รายงานวิชาการ
ฉบับที่ สอพ. 5/2548

การสอบเทียบเครื่องชั่ง

สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

รายงานวิชาการ
ฉบับที่ สอพ. 5/2548

การสอบเทียบเครื่องชั่ง

ฐิติรัตน์ จารุวาระกูล

สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

อธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
นายอนุสรณ์ เนื่องผลมาก

ผู้อำนวยการสำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน
นายสุรพงษ์ เชียงทอง

หัวหน้ากลุ่มวิเคราะห์ นางนันทนา กันยานุวัฒน์

จัดพิมพ์โดย กลุ่มวิเคราะห์ สำนักอุตสาหกรรพื้นฐาน
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ. 10400
โทรศัพท์ 0 2463 5942
โทรสาร 0 2464 2053

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2548
จำนวน 20 เล่ม

ข้อมูลการลงรายการบรรณานุกรม

ฐิติรัตน์ จารุวาระกูล.
การสอบเทียบเครื่องชั่ง / โดย ฐิติรัตน์ จารุวาระกูล.--
กรุงเทพฯ : กลุ่มวิเคราะห์ สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2548.
31 หน้า : ภาพประกอบ : ตาราง ; 30 ซม.
รายงานวิชาการ ฉบับที่ สอพ. 5/2548.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ VII

คำขอบคุณ VIII

บทนำ 1

วัตถุประสงค์ 2

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องชั่ง 3

ข้อกำหนดคุณลักษณะของเครื่องชั่ง 3

ความจุน้ำหนัก 3

ความละเอียดของเครื่องชั่ง 3

ความเที่ยง 3

ความคลาดเคลื่อน/ความถูกต้อง 3

เซนซิทิวิตี้ ดริฟท 4

แทร์ เรนจ์ 4

เวลาแสดงผล 4

อุณหภูมิการใช้งาน 4

ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานสำหรับปรับตั้ง 4

การปรับตั้งเครื่องชั่ง 5

สถานที่สำหรับติดตั้งเครื่องชั่ง 6

การใช้และการบำรุงรักษาเครื่องชั่ง 6

การสอบเทียบเครื่องชั่ง 8

ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องชั่ง 8

การตรวจสอบลักษณะทั่วไป 8

การตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องชั่ง 8

การตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านได้ 9

การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน 11

การคำนวณผลการสอบเทียบ 11

ความไม่แน่นอนชนิด A 11

ความไม่แน่นอนชนิด B 12

ความไม่แน่นอนรวม 13

ผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง 13

ผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไป 13

ผลการตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องชั่ง 14
ผลการตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านได้ 14
ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน . 17
รายงานผลการสอบเทียบ 17
การทำโปรแกรมตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน 20
ขั้นตอนการทำแผนภูมิควบคุม 20
จัดหาวัสดุควบคุม 20
รวบรวมข้อมูลการชั่งน้ำหนัก 20
การคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย 20
การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของพิสัย 23
การคำนวณหาค่าขอบเขตควบคุมแผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิค่าพิสัย 23
การสร้างกราฟแผนภูมิค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย 24
การแก้ไขเมื่อมีค่าออกนอกขอบเขตควบคุม 27
การสร้างกราฟแผนภูมิค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยหลังการแก้ไขข้อมูล 27
การตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน 29
บทสรุป 30
เอกสารอ้างอิง 31

สารบัญรูป

หน้า

1. ภาพตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 5
2. ภาพการปรับตำแหน่งลูกน้ำที่ถูกต้อง 7
3. แสดงใบรับรองผลการสอบเทียบตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 10
4. แสดงภาพการวางตุ้มน้ำหนักที่ตำแหน่งต่าง ๆ 11
5. กราฟแสดงค่าแก้ของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S 16
6. แสดงรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่งรุ่น BA 210S 19
7. แผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิค่าพิสัย ($\overline{X}$-R chart) ของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S 26
8 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย ($\overline{X}$-R chart) ของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S ซึ่งแก้ไขใหม่ ... 28

สารบัญตาราง

หน้า

1. แสดงค่าความเที่ยงที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง 14
2. แสดงค่าที่อ่านได้ ค่าเฉลี่ย ค่าแก้ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า U_A ของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S 15
3. แสดงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน 17
4. แสดงค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S 18
5. แสดงข้อมูลน้ำหนักวัสดุควบคุมที่ใช้ทำแผนภูมิควบคุมเครื่องชั่งรุ่น BA 210S 22
6. แสดงค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณเส้นขอบเขตควบคุม 25

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

ISO/IEC	=	International Organization for Standard/ International Electrotechnical for Commission
NIS	=	National Institute for Standards
ppm	=	หนึ่งส่วนในล้านส่วน (parts per million)
S	=	Standard deviation
^{o}C	=	องศาเซลเซียส

การสอบเทียบเครื่องชั่ง

โดย ฐิติรัตน์ จารุวาระกูล

บทคัดย่อ

การสอบเทียบเครื่องชั่งคือ กระบวนการตรวจสอบเครื่องชั่งที่ใช้งานในห้องปฏิบัติการว่ายังคงมีคุณลักษณะทางด้านมาตรวิทยาที่เหมาะสมในการใช้งานต่อไปหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อทำให้ผลการทดสอบ และห้องปฏิบัติการมีความน่าเชื่อถือ เป็นที่ยอมรับ และเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนางานด้านวิทยาศาสตร์ เอกสารฉบับนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการสอบเทียบเครื่องชั่งซึ่งประกอบด้วย การตรวจสอบลักษณะทั่วไป การตรวจสอบความเที่ยง การตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านได้ และการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจานชั่ง พร้อมทั้งทำการสอบเทียบเครื่องชั่งรุ่น BA 210S ยี่ห้อ Sartorius ผลปรากฏว่า เครื่องชั่งมีลักษณะการทำงานโดยทั่วไปเป็นปกติ ความเที่ยงของเครื่องชั่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือ 0.0001 กรัม ส่วนความถูกต้องของค่าที่อ่านได้จะออกมาในรูปของค่าแก้ (Correction) ซึ่งจะนำไปใช้หรือไม่ขึ้นอยู่กับวิธีการทดสอบว่าต้องการความถูกต้องที่ระดับใด หากค่าปรับแก้ที่ได้มีค่าสูงกว่าที่วิธีทดสอบระบุไว้ ก็ให้นำค่าเหล่านี้ไปคำนวณในผลการทดสอบด้วย การสอบเทียบทำให้ทราบค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง ซึ่งนำไปใช้ร่วมในการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของผลการทดสอบได้

นอกจากนี้ ยังได้จัดทำโปรแกรมการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน โดยจัดหาวัสดุอ้างอิงที่มีน้ำหนักคงที่ และใกล้เคียงกับน้ำหนักที่ชั่งเป็นประจำคือ 1 กรัม ทำการเก็บข้อมูลการชั่งน้ำหนักทุกวัน ๆ ละ 4 ครั้ง แล้วจึงนำมาคำนวณทางสถิติ เพื่อสร้างเส้นขอบเขตควบคุม เป็นการเฝ้าระวังความผิดปกติของเครื่องชั่ง หากพบว่าค่าที่อ่านได้เกินขอบเขตควบคุมจะได้ดำเนินการแก้ไขได้ทัน

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณคุณสุรพงษ์ เชียงทอง ผู้อำนวยการสำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน ที่ให้การสนับสนุนในการจัดทำเอกสารวิชาการ คุณนันทนา กันยานุวัฒน์ หัวหน้ากลุ่มวิเคราะห์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในการจัดทำเอกสาร และขอขอบคุณข้าราชการเพื่อนร่วมงานในกลุ่มวิเคราะห์ที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอด

บทนำ

ในปัจจุบันระบบคุณภาพถือเป็นเรื่องสำคัญสำหรับห้องปฏิบัติการ สำหรับประเทศไทยได้นำหลักการความรู้เกี่ยวกับระบบคุณภาพ ISO/IEC Guide 25 มาใช้ในระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ซึ่งต่อมาเมื่อเดือนธันวาคม 2542 ได้ปรับปรุงจากมาตรฐานดังกล่าวมาเป็นระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 เพื่อให้ผลการทดสอบได้รับความน่าเชื่อถือและยอมรับจากนานาประเทศ ขจัดปัญหาการตรวจสอบซ้ำซ้อน และการกีดกันทางการค้าในด้านวิชาการจากประเทศคู่ค้า ส่งผลให้นักวิทยาศาสตร์และผู้เกี่ยวข้องในงานห้องปฏิบัติการต้องตื่นตัวในเรื่องการประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการและผลการทดสอบ เพื่อให้เป็นที่ยอมรับ และทำให้เกิดการพัฒนาห้องปฏิบัติการไปสู่มาตรฐานที่เป็นสากลยิ่งขึ้น

กิจกรรมที่จำเป็นสำหรับการประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการคือ การสอบเทียบเครื่องมือ (Calibration) เนื่องจากเครื่องมือจำนวนไม่น้อยที่ใช้งานในห้องปฏิบัติการส่งผลกระทบโดยตรงต่อความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบและห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือจะช่วยให้สามารถกำหนดได้ว่าเครื่องมือนั้น ๆ ควรใช้งานต่อไป หรือควรปรับแต่งแก้ไข ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดจากการใช้เครื่องมือที่ไม่มีคุณลักษณะเหมาะสมทางมาตรวิทยา เมื่อพิจารณาการสอบเทียบอย่างละเอียดจะพบว่ามีแต่ผลดีคือ ทำให้ผลการวัดมีความแม่นยำ เป็นที่ยอมรับ เกิดความเป็นธรรม สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ และยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนางานด้านวิทยาศาสตร์อีกทางหนึ่งด้วย

เครื่องชั่งจัดว่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้งานได้ง่าย และมีความสำคัญอย่างมากในห้องปฏิบัติการ แม้ผู้ทดสอบ เครื่องมือทดสอบ และวิธีการทดสอบ จะดีเพียงใด หากการชั่งน้ำหนักสารตัวอย่างซึ่งเป็นขั้นตอนต้น ๆ ของการทดสอบผิดพลาด ผลทดสอบที่ได้ย่อมผิดพลาดตามไปด้วย ซึ่งเท่ากับว่างานทดสอบนั้นเป็นงานสูญเปล่า ที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ใด ๆ และยังอาจเกิดความเสียหายต่อตัวผู้ทดสอบ ห้องปฏิบัติการ และผู้ที่นำผลการทดสอบนั้นไปใช้อีกด้วย ดังนั้นเพื่อให้มั่นใจได้ว่าเครื่องชั่งที่ใช้อยู่ในสภาพดี พร้อมและมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำให้ผลการทดสอบเชื่อถือได้ ผู้เขียนจึงได้รวบรวมข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องชั่ง แนวทางปฏิบัติในการสอบเทียบ และการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน เพื่อให้เป็นข้อมูลแก่ผู้สนใจได้นำไปประยุกต์ใช้ในการสอบเทียบเครื่องชั่งประเภทต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเสนอวิธีการการสอบเทียบ และการทำโปรแกรมการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ผลการทดสอบน่าเชื่อถือ
2. เพื่อเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการให้เข้าสู่ระบบคุณภาพตามมาตรฐานสากล

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องชั่ง

เครื่องชั่งที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เมื่อแบ่งตามโครงสร้างและหลักการทำงาน แบ่งได้เป็น 2 ระบบคือ ระบบกล และระบบไฟฟ้า เครื่องชั่งระบบกลจะอาศัยการทำงานของคานและจุดหมุน ส่วนเครื่องชั่งระบบไฟฟ้าจะแสดงการชั่งน้ำหนักจากความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น โดยในปัจจุบันเครื่องชั่งที่มีจำหน่ายอยู่ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องชั่งไฟฟ้า และเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการเลือกใช้หรือซื้อเครื่องชั่ง ควรทราบประเภทของสิ่งของที่จะชั่ง น้ำหนักของสิ่งของอย่างคร่าว ๆ และวัตถุประสงค์ในการชั่ง เป็นต้นว่า ชั่งเพื่องานทดสอบ ชั่งเพื่อการค้า หรือชั่งเพื่อการคัดแยกน้ำหนักก่อน เพราะการชั่งแต่ละประเภทต้องการความละเอียดที่แตกต่างกัน และควรทำความเข้าใจรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ของเครื่องชั่งก่อน เพื่อจะได้ใช้งานเครื่องชั่งได้อย่างเหมาะสมกับการชั่งนั้น ๆ

1. ข้อกำหนดคุณลักษณะของเครื่องชั่ง (Specification)

หมายถึงข้อกำหนดคุณสมบัติและขอบเขตของเครื่องชั่งแต่ละประเภทที่ระบุโดยผู้ผลิต คุณลักษณะต่าง ๆ ของเครื่องชั่งมีดังนี้

1.1 ความจุน้ำหนัก (Weighing Capacity)

หมายถึง น้ำหนักที่มากที่สุดที่เครื่องสามารถรับได้ โดยไม่ควรชั่งสิ่งของที่มีน้ำหนักมากกว่าค่านี้

1.2 ความละเอียดของเครื่องชั่ง (Readability หรือ Resolution)

หมายถึง น้ำหนักที่น้อยที่สุดที่เครื่องชั่งสามารถบอกความแตกต่างได้ เช่น เครื่องชั่งที่มีค่า Readability เท่ากับ 0.0001 กรัม จะสามารถบอกความแตกต่างระหว่างน้ำหนัก 10.0002 กับ 10.0003 กรัมได้ คือ น้ำหนักถัดไปที่เครื่องอ่านได้จะเพิ่มขึ้นทีละ 0.0001 กรัม

1.3 ความเที่ยง (Repeatability)

หมายถึง ความสามารถที่เครื่องชั่งจะชั่งสิ่งของชิ้นเดียวกันได้เท่ากันทุกครั้ง ภายใต้เงื่อนไขและสภาวะต่าง ๆ ที่เหมือนกัน เช่น เครื่องชั่งเครื่องเดิม คนชั่งคนเดิม และชั่งในช่วงเวลาเดิม เป็นต้น

1.4 ความคลาดเคลื่อน/ความถูกต้อง (Linearity)

หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งกับค่าน้ำหนักจริงที่วางอยู่บนจานเครื่องชั่ง ซึ่งเป็นค่าเบี่ยงเบนไปจากกราฟเส้นตรงทั้งทางบวกและลบ

1.5 เซนซิทิวิตี้ ดวิฟท (Sensitivity Drift)

หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง เมื่ออุณหภูมิของเครื่องชั่งเปลี่ยนแปลงไปจากอุณหภูมิที่ปรับตั้งเครื่องชั่ง

ปกติมักบอกเป็นอัตราความคลาดเคลื่อนต่อองศา ตัวอย่างเช่น $\pm 2 \times 10^{-6}$/องศาเซลเซียส ($^{\circ}$C) หรือ 2 ในล้านส่วนหรือพีพีเอ็ม/องศาเคลวิน (ppm/$^{\circ}$K) หมายความว่า ถ้าอุณหภูมิของเครื่องชั่งเปลี่ยนไปจากที่ปรับตั้ง $\pm$ 1 $^{\circ}$C ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งจะคลาดเคลื่อนไป $\pm$ 2 ppm ดังนั้น ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไป $\pm$ 5 $^{\circ}$C ผู้ชั่งสามารถจะคำนวณความคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

อุณหภูมิเปลี่ยนไป $\pm$ 1 $^{\circ}$C เครื่องชั่งคลาดเคลื่อน = $\pm$ 2 ppm

ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไป $\pm$ 5 $^{\circ}$C เครื่องชั่งจะคลาดเคลื่อน = $\pm$ 2 x 5 ppm

นั่นคือ ถ้าชั่งน้ำหนักสิ่งของใด ๆ ได้ 1,000,000 กรัม ในสภาวะที่อุณหภูมิเปลี่ยนไป 5 $^{\circ}$C จากที่ปรับตั้ง เครื่องชั่งจะคลาดเคลื่อนไป $\pm$ 10 กรัม

ดังนั้น ถ้าชั่งน้ำหนักสิ่งของได้ 100 กรัม จะคำนวณความคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

ชั่งของ	1,000,000	กรัม คลาดเคลื่อน	=	$\pm$10	กรัม
ถ้าชั่งของ	100	กรัม จะคลาดเคลื่อน	=	($\pm$ 10 x 100)/1,000,000	กรัม
			=	$\pm$ 0.001	กรัม

1.6 แทร์ เรนจ์ (Tare Range)

หมายถึง ช่วงน้ำหนักที่สามารถปรับค่าให้เครื่องชั่งอ่านค่าเป็นศูนย์ได้

1.7 เวลาแสดงผล (Response Time)

หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการแสดงผลการชั่งของเครื่องชั่ง หลังจากวางสิ่งของที่ต้องการบนจานชั่งเรียบร้อยแล้ว

1.8 อุณหภูมิการใช้งาน (Allowable Operating Temperature)

หมายถึง ช่วงอุณหภูมิที่เครื่องชั่งสามารถใช้งานได้ตามข้อกำหนดคุณลักษณะ หากใช้ที่อุณหภูมิอื่นนอกเหนือไปจากนี้ เครื่องชั่งอาจทำงานไม่เป็นไปตามข้อกำหนดคุณลักษณะ

1.9 ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานสำหรับปรับตั้ง (Standard Calibration Weight)

หมายถึง ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว และมีขนาดน้ำหนักตามที่เครื่องชั่งแต่ละเครื่องกำหนด เพื่อใช้ในการปรับตั้งเครื่องชั่ง

ตัวอย่างคุณลักษณะของเครื่องชั่งรุ่น BA 210 S ยี่ห้อ Sartorius มีดังนี้

Weighing Capacity	210	กรัม
Readability	0.0001	กรัม
Repeatability	$\leq \pm$ 0.0001	กรัม
Linearity	$\leq \pm$ 0.0002	กรัม
Sensitivity Drift	$\leq \pm 2 \times 10^{-6} / {}^{o}C$	
Taring Range (by subtraction)	-210	กรัม
Response Time	$\leq$ 2.5	วินาที
Allowable Operating Temperature	+10 ^{o}C ถึง +30 ^{o}C	
Standard Calibration Weight	200	กรัม

2. การปรับตั้งเครื่องชั่ง

การปรับตั้งเครื่องชั่ง หมายถึง การทำให้เครื่องชั่งสามารถชั่งน้ำหนักได้ถูกต้องคือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งมีค่าตรงตามน้ำหนักที่วางบนจานชั่ง วัสดุที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องชั่งคือ ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานซึ่งได้รับการรับรองแล้ว โดยในใบรับรอง (**Certificate**) จะระบุถึง น้ำหนักจริงของตุ้ม ค่าแก้ และค่าความคลาดเคลื่อน การปรับตั้งจะทำเมื่อมีการติดตั้งเครื่องชั่งใหม่ หรือมีการปรับตำแหน่งลูกน้ำของเครื่องชั่ง หรือมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการวางเครื่องชั่ง หรือเมื่ออุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ และความดันบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก

รูปที่ 1 ภาพตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน คัดลอกจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2539)

การปรับตั้งเครื่องชั่งมี 2 วิธี ขึ้นอยู่กับเครื่องชั่งแต่ละรุ่น วิธีแรก คือ การปรับตั้งโดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานซึ่งอยู่ภายนอกเครื่องชั่ง โดยมีน้ำหนักตามที่คู่มือกำหนด วางบนจานชั่งแล้วปรับตั้ง อีกวิธีหนึ่งเป็นการปรับตั้งโดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่อยู่ภายในเครื่องชั่ง โดยผู้ใช้กดปุ่มปรับตั้ง จากนั้นเครื่องจะปรับตั้งให้เองโดยอัตโนมัติ

ตัวอย่างการปรับตั้งเครื่องชั่งรุ่น BA 210 S ยี่ห้อ Sartorius ซึ่งเป็นการปรับตั้งโดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานซึ่งอยู่ภายนอก (กลุ่มวิเคราะห์, 2541ก) ทำได้ดังนี้

1) เปิดเครื่องนาน 30 นาที เพื่ออุ่นเครื่องชั่ง จากนั้นปรับศูนย์โดยกดปุ่ม Tare แล้วกดปุ่มแคล (Cal) จะปรากฏค่า 200.0000 กรัม

2) วางตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 200 กรัม บนจานชั่ง เครื่องชั่งจะทำการปรับตั้งโดยอัตโนมัติ ถ้าน้ำหนักที่วางลงไปเป็นที่ยอมรับจะมีเสียงสัญญาณดังขึ้น แสดงว่าการปรับตั้งสมบูรณ์แล้วจึงยกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานออก

3. สถานที่สำหรับติดตั้งเครื่องชั่ง

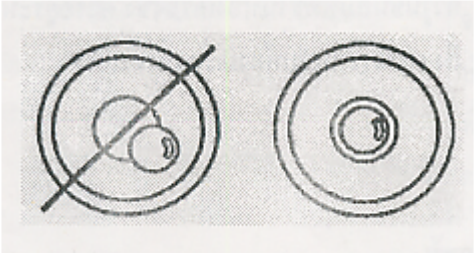
เนื่องจากชิ้นส่วนภายในของเครื่องชั่งมีความบอบบาง และไวต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก ฝุ่นละออง แสงแดด และลม ทำให้เครื่องชั่งอาจทำงานผิดปกติได้ ดังนั้นห้องเครื่องชั่งควรเป็นห้องที่สะอาด ปราศจากฝุ่น มีแสงสว่างเพียงพอ แต่การติดตั้งหลอดไฟควรให้มีความห่างพอสมควร ควรมีประตูเข้าออกทางเดียว เพื่อหลีกเลี่ยงกระแสลมและฝุ่น ควรมีหน้าต่างให้น้อยที่สุด เพื่อป้องกันความร้อนจากแสงแดด ส่วนโต๊ะสำหรับวางเครื่องชั่งต้องมีความมั่นคง แข็งแรง ไม่ยุบตัวง่าย เช่น โต๊ะหิน ไม่ควรวางโต๊ะเครื่องชั่งไว้ใกล้ประตูเข้าและออก หรือใกล้กับเครื่องปรับอากาศ ถ้าเป็นไปได้ควรวางที่มุมห้อง เพราะเป็นบริเวณที่มั่นคงแข็งแรงที่สุดของห้อง และพื้นห้องต้องไม่สั่นสะเทือนหรือสั่นสะเทือนน้อยที่สุด รวมทั้งต้องควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ในช่วง Allowable Operating Temperature และ มีความชื้นสัมพัทธ์ในห้องประมาณ 45-60 เปอร์เซ็นต์ (%) สำหรับห้องที่วางเครื่องชั่งละเอียด

4. การใช้และการบำรุงรักษาเครื่องชั่ง

เครื่องชั่งที่ใช้จะมีอายุการใช้งานยาวนาน และค่าที่อ่านได้ถูกต้อง ผู้ใช้จะต้องทราบวิธีการใช้อย่างถูกต้องและวิธีบำรุงรักษาที่เหมาะสม เนื่องจากชิ้นส่วนของเครื่องชั่งมีความละเอียดอ่อน หากใช้งานผิดวิธีอาจทำให้เครื่องเกิดความเสียหายได้ โดยทั่วไปมีวิธีการใช้และบำรุงรักษา ดังนี้

1) เสียบปลั๊กไฟและเปิดเครื่องชั่ง

2) ตรวจสอบลูกน้ำของเครื่องชั่งให้อยู่ในตำแหน่งตรงกลาง ดังรูปที่ 2 เพื่อให้เครื่องชั่งอยู่ในแนวตั้งตรง หากลูกน้ำไม่อยู่ที่ตำแหน่งตรงกลาง ให้ทำการปรับที่บริเวณขาตั้งจนกระทั่งลูกน้ำมาอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลาง (เมื่อมีการปรับตำแหน่งลูกน้ำ ต้องทำการปรับตั้งเครื่องชั่งด้วยเสมอ)



รูปที่ 2 ภาพการปรับตำแหน่งลูกน้ำที่ถูกต้อง คัดลอกจากสมโภชน์ บุญสนิท (2541)

3) เปิดเครื่องชั่งนานประมาณ 30 นาที ก่อนการใช้งาน

4) ก่อนวางสิ่งของบนจานชั่ง เครื่องชั่งต้องแสดงค่าเป็นศูนย์ ถ้าไม่เป็นศูนย์ให้กดปุ่มแทร์ (Tare) เพื่อปรับให้แสดงค่าศูนย์

5) วางสิ่งของที่จะชั่งบริเวณตรงกลางจานชั่ง ไม่ควรใช้มือจับสิ่งของหรือภาชนะ เพราะจะทำให้อุณหภูมิของสิ่งของและเครื่องชั่งเปลี่ยนแปลงได้

6) กรณีที่ใช้เครื่องชั่งละเอียด หากมีการหยุดใช้งานนานเกิน 30 นาที ควรวางสิ่งของบนจานชั่งเป็นเวลาสั้น ๆ แล้วยกออก จากนั้นจึงทำการชั่งน้ำหนักจริงได้

7) ไม่ควรชั่งสิ่งของที่มีน้ำหนักเกินขีดความสามารถของเครื่องชั่ง

8) เมื่อใช้งานเสร็จ ถอดปลั๊กไฟออก แล้วทำความสะอาดตัวเครื่องชั่งและบริเวณรอบ ๆ ด้วยผ้าแห้งที่นุ่ม

9) หากจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายเครื่องชั่ง ควรทำโดยผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น

การสอบเทียบเครื่องชั่ง

การสอบเทียบเครื่องชั่ง หมายถึง การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่แสดงจากเครื่องชั่งกับค่าที่ถูกต้อง ภายใต้สภาวะเฉพาะ โดยผลจากการสอบเทียบจะให้ข้อมูลว่าเครื่องชั่งที่ใช้ยังคงมีคุณลักษณะทางด้านการชั่งที่เหมาะสมในการใช้งานต่อหรือไม่ ดังนั้นเครื่องชั่งจึงจำเป็นต้องมีการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ โดยอาจทำการตรวจสอบและสอบเทียบทุก 1 ปี เพื่อให้ห้องปฏิบัติการสามารถมั่นใจได้ว่าเครื่องชั่งที่ใช้ และผลการทดสอบที่ได้มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ

1. ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องชั่ง

ขั้นตอนการตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องชั่งตาม NIS6 แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบลักษณะทั่วไป การตรวจสอบความเที่ยง การตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านได้ และการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจานชั่ง

ในรายงานฉบับนี้ได้ทำการตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องชั่งรุ่น BA 210S ยี่ห้อ Sartorius ซึ่งใช้งานอยู่ที่กลุ่มวิเคราะห์ สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (กลุ่มวิเคราะห์, 2541ข) ดังนี้

1.1 การตรวจสอบลักษณะทั่วไป

เป็นการตรวจสอบระบบการทำงานทั่วไปของเครื่องชั่ง อาทิเช่น ความสะอาดของเครื่องชั่ง ตำแหน่งลูกน้ำต้องอยู่ตรงกลาง ถ้ามีการปรับตำแหน่งลูกน้ำใหม่ต้องทำการปรับตั้งเครื่องชั่งด้วย เมื่อกดปุ่ม Tare เครื่องชั่งต้องอ่านได้ค่าศูนย์ และก่อนการใช้งานต้องอุ่นเครื่องชั่งอย่างน้อย 30 นาที

1.2 การตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องชั่ง

ทำเพื่อตรวจสอบว่าเครื่องชั่งอยู่ในสภาพที่ยอมรับได้หรือไม่ ผิดพลาดจากข้อกำหนดคุณลักษณะมากน้อยเพียงใด การตรวจสอบความเที่ยงสามารถทำได้โดยการชั่งตุ้มน้ำหนักมาตรฐานซ้ำกัน 10 ครั้ง ภายใต้เงื่อนไขและสภาวะเดียวกัน แล้วคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, S) ของผลการชั่งน้ำหนักที่ได้ ในทางปฏิบัตินิยมหาความเที่ยงที่ตำแหน่งที่ไม่น้อยกว่า 90% และไม่เกิน 10% ของค่าน้ำหนักมากที่สุดที่เครื่องชั่งสามารถรับได้ ดังนั้นการหาความเที่ยงของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S ยี่ห้อ Sartorius จะทำที่น้ำหนัก 200 กรัม และที่ 10% คือ 20 กรัม

การคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) หาได้จากสูตร

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \overline{X})^2}{N - 1}}$$

เมื่อ N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

X_i = ค่าที่ชั่งได้ในแต่ละครั้ง เมื่อ $i = 1, 2, 3, \ldots, N$

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของ X_i

1.3 การตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านได้

การตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านได้ เป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งกับค่าจริงของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว โดยทั่วไปการสอบเทียบจะตรวจสอบความถูกต้องเป็นช่วงๆ ไม่น้อยกว่า 10 ช่วงเท่าๆ กัน และทำการสอบเทียบที่ตำแหน่งปลายบนของช่วงด้วย จากนั้นจัดหาตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่มีขนาดที่ต้องการซึ่งต้องมีใบ Certificate บอกค่าน้ำหนักที่แท้จริงของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานแต่ละอันที่ออกโดยหน่วยงานที่เชื่อถือได้

การสอบเทียบเครื่องชั่งรุ่น BA 210S ยี่ห้อ Sartorius ซึ่งมีน้ำหนักสูงสุดที่เครื่องสามารถรับได้เท่ากับ 210 กรัม จะแบ่งเป็น 10 ช่วง ดังนี้ 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 และ 200 กรัม แต่เนื่องจากการใช้งานส่วนใหญ่ของกลุ่มวิเคราะห์จะอยู่ที่ 0.1 ถึง 2 กรัม จึงทำการสอบเทียบเพิ่มอีก 2 ช่วง คือ 0.1 กรัม และ 1 กรัม สำหรับตุ้มน้ำหนักมาตรฐานได้ผ่านการสอบเทียบมาแล้ว ดังใบรับรองที่แสดงในรูปที่ 3

นำตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่จะทำการสอบเทียบมาวางใกล้ๆ บริเวณเครื่องชั่ง เพื่อให้อุณหภูมิของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานและเครื่องชั่งมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด เริ่มการตรวจสอบโดยชั่งน้ำหนักมาตรฐานแต่ละอันจำนวน 4 ครั้ง บันทึกข้อมูลที่ได้ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าแก้ของเครื่องชั่งได้จากสูตร

$$\text{ค่าแก้ของเครื่องชั่ง} = (N + C_s) - \overline{X}$$

เมื่อ N = น้ำหนักที่ระบุตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

C_s = ค่าแก้ของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยจากการอ่านทั้ง 4 ครั้ง

การจะนำค่าแก้มาใช้คำนวณในการทดสอบหรือไม่ ขึ้นอยู่กับวิธีการทดสอบที่ระบุให้มีความถูกต้องของน้ำหนักอยู่ที่เท่าไร ถ้าค่าแก้มีค่าต่ำกว่าค่าที่วิธีทดสอบกำหนดก็ไม่ต้องนำไปคำนวณ แต่ถ้ามีค่าใหญ่กว่าต้องนำไปคำนวณด้วย เช่น วิธีทดสอบระบุว่าต้องชั่งน้ำหนักให้มีความถูกต้อง

0.001 กรัม แต่ค่าแก้ที่ได้เท่ากับ 0.00016 กรัม ก็ไม่ต้องนำค่าแก้นี้มาคำนวณ ในทางกลับกัน ถ้าค่าแก้เท่ากับ 0.001 กรัม ในขณะที่วิธีทดสอบระบุความถูกต้องไว้ที่ 0.0001 กรัม ก็ต้องนำค่าแก้นี้ไปคำนวณค่าน้ำหนักที่ถูกต้องด้วย

Calibration Certificate

Object :	Weight set	Type	:	1 mg–200 g
Manufacturer :	Mettler – Toledo GmbH	Certificate number	:	18569
Laboratory	: SCS Calibration	Calibration weight no.	:	23355

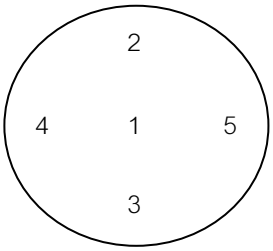
Table of results

Nominal value	Correction (mg)	Uncertainty (± mg)
1 mg	+0.001	0.006
2 mg	–0.001	0.006
5 mg	–0.001	0.006
10 mg	+0.004	0.008
20 mg	0.00	0.01
20 mg•	0.00	0.01
50 mg	0.00	0.01
100 mg	0.00	0.01
200 mg	+0.01	0.02
500 mg	0.00	0.02
1 g	+0.02	0.03
2 g	+0.04	0.04
5 g	–0.02	0.05
10 g	–0.07	0.06
20 g	0.00	0.08
20 g•	+0.01	0.08
50 g	0.00	0.10
100 g	+0.1	0.1
200 g	–0.5	0.3
200 g•	+0.3	0.3

รูปที่ 3 แสดงใบรับรองผลการสอบเทียบตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

1.4 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน

ทำการตรวจสอบโดยการชั่งน้ำหนักซึ่งมีขนาดระหว่าง 1/4 ถึง 1/3 ของน้ำหนักสูงสุดที่เครื่องชั่งจะสามารถรับได้ ณ จุดตรงกลางเปรียบเทียบกับจุดซึ่งอยู่ห่างจากตรงกลางมากที่สุด ดังรูปที่ 4 แต่ละตำแหน่งทำการชั่ง 3 ครั้ง บันทึกผลและคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่ง แล้วนำมาคำนวณความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจานจากค่าที่แตกต่างที่สุดจากตรงกลาง สำหรับเครื่องชั่งรุ่น BA 210S ของ Sartorius น้ำหนัก 1/4 ของน้ำหนักสูงสุดจะอยู่ที่ 50 กรัม ดังนั้นในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในหัวข้อนี้ จึงใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 50 กรัม



รูปที่ 4 แสดงภาพตำแหน่งการวางตุ้มน้ำหนักที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อ 1= กลาง, 2 = หน้า, 3 = หลัง, 4 = ซ้าย และ 5 = ขวา

2. การคำนวณผลการสอบเทียบ

เป้าหมายสำคัญของการสอบเทียบ คือ การนำค่าต่างๆ ที่ได้จากการตรวจสอบไปคำนวณความคลาดเคลื่อนที่อาจมาจากการใช้เครื่องชั่ง หรือความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง เพื่อยืนยันว่าเครื่องชั่งมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินขอบเขตที่ยอมรับได้ การสอบเทียบจะไม่สมบูรณ์ ถ้าไม่มีการแสดงค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ซึ่งบ่งถึงลักษณะการกระจายตัวของค่าซึ่งครอบคลุมปริมาณที่วัด ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด (กลุ่มวิเคราะห์, 2541ข) คือ

2.1 ความไม่แน่นอนชนิด A

ความไม่แน่นอนชนิด A มาจากการชั่งน้ำหนักซ้ำๆ แล้วนำผลการชั่งมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) จากนั้นนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้ไปคำนวณค่าความไม่แน่นอนชนิด A จากสูตร

$$U_A = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ U_A = ค่าความไม่แน่นอนชนิด A จากการชั่ง

S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n = จำนวนครั้งที่อ่าน

2.2 ความไม่แน่นอนชนิด B

เกิดจากสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่การชั่ง สำหรับเครื่องชั่ง ค่าความไม่แน่นอนชนิด B มาจากความไม่แน่นอนของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน (U_{B1}) ซึ่งหาได้จากใบรับรองการสอบเทียบตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน และค่าความไม่แน่นอนจากค่าความละเอียดของเครื่องชั่ง (U_{B2}) การคำนวณความไม่แน่นอนซึ่งเป็นการแจกแจงแบบปกติที่ระบุระดับความเชื่อมั่น (พจมาน ท่าจีน, 2543) หาได้จากสูตร

$$U_{B1} = \frac{\text{ค่าความไม่แน่นอนของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ระบุความเชื่อมั่น}}{k}$$

เมื่อ

U_{B1} = ค่าความไม่แน่นอนของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

k = ค่าคงที่ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ เช่น ค่าคงที่ที่ระดับความเชื่อมั่น 68%, 95% และ 99.7% จะมีค่า k เท่ากับ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ถ้าพิจารณาความไม่แน่นอนของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ไม่ระบุระดับความเชื่อมั่น ให้พิจารณาการแจกแจงแบบสี่เหลี่ยม หาได้จากสูตร

$$U_{B1} = \frac{\text{ค่าความไม่แน่นอนที่ไม่ระบุระดับความเชื่อมั่น}}{\sqrt{3}}$$

การคำนวณค่า U_{B1} ต้องคำนึงถึงขนาดตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่นำมาใช้ เช่น น้ำหนักที่ระบุ 160 กรัม มาจากการใช้ตุ้มขนาด 100, 50 และ 10 กรัม รวมกัน ดังนั้นค่าความไม่แน่นอนของน้ำหนักที่ระบุ 160 กรัม จึงเท่ากับ ค่าความไม่แน่นอนของตุ้มทั้งสามรวมกัน ซึ่งจากผลการสอบเทียบตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน ดังรูปที่ 3 ระบุความเชื่อมั่นที่ 95 % สามารถหาความไม่แน่นอนชนิด B ของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 160 กรัม ได้เท่ากับ 0.0001 + 0.0001 + 0.00006 = 0.00026 กรัม นำมาคำนวณค่า U_{B1} ได้ดังนี้

U_{B1} = 0.00026/2

= 0.00013 กรัม

ส่วนค่าความไม่แน่นอนจากค่าความละเอียดของเครื่องชั่ง (U_{B2}) หาได้จากสูตร

$$U_{B2} = \frac{\text{ค่าความละเอียดของเครื่องชั่ง}}{2\sqrt{3}}$$

เครื่องชั่งรุ่น BA 210S ระบุค่าความละเอียดเท่ากับ 0.0001 กรัม นำมาคำนวณค่า U_{B2} ได้ดังนี้

$$U_{B2} = \frac{0.0001}{2\sqrt{3}}$$
$$= 0.000029 \text{ กรัม}$$

2.3 ความไม่แน่นอนรวม

หลังจากคำนวณค่าความไม่แน่นอนชนิด A และ B เรียบร้อยแล้ว จึงนำค่าความไม่แน่นอนทั้งสองชนิดมาคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่ง ดังสูตร

$$U_{com} = \text{ผลรวมของความไม่แน่นอนมาตรฐาน}$$
$$= \sqrt{U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

$$U_{expand} = kU_{com}$$

เมื่อ U_{com} = ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน
U_A = ค่าความไม่แน่นอนชนิด A
U_{B1} = ค่าความไม่แน่นอนของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน
U_{B2} = ค่าความไม่แน่นอนจากค่าความละเอียดของเครื่องชั่ง
U_{expand} = ค่าความไม่แน่นอนขยาย
k = ค่าคงที่ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ

ความไม่แน่นอนรวมทั้งหมดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

$$U_{expand} = 2\ U_{com}$$

3. ผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง

3.1 ผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไป

ผลการตรวจสอบลักษณะทั่วไป ความสะอาดของเครื่องชั่ง ตำแหน่งลูกน้ำ การปรับตั้ง ปุ่ม Tare สามารถใช้งานได้ตามปกติ

3.2 ผลการตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องชั่ง

จากการตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องชั่งที่น้ำหนัก 20 กรัม และ 200 กรัม ในรูปความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ปลายสเกลล่าง (20 กรัม) ได้ค่า S = 0.00011 และปลายสเกลบน (200 กรัม) ได้ค่า S = 0.00014 ดังแสดงในตารางที่ 1 ให้ใช้ค่าสูงเป็นหลัก ดังนั้นความเที่ยงของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S จึงเท่ากับ 0.00014 กรัม ซึ่งค่า Repeatability ที่กำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิตเท่ากับ 0.0001 กรัม ดังนั้นความเที่ยงของเครื่องชั่งเครื่องนี้จึงเท่ากับ 0.00014 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับการทดสอบที่ต้องการความถูกต้องที่ 0.0001 กรัม

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเที่ยงที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง

ครั้งที่	ปลายสเกลล่าง	ปลายสเกลบน
1	20.0000	199.9990
2	20.0001	199.9989
3	19.9999	199.9990
4	19.9999	199.9991
5	20.0000	199.9993
6	20.0000	199.9992
7	20.0000	199.9993
8	20.0002	199.9993
9	20.0001	199.9992
10	19.9998	199.9992
	S = 0.000115	**S = 0.000143**

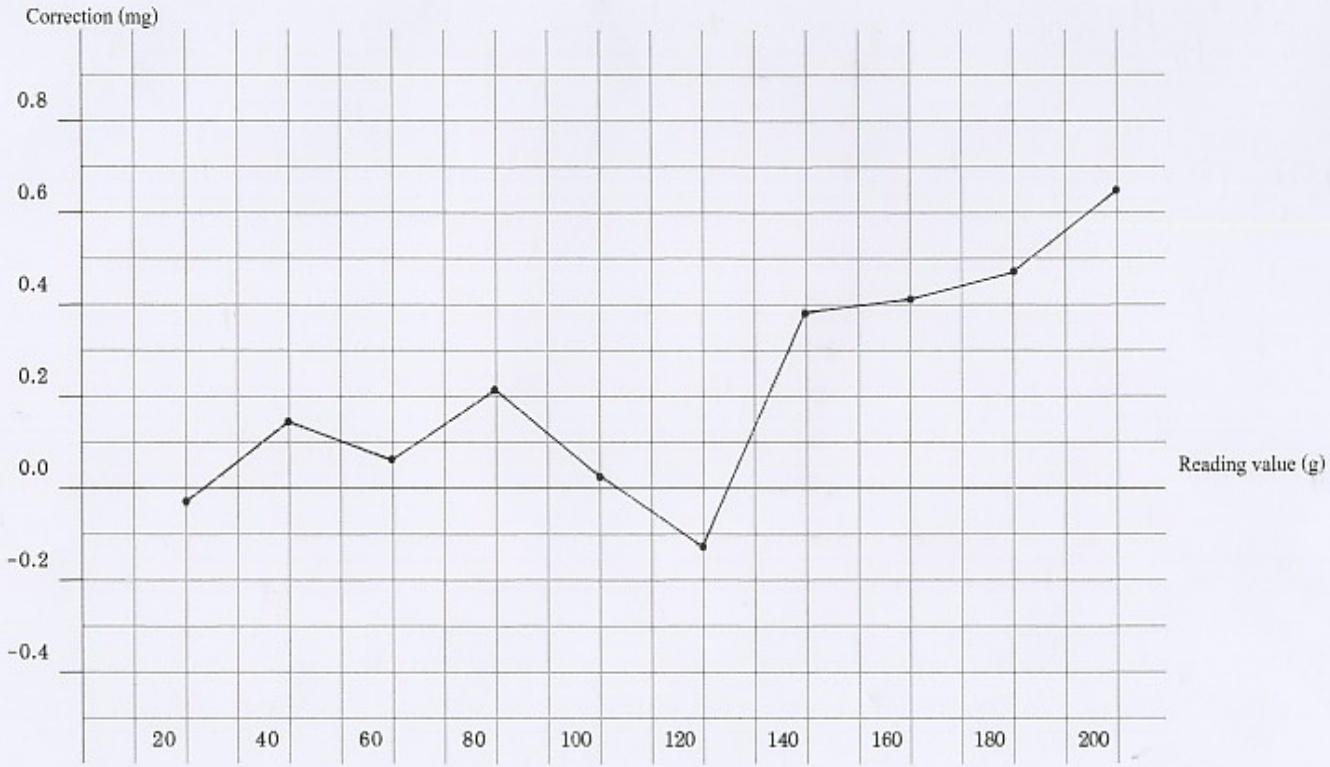
3.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของค่าที่อ่านได้

จากการชั่งตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่ 0.1, 1, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 และ 200 กรัม และคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าแก้ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า U_A ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 5

การจะนำค่าแก้ไปคำนวณในผลการทดสอบหรือไม่ ขึ้นอยู่กับวิธีทดสอบที่ระบุให้มีความถูกต้องของน้ำหนักอยู่ที่เท่าไร ถ้าค่าแก้มีค่าสูงกว่าที่วิธีกำหนดก็ต้องนำไปคำนวณในผลการทดสอบด้วย

ตารางที่ 2 แสดงค่าที่อ่านได้ ค่าเฉลี่ย ค่าแก้ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า U_A ของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S

Nominal Value (N), (g)	Correction value of standard mass (C_s), (mg)	Conventional standard mass ($N + C_s$), (g)	Reading ($\overline{X}$), (g)				Average ($\overline{X}$), (g)	S	Correction value of reading, (mg) $(N + C_s)-\overline{X}$	$U_A = \frac{S}{\sqrt{n}}$ (± mg)
			1	2	3	4				
0.1	0.00	0.10000	0.1000	0.0988	0.1000	0.1000	0.09995	0.10000	+0.05	0.050
1	+0.02	1.00002	1.0000	1.0001	1.0000	0.9999	1.00000	0.08165	+0.02	0.041
20	0.00	20.00000	20.0000	19.9999	20.0001	20.0001	20.00003	0.09574	-0.03	0.048
40 (20+20*)	0.00+0.01	40.00001	39.9998	40.0000	39.9998	39.9999	39.99988	0.09574	+0.14	0.048
60 (10+50)	-0.07+0.00	59.99993	60.0000	59.9999	59.9999	59.9997	59.99988	0.12583	+0.06	0.063
80 (10+20+50)	-0.07+0.00+0.00	79.99993	79.9998	79.9996	79.9999	79.9996	79.99973	0.15000	+0.21	0.075
100	+0.1	100.00010	100.0000	100.0001	100.0001	100.0001	100.00008	0.04998	+0.02	0.025
120 (20+100)	0.00+0.1	120.00010	120.0003	120.0001	120.0002	120.0003	120.00023	0.09575	-0.12	0.048
140 (20+20*+100)	0.00+0.01+0.1	140.00011	139.9995	139.9999	139.9996	139.9999	139.99973	0.20613	+0.38	0.103
160 (10+50+100)	-0.07+0.00+0.1	160.00003	159.9994	159.9998	159.9996	159.9997	159.99963	0.17080	+0.41	0.085
180 (10+20+50+100)	-0.07+0.00+0.00+0.1	160.00003	179.9997	179.9995	179.9996	179.9994	179.99955	0.12910	+0.48	0.065
200	-0.5	199.99950	199.9989	199.9991	199.9988	199.9986	199.99885	0.20815	+0.65	0.104



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าแก้ของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S ยี่ห้อ Sartorius

3.4 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน

ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน พบว่าด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย (50.00020 กรัม) ห่างจากจุดกึ่งกลาง (49.99980 กรัม) มากที่สุด ดังตารางที่ 3 จึงถือค่านี้เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวางตุ้มน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน คือ 0.00040 กรัม สำหรับงานที่ต้องการละเอียดมากถึง 0.0001 กรัม จำเป็นต้องนำความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจานชั่งไปคำนวณค่าความไม่แน่นอนด้วย เป็นค่า U_{A2} โดยหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและคำนวณค่า U_{A2} เช่นเดียวกับ U_{A1} แล้วนำผลมารวมกันจากสูตร

$$U_A = \sqrt{U_{A1}^{\ 2} + U_{A2}^{\ 2}}$$

เมื่อ U_A = ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการชั่ง

U_{A1} = ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการชั่งซ้ำ

U_{A2} = ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการวางตุ้มน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน

ตารางที่ 3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน

ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน (g)	ค่าที่อ่านได้ (g)				
	กลาง	หน้า	หลัง	ซ้าย	ขวา
50	49.9999	49.9999	49.9999	50.0002	49.9995
	49.9998	50.0000	49.9998	50.0001	49.9996
	49.9997	49.9998	49.9997	50.0003	49.9995
ค่าเฉลี่ย	49.99980	49.99990	49.99980	50.00020	49.99953
ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดจากการวางน้ำหนักไม่ตรงกลางจาน = 0.00040 กรัม					

3.5 รายงานผลการสอบเทียบ

เมื่อทำการตรวจสอบครบทั้ง 4 ขั้นตอนแล้ว นำข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณค่าความไม่แน่นอนรวม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4 แล้วออกรายงานผลการสอบเทียบตามรูปที่ 6

ตารางที่ 4 แสดงค่าความไม่แน่นอนของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S

Nominal value (g)	Uncertainty from reading (U_A), (± mg)	Uncertainty from mass (U_{B1}), (± mg)	Uncertainty from resolution (U_{B2}), (± mg)	U_{com} (± mg)	$U_{expand.} = 2U_{com}$ (± mg)
0.1	0.050	0.005	0.029	0.058	0.12
1	0.041	0.015	0.029	0.052	0.10
20	0.048	0.040	0.029	0.069	0.14
40 (20+20•)	0.048	0.080	0.029	0.098	0.20
60 (10+50)	0.063	0.080	0.029	0.106	0.21
80 (10+20+50)	0.075	0.120	0.029	0.144	0.29
100	0.025	0.050	0.029	0.063	0.13
120 (20+100)	0.048	0.090	0.029	0.106	0.21
140 (20+20•+100)	0.103	0.130	0.029	0.168	0.34
160 (10+50+100)	0.085	0.130	0.029	0.158	0.32
180 (10+20+50+100)	0.065	0.170	0.029	0.184	0.37
200	0.104	0.150	0.029	0.185	0.37

Report of Analytical Balance Calibration

Maker	:	Sartorius	Model	:	BA 210S
Balance Serial no.	:	30610546	Capacity	:	210 g
Calibration weight no.	:	23355	Resolution	:	0.0001 g
The weight were calibration by the SCS Calibration Lab					
Temperature	:	23 °C	Certificate no.	:	18569
Date	:	Oct. 1, 2004	Humidity	:	42%
General consideration	:	Good performance			
Repeatability (Standard deviation)		: 0.14 mg			

Detailed description of calibration

Nominal value (g)	Correction (mg)	Uncertainty (±mg)
0.1	+0.05	0.12
1	+0.02	0.10
20	-0.03	0.14
40	+0.14	0.20
60	+0.06	0.21
80	+0.21	0.29
100	+0.02	0.13
120	-0.12	0.21
140	+0.38	0.34
160	+0.41	0.32
180	+0.48	0.37
200	+0.65	0.37

รูปที่ 6 แสดงรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่งรุ่น BA 210S

การทำโปรแกรมตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน

หลังจากสอบเทียบเครื่องชั่งแล้ว ห้องปฏิบัติการควรทำโปรแกรมไว้สำหรับตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวันหรือประจำสัปดาห์ (Daily check) สำหรับห้องปฏิบัติการของกลุ่มวิเคราะห์ ได้จัดทำแผนภูมิควบคุม (Control chart) สำหรับเครื่องชั่งเพื่อใช้ในการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวันก่อนการใช้งาน หากพบความผิดปกติจะได้แก้ไขได้ทัน แผนภูมิควบคุมที่เลือกใช้เป็นแบบ $\overline{X}$-R chart (เอ๊กซ์บาร์-อาร์ชาร์ท) คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย หลักการคือ ชั่งวัสดุควบคุม (Control material) ที่มีน้ำหนักคงที่ทุกวันอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง (กลุ่มย่อย) เป็นเวลาอย่างน้อย 20 วัน (จำนวนกลุ่มย่อย) แล้วนำมาคำนวณค่าทางสถิติคือ ค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มย่อย ค่าเฉลี่ยกลุ่มย่อย ค่าพิสัย ค่าเฉลี่ยของพิสัย แล้วจึงคำนวณหาเส้นค่ากลาง (Central Line, CL) ขอบเขตควบคุมสูงสุด (Upper Control Limit, UCL) และค่าขอบเขตควบคุมต่ำสุด (Lower Control Limit, LCL) นำค่าเหล่านี้ไปวาดกราฟแผนภูมิควบคุม X-$\overline{R}$ chart เพื่อใช้ตรวจสอบประจำวันต่อไป (นันทนา กันยานุวัฒน์, 2541)

1. ขั้นตอนการทำแผนภูมิควบคุม

การทำแผนภูมิควบคุมของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S มีดังนี้

1.1 จัดหาวัสดุควบคุม

วัสดุควบคุมที่ใช้ต้องมีความคงทน มีน้ำหนักคงที่ และหนักใกล้เคียงกับน้ำหนักที่ชั่งเป็นประจำ ในที่นี้ใช้โลหะไทเทเนียม หนักประมาณ 1 กรัม

1.2 รวบรวมข้อมูลการชั่งน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักวัสดุควบคุมวันละครั้งๆ ละ 4 ข้อมูล จนได้ข้อมูลประมาณ 25 กลุ่มย่อย (25 วัน) โดยที่ทุกกลุ่มย่อยต้องเก็บข้อมูลจำนวนเท่าๆ กัน ดังตารางที่ 5

1.3 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย

นำข้อมูลน้ำหนักวัสดุควบคุมที่ได้ทั้ง 25 กลุ่มย่อย มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าพิสัย จากสูตร

$$\text{ค่าเฉลี่ย } (\overline{X}) = \frac{\sum X_i}{n}$$

เมื่อ X_i = น้ำหนักวัสดุควบคุมในแต่ละครั้ง ของแต่ละกลุ่มย่อย เมื่อ i = 1, 2, 3, ..., n

n = จำนวนข้อมูลของแต่ละกลุ่มย่อย

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของ X_i ของแต่ละกลุ่มย่อย

และ

ค่าพิสัย (R) = $X_h - X_l$

เมื่อ X_h = น้ำหนักสูงสุดของแต่ละกลุ่มย่อย

X_l = น้ำหนักต่ำสุดของแต่ละกลุ่มย่อย

R = ค่าพิสัยของแต่ละกลุ่มย่อย

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยในกลุ่มย่อยที่ 1

$$\overline{X} = (1.0126 + 1.0127 + 1.0126 + 1.0125)/4$$
$$= 1.01260$$

และ

$$R = 1.0127 - 1.0125$$
$$= 0.0002$$

คำนวณเช่นเดียวกันนี้ในแต่ละกลุ่มย่อยที่เหลือ ผลการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยทั้ง 25 กลุ่มย่อย แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลน้ำหนักวัสดุควบคุมที่ใช้ทำแผนภูมิควบคุมเครื่องชั่งรุ่น BA 210S

กลุ่มย่อยที่	น้ำหนักวัสดุควบคุม (g)				ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ค่าพิสัย (R)
	X_1	X_2	X_3	X_4		
1	1.0126	1.0127	1.0126	1.0125	1.01260	0.0002
2	1.0126	1.0127	1.0127	1.0125	1.01263	0.0002
3	1.0128	1.0128	1.0128	1.0127	1.01278	0.0001
4	1.0127	1.0126	1.0127	1.0126	1.01265	0.0001
5	1.0127	1.0126	1.0125	1.0125	1.01258	0.0002
6	1.0126	1.0128	1.0127	1.0127	1.01270	0.0002
7	1.0128	1.0125	1.0125	1.0126	1.01260	0.0003
8	1.0125	1.0126	1.0124	1.0126	1.01253	0.0002
9	1.0126	1.0127	1.0125	1.0126	1.01260	0.0002
10	1.0126	1.0127	1.0126	1.0127	1.01265	0.0001
11	1.0127	1.0126	1.0125	1.0126	1.01260	0.0002
12	1.0126	1.0126	1.0127	1.0125	1.01260	0.0002
13	1.0125	1.0126	1.0126	1.0126	1.01258	0.0001
14	1.0125	1.0126	1.0127	1.0125	1.01258	0.0002
15	1.0128	1.0126	1.0125	1.0126	1.01263	0.0003
16	1.0125	1.0126	1.0125	1.0126	1.01255	0.0001
17	1.0126	1.0127	1.0126	1.0126	1.01263	0.0001
18	1.0125	1.0125	1.0125	1.0125	1.01250	0
19	1.0125	1.0126	1.0125	1.0126	1.01255	0.0001
20	1.0126	1.0125	1.0127	1.0126	1.01260	0.0002
21	1.0125	1.0125	1.0124	1.0124	1.01245	0.0001
22	1.0127	1.0126	1.0127	1.0126	1.01265	0.0001
23	1.0126	1.0124	1.0125	1.0125	1.01250	0.0003
24	1.0125	1.0126	1.0127	1.0126	1.01260	0.0002
25	1.0125	1.0126	1.0126	1.0125	1.01255	0.0001

1.4 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของพิสัย

ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของพิสัย หาได้จากสูตร

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum \overline{X}_i}{k}$$

และ

$$\overline{R} = \frac{\sum R_i}{k}$$

เมื่อ $\overline{X}_i$ = ค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มย่อย เมื่อ i = 1, 2, 3, ..., k

$\overline{\overline{X}}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย

R_i = ค่าพิสัยของแต่ละกลุ่มย่อย เมื่อ i = 1, 2, 3, ..., k

$\overline{R}$ = ค่าเฉลี่ยของพิสัย

k = จำนวนกลุ่มย่อย

ดังนั้น $\overline{\overline{X}}$ = (1.01260 + 1.01263 + 1.01278 + ... + 1.01255)/25

= 1.012594

และ $\overline{R}$ = (0.0002 + 0.0002 + 0.0001 + ... + 0.0001)/25

= 0.00016

1.5 การคำนวณหาค่าขอบเขตควบคุมของแผนภูมิค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$-chart) และแผนภูมิค่าพิสัย (R-chart)

ค่าขอบเขตควบคุมของแผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิค่าพิสัย ประกอบด้วยเส้นค่ากลาง เส้นขอบเขตควบคุมสูงสุด และเส้นขอบเขตควบคุมต่ำสุด หาได้จากสูตร

1.5.1 แผนภูมิค่าเฉลี่ย

เส้นค่ากลาง (CL) = $\overline{\overline{X}}$

เส้นขอบเขตควบคุมสูงสุด (UCL) = $\overline{\overline{X}} + A_2\overline{R}$

เส้นขอบเขตควบคุมต่ำสุด (LCL) = $\overline{\overline{X}} - A_2\overline{R}$

เมื่อ A_2 คือค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณเส้นขอบเขตควบคุม ดูจากตารางที่ 6 จากตารางที่ 6 ค่า A_2 = 0.729 ดังนั้น

เส้นค่ากลาง (CL) = $\overline{\overline{X}}$ = 1.012594

= 1.01259

เส้นขอบเขตควบคุมสูงสุด (UCL) = 1.012594 + (0.729 x 0.00016)

= 1.012711 = 1.01271

เส้นขอบเขตควบคุมต่ำสุด (LCL) = 1.012594 – (0.729 x 0.00016)

= 1.012477 = 1.01248

1.5.2 แผนภูมิค่าพิสัย

เส้นค่ากลาง (CL_R) = $\overline{R}$

เส้นขอบเขตควบคุมสูงสุด (UCL_R) = $D_4\overline{R}$

เส้นขอบเขตควบคุมต่ำสุด (LCL_R) = $D_3\overline{R}$

เมื่อ D_3 และ D_4 คือค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณเส้นขอบเขตควบคุม ดูจากตารางที่ 6 จากตารางที่ 6 ค่า D_3 และ D_4 มีค่าเท่ากับ 0 และ 2.282 ตามลำดับ ดังนั้น

เส้นค่ากลาง (CL_R) = $\overline{R}$ = 0.00016

เส้นขอบเขตควบคุมสูงสุด (UCL_R) = 2.282 x 0.00016

= 0.00037

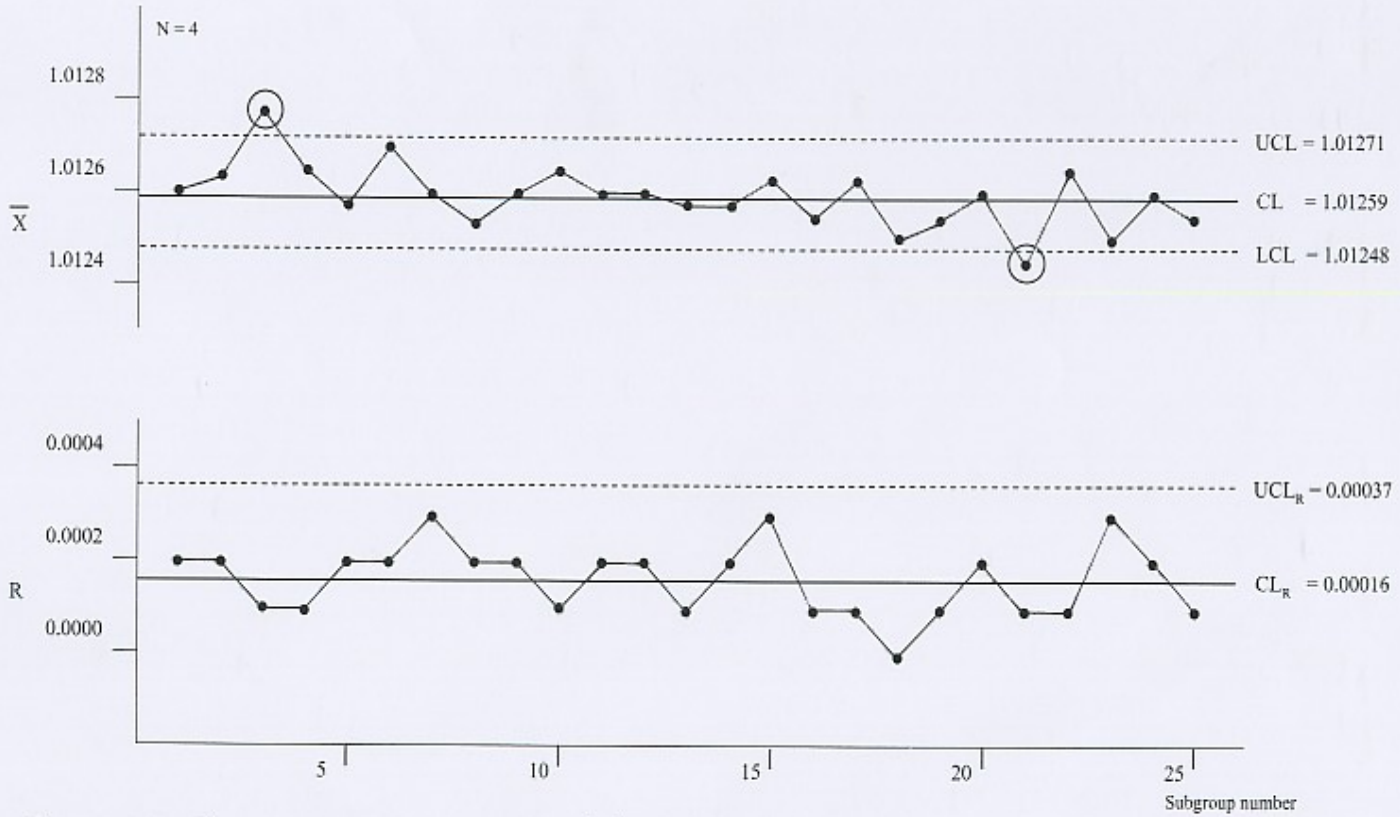
แต่ไม่มีเส้นขอบเขตควบคุมค่าต่ำ เนื่องจากค่า D_3 เท่ากับศูนย์

1.6 การสร้างกราฟแผนภูมิค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย

สร้างกราฟโดยกำหนดให้แกนนอนแทนกลุ่มย่อย และแกนตั้งแทนค่าของข้อมูลที่ได้ลากเส้นค่ากลาง และเส้นขอบเขตควบคุมทั้งหมด แล้วนำค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยที่ได้มาใส่ในกราฟ ดังรูปที่ 7 หากพบว่ามีจุดใดอยู่นอกขอบเขตให้เขียนวงกลมรอบจุดนั้นไว้

ตารางที่ 6 แสดงค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณเส้นขอบเขตควบคุม คัดลอกจากนันทนา กันยานุวัฒน์ (2541)

Observation in Subgroup n	Factors for control limits						
	A	A_2	A_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2.121	1.880	2.659	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.000	4.358	0.000	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.000	5.078	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.885	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	1.118	5.695	0.328	1.572
15	0.775	0.223	0.789	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.625	0.162	0.633	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	1.806	6.056	0.459	1.541



รูปที่ 7 แผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิค่าพิสัย ($\overline{X}$-R chart) ของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S

1.7 การแก้ไขเมื่อมีค่าออกนอกขอบเขตควบคุม

เมื่อลากเส้นต่อจุดของแผนภูมิควบคุม อาจพบว่ามีบางจุดมีค่าออกนอกช่วงขอบเขตควบคุม แสดงว่าที่จุดนั้นเครื่องมืออาจมีข้อผิดพลาด ให้ตัดจุดนั้นทิ้งไป แล้วคำนวณหาค่าขอบเขตควบคุมใหม่

จากรูปที่ 7 พบว่า กลุ่มย่อยที่ 3 และ 21 มีจุดอยู่นอกขอบเขตควบคุม จึงให้ตัดทั้ง 2 กลุ่มย่อยนี้ออก ดังนั้นจะเหลือกลุ่มย่อยเพียง 23 กลุ่ม แล้วจึงคำนวณหาค่า $\overline{\overline{X}}$, $\overline{R}$, UCL, LCL และ UCL_R ใหม่ทั้งหมด ดังนี้

$$\overline{\overline{X}} = (1.01260 + 1.01263 + 1.01265 + ... + 1.01255)/23$$
$$= 1.012592$$

และ $$\overline{R} = (0.0002 + 0.0002 + 0.0001 + ...+ 0.0001)/23$$
$$= 0.00016$$

- แผนภูมิค่าเฉลี่ย

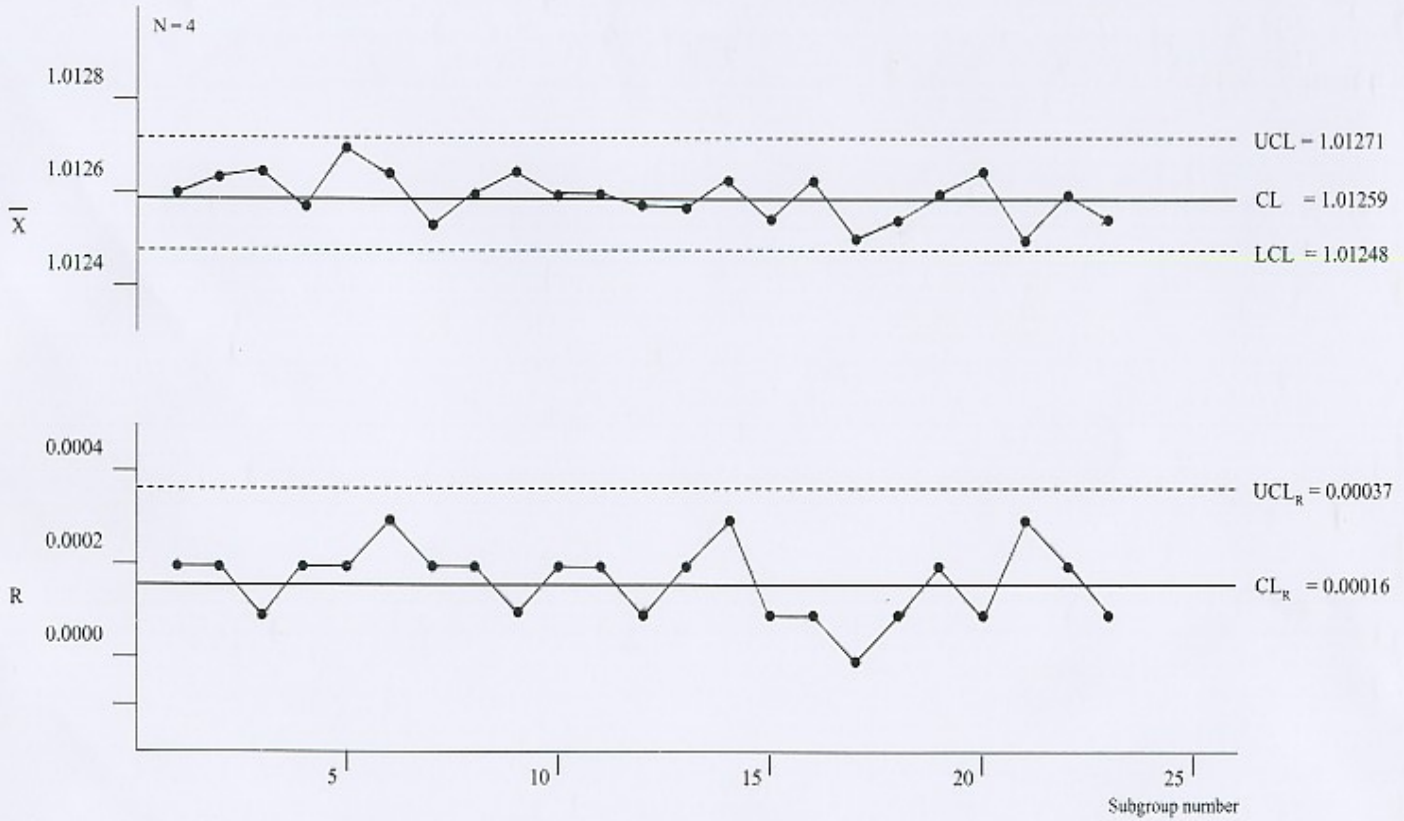
$$CL = \overline{\overline{X}} = 1.012592$$
$$= 1.01259$$
$$UCL = 1.012592 + (0.729 \times 0.00016)$$
$$= 1.012710 = 1.01271$$
$$LCL = 1.012592 - (0.729 \times 0.00016)$$
$$= 1.012475 = 1.01248$$

- แผนภูมิค่าพิสัย

$$CLR = \overline{R} = 0.00016$$
$$UCL_R = 2.282 \times 0.00016$$
$$= 0.00037$$

1.8 การสร้างกราฟแผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิค่าพิสัยหลังการแก้ไขข้อมูล

จากข้อมูลที่ได้จากข้อ 1.7 นำมาสร้างกราฟแผนภูมิค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยใหม่ ได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิค่าพิสัย ($\overline{X}$-R chart) ของเครื่องชั่งรุ่น BA 210S ซึ่งแก้ไขใหม่

2. การตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน

ก่อนการใช้งานเครื่องชั่งในแต่ละวัน ผู้ทดสอบต้องตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน โดยการชั่งวัสดุควบคุม 4 ครั้ง แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าพิสัย นำค่าที่ได้ไปตรวจสอบกับแผนภูมิควบคุมเครื่องชั่งที่จัดทำไว้ ค่าที่คำนวณได้ต้องอยู่ในขอบเขตควบคุมจึงจะใช้งานเครื่องชั่งได้ตามปกติ หากค่าที่ได้ออกนอกขอบเขต ผู้ทดสอบต้องตรวจสอบดูว่ามีข้อผิดพลาดจากอะไร เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การอุ่นเครื่องนานพอหรือไม่ ตำแหน่งลูกน้ำมีความจำเป็นต้องปรับตั้งใหม่หรือไม่ เหล่านี้เป็นต้น

บทสรุป

การพัฒนาห้องปฏิบัติการเข้าสู่ระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 ข้อกำหนดหนึ่งของมาตรฐานคือ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบทุกเครื่องต้องผ่านการสอบเทียบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง การสอบเทียบเครื่องชั่งจึงมีความจำเป็นและสำคัญตามข้อกำหนดนี้

จากการสอบเทียบเครื่องชั่งพบว่า เครื่องชั่งรุ่น BA 210S ยี่ห้อ Sartorius ซึ่งกลุ่มวิเคราะห์ สำนักอุตสากรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ใช้งานอยู่ยังคงทำงานได้ตามปกติ และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ผลการสอบเทียบยังระบุถึงค่าแก้ (Correction) และความไม่แน่นอน (Uncertainty) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประกอบกับผลการทดสอบ เพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้เครื่องชั่งได้อีกด้วย ทำให้ผลการทดสอบน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น และเพื่อให้เกิดความมั่นใจในผลการชั่งตลอดอายุการใช้งานก็ควรทำการสอบเทียบเป็นประจำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง แต่ในทางปฏิบัติ ความถี่ของการสอบเทียบคงไม่สามารถกำหนดตายตัวได้ เนื่องจากเครื่องชั่งของแต่ละห้องปฏิบัติการมีลักษณะที่แตกต่างกัน อาทิเช่น อายุของเครื่องชั่ง ลักษณะการใช้งาน และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ทั้งนี้หากการสอบเทียบมีช่วงเวลาที่ห่างเกินไปก็อาจเกิดความเสี่ยงจากการชั่งที่ผิด แต่ถ้าความถี่ของการสอบเทียบมีมากเกินความจำเป็นก็จะทำให้ห้องปฏิบัติการต้องสูญเสียงบประมาณสูง และสิ้นเปลืองเวลา ดังนั้นระยะเวลาหรือรอบที่เหมาะสมในการสอบเทียบอาจพิจารณาได้จาก ประสบการณ์ของผู้สอบเทียบ ผลการสอบเทียบที่ผ่านมา และข้อมูลการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวัน โดยถ้าข้อมูลจากการชั่งหรือการสอบเทียบมีความเสถียรและคงที่ ก็สามารถยืดระยะเวลาการสอบเทียบออกไปได้ เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย

อย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่าการสอบเทียบและการตรวจสอบเครื่องชั่งประจำวันจะทำให้ต้องสูญเสียเวลาและงบประมาณ แต่มีความคุ้มค่าในการปฏิบัติ เพราะเป็นการลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการชั่งซึ่งเป็นด่านแรกของการทดสอบ ทำให้ผลการทดสอบน่าเชื่อถือ ผู้ทดสอบสามารถทราบปัญหา แก้ไขปัญหา และยืดอายุการใช้งานของเครื่องชั่งได้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิเคราะห์, 2541ก, การใช้บำรุงรักษาเครื่องชั่งยี่ห้อ Sartorius รุ่น BA 210S *ใน* วิธีปฏิบัติงานของกลุ่มวิเคราะห์ : กลุ่มวิเคราะห์, สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน, 6 หน้า.

_____, 2541ข, การสอบเทียบเครื่องชั่ง *ใน* วิธีปฏิบัติงานของกลุ่มวิเคราะห์ : กลุ่มวิเคราะห์, สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน, 16 หน้า.

นันทนา กันยานุวัฒน์, 2541, วิธีทางสถิติเพื่อการควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการเคมี : ฝ่ายวิเคราะห์โลหะ, กองวิเคราะห์, กรมทรัพยากรธรณี, 45 หน้า.

พจมาน ท่าจีน, 2543, การหาค่าความไม่แน่นอนของการวัด *ใน* เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการหาค่าความไม่แน่นอน, กรุงเทพฯ (12-13 ธ.ค. 2543) : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 37 หน้า.

สมโภชน์ บุญสนิท, 2541, การสอบเทียบเครื่องชั่ง *ใน* เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือ มอก.1300-2537 (ISO/IEC Guide25), 26-27 กุมภาพันธ์ 2541 : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 48 หน้า.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2539, ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม (http://www.nstda.or.th) : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 11 สิงหาคม 2548, 3 หน้า.

NIS 6, 1992, Calibration of Weighing Machines and Weights : NAMAS Document, England, 19 p.