การสอบเทียบเครื่องวัดอุณหภูมิ

เครื่องวัดอุณหภูมิเป็นเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่มีใช้กันทั่วไปและนับว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีการนำไปใช้ประโยชน์ในวงงานต่าง ๆ เช่น ในทางการแพทย์ใช้วัดอุณหภูมิของผู้ป่วย ใช้วัดอุณหภูมิของปฏิกริยาเคมี ในโรงงานอุตสาหกรรมวัดอุณหภูมิของเตาเผา เตาอบ และวัดอุณหภูมิในการวิเคราะห์วิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่าง ๆ เป็นต้น จากความสำคัญดังกล่าวจะเห็นได้ว่าหากเครื่องวัดอุณหภูมิที่ใช้ไม่มีความถูกต้องแม่นยำจะก่อให้เกิดผลเสียหายมากมาย ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่ไม่มีความถูกต้องแม่นยำวัดอุณหภูมิของผู้ป่วย ย่อมทำให้การวินิจฉัยโรคผิดพลาด และอาจทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตของผู้ป่วยได้ ในทำนองเดียวกันหากใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่ไม่ถูกต้องแม่นยำกับงานอื่น ๆ ก็จะเกิดผลเสียหายและทำให้เกิดความสิ้นเปลืองในงานต่าง ๆ ได้เช่นกัน กรมวิทยาศาสตร์บริการตระหนักถึงความสำคัญต่างๆเหล่านี้ จึงได้จัดตั้งหน่วยงานสอบเทียบเครื่องวัดอุณหภูมิขึ้น เพื่อให้บริการตรวจสอบความถูกต้อง และให้คำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องวัดอุณหภูมิ แก่หน่วยราชการ รัฐวิสาหกิจและเอกชนทั่วไป

เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ใช้กันทั่วไปมีหลายชนิด อาจแบ่งออกได้ดังนี้คือ เทอร์โมมิเตอร์ชนิดความต้านทาน (resistance thermometer) ชนิดที่เป็นโลหะต่างชนิดกัน (thermoelectric thermometer) ชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้ว (liquid—in—glass thermometer) และชนิดวัดแสงและความเข้มของแสง (optical pyrometer) ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเทอร์โมมิเตอร์ชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้ว ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุด และมักเรียกกันติดปากว่า "เทอร์โมมิเตอร์" เทอร์โมมิเตอร์นี้โดยปกติจะใช้งานอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง —๗๐° ซ. ถึงประมาณ ๓๐๐° ซ. มีลักษณะเป็นหลอดแก้วยาว มีขีดแบ่งบอกอุณหภูมิอยู่บนหลอดแก้ว ตรงกลางหลอดแก้วมีรูเล็ก ๆ ยาวตลอดแท่ง ปลายด้านหนึ่งปิดตัน ปลายอีกด้านหนึ่งเป็นกระเปาะ ภายในมีของเหลวที่เปลี่ยนแปลงปริมาตรได้ดีเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เช่น ปรอท แอลกอฮอล์ บรรจุอยู่ เป็นต้น เทอร์โมมิเตอร์ชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้วนี้ ถ้าแบ่งตามลักษณะการใช้งาน แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดจุ่มทั้งอัน (total immersion) และชนิดจุ่มเฉพาะบางส่วน (partial immersion) ซึ่งตามปกติผู้ผลิตจะต้องบ่งบอกไว้ว่าเป็นชนิดใด เทอร์โมมิเตอร์ชนิดจุ่มทั้งอันใช้วัดอุณหภูมิในช่วงสูงกว่า ๒๕๐° ซ. หรือต่ำกว่า —๒๐° ซ. การที่ต้องจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ทั้งอันลงในสารที่ต้องการวัดนั้นเพื่อให้หลอดแก้วมีการขยายตัวเท่ากันตลอด ทำให้ไม่เกิดการแตกเวลาใช้งาน สำหรับเทอร์โมมิเตอร์ชนิดจุ่มเฉพาะบางส่วน ใช้วัดในช่วงอุณหภูมิไม่สูงหรือต่ำเกินไป ผู้ผลิตจึงออกแบบเป็นชนิดที่จุ่มเฉพาะกระเปาะลงในสารที่ต้องการวัดเพื่อความสะดวกในการใช้งานทั่วไป เมื่อนำเทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงในสารที่ต้องการวัดซึ่งมีอุณหภูมิแตกต่างกันไป ของเหลวที่อยู่ในกระเปาะจะขยายตัวหรือหดตัววิ่งขึ้นหรือลงตามรูเล็ก ๆ ในหลอดแก้ว ทำให้สามารถอ่านอุณหภูมิของสารได้ การใช้เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดนี้ จำเป็นต้องปฏิบัติตามวิธีที่ผู้ผลิตกำหนดไว้อย่างเคร่งครัด มิฉะนั้นแล้วอุณหภูมิที่อ่านได้จะไม่ถูกต้อง

เทอร์โมมิเตอร์ชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้วเป็นเทอร์โมมิเตอร์ชนิดที่ง่ายและสะดวกแก่การใช้งานมากที่สุด ถ้าหากผลิตจากโรงงานที่มีการควบคุมคุณภาพที่ดีแล้ว เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้จะมีความคลาดเคลื่อนในการใช้งานน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามความคลาดเคลื่อนของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการผลิตแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายประการ เช่น

๑. การใช้งานที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ทำให้รูปทรงและบริมาตรของกระเปาะแก้วเปลี่ยนไป

๒. การใช้งานไปนาน ๆ อาจทำให้คุณสมบัติบางอย่างของวัสดุเสื่อมสภาพไป

๓. ไม่มีการควบคุมคุณภาพการผลิตที่ดีพอ หรือไม่มีการสอบเทียบความถูกต้องหลังการผลิต

วิธีการแก้ไขเทอร์โมมิเตอร์นี้เพื่อให้อ่านค่าอุณหภูมิได้ถูกต้อง ต้องใช้วิธีสอบเทียบอย่างเดียว ไม่มีวิธีปรับตั้งเช่นเครื่องมือชนิดอื่น ๆ การสอบเทียบควรใช้วิธีการกำหนดขึ้นจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ เช่น วิธีของ National Bureau of Standards วิธีการสอบเทียบต้องใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

๑. เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้วจำนวน ๒ อัน หรือชนิดความต้านทานจำนวน ๑ อัน

๒. อ่างบรรจุน้ำหรือน้ำมันที่ปรับและควบคุมอุณหภูมิได้พร้อมที่กวน (water or oil bath with stirrer) จำนวน ๑ ชุด

การสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ทำได้โดยนำเทอร์โมมิเตอร์ที่ต้องการสอบเทียบมาเปรียบเทียบอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานสองอันในอ่างบรรจุน้ำที่ทำหน้าที่เป็นอ่างสอบเทียบ โดยปรับอุณหภูมิที่ต้องการให้คงที่ การอ่านค่าอุณหภูมิควรใช้ผู้อ่านสองคนเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้อ่าน (personal error) อ่านค่าอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวาตั้งแต่เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานอันที่หนึ่ง เทอร์โมมิเตอร์ที่ต้องการสอบเทียบแต่ละอัน จนถึงเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานอันที่สอง หลังจากนั้นอ่านค่าอุณหภูมิทำนองเดียวกันนี้ทวนกลับจากขวามาซ้าย การอ่านค่าแต่ละครั้งให้มีระยะเวลาห่างเท่าๆกัน และอุณหภูมิของอ่างบรรจุน้ำจะแตกต่างกันได้ไม่เกิน ๐.๐๐๑ °ซ. ขณะอ่านแต่ละครั้งต่อเนื่องกัน คำนวณหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่อ่านทั้งสองครั้งของแต่ละเทอร์โมมิเตอร์ จะเป็นค่าอุณหภูมิขณะเดียวกับของอ่างบรรจุน้ำ ต่อจากนั้นเปรียบเทียบอุณหภูมิอ้างอิง (fixed point) ที่มีอยู่บนเทอร์โมมิเตอร์ด้วย โดยทั่วไปจะเป็นอุณหภูมิที่จุดเยือกแข็งของน้ำ (ice point) หรือ ๐ °ซ. ซึ่งอาจอยู่นอกสเกลของเทอร์โมมิเตอร์ จากนั้นจึงเปิดหาค่าแก้ไขค่าผิดพลาดของขีดแบ่ง (scale correction) ของเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานจากหนังสือรับรองความถูกต้องของเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่อุณหภูมิที่ใช้สอบเทียบ แล้วคำนวณหาอุณหภูมิที่แท้จริงของอ่างบรรจุน้ำนั้นจากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$T = T_{ob} - T_{ice} + C$$

เมื่อ T = อุณหภูมิที่แท้จริงของเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน

T_{ob} = อุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน

T_{ice} = อุณหภูมิที่จุดเยือกแข็งของน้ำของเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐาน

C = ค่าแก้ไขค่าผิดพลาดของขีดแบ่ง (scale correction) ที่อุณหภูมิที่วัด (จากเอกสารรับรองการสอบเทียบ)

นำค่าอุณหภูมิที่แท้จริงของเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานทั้งสองอันที่คำนวณได้จากความสัมพันธ์ข้างต้นนี้มาหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่แท้จริง ดังนั้นเมื่อนำค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ที่ต้องการสอบเทียบมาลบออกจากค่าเฉลี่ยนี้ ก็จะได้ค่าแก้ไขค่าผิดพลาดของเทอร์โมมิเตอร์ตามต้องการ จะต้องทำการสอบเทียบทำนองนี้ทุก ๆ จุดอุณหภูมิที่กำหนดไว้บนขีดแบ่งของเทอร์โมมิเตอร์จนครบตามความถูกต้อง (reliability) ที่ต้องการ กล่าวคือการสอบเทียบอุณหภูมิจะต้องทำตั้งแต่อุณหภูมิต่ำสุดจนถึงอุณหภูมิสูงสุดของขีดแบ่งบนเทอร์โมมิเตอร์ การแบ่งระยะห่างองศาของอุณหภูมิในการสอบเทียบ ควรแบ่งดังนี้ เทอร์โมมิเตอร์ที่แบ่งจำนวนองศาไม่เกิน ๒๐๐ °ซ. ควรสอบเทียบทุก ๆ ๔๐ ถึง ๕๐ ช่องเล็กสุดของอุณหภูมิจะได้ความ

ถูกต้อง $\frac{5}{10}$ ถึง $\frac{15}{10}$ ช่องเล็กสุด และถ้าสอบเทียบทุก ๆ ๑๐๐ ช่องเล็กสุดจะได้ความถูกต้อง $\frac{1}{2}$ ช่องเล็กสุด และถ้าเป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่แบ่งองศาไว้เกิน ๒๐๐°ซ. ถ้าสอบเทียบทุก ๆ ๔๐ ถึง ๕๐ ช่องเล็กสุดจะได้ความถูกต้องเป็น $\frac{1}{2}$ ช่องเล็กสุด และถ้าสอบเทียบทุก ๆ ๒๐ ถึง ๒๕ ช่องเล็กสุด จะได้ความถูกต้องเป็น $\frac{5}{10}$ ถึง $\frac{6}{10}$ ช่องเล็กสุด ดังนั้นก็จะได้ค่าแก้ไขค่าผิดพลาดของขีดแบ่งอย่างสมบูรณ์ของเทอร์โมมิเตอร์นั้น เมื่อนำเทอร์โมมิเตอร์ไปใช้งาน อุณหภูมิที่ถูกต้องก็คือผลบวกของอุณหภูมิที่วัดได้กับค่าแก้ไขค่าผิดพลาด

อย่างไรก็ตามค่าแก้ไขค่าผิดพลาดที่ได้นี้จะใช้ได้อย่างถูกต้องนานเท่าที่อุณหภูมิที่จุดเยือกแข็งนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเมื่อทำการสอบเทียบ การเปลี่ยนระดับจุดเยือกแข็งอาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปขนาดของกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ เนื่องจากการใช้งานที่อุณหภูมิสูงเกินไปหรือด้วยสาเหตุอื่น ๆ ผลอันนี้จะทำให้ค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ผิดไปจากค่าที่ได้สอบเทียบไว้ วิธีแก้ไขก็โดยการสอบเทียบดูว่าค่าของจุดเยือกแข็งเปลี่ยนไปจากเดิมเท่าไร แล้วนำค่านี้ไปลบค่าที่อ่านได้ เช่น จุดเยือกแข็งเปลี่ยนไปจากเดิมเป็น—๐.๑°ซ. และเมื่อนำเทอร์โมมิเตอร์นี้ไปวัดได้ ๒๕°ซ. ค่าที่ถูกต้องจะเป็น ๒๕°ซ.—(—๐.๑°ซ.)= ๒๕.๑°ซ. เป็นต้น และเนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์ชนิดของเหลวบรรจุอยู่ในหลอดแก้วมี ๒ ชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดมีข้อกำหนดเฉพาะในการใช้ แต่ในเวลาใช้งานจริงบางครั้งไม่สามารถใช้เทอร์โมมิเตอร์ตามข้อกำหนดนั้นได้ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดอุณหภูมิ ต้องมีการแก้ไขความคลาดเคลื่อนนี้ให้ถูกต้อง คือแก้ไขค่าผิดพลาดเนื่องจากก้านเทอร์โมมิเตอร์ (stem correction) ซึ่งหาได้จากการสอบเทียบเช่นเดียวกัน

จากการสอบเทียบดังได้กล่าวแล้วข้างต้นพอจะสรุปได้ว่า การใช้เทอร์โมมิเตอร์เพื่อให้สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ถูกต้อง จะต้องแก้ไขความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

๑. แก้ไขค่าผิดพลาดเนื่องจากขีดแบ่ง (scale correction) ซึ่งหาได้จากผลการสอบเทียบของหน่วยงานที่เชื่อถือได้ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้วอันหนึ่งวัดอุณหภูมิได้ ๒๕.๕°ซ. และมีค่าแก้ไขค่าผิดพลาดเนื่องจากขีดแบ่งหลังการสอบเทียบแล้วเป็น—๐.๐๕°ซ. ที่ ๒๕°ซ. เพราะฉะนั้นค่าอุณหภูมิที่ถูกต้องคือ ๒๕.๕°ซ.+(—๐.๐๕°ซ.) = ๒๕.๔๕°ซ. เป็นต้น

๒. แก้ไขค่าผิดพลาดเนื่องจากก้านเทอร์โมมิเตอร์ (stem correction) ความผิดพลาดเกิดขึ้นจากการใช้งานไม่ถูกต้องตามชนิดของเทอร์โมมิเตอร์ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้วชนิดจุ่มทั้งอัน เวลานำมาใช้งานจริง ๆ กลับจุ่มได้เพียงบางส่วน และสมมติว่าอ่านค่าได้ ๓๐.๕°ซ. เมื่อได้สอบเทียบหาค่าแก้ไขค่าผิดพลาดเนื่องจากก้านเทอร์โมมิเตอร์แล้วมีค่า + ๐.๐๒°ซ. อุณหภูมิที่ถูกต้องคือ ๓๐.๕°ซ. + ๐.๐๒°ซ. = ๓๐.๕๒°ซ. เป็นต้น

๓. แก้ความคลาดเคลื่อนจากบุคคล (personal error) ในการสอบเทียบหรือการวัดเทอร์โมมิเตอร์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนมาจากผู้อ่าน วิธีแก้ไขก็คือใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่อ่านจากเทอร์โมมิเตอร์โดยใช้ผู้อ่านตั้งแต่สองคนขึ้นไป ซึ่งจะสามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อนลงได้

เทอร์โมมิเตอร์ชนิดของเหลวบรรจุในหลอดแก้วเมื่อใช้งานบ่อยจะต้องได้รับการสอบเทียบเสมอ ๆ เพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ ผู้ที่ต้องการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์หรือเครื่องวัดอุณหภูมิชนิดต่าง ๆ ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ทุกวันในเวลาราชการ