

การประยุกต์ใช้เลเซอร์อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ในการวัดความเรียบผิว An Application of Laser Interferometer for Surface Roughness Measurement

อัฐภูมิ เหลืองทองคำ¹, เพ็ญเพ็ญ พัวโสพิศ² และ เกติษฐ์ ใจดี^{1,*}

¹ สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงกลาโหม ชั้น 4 อาคารสำนักงาน ปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ)
47/433 หมู่ 3 ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

² สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงกลาโหม ชั้น 4 อาคารสำนักงาน ปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ)
47/433 หมู่ 3 ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

*ผู้ติดต่อ: E-mail: auttapoom.l@dti.or.th, เบอร์โทรศัพท์: 0-8256-6697, เบอร์โทรสาร: 0-2980-6688 ต่อ 300

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอกระบวนการตรวจวัดความเรียบผิวของชิ้นงานทดสอบด้วยการประยุกต์ใช้หลักการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ โดยอธิบายวิธีการติดตั้งอุปกรณ์เลเซอร์เข้ากับเครื่องวัดความเรียบผิวที่ทำการพัฒนาขึ้น ระบบการวัดที่นำเสนอประกอบด้วยการติดตั้งกระจกสะท้อนแสงเลเซอร์ไว้กับหัวสัมผัสเคลื่อนที่ โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้น และขั้นตอนการวัดความเรียบผิวของชิ้นงาน ค่าความไม่แน่นอนในการวัดของระบบที่นำเสนอจะพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของแหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์เลเซอร์อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดที่ทำการพัฒนาขึ้น และสภาพแวดล้อมต่างๆ

คำหลัก: เลเซอร์อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์, การวัดความเรียบผิว, ค่าความไม่แน่นอนในการวัด

Abstract

This research presents an applied machine audits run test by applying the principle of laser interferometer. By describing how to install a laser measuring device, applied machine that developed. Proposed measure system consists of installing a reflector mirror. This paper has 2 experiments; the first experiment, finding the correction and uncertainty of the applied machine, secondly, measuring the surface roughness of the test piece. The uncertainty of this system is determined from the laser interferometer, an application tool and environment.

Keywords: Laser Interferometer, Surface Roughness Measurement, Standard Uncertainty

1. บทนำ

การวัดความเรียบผิวของชิ้นงานมีความสำคัญในงานที่ต้องการความละเอียดมาก ๆ โดยในงานวิจัยนี้ทำการพัฒนาอุปกรณ์ในการวัดความเรียบผิวเป็นชนิด

ใช้หัววัดสัมผัสกับชิ้นงาน ดังนั้นตัวอุปกรณ์ที่ทำการพัฒนาขึ้นมาต้องมีความเที่ยงตรงสูงในขณะนำไปใช้งาน จึงต้องมีการสอบเทียบอุปกรณ์ที่ทำการพัฒนาขึ้น โดยมีแนวความคิดที่จะทำการตรวจวัดด้วยการนำแสง

เลเซอร์มาประยุกต์ใช้ โดยนำเอาหลักการการแทรกสอดของแสงเข้ามาทำการตรวจวัดความยาวโดยใช้แสงเลเซอร์ เรียกว่า เลเซอร์อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ (Laser Interferometer) ในที่นี้จะใช้ระบบอินเตอร์เฟียโรมิเตอร์แบบไมเคลสัน (Michelson's Interferometer) ซึ่งเป็นระบบที่มีความเหมาะสมสำหรับงานด้านการตรวจวัด

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เลเซอร์อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ในการวัดความเรียบผิว
- 2.2 เพื่อคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดของระบบ
- 2.3 เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการวัด

3. อุปกรณ์

3.1 ชุดอุปกรณ์เลเซอร์ของ Renishaw รุ่น LM 10 ซึ่งประกอบไปด้วย

- แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ (LM 10 Measurement Laser Generate)
- อุปกรณ์ชดเชยความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอันเกิดจากปัจจัยอันเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ (EC10 Environmental Compensation Unit)
- กระบอกสำหรับสะท้อนและการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ (Linear Measurement Mirror Kid)

3.2 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับรวบรวมและประมวลผลข้อมูล

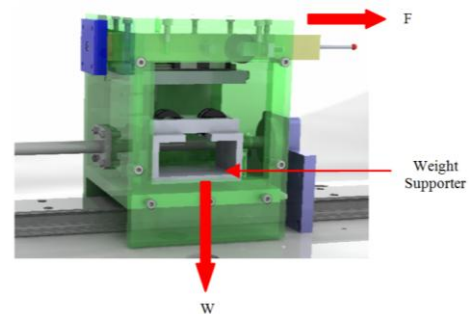
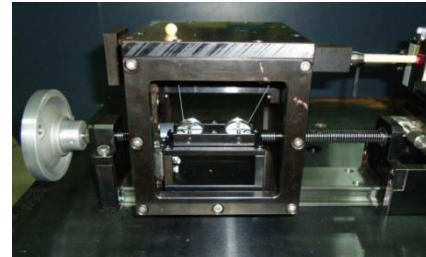
3.3 เครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้น

4. วิธีการ

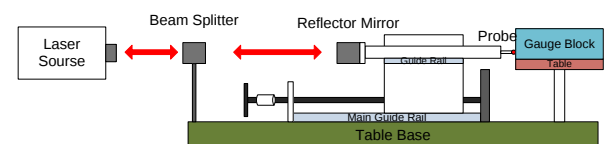
งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอกระบวนการวัดความเรียบผิวด้วยการประยุกต์ใช้เลเซอร์อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์มาเชื่อมต่อกับเครื่องมือวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้น โดยใช้หัววัดเดี่ยว หัววัดที่ใช้สามารถกำหนดแรงที่จะกระทำต่อผิวของชิ้นงานที่จะทำการวัดได้โดยในงานวิจัยนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ทำการพัฒนาขึ้น และขั้นตอนการวัดความเรียบผิวของชิ้นงาน

4.1 การสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ทำการพัฒนาขึ้น

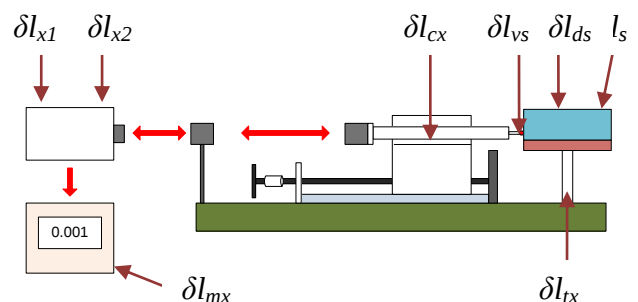
ในการทดลองนี้จะทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดความเรียบผิวโดยใช้เกจบล็อกเป็นมาตรฐานและคำนวณหาความไม่แน่นอนมาตรฐานของระบบของเครื่องมือวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 1 เครื่องมือวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงเครื่องมือวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 3 แหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานของระบบ

จากรูปที่ 1 แสดงชุดหัววัด โดยชุดหัววัดจะแบ่งการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 ระบบย่อย คือการเคลื่อนที่ของชุดหัววัดจะเคลื่อนที่ไปตามแนวแกนเลื่อนหลัก (Main Guide Rail) เข้าหาชิ้นงาน และการเคลื่อนที่ของหัววัด การเคลื่อนที่นี้จะเป็นการเคลื่อนที่ของหัววัด กดที่ชิ้นงานด้วยแรง 2 N แรงดังกล่าวส่งผ่านมาจากน้ำหนักที่ถ่วงด้านล่าง หลังจากนั้นชิ้นงานจะเป็นตัวเคลื่อนที่ตามรูปที่ 2

เมื่อพิจารณาจากแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนมาตรฐานตามรูปที่ 3 สามารถเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematic Model) แสดงค่าความไม่แน่นอนในการวัดของระบบ ดังสมการที่ (1)

$$l_s + \delta l_{vs} + \delta l_{ds} + l_s \alpha_s (t_s - t_0) = l_x + \delta l_{cx} + \delta l_{xl} + \delta l_{x2} + \delta l_{mx} + \delta l_{tx} + l_x \alpha_x (t_x - t_0) \quad (1)$$

$$l_x = l_s + \delta l_{vs} + \delta l_{ds} - \delta l_{cx} - \delta l_{xl} - \delta l_{x2} - \delta l_{mx} - \delta l_{tx} - L(\bar{\alpha} \cdot \delta t + \delta \alpha \cdot \Delta \bar{t}) \quad (2)$$

โดยที่

l_x คือความยาวที่เครื่องวัดวัดได้ ณ อุณหภูมิอ้างอิง 20 °C

l_s คือความยาวของเกจบล็อกอ้างอิง ณ อุณหภูมิอ้างอิง 20 °C

δl_{vs} คือค่าความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจากการที่หัววัดวัดไม่ตรงตำแหน่งเดิม

δl_{ds} คือค่าความเบี่ยงเบนอันเนื่องมาจากความเสถียรของเกจบล็อกอ้างอิง

δl_{cx} คือค่าไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากแกนเลื่อน

δl_{xl} คือค่าความแม่นยำในการวัดของเลเซอร์

δl_{x2} คือค่าความไม่แน่นอนในการวัดของอุปกรณ์เลเซอร์

δl_{mx} คือค่าความผิดพลาดของการแสดงผลการวัดของเลเซอร์

δl_{tx} คือค่าความไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากโต๊ะวาง

ชิ้นงาน

α คือค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การขยายตัวระหว่างเกจบล็อกกับเครื่องสอบเทียบ

t_s คืออุณหภูมิของเกจบล็อกที่วัดได้ ณ อุณหภูมิอ้างอิง 20 °C

t_x คืออุณหภูมิของชิ้นงานทดสอบที่วัดได้ ณ อุณหภูมิอ้างอิง 20 °C

t_0 คืออุณหภูมิอ้างอิง 20 °C

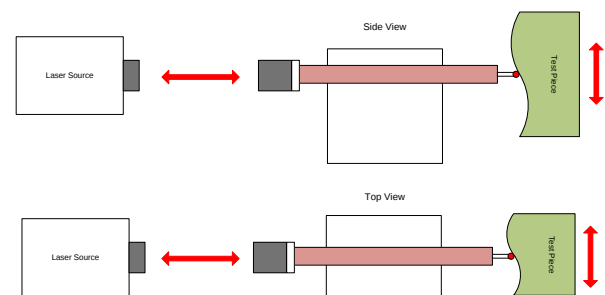
δt คือผลต่างของอุณหภูมิระหว่างเกจบล็อกอ้างอิงกับเครื่องวัด

$\delta \alpha$ คือผลต่างของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวระหว่างเกจบล็อกกับเครื่องสอบเทียบ

$\Delta \bar{t}$ คือผลต่างเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิของเกจบล็อกและเครื่องวัดกับอุณหภูมิห้อง

4.2 การวัดความเรียบผิว

ในขั้นตอนการวัดความเรียบผิวนี้นี้จะทำการวัดความเรียบผิวเกจบล็อกระดับ 2 (Grade 2 Gauge Block) ขนาดระบุ 70 mm ที่ผ่านการวัดความเรียบผิวด้วยเครื่องมือมาตรฐานมาแล้ว



รูปที่ 4 ลักษณะการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 4 แสดงการทำงานของระบบเครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้น โดยการวัดจะทำการวัดแบบต่อเนื่อง ทำการเคลื่อนที่ชิ้นงานทดสอบในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับ โดยที่ชุดของหัววัดอยู่กับที่แต่หัววัดจะเคลื่อนที่ตามความเรียบผิวที่เปลี่ยนไป

จากผลการวัดสามารถคำนวณหาค่าความเรียบผิว (R_a) ได้จาก

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx \quad (3)$$

4.3 การเปรียบเทียบผลการวัด

ในขั้นตอนนี้เป็นการยืนยันว่าผลการวัดที่ได้จากการทดลองหรือห้องปฏิบัติการมีความถูกต้องจะต้องนำผลการวัดดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับผลการวัดที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่เครื่องมือวัดมีประสิทธิภาพ และมาตรฐานสูงกว่าเป็นที่ยอมรับและได้รับความเชื่อถือจึงจะสามารถยืนยันได้ว่าผลการวัดจากการทดลองมีความถูกต้องแม่นยำหรือไม่โดยใช้สมการ E_n Ratio ดังสมการที่ 4

$$E_n = \frac{Lab - Ref}{\sqrt{U_{Lab}^2 + U_{Ref}^2}} \quad (4)$$

โดยที่

Lab หมายถึง ค่าเฉลี่ยผลการวัดที่ได้จากการทดลอง

Ref หมายถึง ค่าเฉลี่ยผลการวัดจากห้องทดลองมาตรฐานที่นำมาเปรียบเทียบ

U_{Lab} หมายถึง ความคลาดเคลื่อนในการวัดของผลที่ได้จากการทดลอง

U_{Ref} หมายถึง ความคลาดเคลื่อนในการวัดของผลที่ได้จากเครื่องมือวัดของห้องทดลอง

5. ผลและวิจารณ์

ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องวัดความเรียบผิว

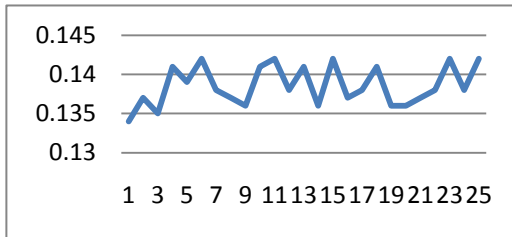
จากการการสอบเทียบเครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้นมานั้นจะได้ผลการสอบเทียบดังตารางที่ 1 ซึ่งมีค่าความแตกต่างในการวัดเท่ากับ 0.02491 mm และมีค่าความไม่แน่นอนของเครื่องสอบเทียบเท่ากับ 0.5045 μm

ตารางที่ 1 ค่าความไม่แน่นอนในการวัดในการสอบเทียบเครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้นโดยการใช้เกจบล็อกเป็นมาตรฐานอ้างอิง

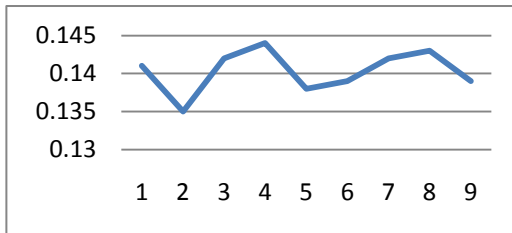
Quantity Xi	Estimate xi (mm)	Standard Uncertainty u(xi) (μm)		Probability Distribution	Devisor	Sensitivity Coefficient ci	Uncertainty Contribution $u_i(y)$ (μm)	Effective Degree of Freedom v_{eff}
		Absolute	Relative					
l_s	70.00036	0.025	0.04	Normal	2	1	0.05300	∞
l_x	69.97545	0.05966	-	Normal	3	1	0.05966	3
δl_{vs}	0	0.0100	-	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.00600	∞
δl_{ds}	0	0.02886	0.028	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.04907	∞
δl_{cx}	0	0.0055	-	Normal	$\sqrt{3}$	-1	-0.00318	∞
δl_{x1}	0	0.00058	-	Rectangular	$\sqrt{3}$	-1	-0.00058	∞
δl_{x2}	0	0.0125	-	Normal	2	-1	-0.01250	∞
δl_{mx}	0	0.00029	-	Rectangular	$2\sqrt{3}$	-1	-0.00029	∞
δl_{tx}	0	0.0430	-	Normal	$\sqrt{3}$	-1	-0.02480	∞
$\bar{\alpha} \cdot \delta t$	0	-	0.00624	Special	-	-1	-0.00624	∞
$\delta \alpha \cdot \Delta \bar{t}$	0	-	0.23240	Special	-	-1	-0.23240	∞
$u(l_x)$							0.06364 μm^2	-
							0.2522	-
$l_s - l_x$	0.02491			Normal		k = 2	0.5045	-

ขั้นตอนการวัดความเรียบผิว

จากขั้นตอนการวัดความเรียบผิวได้ผลการวัดตามรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลการวัดในแนวตั้ง



รูปที่ 6 กราฟแสดงผลการวัดในแนวนอน

นำผลการวัดที่ได้ตามรูปที่ 5 และ 6 แทนในสมการที่ 3 ได้ค่าความเรียบผิวของเกจบล็อกที่ทำการทดสอบดังนี้

R_a ในแนวตั้ง = 0.1384 μm โดยมีค่าความไม่แน่นอนในการวัด = 0.5045 μm

R_a ในแนวนอน = 0.1404 μm โดยมีค่าความไม่แน่นอนในการวัด = 0.5045 μm

ดังนั้นค่าความเรียบผิวของเกจบล็อกที่ทำการทดลองเท่ากับ 0.1404 μm โดยมีค่าความไม่แน่นอนในการวัดเท่ากับ 0.5045 μm

ขั้นตอนการเปรียบเทียบผลการวัด

ผลการวัดจะถูกยอมรับว่าไม่มีความแตกต่างกันเมื่อค่า E_n ที่ได้อยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 จากผลการทดลองหาความเรียบผิวของเกจบล็อกขนาด 70 mm ได้ค่าความเรียบผิวเท่ากับ 0.1404 $\mu\text{m} \pm 0.5045 \mu\text{m}$ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการวัดที่ได้จากเครื่องมือวัดมาตรฐาน ที่ 0.1324 $\mu\text{m} \pm 0.090 \mu\text{m}$

$$E_n = \frac{0.1404 - 0.1324}{\sqrt{0.5045^2 + 0.090^2}} = 0.01345$$

ดังนั้นจะได้ค่าการเปรียบเทียบผลการวัด E_n Ratio เท่ากับ 0.01345

6. สรุป

จากการทดลองการสอบเทียบเครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้นสรุปได้ว่าเครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้นมานั้นมีค่าความแตกต่างจากค่าเกจบล็อกมาตรฐานอ้างอิงเท่ากับ 0.02491 mm และมีค่าความไม่แน่นอนของเครื่องสอบเทียบเท่ากับ 0.5045 μm

จากการทดลองวัดความเรียบผิวด้วยเครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้นได้ผลการวัดดังรูปที่ 5 และ 6 โดยหาความเรียบผิวได้ตามสมการที่ 3 ได้ค่าความเรียบผิวเท่ากับ 0.1404 μm โดยมีค่าความไม่แน่นอนในการวัดเท่ากับ 0.5045 μm

เมื่อทำเปรียบเทียบผลการวัดด้วยสมการ E_n Ratio ระหว่างผลการวัดจากห้องปฏิบัติการกับผลการทดลองด้วยเครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้นด้วยการประยุกต์ใช้เลเซอร์อินเตอร์เฟียโรมิเตอร์ในการวัด ผลการเปรียบเทียบที่ได้มีค่า E_n Ratio เท่ากับ 0.01345 ซึ่งมีค่า E_n Ratio ไม่เกิน ± 1 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลการวัดทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันส่งผลให้งานวิจัยที่ได้นำเสนอนี้สามารถสรุปได้ว่าเครื่องวัดความเรียบผิวที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้ในการวัดความเรียบผิวได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) ที่ได้เอื้อเฟื้อเอกสารข้อมูลตลอดจนเครื่องมือและทุนทรัพย์ในการค้นคว้าวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Katherin we Creath and James C. Wyant (1990). Absolute measurement of surface roughness, vol. 29, September 1990, pp. 3823 – 3827.
- [2] ISO (International Standardisation Organisation) (1993). Guide to the expression of uncertainty in measurement: First ed., Genève.
- [3] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ (2549). สถิติวิศวกรรม, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

[4] สมนึก บุญพาไสว (2550). การวัด และเครื่องมือวัด, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.