

การประยุกต์ใช้ดิจิทัลไมโครมิเตอร์เฮดในการสอบเทียบไดอัลเกจ

CALIBRATION DIAL GAUGE BY DIGITAL MICROMETER HEAD

วัชรชัย พิมพกรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Wacharachai Pimpakan

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Thammasat University

(Received: January 9, 2023; Revised: April 15, 2023; Accepted: April 20, 2023)

*ผู้ประสานงาน : วัชรชัย พิมพกรณ์ อีเมล : pwachara@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำดิจิทัลไมโครมิเตอร์เฮด (Digital Micrometer Head) มาประยุกต์ใช้ในการสอบเทียบไดอัลเกจ พิสัย 0-10 มม. โดยมีการออกแบบตัวจับยึดดิจิทัลไมโครมิเตอร์เฮด และไดอัลเกจ เพื่อให้สามารถทำการวัดและสอบเทียบได้ พร้อมทั้งวิเคราะห์หาค่าความไม่แน่นอนขยายที่เกิดขึ้นในขณะทำการสอบเทียบ จากผลการสอบเทียบไดอัลเกจ พบว่าค่าความไม่แน่นอนขยายจากการประยุกต์ใช้ดิจิทัลไมโครมิเตอร์เฮด มีค่าเท่ากับ 0.0064 มม. และเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในผลของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการเปรียบเทียบผลการสอบเทียบค่าความไม่แน่นอนขยายที่ได้ ระหว่างการใช้ดิจิทัลไมโครมิเตอร์เฮด กับการใช้เครื่องมือมาตรฐานภายในห้องปฏิบัติการวัดขนาดและสอบเทียบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.006 มม. ด้วยสมการสัดส่วนความเท่ากัน (equivalence ratio, EN) ค่าที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.788 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.00 จึงสามารถสรุปได้ว่าผลที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการประยุกต์ใช้ดิจิทัลไมโครมิเตอร์เฮดในการสอบเทียบไดอัลเกจ ร่วมกับตัวจับยึดที่ออกแบบถือได้ว่ามีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือ

คำสำคัญ การสอบเทียบ, ไดอัลเกจ, ดิจิทัลไมโครมิเตอร์เฮด

ABSTRACT

The purpose of this research was to apply the digital micrometer head to calibrate dial gauges, 0-10 mm. range. The holders for digital micrometer heads and dial gauges were designed for the measurement and calibration. Expanded uncertainty was analyzed during the dial gauge calibration. From the dial gauges calibration results,

the expanded uncertainty by applying a digital micrometer head was 0.0064 mm. To improve the confidence of the result in this research, the expanded uncertainties by the digital micrometer head and by the standard tools from the measurement and calibration laboratory were compared. The total uncertainty by the standard tools was 0.006 mm. By using the equation of equivalence ratio (EN), the calculated value was 0.788, which was less than 1.00. It was concluded from this result that the expanded uncertainty by two tools was not different. Therefore, the application of digital micrometer heads in dial gauge calibration, including the designed holder, was efficient and reliable.

Keywords: Calibration, Dial Gauge, Digital Micrometer Head

1. บทนำ

การใช้งานไดอัลเกจในงานวัดละเอียดทางด้านวิศวกรรม และในงานอุตสาหกรรมมีอย่างแพร่หลาย เมื่อมีการใช้งานเป็นเวลานาน ไดอัลเกจอาจชำรุดหรือมีความเสื่อมของเครื่องมือ จึงจำเป็นต้องมีการสอบเทียบ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และเพื่อให้มีความเชื่อมั่นในการวัดของไดอัลเกจ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการสอบเทียบไดอัลเกจนั้น มีมากมายหลากหลายเช่นกัน มีทั้งเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้งานแบบ อัตโนมัติ กึ่งอัตโนมัติ และแบบมือหมุน ดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 เครื่องมือสอบเทียบแบบกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 2 เครื่องมือสอบเทียบแบบใช้มือหมุน [1]

ทั้งนี้ภายในห้องปฏิบัติการวัดขนาดและสอบเทียบของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์นั้น มีการเรียนการสอนปฏิบัติการการสอบเทียบเครื่องมือวัดละเอียด โดยใช้เครื่องมือสอบเทียบไดอัลเกจแบบกึ่งอัตโนมัติ รูปที่ 1 ในการเรียน ทำให้นักศึกษาสามารถใช้เครื่องได้ง่ายและสะดวกในการสอบเทียบไดอัลเกจ แต่มีเพียง 1 เครื่อง จะเป็นการดี ถ้าหากนักศึกษาได้เรียนทั้งเครื่องมือสอบเทียบแบบกึ่งอัตโนมัติ และแบบมือหมุน แต่เครื่องมือสอบเทียบแบบมือหมุนมีราคาที่สูงพอสมควร และนักศึกษามีจำนวนมาก เพื่อให้นักศึกษาหรือผู้ที่สนใจได้เรียนรู้ถึงพื้นฐานการสอบเทียบและได้เข้าใจมากขึ้น ดังนั้นจึงได้นำดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด มาประยุกต์ใช้ในการสอบเทียบไดอัลเกจ เพื่อให้เพียงพอสำหรับการเรียน โดยหลักการของเครื่องมือที่จะนำมาเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่นำมาสอบเทียบนั้น จะต้องมีความละเอียดมากกว่าเครื่องมือที่จะถูกสอบเทียบอยู่ 3 เท่า [2] กล่าวคือ ไดอัลเกจที่จะนำมาสอบเทียบนั้น มีความละเอียดในการอ่านเท่ากับ 0.01 มม. เครื่องมือมาตรฐานที่จะนำมาสอบเทียบต้องมีค่าความละเอียด $0.01/3 = 0.003$ มม. ซึ่งค่าความละเอียดในการอ่านของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮดนั้นเท่ากับ 0.001 มม. จึงสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐานในการสอบเทียบได้



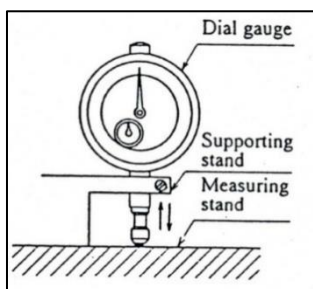
รูปที่ 3 ดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ ใช้มาตรฐาน JIS B 7503 : 1997 [3] ในการสอบเทียบ ส่วนการประมาณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากแต่ละปัจจัยนั้น อ้างอิงตามมาตรฐาน EA-4/02 [4] โดยที่ภาวะแวดล้อมภายในห้องสอบเทียบ ต้องมีอุณหภูมิ 20 ± 1 C° ความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 15 % rh โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

2.1 การตรวจสอบความเที่ยงของไดอัลเกจ

เป็นการตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบเช็คความผิดปกติของไดอัลเกจ โดยตั้งค่าเริ่มต้น แกนเลื่อนที่หน้าปัดแสดงอยู่ตำแหน่งศูนย์ ดังรูปที่ 4



A) ลักษณะติดตั้งไดอัลเกจ
เข้ากับตัวฐานจับ [3]

B) ภาพการติดตั้งไดอัลเกจ
เข้ากับตัวฐานจับ

รูปที่ 4 การปรับตั้งค่าเริ่มต้นเป็นศูนย์

ปรับตั้ง “0” ที่หน้าปัดของไดอัลเกจ เลื่อนแกนเลื่อน (แกนเลื่อน) ขึ้นประมาณ 2 มม. และ 10 มม. แล้วปล่อยให้ตกอย่างอิสระ ตำแหน่งละ 5 ครั้ง อ่านค่าความเบี่ยงเบนจากตำแหน่งเริ่มต้น (0) บันทึกผลตามตารางที่ 1 คำนวณหาค่าความเที่ยง ดังสมการที่ 1

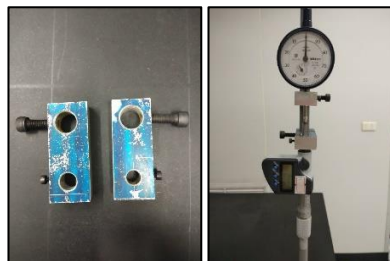
ตารางที่ 1 การตรวจสอบความเที่ยงของไดอัลเกจ พิสัย 0 - 10 มม. [5]

Measuring Range mm	Reading, mm					Max mm	Min mm
	Read 1	Read 2	Read 3	Read 4	Read 5		
2.00							
10.00							

$$\text{ค่าความเที่ยง} = \text{Max} - \text{Min} \quad (1)$$

2.2 การสอบเทียบความถูกต้องของไดอัลเกจ

ติดตั้งไดอัลเกจและดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮดเข้ากับตัวจับยึดที่ออกแบบไว้แล้ว ปรับดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮดและปรับหน้าปัดไดอัลเกจให้ค่าเริ่มต้นอยู่ที่ 0 ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ชิ้นงานสำหรับจับยึดดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮดและไดอัลเกจ พร้อมทั้งปรับดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮดและปรับหน้าปัดไดอัลเกจให้ค่าเริ่มต้นอยู่ที่ศูนย์

หมุนปลอกหมุนของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด ให้แกนเลื่อนขึ้นจากตำแหน่งเริ่มต้นที่ 0 ให้เข็มบนหน้าปัดของไดอัลเกจ เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.1 มม. (0.1, 0.2, ..., 2.0) จนกระทั่ง บ่งชี้ที่ตำแหน่ง 2.0 มม. จากนั้นปรับหมุนเพิ่มครั้งละ 0.5 มม. (2.5, 3.0, ..., 5.0) จนกระทั่ง บ่งชี้ที่ตำแหน่ง 5.0 มม. ปรับหมุนเพิ่มครั้งละ 1.0 มม. (6.5, 7.0, ..., 10.0) จนกระทั่ง บ่งชี้ที่ตำแหน่ง 10.0 มม. โดยในแต่ละตำแหน่งที่หน้าปัดของไดอัลเกจตรงตามตำแหน่งที่ต้องการสอบเทียบ ให้บันทึกผลการอ่านค่าของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮดที่อ่านได้ในแต่ละตำแหน่ง (ผลการวัดตารางที่ 4)

หมุนปลอกหมุนของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด ให้แกนเลื่อนลงจากตำแหน่งเริ่มต้นที่ 10.0 มม. ให้เข็มบนหน้าปัดของไดอัลเกจ ลดลงครั้งละ 1.0 มม. (1.0, 9.0, ..., 5.0) จนกระทั่ง บ่งชี้ที่ตำแหน่ง 5.0 มม. จากนั้นปรับหมุนลดครั้งละ 0.5 มม. (5.0, 4.5, ..., 2.0) จนกระทั่ง บ่งชี้ที่ตำแหน่ง 2.0 มม. ปรับหมุนลดครั้งละ 0.1 มม. (2.0, 1.9, ..., 0.0) จนกระทั่ง บ่งชี้ที่ตำแหน่ง 0.0 มม. โดยในแต่ละตำแหน่งที่หน้าปัดของไดอัลเกจตรงตามตำแหน่งที่ต้องการสอบเทียบ ให้บันทึกผลการอ่านค่าของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮดที่อ่านได้ในแต่ละตำแหน่ง (ผลการวัดตารางที่ 4)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอน [5]

ตามมาตรฐาน JIS B 7503:1997 ในการสอบเทียบไดอัลเกจ พิสัย 0-10 มม. ความละเอียด 0.01 มม. เพื่อประเมินค่าความไม่แน่นอนนั้น จะต้องดำเนินการวัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ให้ครอบคลุมถึงพิสัยการทำงานของไดอัลเกจ และมีรายละเอียดการประเมินค่าความไม่แน่นอนดังนี้

3.1.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำของผู้วัด (Repeatability) $u(l_x)$

เป็นการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการวัด (σ_{n-1}) เพื่อคำนวณค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากความผิดพลาดจากการวัดซ้ำ $u(l_x)$ ดังสมการ 2

$$u(l_x) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

3.1.3 การประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากดิจิตอลไมโครมิเตอร์สเตต (Standard); $u(l_s)$

การหาค่าความไม่แน่นอนของเครื่องมือมาตรฐานนั้น สามารถหาได้จากใบรับรองผลการสอบเทียบของดิจิตอลไมโครมิเตอร์สเตต หาค่าด้วยค่าตัวประกอบรวม (k : ค่าตัวประกอบรวม) ดังสมการ 3

$$u(l_s) = \frac{\text{Expanded Uncertainty}}{k} \quad (3)$$

3.1.4 การประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของดิจิตอลไมโครมิเตอร์สเตต $u(\delta l_{ds})$

เนื่องจากไมโครมิเตอร์สเตตมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีค่าความเสื่อม จึงจำเป็นต้องประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถหาได้โดยการนำค่าแก้มากที่สุด – ค่าแก้น้อยที่สุด ที่ได้จากใบรับรองการสอบเทียบ ดังสมการที่ 4

$$u(\delta l_{ds}) = (\text{ค่าแก้มากที่สุด} - \text{ค่าแก้น้อยที่สุด})/k \quad (4)$$

3.1.5 การประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของดิจิตอลไมโครมิเตอร์สเตต; $u(\delta l_{is})$

ดิจิตอลไมโครมิเตอร์สเตตมีลักษณะการอ่านหรือบ่งชี้ค่าเป็นแบบดิจิตอล ดังนั้นค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดสามารถคำนวณได้ดังสมการ 5

$$u(\delta l_{is}) = \text{ความละเอียดของไมโครมิเตอร์สเตต} / 2\sqrt{3} \quad (5)$$

3.1.6 การประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความเรียบหน้าผิวสัมผัสของดิจิตอลไมโครมิเตอร์สเตต $u(\delta l_{fs})$

เนื่องจากความเรียบของผิวสัมผัสส่งผลทำให้ค่าที่ได้จากการวัดแม่นยำมากขึ้น ดังนั้นค่าที่นำมาประมาณค่าความไม่แน่นอนจะได้จากค่าความแม่นยำของความเรียบ จากใบรับรองของผู้ผลิต หรือได้จากการสอบเทียบ สามารถคำนวณได้ดังสมการ 6

$$u(\delta l_{fs}) = \text{Accuracy of Flatness}/2 \quad (6)$$

3.1.7 การประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ; $u(\bar{\alpha}, t)$

การสอบเทียบเครื่องมือด้านมิติ อุณหภูมิเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญมากต่อการสอบเทียบ โดยภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบนั้นจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิที่ $20 (\pm 1)$ องศาเซลเซียส (ค่า $\pm$ ที่ควบคุมได้ดีควรมีค่าน้อย ขึ้นอยู่ที่ความสามารถของแต่ละห้องปฏิบัติการ) โดยต้องนำไดอัลเกจและดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮดที่จะดำเนินการสอบเทียบไว้ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ประมาณ 1 ชั่วโมง ก่อนการสอบเทียบ เพื่อปรับสภาวะให้อยู่ในอุณหภูมิเดียวกัน สามารถคำนวณ ดังสมการ 7

$$u(\Delta t) = l \cdot \bar{\alpha} \cdot \frac{(\Delta t)}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

3.1.8 การประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของไดอัลเกจ; $u(l_{ix})$

ในการพิจารณาค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของไดอัลเกจ เป็นการอ่านค่าความละเอียดแบบสเกล โดยค่าความไม่แน่นอนในกรณีนี้มาจากความกว้างระหว่างสเกลบนหน้าปัดและความหนาของเข็มของไดอัลเกจ ประมาณได้ว่าไม่เกินครึ่งช่องสเกลแน่นอน สามารถคำนวณได้ดังสมการ 8

$$u(l_{ix}) = \frac{\text{Readability}}{\sqrt{3}} \quad (8)$$

3.1.9 การประเมินค่าความไม่แน่นอนขยาย; $U_{95\%}$

การประเมินค่าความไม่แน่นอนขยาย จำเป็นต้องหาค่าความไม่แน่นอนรวม (combine uncertainty; (u_c)) โดยการนำรากที่สองของผลรวมของค่ายกกำลังสองของแต่ละค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นหาได้ดังสมการที่ 9

$$u_c = \sqrt{u(l_x)^2 + u(l_s)^2 + u(\delta l_{ds})^2 + u(l_{is})^2 + u(l_{fs})^2 + u(l \times \bar{\alpha} \times \Delta t)^2 + u(\delta l_{ix})^2} \quad (9)$$

จากค่าความไม่แน่นอนรวม ที่คำนวณได้จะถูกนำไปคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนขยาย ซึ่งใช้ในการรายงานผลเพื่อออกใบรับรองการสอบเทียบไดอัลเกจ ซึ่งทำได้โดยการหาผลคูณของค่าความไม่แน่นอนรวมกับค่าตัวประกอบร่วม (k) โดยสามารถคำนวณได้จากค่าองศาความอิสระ (Effective degree of freedom, ν) ดังสมการ 10

$$\nu = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4}{\nu_i}} = \frac{u_c^4}{\frac{u^4(l_x)}{n-1} + \frac{u^4(l_s)}{\infty} + \frac{u^4(\delta l_{ds})}{\infty} + \frac{u^4(l_{is})}{\infty} + \frac{u^4(l_{fs})}{\infty} + \frac{u^4(l \times \bar{\alpha} \times \Delta t)}{\infty} + \frac{u^4(l_{ix})}{\infty} + \frac{u^4(l_{mx})}{\infty}} \quad (10)$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากตารางที่ 2 จะสามารถหาค่าตัวประกอบร่วม (Coverage factor; k) ได้ และนำมาใช้ในการหาค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty; $U_{95\%}$) โดยการนำค่าความไม่แน่นอนรวมมาคูณเข้ากับค่าตัวประกอบร่วมดังสมการ 11

$$U_{(95\%)} = k \times u_c \quad (11)$$

ตารางที่ 2 ตารางการคำนวณหาค่าตัวประกอบร่วม (Coverage factors k for difference effective degree of freedom) [2]

Degrees of freedom	Values of t_p (v) from the t-distribution for degrees of freedom v that define an interval that encompasses specified fractions p of the corresponding distribution					
v	$P = 68.27\%$	$P = 90\%$	$P = 95\%$	$P = 95.45\%$	$P = 99\%$	$P = 99.7\%$
α	1.000	1.645	1.96	2.00	2.576	3.000

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การตรวจสอบความเที่ยงของไดอัลเกจ

ผลการตรวจสอบความเที่ยงของไดอัลเกจพิสัย 0 -10 มม. ค่าที่ได้นั้นต้องไม่เกิน 0.005 มม. (หากเกินค่าที่กำหนดไว้ควรนำมาซ่อมแซม พร้อมทั้งปรับแก้ให้ถูกต้อง) จากตารางที่ 3 ค่าความเที่ยงของไดอัลเกจหาได้ตามสมการที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.00 มม.

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบความเที่ยงไดอัลเกจ

Measuring Range mm	Reading, mm					Max mm	Min mm
	Read 1	Read 2	Read 3	Read 4	Read 5		
2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

4.2 การสอบเทียบความถูกต้องของไดอัลเกจ

จากการดำเนินการสอบเทียบไดอัลเกจ โดยใช้ดิจิตอลไมโครมิเตอร์สเตเป็นเครื่องมือมาตรฐาน ผลการวัดแสดงได้ดังตารางที่ 4 ผลการอ่านค่าแต่ละตำแหน่งของไมโครมิเตอร์สเต

จากตารางที่ 4 สามารถหาค่าจริง ($T = N + C_s$) ณ ตำแหน่งที่วัด (N) มีค่าเท่ากับ 7.000 มม. และค่าแก้ (C_s) ของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด ณ ตำแหน่งนั้นมีค่าเท่ากับ 0.0004 มม. ดังนั้น $T = 7.0004$ มม. เมื่อได้ค่าจริงแล้วนำค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 6.9953 มม. ของการวัดนั้นมาหาค่าความถูกต้อง (C_x) ของไดอัลเกจ ($C_x = T - \bar{x}$) เท่ากับ $C_x = 0.0049$ มม.

4.3 ผลการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการสอบเทียบไดอัลเกจ

4.3.1 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำของผู้วัด (Repeatability), $u(l_x)$

เป็นการใช้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S_{n-1}) เท่ากับ 0.0011 (จากตารางที่ 4 ตำแหน่งที่ $N = 0.10$ มม.) ซึ่งค่าเป็นค่าที่มากที่สุด เพื่อให้ครอบคลุมค่าความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นจากผู้วัดโดยการทำการวัดซ้ำจำนวน 4 ครั้ง ($n = 4$) คำนวณได้จากสมการที่ 2 $u(l_x) = 0.00055$ มม.

4.3.2 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด (Standard); $u(l_s)$

ผลการสอบเทียบจากใบรับรองของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด มีค่าเท่ากับ 0.002 มม. และมีค่าตัวประกอบเท่ากับ 2 ค่าตัวประกอบเท่ากับ 2 (coverage factor; $k = 2$) แทนค่าในสมการที่ 3 $u(l_s) = 0.001$ มม.

4.3.3 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด; $u(\delta l_{ds})$

ผลต่างของค่าแก้ที่มากที่สุด และน้อยที่สุด ดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด หารด้วย 2 หาได้ดังสมการ 4 $u(\delta l_{ds}) = 0.00055$ มม.

ตารางที่ 4 ผลการวัดค่าแต่ละตำแหน่งของไมโครมิเตอร์เฮด

N	Reading, mm								, mm		C _γ , mm		T, mm		C _γ , mm		σ _{n-1} , mm	
	Item 1		Item 2		Item 3		Item 4											
mm	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.10	0.100	0.099	0.099	0.099	0.098	0.098	0.100	0.101	0.0993	0.0993	-0.0003	-0.0001	0.0997	0.0999	0.0005	0.0006	0.0008	0.0011
0.20	0.200	0.199	0.199	0.199	0.198	0.199	0.199	0.200	0.1990	0.1993	-0.0002	0.0000	0.1998	0.2000	0.0008	0.0008	0.0007	0.0004
0.30	0.302	0.300	0.301	0.300	0.300	0.300	0.301	0.301	0.3010	0.3003	0.0000	0.0000	0.3000	0.3000	-0.0010	-0.0002	0.0007	0.0004
0.40	0.401	0.400	0.401	0.401	0.400	0.400	0.401	0.402	0.4008	0.4008	-0.0005	0.0000	0.3995	0.4000	-0.0012	-0.0008	0.0004	0.0008
0.50	0.501	0.501	0.500	0.501	0.500	0.500	0.501	0.501	0.5005	0.5008	0.0000	0.0001	0.5000	0.5001	-0.0005	-0.0007	0.0005	0.0004

4.3.4 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของดิจิตอลไมโครมิเตอร์

เฮด; $u(l_s)$

ดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮดมีค่าความละเอียดในการอ่านเท่ากับ 0.001 มม. ดังนั้นเมื่อแทนค่าในสมการที่ 5 $u(l_s) = 0.00029$ มม.

4.3.5 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความไม่เรียบของผิวหน้าสัมผัสของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด; $u(\delta l_{Fs})$

จากใบรับรองการสอบเทียบของดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด ค่าความแม่นยำของความเรียบผิว (Accuracy of Flatness) น้อยกว่า 0.0003 มม. สามารถคำนวณได้ดังสมการ 6 $u(\delta l_{Fs}) = 0.00015$ มม.

4.3.6 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ; $u(\bar{\alpha} \Delta t)$

ดิจิตอลไมโครมิเตอร์เฮด และไดอัลเกจ เป็นโลหะชนิดเดียวกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุ ($\bar{\alpha}$) มีค่าเท่ากับ $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6}$ ต่อองศาเซลเซียส และห้องปฏิบัติการได้ตั้งอุณหภูมิที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส ($\Delta t = 2$) พิสัยในการสอบเทียบไดอัลเกจ (l) 10 มม. สามารถแทนค่าคำนวณได้ดังสมการที่ 7 $u(\Delta t) = 0.00013$ มม.

ตารางที่ 5 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนแต่ละปัจจัยและค่าความไม่แน่นอนขยาย

N	C _g mm		u(l _g)	u(l _s)	dl _g	dl _h	dl _h	(α dl)	dl _g	u _c	k factor	U _{95%}
	F	B										
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.00100	0.0006	0.00029	0.00289	0.00013	0.00015	0.0031	2.00	0.0062
0.10	0.0005	0.0006	0.0005	0.00100	0.0006	0.00029	0.00289	0.00013	0.00015	0.0032	3442	0.0063
0.20	0.0008	0.0008	0.0002	0.00100	0.0006	0.00029	0.00289	0.00013	0.00015	0.0031	131292	0.0063
0.30	-0.0010	-0.0002	0.0002	0.00100	0.0006	0.00029	0.00289	0.00013	0.00015	0.0031	131292	0.0063
0.40	-0.0012	-0.0008	0.0004	0.00100	0.0006	0.00029	0.00289	0.00013	0.00015	0.0032	10016	0.0063
0.50	-0.0005	-0.0007	0.0002	0.00100	0.0006	0.00029	0.00289	0.00013	0.00015	0.0031	131292	0.0063

4.3.7 ผลการหาค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของไดอัลเกจ; $u(l_x)$

ไดอัลเกจค่าความละเอียดเท่ากับ 0.01 มม. สามารถแบ่งช่องสเกลออกเป็น 2 ช่อง จึงทำให้ความสามารถในการอ่าน (Readability) เป็น $0.01/2 = 0.005$ คำนวณได้ดังสมการ 8 $u(l_x) = 0.00289$ มม.

4.3.8 ผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนขยาย; ($U_{95\%}$)

ผลการหาค่าความไม่แน่นอนรวม u_c สามารถคำนวณดังสมการ ที่ 9

$$u_c = 0.00318 \quad \text{มม.}$$

ผลการคำนวณค่าองศาความอิสระ (v) ระดับค่าความเชื่อมั่น 95% ตามสมการ 10

$$V = 3,445$$

5. สรุปผลการวิจัย

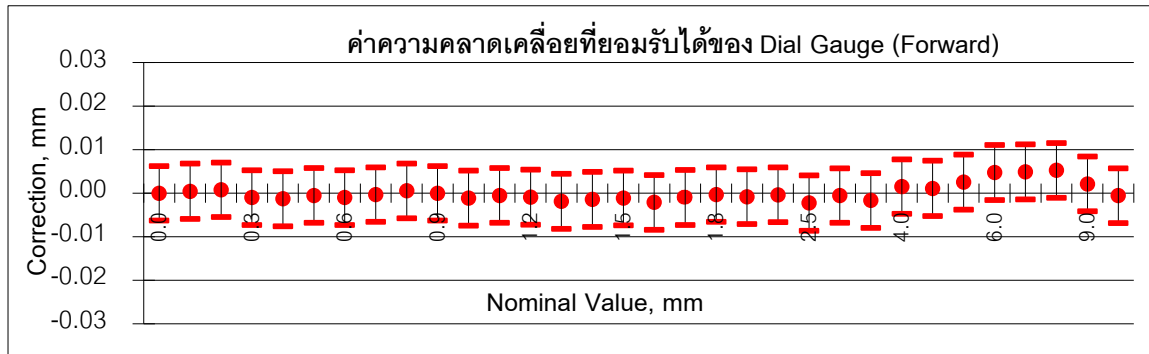
ผลการหาค่าความไม่เที่ยงของไดอัลเกจมีค่าเท่ากับ 0.000 มม. (ตารางที่ 3) ค่าความไม่แน่นอนขยาย ($U_{95\%}$) มีค่าเท่ากับ 0.0063 มม. ค่าแก้ (C_x) มีค่าเท่ากับ 0.005 มม. (ตารางที่ 5 ที่ $N = 0.10$ มม.) ดังนั้นการออกใบรับรองการสอบเทียบ สามารถระบุได้ว่า ผลการสอบเทียบไดอัลเกจ มีค่าเท่ากับ $C_x \pm U_{95\%}$ คือ 0.005 ± 0.0063 มม. ที่ตำแหน่ง $N = 0.10$ มม. และผลการสอบเทียบไดอัลเกจ ณ ตำแหน่งอื่น ๆ สามารถแสดงได้ดังกราฟที่ 1 โดยผลการสอบเทียบแต่ละตำแหน่งมีค่าไม่เกินค่าความแม่นยำ ± 0.03 มม. [3] จึงถือว่าไดอัลเกจสามารถใช้งานได้ปกติ

เพื่อให้ระบบการสอบเทียบนี้ มีความน่าเชื่อถือและความเชื่อมั่น ผู้วิจัยจึงนำผลการสอบเทียบที่ได้มาเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานที่มีภายในห้องปฏิบัติการวัดขนาดและสอบเทียบ โดยใช้สมการสัดส่วนความเท่ากัน (Equivalence ratio : EN) [6] เข้ามาช่วยตรวจสอบความเท่ากัน

$$\begin{aligned} EN &= \frac{|x_i - x_{ref}|}{\sqrt{u^2(x_i) + u^2(x_{ref})}} \\ &= \frac{|2.0000 - 2.00669|}{\sqrt{0.0063^2 + 0.006^2}} \\ &= 0.769 \end{aligned}$$

จากคำนวณค่าสัดส่วนความเท่ากัน (EN) มีค่าน้อยกว่า 1 ดังนั้นการสอบเทียบไดอัลเกจโดยใช้ดิจิทัลไมโครมิเตอร์เฮด จากงานวิจัย สามารถสรุปได้ว่าค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการสอบเทียบนี้สามารถยอมรับและเชื่อถือได้

กราฟที่ 1 ผลการสอบเทียบไดอัลเกจแต่ละตำแหน่ง



เอกสารอ้างอิง

- [1] __ (2022). **Calibration Tester UDT**. สืบค้นจาก <https://www.sumipol.com/product/calibration-tester-udt/>.
- [2] __. 2012. **The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement** (M3003), p.29. Edition 3rd.
- [3] JIS Handbook Mechanical Instrumentation. 1998. **Dial Gauges (JIS B 7502:1997)**, p.353-363.
- [4] *Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration*. EA-4/02,1999.
- [5] อนุสรณ์ ทนหมื่นไวย. (2551). **เอกสารการสอบเทียบไดอัลเกจ**. ปทุมธานี: สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [6] Kloypayan, J. and Pimpakan, W. (2014). The pitch Diameter of Pipe Taper Thread Measurement and Uncertainty Three-Wire Probe. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, 86, 1081.