คู่มือการปฏิบัติงาน

(Work Manual)

วิธีการสอบเทียบเครื่องชั่งตาม

วิธีการมาตรฐาน UKAS LAB 14 : 2015

ของ

นายวิศรุต คงสกุล

สังกัดศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ส่วนงานสอบเทียบ	ตุลาคม ๒๕๖๒

คำนำ

คู่มือปฏิบัติการเล่มนี้ใช้สำหรับการสอบเทียบเครื่องชั่งทั้งในห้องปฏิบัติการสอบเทียบมาตรฐาน และในโรงงานอุตสากรรม โดยอ้างอิงวิธีการสอบเทียบตามมาตรฐาน UKAS LAB 14 : 2015 ซึ่งเป็นวิธีการสอบเทียบเครื่องชั่งที่เป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติแล้ว ซึ่งทางศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสต์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้ใช้เป็นคู่มือในการสอบเทียบเครื่องชั่งภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบเพื่อขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 และเป็นวิธีการในการถ่ายทอดความรู้ให้กับบุคลากรที่มีความสนใจในงานสอบเทียบเครื่องชั่งทั้งภาครัฐและเอกชน ในเนื้อหาของเอกสารคู่มือการปฏิบัติงานจะกล่าวถึงความรู้เกี่ยวกับมาตรวิทยา ระบบการวัด การสอบเทียบเครื่องชั่ง การพิจารณาเลือกใช้เครื่องชั่งให้เหมาะสมกับงาน การใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องชั่ง การหาค่าความไม่แน่นอนในการวัด และ การออกใบรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือปฏิบัติการวิธีการสอบเทียบเครื่องชั่งตามวิธีการมาตรฐาน UKAS LAB 14 : 2015 ฉบับนี้ จะนำความรู้ไปสู่ผู้ที่สนใจในการสอบเทียบเครื่องชั่งได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานสากล และสามารถพัฒนาความรู้ทางด้านมาตรวิทยาให้เพิ่มมากยิ่งขึ้นไปได้ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์แก่องค์กรของท่าน และเป็นการช่วยพัฒนาประเทศชาติในอันดับต่อไป

วิศรุต คงสกุล

ตุลาคม 2562

สารบัญ

เนื้อเรื่อง	หน้า
1. วัตถุประสงค์ของการจัดทำคู่มือ	1
2. ขอบเขต	1
3. คำจำกัดความ	1
4. หน้าที่ความรับผิดชอบ	2
5. สถานที่และสภาวะแวดล้อม	2
6. เครื่องมือ/อุปกรณ์	2
7. วิธีการสอบเทียบ	4
8. ผังกระบวนการปฏิบัติงาน (Work Flow)	12
9. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	14
10. มาตรฐานคุณภาพงาน	16
11. ระบบติดตามประเมินผล	16
12. เอกสารอ้างอิง	16
13. แบบฟอร์มที่ใช้	17

ภาคผนวก

ก. ใบบันทึกผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง	19
ข. ตาราง Uncertainty Budget ในการสอบเทียบเครื่องชั่ง	21
ค. ใบรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง	22

ประวัติผู้จัดทำ 25

คู่มือการปฏิบัติงาน

วิธีการสอบเทียบเครื่องชั่ง

ตามมาตรฐาน UKAS LAB 14 : 2015

1 วัตถุประสงค์

1.1 จัดทำเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอน(Electronic Balance) ของศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ให้เป็นไปตามวิธีมาตรฐาน UKAS LAB 14 : 2015 (edition 5)

1.2 เพื่อเป็นหลักฐานแสดงวิธีการทำงานที่สามารถถ่ายทอดให้กับผู้เข้ามาปฏิบัติงานใหม่ พัฒนาให้การทำงานเป็นมืออาชีพ และใช้ประกอบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร รวมทั้งแสดงหรือเผยแพร่ให้กับบุคคลภายนอก

1.3 เพื่อให้หน่วยงานภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ หรือ หน่วยงานต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยบูรพาที่ต้องการสอบเทียบเครื่องชั่งตามวิธีการมาตรฐานสากล UKAS LAB 14 : 2015 สามารถปฏิบัติการสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง

2 ขอบเขต

2.1 ใช้สอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอน (Electronic Balance) ตามวิธีการสอบเทียบมาตรฐาน UKAS LAB 14 แก้ไขครั้งที่ 5 : 2015

2.2 ช่วงการวัดตั้งแต่ 0 กิโลกรัม ถึง 300 กิโลกรัม

2.3 การรายงานผลการสอบเทียบ

2.3.1 ความสามารถในการวัดซ้ำ

2.3.2 ความสามารถที่เครื่องชั่งอ่านได้

2.3.3 ค่าความแตกต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ในตำแหน่งข้างเคียงกับตำแหน่งตรงกลาง

2.4 การรายงานค่าความไม่แน่นอนในการวัด

3 คำจำกัดความ

3.1 เครื่องชั่งดิจิตรอน คือ Electronic Balance

3.2 ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน คือ Weight Standard

3.3 ค่าแก้ของเครื่องชั่ง หมายถึง Correction

3.4 ค่าความไม่แน่นอนของการวัด หมายถึง Uncertainty of Measurement

4 หน้าที่ความรับผิดชอบ

4.1 ผู้บริหารสูงสุด

4.2 ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ

4.3 หัวหน้าส่วนสอบเทียบ

4.4 เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการสอบเทียบ

5 สถานที่และสภาวะแวดล้อมห้องปฏิบัติการ

5.1 สถานที่ คือห้องปฏิบัติการสำหรับสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมวล

5.2 สภาวะแวดล้อม

5.2.1 กรณีที่สอบเทียบภายในห้องปฏิบัติการ (Permanent)

- อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ (Ambient Temperature) ควบคุมอยู่ในช่วง (20 $\pm$ 2 ^{0}C)
- ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสอบเทียบจะต้องควบคุมอยู่ในช่วง (50 $\pm$ 15 %RH)

5.2.2 กรณีสอบเทียบภายนอกห้องปฏิบัติการ (On Site)

- อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ (Ambient Temperature) ควบคุมอยู่ในช่วง (30 $\pm$ 20 ^{0}C)
- ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสอบเทียบจะต้องควบคุมอยู่ในช่วง (50 $\pm$ 20 %RH)

6 เครื่องมือ/อุปกรณ์

6.1 เครื่องชั่งดิจิตรอน (Unit Under Calibration, UUC) : Electronic Balance มีลักษณะตามรูปที่ 1

รูปที่ 1 เครื่องชั่ง : Electronic Balance

6.2 เครื่องมือมาตรฐาน (Standards, STD) : Weight standard มีลักษณะตามรูปที่ 2

รูปที่ 2 ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน : Weight Standard

ตารางที่ 1 แสดงรายการตุ้มน้ำหนักมาตรฐานสำหรับการสอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอน

No.	Description	Specification	Manufacturer
1.	Weight Standard Set (1 mg to 5 kg)	Class E2	Mettler Toledo Serial No. B125153401
2.	Weight Standard Set (1 mg to 5 kg)	Class F1	Mettler Toledo Serial No. 11117804
3.	Weight Standard (10 kg)	Class F1	Mettler Toledo Serial No. 158720
4.	Weight Standard (20 kg)	Class F1	Mettler Toledo Serial No. 158730

6.3 อุปกรณ์เสริม/ช่วย

6.3.1 ถุงมือผ้า

6.3.2 กระดาษเช็ดเลนซ์

6.3.3 แอลกอฮอล์

6.3.4 แปลงขนอ่อน

7 วิธีการสอบเทียบ

ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้ คือ

1. การเตรียมงาน
2. การตรวจสอบสภาพทั่วไป
3. การวัดค่า
4. การบันทึกค่าวัด
5. การหาค่าแก้จากการวัด
6. การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการวัด
7. การรายงานผลการสอบเทียบ

สามารถอธิบายลายละเอียดตามข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

7.1 เตรียมงานสอบเทียบ (Preparation) ประกอบด้วยงานใน 4 ส่วนดังนี้ คือ

7.1.1 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานสอบเทียบ

สำหรับการเลือก Class ของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ใช้ ควรเลือกให้สอดคล้องกับลักษณะของเครื่องชั่ง ทั้งความสามารถในการอ่าน (Resolution) และ ความสามารถในการจุ (Capacity) ตามที่มาตรฐาน UKAS LAB 14 ได้กำหนดไว้เป็นแนวทางในการเลือก Class ของตุ้มน้ำหนัก จะแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แนะนำการเลือกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่เหมาะสมกับการสอบเทียบเครื่องชั่งขนาดต่าง ๆ

Capacity	Resolution							
	100 g	10 g	1 g	100 mg	10 mg	1 mg	0.1 mg	< 0.1 mg
Up to 50 g	M3	M3	M3	M3	M2	F2	E2	E1
Up to 100 g	M3	M3	M3	M3	M1	F1	E1	E1
Up to 500 g	M3	M3	M3	M2	F2	E2		
Up to 1 kg	M3	M3	M3	M1	F1	E1		
Up to 5 kg	M3	M3	M2	F2	E2			
Up to 10 kg	M3	M3	M1	F1	E1			
Up to 50 kg	M3	M2	F2	E2				
Up to 100 kg	M3	M2	F1					
Up to 500 kg	M2	M1	E2					

<u>หมายเหตุ</u> ในกรณีที่ไม่สามารถเป็นไปตามตารางที่ 2 ให้เลือกตุ้มน้ำหนักที่เหมาะสม ตามที่ห้องปฏิบัติการมี

7.1.2 ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์การสอบเทียบ (Cleaning)

- ทำความสะอาดเครื่องชั่ง (UUC) โดยนำกระดาษเช็ดเลนส์ชุบแอลกอฮอล์เช็ดให้ทั่ว
- ทำความสะอาดตุ้มน้ำหนัก (STD) โดยนำใช้แปลงขนอ่อนปัดที่ตัวตุ้มน้ำหนัก
- ทำความสะอาดบริเวณรอบข้าง Electronic Balance ในกรณีที่สอบเทียบนอกห้องปฏิบัติการ

7.1.3 การอุ่นเครื่องมือก่อนการสอบเทียบ (Holding)

7.1.3.1 กรณีที่สอบเทียบภายในห้องปฏิบัติการ (Permanent)

อุ่นเครื่องมือและอุปกรณ์การสอบเทียบ (Holding of Temperature) หลังจากที่ทำความสะอาดเสร็จแล้ว ให้วางเครื่องมือวัดที่จะสอบเทียบ (UUC) เครื่องมือมาตรฐาน (STD) และอุปกรณ์สอบเทียบ ไว้ในห้องปฏิบัติการที่ได้ควบคุมสภาวะแวดล้อมไว้แล้ว เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อให้สภาวะแวดล้อมของเครื่องมือที่จะดำเนินการสอบเทียบ มีค่าใกล้เคียงกันตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ (20 ± 2 ^{0}C), (55 ± 15 %RH)

7.1.3.2 กรณีสอบเทียบภายนอกห้องปฏิบัติการ (On Site)

ตรวจสอบให้มั่นใจในสถานที่ ที่จะทำการสอบเทียบนอกสถานที่ ดังนี้

1. ตรวจสภาพเครื่องมือมาตรฐาน (Standard Weight) ก่อนนำออกนอกห้องปฏิบัติการ ก่อนการนำตุ้มน้ำหนักออกไปสอบเทียบนอกสถานที่ ห้องปฏิบัติการจะต้องตรวจสอบตุ้มน้ำหนักก่อน ดังนี้
   1.1 ตรวจสภาพผิวของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานทั้งก่อนและหลังการสอบเทียบนอกสถานที่ ตรวจสอบด้วยวิธีใช่ตาเปล่ามอง โดยผิวสัมผัสของตุ้มน้ำหนักจะต้องไม่มีรอยขูด ขีด
   1.2 ตรวจสอบน้ำหนักของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานทั้งก่อนและหลังการสอบเทียบนอกสถานที่ ตรวจสอบด้วยวิธีการชั่งเปรียบเทียบกับตุ้มน้ำหนักมาตรฐานอื่น ๆ ที่ห้องปฏิบัติการมี ด้วยวิธี ABBA ทั้งก่อนออกไปนอกสถานที่ และเมื่อตุ้มน้ำหนักกลับมาที่ห้องปฏิบัติการ
2. เจ้าหน้าที่ หรือคนรับผิดชอบที่ติดต่อจะต้องถูกต้องตามเอกสารใบขอรับบริการ หรือบุคลที่ได้รับมอบหมาย
3. สภาพแวดล้อมต้องมีความพร้อมในการสอบเทียบ เช่น ไม่มีฝุ่นละอองมาก, แสงสว่างเพียงพอ, ไม่สกปรกมากจนมากจนจะเป็นอันตรายกับตุ้มน้ำหนัก, โต๊ะที่วางเครื่องชั่งมีความมั่นคง แข็งแรงพอสำหรับการสอบเทียบโดยรวมต้องมีสภาวะแวดล้อมเหมาะกับการสอบเทียบ บันทึกรายละเอียดลงในเอกสารใบบันทึกผลการสอบเทียบ
4. อุ่นเครื่องมือและอุปกรณ์การสอบเทียบ (Holding of Temperature) หลังจากที่ทำความสะอาดเสร็จแล้ว ให้วางเครื่องมือวัดที่จะสอบเทียบ (UUC) เครื่องมือมาตรฐาน (STD) และอุปกรณ์สอบเทียบ ไว้ในสถานที่ที่ได้ควบคุมสภาวะแวดล้อม เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อให้สภาวะแวดล้อมของเครื่องมือที่จะดำเนินการสอบเทียบ มีค่าใกล้เคียงกันตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ (30 ± 20 ^{0}C), (50 ± 20 %RH)

7.1.4 กรอกข้อมูลการสอบเทียบในใบบันทึกผลการวัด

นำใบบันทึกผลการสอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอน Electronic Balance (FR-CAL-02-MC-01) กรอกข้อมูลเบื้องต้นของลักษณะงานที่จะดำเนินการสอบเทียบ ลงในหน้าแรกของใบบันทึก (ข้อมูลที่กรอก เช่น Record No., Job. No., ID. No., Customer Name เป็นต้น)

7.2 ตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปของ Electronic Balance ก่อนการสอบเทียบดังนี้

- ตรวจสอบสภาพทั่วไป Electronic Balance ตามรายการดังนี้

7.2.1 เครื่องชั่งดิจิตรอนต้องไม่ชำรุดเสียหาย

7.2.2 จานชั่ง (pan) ต้องไม่บุบ หรือ แตกหัก

7.2.3 สวิกเปิด/ปิด จะต้องเปิดและปิดเครื่องได้

7.2.4 ตัวเลขแสดงผล (Digital display) ต้องอ่านค่าได้ปกติ

7.2.5 บันทึกผลการตรวจสภาพโดยทั่วไป ลงในใบบันทึกผลการสอบเทียบ Electronic Balance

7.2.6 ทำการ Preload เครื่องชั่งก่อนการสอบเทียบ โดยการใช้ตุ้มน้ำหนักขนาดใกล้เคียงกับความสามารถในการชั่งมากที่สุดของเครื่องชั่ง ชั่งบนเครื่องชั่งอย่างน้อย 3-5 ครั้ง

7.3 ขั้นตอนการสอบเทียบ

7.3.1 <u>ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability)</u>

7.3.1.1 เลือกตุ้มน้ำหนักขนาดประมาณ max ของค่าความจุของเครื่องชั่ง ถ้าเป็นไปได้ควรใช้ตุ้มน้ำหนักชิ้นเดียว

7.3.1.2 ทำการวัดค่า Repeatability อย่างน้อย 5 ครั้ง (ในการอ่านค่าควรรอให้ตัวเลขบนเครื่องชั่งนิ่งก่อนแล้วจึงทำการบันทึกผล)

7.3.1.3 วิธีการวางควรวางตำแหน่งตรงกลางของจานชั่ง(Pan) และก่อนจะวางแต่ละครั้งต้องมั่นใจว่าเครื่องชั่งแสดงค่า 0 (zero) เสียก่อน ถ้าเครื่องชั่งไม่อยู่ในตำแหน่ง 0 ต้องกด zero ที่เครื่องชั่งก่อนการวัด

7.3.1.4 รายงานค่า standard deviation (SD) เป็นค่าความสามารถในการวัดซ้ำ โดยค่า SD หาได้จากสมการที่ 1

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \qquad \text{สมการที่ 1}$$

7.3.2 <u>ความสามารถที่เครื่องชั่งอ่านได้ (Departure of indication from nominal value)</u>

7.3.2.1 ทำการเลือกจุดวัดอย่างน้อย 5 จุดให้ครอบคลุมตลอดช่วงการวัดของเครื่องชั่ง หรือแบ่งตามความเหมาะสม และง่ายต่อการวางตุ้มน้ำหนัก เช่น 5, 10, 15, 20 เป็นต้น แต่ต้องมีช่วงการวัดตั้งแต่ 5 จุด ขึ้นไป

7.3.2.2 นอกจากจะกำหนดจุดวัดตามข้อ 7.3.2.1 แล้ว ห้องปฏิบัติการสามารถกำหนดจุดวัดตามที่ลูกค้ากำหนดได้

7.3.2.3 วัดซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละช่วงการวัด อ่านค่าและบันทึกผล

7.3.2.4 การวางตุ้มน้ำหนักในกรณีเปลี่ยนช่วงการวัด เมื่ออ่านค่าจุดเดิมเสร็จแล้วให้หยิบตุ้มน้ำหนักออกจากเครื่องชั่งทั้งหมด แล้วถึงจะวางตุ้มน้ำหนักช่วงการวัดใหม่ลงบนเครื่องชั่ง ถึงจะอ่านค่าไม่วางตุ้มน้ำหนักต่อ ๆ กันไป

7.3.2.5 หาค่าเฉลี่ยของผลการชั่ง

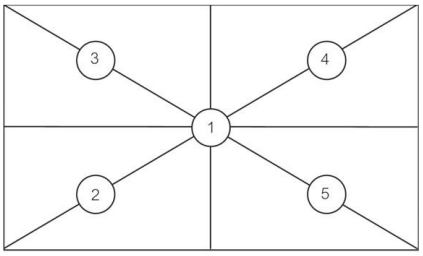
7.3.2.6 รายงานค่าแก้(Correction) = ค่าตุ้มน้ำหนัก(จากใบ Certificate ที่ใช้) – ค่าเฉลี่ยที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง

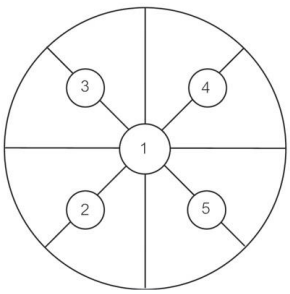
7.3.3 <u>ค่าความแตกต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ในตำแหน่งข้างเคียงกับตำแหน่งตรงกลาง (Eccentric or Off-center loading)</u>

7.3.3.1 เลือกใช้ตุ้มน้ำหนักในช่วงไม่น้อยกว่า 1/3 ของความสามารถสูงสุดที่เครื่องชั่งอ่านได้ วางในตำแหน่งตรงกลางของจานชั่ง ถ้าเป็นไปได้ควรใช้ตุ้มน้ำหนักชิ้นเดียว

7.3.3.2 วัดซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละช่วงการวัด อ่านค่าและบันทึกผล

7.3.3.3 เปลี่ยนตำแหน่งในการวางตุ้มน้ำหนัก และทำการชั่งในตำแหน่งต่าง ๆ ตามรูปที่ 3





รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งในการวางตุ้มน้ำหนักบนจานชั่งที่แตกต่างกัน

7.3.3.4 รายงานค่าความแตกต่างมากที่สุดที่ได้จากการชั่งที่ตำแหน่งต่างๆ กับค่าตรงกลางของจานชั่งหาได้จาก ค่าความแตกต่างของมุม เท่ากับ ค่าตำแหน่งต่างๆ – ค่าตรงกลาง

7.4 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Calculation of Uncertainty of Measurement)

7.4.1 การประมาณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน แบบ A (Type A Evaluation of Uncertainty)

7.4.1.1 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัด Repeatability of indication

$$u(l_R) = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัดจากการวัดซ้ำ 5 ครั้ง

n คือ จำนวนครั้งของการวัด (นิยมใช้ n = 5)

7.4.2 การประมาณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานแบบ B (Type B Evaluation of Uncertainty)

7.4.2.1 ค่าความไม่แน่นอนจากเครื่องมือมาตรฐาน Weight Standard, $u(W_S)$

$$u(W_S) = \frac{Expanded \cdot Uncerta\,\text{int}\, y}{k}$$

เมื่อ Expanded Uncertainty คือ ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องมือมาตรฐาน (STD)

k คือ ค่า Coverage Factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากใบรับรองผลการสอบเทียบ

7.4.2.2 ค่าความไม่แน่นอนจากค่า Drift ของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน, $u(D_S)$

$$u(D_S) = \frac{Drift}{\sqrt{3}}$$

เมื่อ Drift คือ ค่าการเลื่อนค่าความผิดพลาดของ ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

<u>หมายเหตุ</u> : แหล่งที่มาของค่า Drift

1. ใช้ค่า Uncertainty ของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

2. ในกรณีที่มีประวัติการสอบเทียบเกิน 2 ครั้งขึ้นไป ให้ใช้ค่า Drift จากประวัติการสอบเทียบของเครื่องมือมาตรฐาน

** เลือกใช้ค่าที่มีค่ามากที่สุด มาเป็นค่า Drift

การพิจารณาค่าความไม่แน่นอนของการวัด เนื่องจาก Drift ของ Standard จากมติคณะอนุกรรมการ จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 มีประวัติการสอบเทียบของ Standard และมีค่า Drift ของ Standard น้อยมากๆ เกือบเป็น ศูนย์ ค่า Drift ของ Standard อาจกำหนดได้จาก Imported uncertainty ที่ 1σ และกำหนดการกระจายแบบ Triangular divisor = $\sqrt{6}$ อ้างอิงตาม M3003

กรณีที่ 2 มีการสอบเทียบของ Standard ครั้งแรก ไม่รู้ค่า Drift ของ Standard จะมี Distribution แบบ Rectangular ซึ่งจะได้ค่า Drift ของ Standard = Imported uncertainty ที่ 2σ และ divisor = $\sqrt{3}$

กรณีที่ 3 มีประวัติการสอบเทียบของ Standard และมีค่า Drift ของ Standard จะมี Distribution แบบ Rectangular ซึ่งจะได้ค่า Drift ของ Standard = ค่าของปีล่าสุด – ค่าของปีก่อนหน้า และ divisor = $\sqrt{3}$

7.4.2.3 ค่าความไม่แน่นอนจากการอ่านขณะที่ไม่มี Load (Digital rounding error at zero), $u(\delta l_{d0})$

$$u(\delta l_{d0}) = \frac{r}{2\sqrt{3}}$$

เมื่อ r คือ ค่าความละเอียดสุดของเครื่องมือที่สามารถอ่านได้

7.4.2.4 ค่าความไม่แน่นอนจากการอ่านขณะที่มี Load (Digital rounding error (for indicated value)), $u(\delta l_d)$

$$u(\delta l_d) = \frac{r}{2\sqrt{3}}$$

เมื่อ r คือ ค่าความละเอียดสุดของเครื่องมือที่สามารถอ่านได้

7.4.2.5 ค่าความไม่แน่นอนจากแรงพยุงตัวอากาศ Air buoyancy (1 ppm of nominal value) , $u(A_b)$

$$u(A_b) = \frac{Ab}{\sqrt{3}}$$

เมื่อ Ab : ถ้าตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน เป็น Stainless steel, Brass จะใช้ 1 ppm of applied weight, Ab =(1 x m(g))/1,000,000

: ถ้าตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน เป็น Cast iron จะใช้ 3 ppm of applied weight (3 x m(g))/1,000,000

7.4.3 คำนวณค่าความไม่แน่นอนรวม (Combined Standard Uncertainty), u_c

$$u_c = \sqrt{u(l_R)^2 + u(W_S)^2 + u(D_S)^2 + u(\delta l_{d0})^2 + u(\delta l_d)^2 + u(A_b)^2}$$

7.4.4 คำนวณค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty)ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, $U_{95\%}$

$$U_{95\%} = ku_C$$

เมื่อ u_C คือ ค่าความไม่แน่นอนรวม

k คือ ค่า Coverage Factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

7.4.4.1 คำนวณค่า k ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างค่า Ua ค่า Uc

- โดยทั่วไปกำหนดให้ใช้ค่า k เท่ากับ 2
- ในกรณีที่ลูกค้าต้องการความถูกต้องมากขึ้น จะใช้วิธีการคำนวน Coverage Factor ดังนั้นการใช้วิธีการคำนวณจึงเหมาะสำหรับการตรวจสอบค่า k เพื่อต้องการความถูกต้องและสร้างมั่นใจมากยิ่งขึ้น

คำนวณค่า Coverage Factor, k โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ Welch-Satterthwaite formula สำหรับหาค่า Effective Degree of Freedom, V_{eff} แล้วนำค่าดังกล่าวไปเปิดหาค่า Coverage Factor จากตารางการกระจายแบบ t (t – Distribution Table) ดังนี้

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

$$= \frac{u_c^4}{\frac{u_a^4}{n-1} + \frac{u_{b1}^4}{\infty} + \frac{u_{b2}^4}{\infty} + \frac{u_{b3}^4}{\infty} + \ldots + \frac{u_{bn}^4}{\infty}}$$

เมื่อ U_i คือ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน ของ Type A และ Type B

V_i คือ ค่า Degree of Freedom ของการกระจายข้อมูลทั้งแบบ Type A และ Type B โดยแบบ Type A จะมีค่าเท่ากับ n –1 และ Type B มีค่าเป็น Infinite, ∞

- หาค่า k ได้จากการเปรียบเทียบ ค่า V_{eff} ที่ได้ กับค่า k ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่า Coverage Factor ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

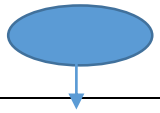
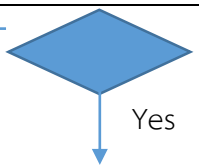
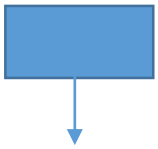
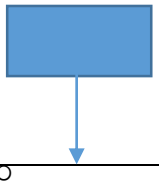
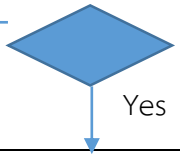
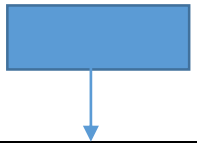
Table 2	**Student 't' values**											
ν_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
k_{95}	13.97	4.53	3.31	2.87	2.65	2.52	2.43	2.37	2.28	2.23	2.20	2.17
ν_{eff}	18	20	25	30	35	40	50	60	80	100	∞	
k_{95}	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.06	2.05	2.04	2.03	2.02	2.00	

7.4.4.2 แหล่งที่มาและสูตรคำนวณสามารถแสดงในตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงแหล่งที่มาและสูตรคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบ Electronic Balance (Uncertainty Budget of Electronic Balance Calibration)

Item	Type	Symbol	Source of Uncertainty	Value	Probability Distribution	Divisor	Standard Uncertainty	Degree of Freedom
1	A	I_R	Repeatability of indication		Normal	1.0		4
1	B	Ws	Calibration of standard weight		Normal	2.0		∞
2	B	Ds	Drift since last calibration		Rectangular	$\sqrt{3}$		∞
3	B	δ_{ld0}	Digital rounding error (at zero)		Rectangular	$\sqrt{3}$		∞
4	B	δ_{ld}	Digital rounding error (for indicated value)		Rectangular	$\sqrt{3}$		∞
5	B	Ab	Air buoyancy (1 ppm of nominal value)		Rectangular	$\sqrt{3}$		∞
1	-	u_c	Combined Standard Uncertainty	-	Normal			∞
1	-	$U_{95\%}$	Expanded Uncertainty	-	Normal (k=2)			

8. ผังกระบวนการปฏิบัติงาน (Work Flow)

ขั้นตอนการทำงาน (Work Flow)	ผังงาน (Flow Chart)	ระยะเวลา	ผู้รับผิดชอบ* (ตำแหน่ง/กลุ่ม/ฝ่าย)
เริ่มต้นกระบวนการ		เริ่มต้น	ทุกคนภายในห้องปฏิบัติการ
รับงานเข้าห้องปฏิบัติการ		10 นาที	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน
พิจารณาเครื่องชั่งดิจิตรอนก่อนการสอบเทียบ		5 นาที	ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ
ดำเนินการสอบเทียบ 1. หาค่าความสามารถในการวัดซ้ำ		15 นาที	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน
ดำเนินการสอบเทียบ 2. หาค่าความผิดพลาดของผลการวัด		20 นาที	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน
ดำเนินการสอบเทียบ 3. หาค่าความแตกต่างของการอ่านค่าของจานชั่ง		15 นาที	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน
พิจารณาผลการวัดก่อนออกใบรายงานผลการสอบเทียบ		10 นาที	ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ
ออกใบรายงานผลการสอบเทียบ		20 นาที	หัวหน้าส่วนสอบเทียบ
เสนอผู้บริหารลงนามในใบรายงานผลการสอบเทียบ		30 นาที	ผู้บริหารสูงสุด
สิ้นสุดกระบวนการ		จบกระบวนการ	ทุกคนภายในห้องปฏิบัติการ

ตำแหน่งผู้รับผิดชอบ

ผู้บริหารสูงสุด รับผิดชอบในการลงนามในใบรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอน

ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ รับผิดชอบในการพิจารณาผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง

หัวหน้าส่วนสอบเทียบ รับผิดชอบในการออกใบรายงานผลการสอบเทียบ

เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ รับผิดชอบวิธีการสอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอนตามวิธีการมาตรฐาน UKAS LAB 14

9. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ลำดับที่	ลักษณะงาน	ผู้รับผิดชอบ	กิจกรรม	ใบงาน หรือ เอกสารที่ดำเนินการ	ผู้เกี่ยวข้อง
1	เริ่มต้นกระบวนการสอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอน	-	ลูกค้านำเครื่องมือวัด เครื่องชั่งดิจิตรอนมาส่งที่ศูนย์สอบเทียบฯ เพื่อดำเนินการสอบเทียบ	-	พนักงานทุกคนภายในห้องปฏิบัติการ
2	รับงานเข้าห้องปฏิบัติการสอบเทียบ	ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ / หัวหน้าส่วนสอบเทียบ	ทำการตรวจรับเครื่องมือวัด ตรวจสภาพเครื่องชั่ง บันทึก Code No., Serial No. และบันทึกข้อมูลอื่นๆ ลงในเอกสารใบขอรับบริการสอบเทียบ	ใบขอรับบริการสอบเทียบ	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ
3	พิจารณาเครื่องชั่งดิจิตรอนก่อนการสอบเทียบ	ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ	ตรวจสอบสภาพเครื่องชั่งดิจิตรอนว่ามีสภาพพร้อมที่จะสามารถทำการสอบเทียบได้หรือไม่ เช่น เปิดเครื่องติด, ตัวเลขติดชัดเจน, จานชั่งไม่ชำรุด เสียหาย	เอกสารบันทึกผลการสอบเทียบ	ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ
4	ดำเนินการสอบเทียบ 1. หาค่าความสามารถในการวัดซ้ำ	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ	ใช้ตุ้มน้ำหนักขนาดไกล้เคียง Max ของเครื่องชั่ง วางซ้ำจำนวน 5 ครั้ง บริเวณกึ่งกลางของจานชั่ง	เอกสารบันทึกผลการสอบเทียบ	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ
5	ดำเนินการสอบเทียบ 2. หาค่าความคลาดเคลื่อนของผลการวัด	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ	แบ่งช่วงการวัดของเครื่องชั่งอย่างน้อย 5 จุด ตลอดช่วงการวัด ทำการวัดซ้ำจุดละ 3 ครั้ง	เอกสารบันทึกผลการสอบเทียบ	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

6	ดำเนินการสอบเทียบ 3. หาค่าความแตกต่างของการอ่านค่าของจานชั่ง	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ	ใช้ตุ้มน้ำหนักขนาดประมาณ 1/3 Max ของเครื่องชั่ง แบ่งตำแหน่งของจานชั่งออกเป็น 5 ตำแหน่ง และทำการวางตุ้มน้ำหนักในทุก ๆ ตำแหน่ง	เอกสารบันทึกผลการสอบเทียบ	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ
7	พิจารณาผลการวัดก่อนออกใบรายยงานผลการสอบเทียบ	ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ	จากผลการสอบเทียบผู้จัดการฝ่ายวิชาการจะนำผลการวัดมาวิเคราะห์ว่าผลการวัดมีค่าความคลาดเคลื่อนมากเกินไปหรือไม่ เพราะถ้าเครื่องมือชำรุดจะไม่ออกใบรายงานผลการสอบเทียบ	คู่มือปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องชั่ง	ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ
8	ออกใบรายงานผลการสอบเทียบ	หัวหน้าส่วนสอบเทียบ	นำข้อมูลจากใบบันทึกผลการสอบเทียบมาออกเป็นใบรายงานผลการสอบเทียบ เพื่อแสดงถึง การสอบกลับได้ของการวัด, ผลการวัด และค่าความไม่แน่นอนในการวัด ของเครื่องชั่งดิจิตรอน	ใบรายงานผลการสอบเทียบ	หัวหน้าส่วนสอบเทียบ
9	เสนอผู้บริหารลงนามในใบรายงานผลการสอบเทียบ	ผู้บริหารสูงสุด	เพื่อความน่าเชื่อถือของใบรายงานผลการสอบเทียบ ผู้บริหารสูงสุดจะร่วมลงนามในเอกสารใบรายงานผลการสอบเทียบด้วย	ใบรายงานผลการสอบเทียบ	ผู้บริหารสูงสุด
10	สิ้นสุดกระบวนการสอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอน	-	ห้องปฏิบัติการส่งเอกสารใบแจ้งชำระค่าบริการสอบเทียบ และพร้อมรอให้ลูกค้ามารับเครื่องชั่งกลับ	-	พนักงานทุกคนภายในห้องปฏิบัติการ

10. มาตรฐานคุณภาพงาน

10.1 สามารถใช้เอกสารคู่มือปฏิบัติงาน สอบเทียบเครื่องชั่งตามมาตรฐาน UKAS LAB 14 Edition 5 : 2015 ในการสอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอนได้อย่างถูกต้อง

10.2 สามารถใช้เอกสารคู่มือปฏิบัติงาน สอบเทียบเครื่องชั่งตามมาตรฐาน UKAS LAB 14 (ฉบับใหม่ล่าสุด : 2015) ในการยื่นขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 จาก สมอ. ได้

11. ระบบติดตามประเมินผล

ให้ผู้จัดการฝ่ายวิชาการเก็บข้อมูลผลสะท้อนกลับ (Feedback) ทั้งจากภายใน และภายนอกห้องปฏิบัติการ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเข้าสู่กระบวนการปรับปรุง/แก้ไข (PDCA) เพื่อให้คู่มือปฏิบัติงานวิธีการสอบเทียบเครื่องชั่งตามมาตรฐาน UKAS LAB 14 edition 5 : 2015 มีความสอดคล้องกับลักษณะการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้อย่างแท้จริง โดยกำหนดระยะเวลาในการเฝ้าติดตามทุก ๆ 6 เดือน และเมื่อครบ 12 เดือน จะนำข้อมูลเข้าที่ประชุมการทบทวนการบริหารงานของห้องปฏิบัติการต่อไป

<u>หมายเหตุ</u> การประชุมทบทวนการบริหารรงาน เป็นการประชุมใหญ่ประจำปีของห้องปฏิบัติการทดสอบ/สอบเทียบ โดยมีผู้บริหารสูงสุดเป็นประธาน และพนักงานทุก ๆ คน ต้องเข้าร่วมประชุมด้วย

12. เอกสารอ้างอิง

12.1 United Kingdom Accreditation Service, In-house Calibration and Use of Weight Machines UKAS LAB 14 : 2015 , Edition 5.

12.2 OIML R111. (2004). Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3, and M3 Switzerland.

12.3 International Organization for Standardization. (1993). Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Switzerland.

12.4 General requirements for the competence of test and calibration laboratories International Standard ISO/IEC 17025 : 2005 (E) (Second Edition).

13. แบบฟอร์มที่ใช้

13.1 ใบขอรับบริการสอบเทียบ

13.2 ใบบันทึกผลการสอบเทียบเครื่องชั่งดิจิตรอน

13.3 ใบรายงานผลการสอบเทียบ

13.4 ใบแจ้งชำระค่าบริการสอบเทียบ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ใบบันทึกผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง

CALIBRATION RECORD
Electronic Balance

Rec No. CIB19-MC-02058

Customer Name	: MSP (Thailand) Co.,Ltd.	Job No.	: CP19-558
		ID No.	: 12-2553
Customer Address	: 700/856 Moo 5 Tumbol Nongkakha	Date of Receive	: 18 October 2019
	Amphur Panthong, Chonburi 20160	Date of Return	:
Instrument Description	: Electronic Balance	Date of Calibration	:
Manufacturer	: -	Ambient Temperature	: /
Model Number	: EM-009	Relative Humidity	: /
Serial Number	: 50901306	Atmospheric Pressure	: /
Range	: 0 kg to 30 kg	Calibration Method	
Resolution	: 0.01 kg	WI No.	: WI-CAL-02-02
		Reference to	: UKAS LAB14

Calibration Standards Used:

Instrument	Manufacturer	Range	Serial No.	Certificate No.	Tracable	Due Date
1) Weight Standard Class F1	Mettler Toledo	1 mg-5 kg	11117804	C02150419	SPC	10/3/2017
2) Weight Standard Class F1	Mettler Toledo	10 kg	158720	C02150412	SPC	7/3/2017
3) Weight Standard Class F1	Mettler Toledo	20 kg	158730	C02150412	SPC	7/3/2017

Budget of Uncertainty

Unit : g

Item	Symbol	Source of Uncertainty	Value	Prob. Distrib.	Divisor	Vi or Veff
1 (B)	*Ws*	*Calibration of Standard weight*		*Normal*	*2*	∞
2 (B)	*Ds*	*Drift since last calbration*		*Rectangular*	$\sqrt{3}$	∞
3 (B)	δ_{ld0}	*Digital rounding error (at zero)*		*Rectangular*	$\sqrt{3}$	∞
4 (B)	δ_{ld}	*Digital rounding error (for indicated value)*		*Rectangular*	$\sqrt{3}$	∞
5 (B)	Ab	*Air buoyancy (1 ppm of nominal value)*		*Rectangular*	$\sqrt{3}$	∞
6 (A)	IR	*Repeatability of indication*		*Normal*	*1*	*9*
(uc)	u(Ix)	*Combined standard uncertainty*		*Normal*		
U95%	U	*Expanded uncertainty*		*Normal (k=2)*		

◯ Pass ◯ Fail

Inspection result

Check by :

Calibration Officer

CALIBRATION RECORD
Electronic Balance

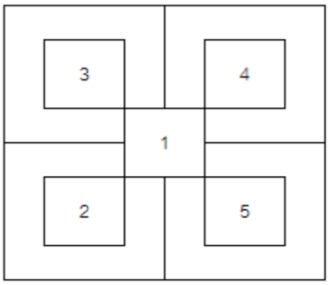
Rec No. CIB19-MC-02058

Measurement

1. Repeatabitity ขนาดตุ้มน้ำหนักใกล้เคือง Ma: 30 kg

ชั่งครั้งที่	ผลการชั่ง
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

รูปแสดงตำแหน่งในการวางตุ้มน้ำหนัก
Eccentric or off-center loading



3. Departure of indication from nominal value

ตุ้มน้ำหนักที่เลือกใช้			ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง		
			1	2	3
(0%)	0	kg			
(10%)	5	kg			
(20%)	10	kg			
(30%)	15	kg			
(40%)	20	kg			
(50%)	25	kg			
(60%)	30	kg			

4. Eccentric or off-center loading ขนาดตุ้มน้ำหนักไม่น้อยกว่า 1/3 M: 10 kg

ตุ้มน้ำหนักที่เลือกใช้	ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง		
	1	2	3
1			
2			
3			
4			
5			
1			

ภาคผนวก ข ตาราง Uncertainty Budget ในการสอบเทียบเครื่องชั่ง

ตัวอย่างตารางคำนวนค่าความไม่แน่นอนในการวัดของ Electronic Balance ช่วงการวัด 1,000 กรัม ความละเอียด 0.01 กรัม

unit : g

Symbol	Source of Uncertainty	Value	Probability Distribution	Divisor	Standard Uncertainty	Degree of Freedom
IR	Repeatability of indication	0.00277	ปกติ	1	0.00277	4
Ws	Calibration of standard weight	0.0016	ปกติ	2	0.00080	∞
Ds	Drift since last calibration	0.0016	สี่เหลี่ยม	$\sqrt{3}$	0.00092	∞
δ_{ld0}	Digital rounding error	0.01	สี่เหลี่ยม	$2\sqrt{3}$	0.00289	∞
δ_{ld}	Digital rounding error (for indicated value)	0.01	สี่เหลี่ยม	$2\sqrt{3}$	0.00289	∞
Ab	Air buoyancy (1 ppm of nominal value)	0.001	สี่เหลี่ยม	$\sqrt{3}$	0.00058	∞
Uc	Combined Standard Uncertainty		ปกติ		0.0051	∞
U95%	**Expanded Uncertainty**		**ปกติ (k = 2.00)**		**0.011**	**∞**

ภาคผนวก ค ใบรายงานการสอบเทียบเครื่องชั่ง

Cert No. CIB19-MC-02058

Page 1 of 3

CERTIFICATE OF CALIBRATION

ELECTRONIC BALANCE

Customer Name	: MSP (Thailand) Co.,Ltd.	Job No.	: CP19-558
Customer Address	: 700/856 Moo 5 Tumbol Nongkakha	Received Date	: 18 October 2019
	Amphur Panthong, Chonburi 20160	Calibrated Date	: 21 October 2019
Instrument Description	: Electronic Balance	Issued Date	: 22 October 2019
Manufacturer	: -	Issued By	: Mass
Model No.	: EM-009	Metrology Laboratory, CIB	
Serial Number	: 50901306	Calibration Method	
Range	: 0 kg to 30 kg	WI No.	: WI-CAL-MC-02
Resolution	: 0.01 kg	Reference to	: UKAS LAB14
Condition	: Good Operated		

Calibration Standards Used :

Standards Description	Manufacturer	Serial Number	Due Date
Standard Weight Class F1	Mettler Toledo	11117804	11 August 2020
Standard Weight Class F1	Mettler Toledo	158720	11 August 2020
Standard Weight Class F1	Mettler Toledo	158730	11 August 2020

Traceability :

The calibration is traceable to SI units by reference to national measurement standards : Thai Calibration Services Co.,Ltd., Thailand (Accreditation No.0189) through the Certificate No. M1708095S and Certificate No. M1708094S.

Environmental Conditions :

The calibration was performed at an ambient temperature of (20 ±2) °C with relative humidity at (55 ±15) %. and atmospheric pressure of (1005±10) mbar.

Uncertainty of Measurement :

The estimated uncertainty of measurement is at a confidence level of approximately 95 % (coverage factor, k=2).

Checked By : *Mr. Wissarut Kongsagul*
Person in charge

Approved By : *Mrs. Prapasiri Prachapitukkun*
Authorized Signatory

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the Director of Calibration Center for Industry, Burapha University (CIB).

RESULT OF CALIBRATION

Scope of TLAS accredited calibration laboratory No.0036

Result of Calibration

Repeatability

Weight (kg)	Standard deviation (kg)
30	0.000

Departure of indication from nominal value — Unit : kg

No.	Load	Mean Indication	Correction	Uncertainty	*k*
1	0	0.00	0.00	0.0082	*2.00*
2	5	5.00	0.00	0.0082	*2.00*
3	10	10.00	0.00	0.0082	*2.00*
4	15	14.99	0.01	0.0082	*2.00*
5	20	19.99	0.01	0.0082	*2.00*
6	25	24.99	0.01	0.0082	*2.00*
7	30	29.98	0.02	0.0082	*2.00*

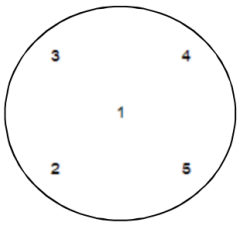
Cert No. CIB19-MC-02058

Page 3 of 3

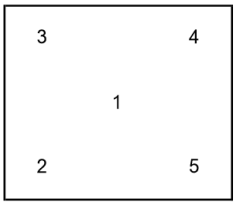
RESULT OF CALIBRATION

Scope of TLAS accredited calibration laboratory No.0036

Off-center loading



Cycle pan



Square pan

Position	Mean Indication (kg)
1	10.00
2	10.00
3	9.99
4	10.00
5	10.00
Error from Center	0.01

This report will certify of the calibrated equipment only.

End of Certificate