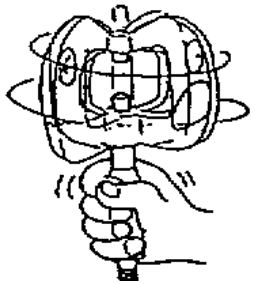
การดูแลและบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์

ข้อสังเกตและตรวจสอบเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนทำการวัด	ผ่าน
มีการทำความสะอาดผิวหน้าสัมผัสการวัดของแกนวัด แกนรับ และพื้นผิวชิ้นงานด้วยกระดาษไร้ขนร่วมกับแอลกอฮอล์ 95% หรือคราบสกปรก	
สภาพของแกนวัด แกนรับ และผิวหน้าการวัดต่าง ๆ ยังอยู่ในสภาพดี มีความเรียบไม่ขรุขระ หรือไม่พบการคดงอใด ๆ และต้องไม่พบการแตกหัก บิ่น หรือเป็นสนิม	
ทดลองหมุนปลอกหมุน (Ratchet controller / Thimble) เพื่อตรวจสอบความคล่องตัวในการหมุนตลอดช่วงการใช้งานต้องเป็นปกติไม่ติดขัด	
ตรวจสอบการบรรจุถ่านขนาด CR2032 ว่ามีการลอกสติ๊กเกอร์ออกจากขั้วลบ และวางขั้วบวกของถ่านหงายขึ้นด้านบนของรางถ่าน	
สามารถตั้งค่าศูนย์ได้ โดยหลังทำความสะอาดที่แกนวัด และแกนรับแล้ว เมื่อหมุนปลอกหมุนช้า ๆ ให้แกนวัดเข้าหาแกนรับ จนแนบสนิทและได้ยินเสียงลั่นไก ประมาณ 2-3 ครั้ง เพื่อทดสอบตำแหน่งศูนย์ (Zero adjust) เนื่องจากแรงกระทำต่อแกนรับที่มากเกินไปจะส่งผลต่อค่าความถูกต้องของไมโครมิเตอร์	
มีการบ่มเครื่องมือวัดและชิ้นงาน ให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 18°C ถึง 28°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 10% ถึง 60% สำหรับทำการวัดชิ้นงานในระดับปฏิบัติการทั่วไป	

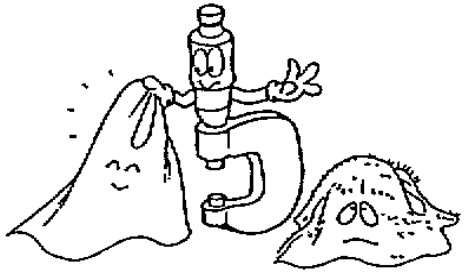
ข้อควรระวังในการใช้งาน

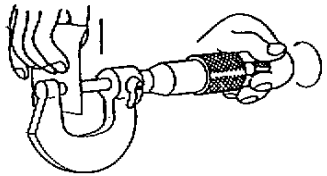


หลีกเลี่ยงการกระทบกระเทือน
- อย่าทำเครื่องมือ หล่น, กระแทก
- อย่าใช้เครื่องมือแทนค้อน



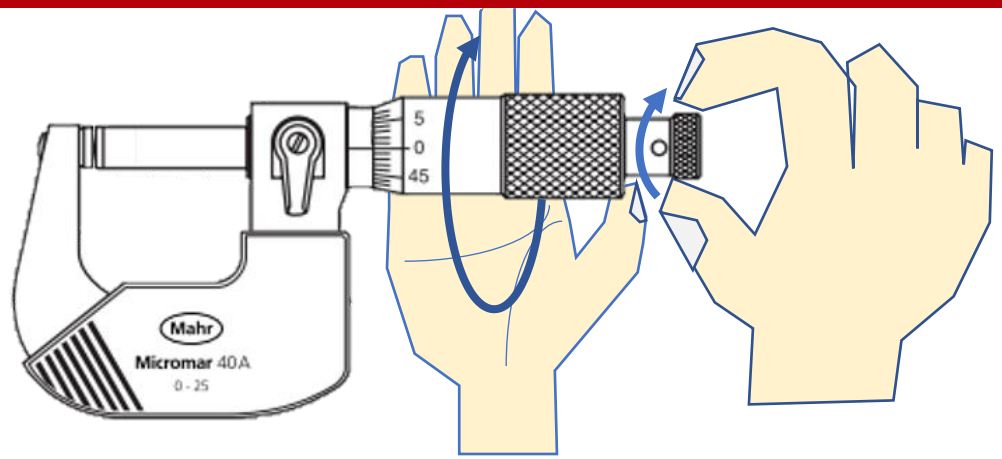
ห้ามสะบัดหมุนควง thimble เพื่อเลื่อน spindle เข้าหรือออกจาก anvil
- ให้ใช้มือค่อย ๆ ลูบหมุน thimble ช้า ๆ

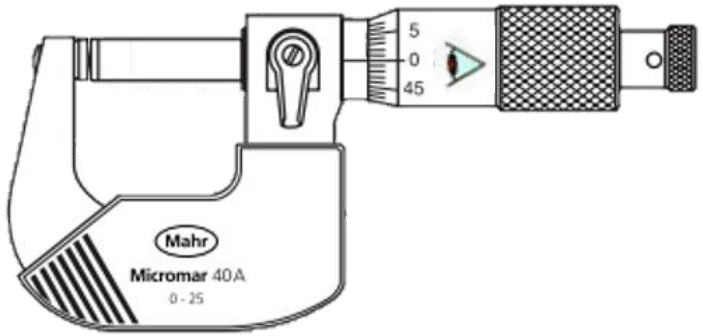




เช็ดเครื่องมือให้สะอาดก่อนใช้วัดด้วยผ้าหรือกระดาษนุ่มที่ไม่เป็นขุยหรือขน

ข้อควรระวังในการใช้งาน





ปรับตั้งศูนย์

1. ใช้มือลูบหมุน thimble เพื่อเลื่อน thimble เข้าสัมผัสกับ anvil
2. เลื่อนมือไปหมุน ratchet stop เพื่อตัดแรง สังเกตว่าขีดศูนย์จะต้องตั้งฉากกัน เมื่อขีดสเกล 10 กับ 40 บน thimble อยู่ที่ขอบบนและขอบล่าง ตามลำดับ
3. หากไม่เป็นไปตามข้อ 2 ให้ใช้ประแจปรับให้ตรง

หลีกเลี่ยงการอ่านค่าผิดพลาดเนื่องจาก Parallax errors ให้อ่านโดยตรงจากด้านหน้าเท่านั้น

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

ข้อแนะนำการสอบเทียบไมโครมิเตอร์แบบวัดนอกพิสัยการวัด 0 mm ถึง 1000 mm

ขอบข่ายการสอบเทียบตาม GLA-22 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์)

พิสัย	ขีดความสามารถการสอบเทียบและการวัด
0 - 25 mm	1.1 µm
> 25 mm to 50 mm	1.6 µm
> 50 mm to 75 mm	2.2 µm
> 75 mm to 100 mm	2.3 µm
> 100 mm to 125 mm	3.5 µm
> 125 mm to 150 mm	4.1 µm
> 150 mm to 175 mm	4.8 µm
> 175 mm to 200 mm	5.4 µm
> 200 mm to 225 mm	6.1 µm
> 225 mm to 250 mm	6.7 µm
> 250 mm to 75 mm	7.4 µm
> 275 mm to 300 mm	8.0 µm

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

- นิยาม : UUC = Unit Under Calibration (Micrometer)
- หลักการ : การเปรียบเทียบค่าที่ชี้บ่งของ UUC กับค่าความยาวมาตรฐานอ้างอิงของ Gauge block
- มาตรฐานอ้างอิง

  - JIS B 7502 : 1994 ; Micrometers
  - EA-4/02 : 2003 ; Expression of uncertainty of measurement in calibration
  - JIS B 7506 : 2004 ; Gauge blocks
  - ISO 3650 : 1998 ; Geometrical product specificaitons (GPS) – Length standard Gauge blocks

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

เครื่องมือมาตรฐานและอุปกรณ์ที่ใช้

1. Gauge block set มีค่าความถูกต้อง (accuracy) ไม่ต่ำกว่าเกรด 2
2. Long gauge block set มีค่าความถูกต้อง (accuracy) ไม่ต่ำกว่าเกรด 2
3. Optical parallel set
4. Optical flat
5. Digital thermo-hygrometer
6. Micrometer stand
7. อุปกรณ์ทำความสะอาด

4158000 Micrometer Not Included

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

สภาวะแวดล้อมในการสอบเทียบเครื่องมือ

1. อุณหภูมิของห้องสอบเทียบ (20 $\pm$ 2) °C
2. ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสอบเทียบ (55 $\pm$ 15) %

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

ขั้นตอนก่อนสอบเทียบ

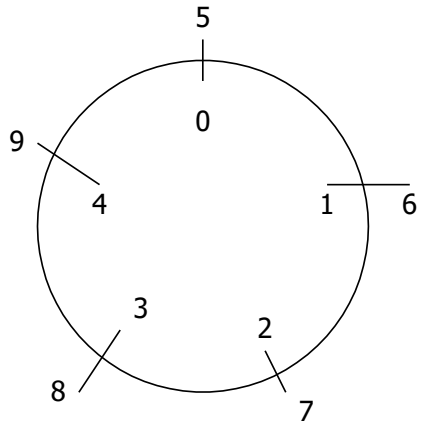
1. การเตรียม Gauge block

- ❖ เลือกขนาดของ Gauge block ตามจุดสอบเทียบ UUC
- ❖ เตรียมใบแบบฟอร์มบันทึกผลการสอบเทียบ
- ❖ ตรวจสอบวันหมดอายุของ Gauge block
- ❖ ทำความสะอาด Gauge block โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

ขั้นตอนก่อนสอบเทียบ

1. การเตรียม Gauge block : ตัวอย่างการเลือกขนาด



Measuring Range (mm)	Gauge block, mm.										
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11
0 - 25		2.5	5.1	7.7	10.3	12.9	15.0	17.6	20.2	22.8	25.0
25 - 50	25.0	27.5	30.1	32.7	35.3	37.9	40.0	42.6	45.2	47.8	50.0
50 - 75	50.0	52.5	55.1	57.7	60.3	62.9	65.0	67.6	70.2	72.8	75.0
75 - 100	75.0	77.5	80.1	82.7	85.3	87.9	90.0	92.6	95.2	97.8	100.0
100 - 125	100.0	= 100 + 2.5	=100 + 5.1	=100 + 7.7	=100 + 10.3	=100 + 12.9	=100 + 15.0	=100 + 17.6	=100 + 20.2	=100 + 22.8	=100 + 25.0

Size of the gauge block to be used; (ISO 3611) is 2.5 mm, 5.1 mm, 7.7 mm,10.3 mm, 12.9 mm. 15.0 mm, 17.6 mm, 20.2 mm, 22.8 mm, 25.0 mm

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

ขั้นตอนก่อนสอบเทียบ

2. การเตรียม Optical Parallel

- ❖ เลือกขนาดของ Optical Parallel ตามพิสัยของ UUC
- ❖ ตรวจสอบวันหมดอายุของ Optical Parallel
- ❖ ทำความสะอาด Optical Parallel โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด

Optical Parallels Diameter: 30mm

Micrometers Range	Dimensions	Code No.
0-25mm	15.62, 15.75, 15.87, 16.00mm	**605-52-1**
25-50mm	40.62, 40.75, 40.87, 41.00mm	**605-52-2**
50-75mm	65.62, 65.75, 65.87, 66.00mm	**605-52-3**
75-100mm	90.62, 90.75, 90.87, 91.00mm	**605-52-4**

Metric

Range of micrometer to be checked	Order No.	Assortment of parallels (Thickness of parallel)
0-25mm	**157-903**	12.00mm (157-101) 12.12mm (157-102) 12.25mm (157-103) 12.37mm (157-104)
25-50mm	**157-904**	25.00mm (157-105) 25.12mm (157-106) 25.25mm (157-107) 25.37mm (157-108)

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

ขั้นตอนก่อนสอบเทียบ

3. การเตรียม Optical flat

- ❖ ตรวจสอบวันหมดอายุของ Optical flat
- ❖ ทำความสะอาด Optical flat โดยใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด

Dia. mm	Thickness mm	Flatness deviation µm	Order no.
45	11	≤ 0.1	**4800140**
100	20	≤ 0.1	**4800135**
150	30	≤ 0.1	**4800136**
300	50	≤ 0.4	**4800137**

Metric

Flatness	Order No.	Diameter/Thickness
0.2µm	**158-117**	45mm/12mm
	158-119	60mm/15mm
0.1µm	**158-118**	45mm/12mm
	158-120	60mm/15mm

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

ขั้นตอนก่อนสอบเทียบ

4. การเตรียม UUC (micrometer)
   - ❖ ทำความสะอาดไมโครมิเตอร์ด้วยอุปกรณ์ทำความสะอาด
   - ❖ ปรับตั้งศูนย์ของไมโครมิเตอร์ (แบบสเกล) โดยเลื่อนด้าน Spindle มาสัมผัสกับด้าน Anvil แล้วทำการปรับที่ปลอกสเกลเป็น “0” ถ้าเป็น digital ให้ set “0”
   - ❖ ตรวจสอบลักษณะทั่วไปของไมโครมิเตอร์ ลงบันทึกในแบบฟอร์ม

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

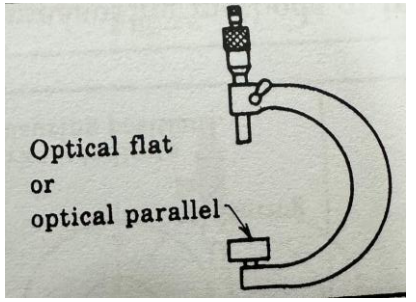
หัวข้อการสอบเทียบ (ตรวจสอบ) ไมโครมิเตอร์แบ่งได้ 3 เรื่องคือ

1. การตรวจสอบความเรียบของหัววัดทั้งสองด้านคือ Spindle และ Anvil
2. การตรวจสอบความขนานระหว่างหัววัดทั้งสอง
3. การสอบเทียบความถูกต้องของเกลียว และ encoder (กรณีดิจิตอล)

Flatness and parallelism inspection

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

การตรวจสอบความเรียบของหัววัดไมโครมิเตอร์



1) วาง Optical flat ลงบนไมโครมิเตอร์ ด้าน Anvil ⇒ ริ้วน้อยที่สุด

2) วาง Optical flat ลงบนไมโครมิเตอร์ ด้าน Spindle ⇒ ริ้วน้อยที่สุด

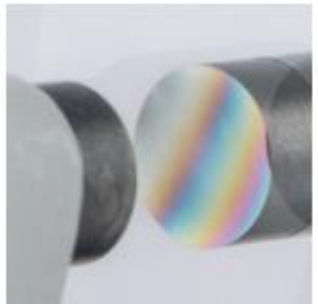
3) คำนวณหาค่าความเรียบของผิวหน้าสัมผัสจากสมการ

$$\text{Flatness} = n \times \frac{\lambda}{2} \quad \mu m$$

n = จำนวนของ ฟริ้ง

λ = (แลมดา) ความยาวคลื่นแสงที่ตกกระทบ

(แสดงของหลอดนีออน ประมาณ 0.6 µm)



ตัวอย่างตารางบันทึกผล

Measuring faces	Number of fringe	Flatness µm
Anvil	3	0.9
Spindle	2	0.6

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

การตรวจสอบความขนานของหัววัดไมโครมิเตอร์

1) วาง Optical parallel ขนาด 12.00 mm ลงบนด้าน Anvil ⇒ ริ้วน้อยที่สุด แล้วหมุนแกน Spindle ให้หน้าสัมผัสทั้งสองมาสัมผัสกับ Optical parallel แล้วนับจำนวนริ้ว (fringe)

2) เปลี่ยนขนาด Optical parallel เป็น 12.12, 12.25 และ 12.37 mm

3) คำนวณหาค่าความขนานของผิวหน้าสัมผัสจากสมการ ตัวอย่าง : ค่าความขนานที่วัดได้

$$P = \left(n_{anvil} + n_{spindle}\right) \times \frac{\lambda}{2} \qquad P = (4+3) \times \frac{0.6\,\mu m}{2} = 2.22\,\mu m$$

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

ตัวอย่างแบบฟอร์มการตรวจสอบผิวหน้าไมโครมิเตอร์

1. Flatness of measuring faces

Measuring Faecs Side	*Number of Frings*	*Flatness (mm)*	*Tolerance on flatness (fringes)*
Anvil			*not more than 4*
Spindle			

2. Parallelism

Optical Parallel Size (mm)		*Number of Frings*		*Parallelism*	*Tolerance on parallelism (fringes)*
		Anvil	*Spindle*	(mm)	
12.00					*not more than 8*
12.12					
12.25					
12.37					

Page 1

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

การสอบเทียบความถูกต้องของเกลียวและ encoder (กรณีดิจิตอล)

1) กำหนดจุดสอบเทียบ (เลือก gauge blocks)
2) วาง Gauge block ขนาดที่กำหนด ระหว่าง Anvil และ Spindle ของ UUC หมุนให้หน้าผิวหน้าสัมผัสทั้งสองด้านของไมโครมิเตอร์สัมผัสกับ Gauge block แล้วอ่านค่าไมโครมิเตอร์ และบันทุกผลการสอบเทียบลงในแบบฟอร์ม ทำซ้ำจนครบ 3 ครั้ง
3) เปลี่ยนขนาด Gauge block
4) เมื่อสอบเทียบเสร็จบันทึก อุณหภูมิและความชื้น

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

ตัวอย่างแบบฟอร์มการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

Nominal Length	*Cs*	*Read - Out (mm)*			$\overline{X}$	*Cx*	*SD*
mm	*mm*	*R1*	*R2*	*R3*	*mm*	*mm*	*mm*
0							
2.5							
5.1							
7.7							
10.3							
12.9							
15.0							
17.6							
20.2							
22.8							
25.0							

shutterstock.com · 635780489

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

การสอบเทียบความถูกต้องของเกลียวและ encoder (กรณีดิจิตอล) (ต่อ)

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

เมื่อ $\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยของการวัด

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

n คือจำนวนครั้งของการวัด

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

การสอบเทียบความถูกต้องของเกลียวและ encoder (กรณีดิจิตอล) (ต่อ)

6) คำนวณหาค่าแก้จากสมการ

$$C_x = l_s - l_x$$

$$C_x = ([Nominal\ length : GB] + C_s) - \bar{X}$$

เมื่อ C_x คือค่าแก้ของ UUC

l_s คือความยาวของ Gauge Block ที่อุณหภูมิ 20 °C $= Nominal\ length\ (GB) + C_s$

l_x คือค่าความยาวที่อ่านได้จาก UUC

$\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยของการวัด

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์ด้วยเกจบล๊อก

การสอบเทียบความถูกต้องของเกลียวและ encoder (กรณีดิจิตอล) (ต่อ)

7) คำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสมการ

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

เมื่อ σ_{n-1} คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด

$\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ยของการวัด

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

n คือจำนวนครั้งของการวัด

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

สมการคณิตศาตร์ในการวัดเพื่อหาค่าแก้ของไมโครมิเตอร์

$$C_x = l_s - l_x + \delta l_{ds} - L \times \overline{\propto} \times \Delta t + \delta l_{ix} - \delta l_M - \delta l_w$$

C_x	ค่าแก้ของ UUC
l_s	ความยาวของ Gauge Block ที่อุณหภูมิอ้างอิง (t_0=20˚C)
l_x	ค่าความยาวที่อ่านได้จาก UUC
δl_{ds}	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการเลื่อนค่าของ Gauge Block
L	ค่าที่ระบุ (Nominal Length)
$\overline{\propto}$	ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุระหว่าง UUC กับ Gauge Block
Δt	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง UUC กับ Gauge block (ใช้ค่าการแปรปรวนของอุณหภูมิห้อง $\pm$ 2 ˚C)
δl_{ix}	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากความละเอียดของ UUC
δl_M	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการโครงสร้างของ UUC
δl_w	ค่าความเบี่ยงเบนเนื่องจากการประกบ Gauge block

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

- ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น

1. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำ ; $u(l_x)$
2. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจาก Gauge block ; $u(l_s)$
3. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจาก Stability ของ Gauge Block ; $u(\delta l_{ds})$
4. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องอุณหภูมิ ;$u(\Delta t)$
5. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของ UUC $u(\delta l_{ix})$
6. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากโครงสร้าง Mechanical Effect ของ UUC ; $u(\delta l_M)$
7. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการประกบ Gauge block ; $u(\delta l_w)$ (หากมี)

- การประเมินค่าความไม่แน่นอนรวม

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

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

1. ค่าความไม่แม่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำ ; $u(l_x)$

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

σ_{n-1} ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัด

n จำนวนครั้งของการวัด

ตัวอย่าง

Nominal Length	*Read - Out (mm)*			$\overline{X}$	*Cx*	*SD*
mm	*R1*	*R2*	*R3*	*mm*	*mm*	*mm*
2.5	2.500	2.501	2.500	2.5003	0.000	0.00058
5.1	5.101	5.101	5.100	5.1007	-0.001	0.00058

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

2. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจาก Gauge Block ; $u(l_s)$

ให้นำค่าความแน่นอนจากใบรับรองการสอบเทียบมาใช้มีการกระจายแบบ normal

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

$$= \frac{(0.07\ \mu m + 0.7 \times 10^{-6} \times l)}{2}$$

$$= 0.035\ \mu m$$

$$= \frac{(0.07\ \mu m + 0.7 \times 10^{-6} \times 25\ )}{2}$$

ค่า Uncertainty

ค่า l

ค่า k

Messunsicherheit/ ***Uncertainty of Measurement***

Die Messunsicherheit der Abweichung des Mittenmaßes vom Nennmaß beträgt
The uncertainty of the deviation for the central length l_c from nominal length l_n is

$U = 0{,}07\ \mu m + 0{,}7 \cdot 10^{-6} \cdot l$; *l* ist die Länge des Maßes / *l is the length of the gauge block*

The uncertainty stated is the expanded uncertainty obtained by multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k = 2. It has been determined in accordance with EA-4/02 M: 2022. The value of the measurand lies within the assigned range of values with a coverage probability of about 95 %.

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

3. 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 ในการประเมินค่าความไม่แน่นอน มีการกระจายแบบ Rectangular

$$u(\delta l_{ds}) = \frac{(0.05\ \mu\text{m} + 0.5\times10^{-6}\times L)\times Y}{\sqrt{3}}$$

L ค่าที่ระบุ (Nominal Length ; in mm)

Y ช่วงระยะเวลาของการส่งสอบเทียบของ Gauge Block ในหน่วยปี

Grade	Maximum permissible change in length per year
K 0	$\pm$ (0,02 µm + 0,25 × 10^{-6} × l_n)
1 2	$\pm$ (0,05 µm + 0,5 × 10^{-6} × l_n)
NOTE — l_n is expressed in millimetres.	

ตัวอย่าง : Gauge block ขนาด 25 mm สอบเทียบทุก 2 ปี

ค่า drift / ปี, ค่า l, ระยะปี

$$= \frac{[0.05\ \mu\text{m} + (0.5 \times 10^{-6} \times 25\ \text{mm})] \times 2}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{[0.05\ \mu\text{m} + (0.0000125\ \mu\text{m})] \times 2}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{0.0500125\ \mu\text{m} \times 2}{\sqrt{3}} = \frac{0.100025\ \mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.057\ \mu\text{m}$$

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

4. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากอุณหภูมิ $;u(\Delta t)$

มีการกระจายแบบ Rectangular

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

ตัวอย่าง : ไมโครมิเตอร์ที่ระยะ 25 mm

Δt → = 2 x 25 x 11.5 x 10^{-6}

L → $\sqrt{3}$

$\overline{\alpha}$

= 0.000332 mm

Δt : ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง UUC กับ Gauge block (± 2°C)

L : ค่าที่ระบุ (Nominal Length)

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

: มีค่าเท่ากับ 11.5 x 10^{-6}

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

5. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของ UUC ; $u(\delta l_{ix})$

มีการกระจายแบบ Rectangular

หน่วย **mm** หรือ **µm** ขึ้นกับตอนนำมาแทนค่า

- กรณีที่ UUC เป็น digital micrometer

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

- กรณีที่ UUC เป็น analog scale micrometer

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

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

6. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการประกบ Gauge block ; $u(\delta l_w)$ (หากมี)

ให้มีการแจกแจงแบบ Rectangular

$$u(\delta l_w) = \frac{\text{จำนวนรอยต่อของ } gauge\ block}{\sqrt{3}} = \frac{(n-1) \times 0.1}{\sqrt{3}} \ \mu m$$

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

7. ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากโครงสร้าง (Mechanical effect)ของ UUC ;

; $u(\delta l_M)$ เช่น Force, Bending, Flatness, Parallelism ที่เกิดขึ้นสำหรับการสอบเทียบ

ไมโครมิเตอร์ขนาด มากกว่า **300 mm** ขึ้นไป ให้มีการแจกแจงแบบ Rectangular

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์

ตารางบันทึกผลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (micrometer : 25 mm)

Symbol	Source of uncertainty	Uncertainty Value		Proability Distribution	Divisor	Sensitivity Coefficient		Standard Uncertainty		Degree of Freedom
$u(l_x)$	Repeability of 4 measurement	0.00	µm	Normal	1	1		0.000	µm	∞
$u(l_s)$	Uncertainty of Gauge block	0.09	µm	Normal	2	1		0.044	µm	∞
$u(l_{ds})$	Drift of Gauge block	0.13	µm	Retangular		1		0.072	µm	∞
$u(\Delta t)$	Temperature ± 2°C	2.00	°C	Retangular		0.2875	µm/°C	0.332	µm	∞
$u(\delta l_{ix})$	Resolution of micrometer caliper	0.50	µm	Retangular		1		0.289	µm	∞
$u(\delta l_M)$	Mechanical Effect	0.00	µm	Retangular		1		0.000	µm	∞
$u_c(y)$	Combined standard uncertainty			Normal				0.4	µm	>500
$u_{95\%}(y)$	Expanded Uncertainty			Normal (k=2)				0.9	µm	∞

หากมีข้อสงสัย หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม

สามารถติดต่อได้ที่

E-mail : info@msa-sol.com

Website : www.msa-sol.com

Tel. : 02 000 9131