การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

ปริญญานิพนธ์
ของ
กัมปนาท อ่วมกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
เมษายน 2548
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

ของ

กัมปนาท อ่วมกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
เมษายน 2548

กัมปนาท อ่วมกุล. (2548). *การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา.

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

ผู้วิจัยได้พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยมีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้ 1 .วิเคราะห์ภาระงาน ความรู้ ทักษะและคุณสมบัติของผู้ทำหน้าที่สอบเทียบ 2. กำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม 3. กำหนดโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม 4. กำหนดรูปแบบการฝึกอบรม 5. ออกแบบการฝึกอบรมการสอบเทียบ 6. ตรวจสอบหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบ และ 7. ดำเนินการจัดฝึกอบรม โดยในเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมมีจำนวน 4 ส่วนที่ 1.ความสำคัญของการสอบเทียบ ส่วนที่ 2.วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ ส่วนที่ 3. วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และส่วนที่ 4.วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจและทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติขึ้น โดยสร้างแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจเพื่อทดสอบในระหว่างฝึกอบรมจบทั้ง 4 ส่วนในหลักสูตร มีจำนวน 43 ข้อ โดยแต่ละข้อมี 4 ตัวเลือก และสร้างแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจเพื่อทดสอบเมื่อหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม โดยแบบทดสอบที่สร้างเป็นชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 46 ข้อครอบคลุมเนื้อหาทั้ง 4 ส่วน ในด้านของทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ได้สร้างแบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติระหว่างฝึกอบรมขึ้น โดยแบบทดสอบที่สร้างเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติ มี 4 ส่วนในเนื้อหาวิธีการของเครื่องมือวัดด้านมิติ คือ ส่วนที่1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ส่วนที่2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก ส่วนที่3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน ส่วนที่4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติมี 4ส่วนในเนื้อหาวิธีการสอบเทียบของเครื่องมือวัดด้านมิติ คือ ส่วนที่1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มี ส่วนที่2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก ส่วนที่3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน ส่วนที่4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ และแบบสอบถามความคิดเห็นก่อนและหลังการฝึกอบรมในด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยเป็นแบบสอบถามชนิดมาตรส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองฝึกอบรมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 8 คน

ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในด้านความรู้ความเข้าใจมีประสิทธิภาพ 82.85 / 81.52 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และในด้านทักษะปฏิบัติมีประสิทธิภาพ 81.37 / 86.56 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ในเกณฑ์ 80/80 ทั้ง 2 ด้าน แสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ โดยในด้านของความรู้ความเข้าใจ ได้ค่าประสิทธิภาพในระหว่างฝึกอบรม (E_1) เท่ากับ 82.85 โดยแบ่งเป็นการทดสอบความรู้ ความเข้าใจ ในระหว่างฝึก

อบรมจบในแต่ละส่วนได้ดังนี้ คือส่วนที่ 1 ความสำคัญของการสอบเทียบ ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.25 ในส่วนที่ 2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 85.42 ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.04 ส่วนที่ 4วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.56 และค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมได้ค่าประสิทธิภาพ (E_2) เท่ากับ 81.52 และในด้านของทักษะปฏิบัติได้ค่าประสิทธิภาพในระหว่างฝึกอบรม (E_1) เท่ากับ 81.37 โดยแบ่งเป็นการทดสอบทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนได้ดังนี้ คือ ส่วนที่ 1วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.12 ในส่วนที่ 2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.03 ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.32 ส่วนที่ 4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 82.94 และค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จ สิ้นการฝึกอบรมได้ค่าประสิทธิภาพ (E_2) เท่ากับ 86.56 และในด้านความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมปรากฏว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติภายหลังจากเสร็จสิ้นการฝึกอบรมอยู่ในระดับมากขึ้น

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมให้เป็นผู้มีความรู้ความเข้าและทักษะปฏิบัติได้ดีมากขึ้นในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

A CURRICULUM DEVELOPMENT ON DIMENSIONAL METROLOGY FOR CALIBRATION LABORATORY UNDER RESARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE OF INDUSTRIAL PRODUCTION TECHNOLOGY

AN ABSTRACT

BY

KUMPANART OUMKUL

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree in Industrial Education

at Srinakharinwirot University

April 2005

Kumpanart Oumkul. (2005). *A Curriculum Development on Dimensional Metrology for Calibration Laboratoy under Research and Development Institute of Industrial Production Technology.* Master thesis, M.Ed. (Industrail Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Pairust Vongyuttakrai, Asst. Prof. Dr.Threraphon Thephasadin Na Ayuthya.

The purposes of this thesis were to Develop a Curriculum and Study the Efficiency of a Curriculum Development on Dimensional Metrology for Calibration Laboratory under Research and Development Institute of Industrial Production Technology

The researcher developed a curriculum on Dimensional Metrology for Calibration Laboratory under Research and Development Institute of Industrial Production Technology in 7 steps were: 1. Analyze task knowledge skill and properties of calibrator 2. Set up the objectives and boundary of a curriculum program. 3. Set up the curriculum structure. 4. Set up the curriculum form 5. Design curriculum training of calibration. 6. Audit curriculum training of calibration. 7. Implement training a curriculum development on dimensional metrology for calibration laboratory under research and development institute of industrial production technology was divided in 4 parts. 1. The importance of calibration. 2. The operating and maintenance method of dimensional instrument. 3. The calibration method of dimensional instrument. 4. The evaluation uncertainty of measurement. The researcher also developed the questionnaires for during training to evaluate the achievement of knowledge and operation skill on calibration dimensional instrument. The questionnaires for during training were 43 questions with 4 choices and this questionnaires were devided into 4 parts. The researcher also developed questionnaires to evaluate the achievement to knowledge after the training in to 4 parts were : Part 1 The importance of calibration. Part 2 The operating and maintenance method of dimensional instrument. Part 3 The calibration method of dimensional instrument. Part 4 The evaluation uncertainty of measurement . The researcher also developed questionnaires for during training to evaluate the achievement of operation skill by using ratio scale . The questionnaires were devided into 4 parts. Part1 calibration method of vernier caliper. Part 2 calibration method of outside-mircometer. Part 3 calibration method of inside-mircometer. And Part 4 calibration method of dial gauge. The researcher developed the questionnaires for after training in 4 parts were: Part1 calibration method of vernier caliper . Part 2 calibration method of outside-mircometer . Part 3 calibration method of inside-mircometer. And Part 4 calibration method of dial gauge . The questionnaires for attitudes towards method of trainee were rating scale. The experiment was hold at Research and Development Institute of Industrial Production Technology with 8 trainee.

The efficiency of a Curriculum Development on Dimensional Metrology for Calibration laboratory under Research and Development Institute of Industrial Production Technology in the part of achievement knowledge of calibration dimensional instrument were 82.85 / 81.52 which higher

than the 80/80 efficiency were set up. The achievement to operation skill on calibration dimensional instrument were 81.37 / 86.56 which higher than the 80/80 efficiency were set up. In the part of achievement of knowledge on calibration dimensional instrument for during training E_1 were 82.85 The efficiency of each part were 81.25 in the part 1 , 85.42 in the part 2 , 83.04 in the part 3 , 80.56 in the part 4. The efficiency of knowledge achievement on calibration dimensional instrument for after training E_2 were 81.52 which higher than the 80/80 efficiency were set up. In the part of achievement operation skill on calibration dimensional instrument for during training E_1 were 81.37. The efficiency of each part were, 82.12 in the part 1 , 80.03 in the part 2 , 80.32 in the part 3 and 82.94 in the part 4 The efficiency of operation skill achievement on calibration dimensional instrument for after training E_2 were 86.56. In the part of opinion of trainees on curriculum Development on Dimensional Metrology for Calibration Laboratory under Research and Development Institute of Industrial Production Technology on achievement knowledge and operation skill was higher than before training

Thus the researcher can concluded that the Curriculum Development on Dimensional Metrology for Calibration Laboratory under Research and Development Institute of Industrial Production Technology was high efficiency and can implement this curriculum for trainee in a curriculum calibration dimensional instrument.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

ของ
นายกัมปนาท อ่วมกุล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่ ... เดือน เมษายน พ.ศ. 2548

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้า แนะนำแหล่งการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขข้อความและรูปแบบของปริญญานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และอาจารย์ โอภาส สุขหวาน คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชัชพล ชังชู อาจารย์ ดร.วโรดม ตู้จินดา อาจารย์เบญจมาศ จินตะเกษกรรม อาจารย์ประกิจ ทองระอา อาจารย์ธีระพงษ์ สมประจบ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัยและหลักสูตรฝึกอบรม

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ ดร. ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์ ซึ่งทำหน้าที่ผู้อำนวยการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ใช้ในการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อทรงศักดิ์ อ่วมกุล, คุณแม่ลำใย อ่วมกุล ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษา และคอยช่วยเป็นกำลังใจตลอดเวลา

กัมปนาท อ่วมกุล

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	3
	หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	4
	ตัวแปรที่ศึกษา	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดการวิจัย	6
	สมมติฐานการวิจัย	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
	การพัฒนาหลักสูตร	8
	การพัฒนาหลักสูตร	8
	หลักสูตรฝึกอบรม	10
	ความหมายของการฝึกอบรม	11
	วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม	12
	ความสำคัญและประโยชน์ของการฝึกอบรม	14
	ประเภทของการฝึกอบรม	15
	เทคนิคการฝึกอบรม	21
	การศึกษาความต้องการความจำเป็นในการฝึกอบรม	25
	กระบวนการในการฝึกอบรม	26
	การดำเนินการในการฝึกอบรม	27
	การประเมินและติดตามผลการฝึกอบรม	28
	เครื่องมือวัดด้านมิติ	31
	ความหมายของเครื่องมือวัดด้านมิติ	32
	การใช้งานของเครื่องมือวัดด้านมิติ	33
	การบำรุงรักษาของเครื่องมือวัดด้านมิติ	37

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
2	(ต่อ)การสอบเทียบเครื่องมือวัด	39
	ความหมายของการสอบเทียบ	39
	องค์ประกอบของห้องปฏิบัติการในการสอบเทียบ	39
	ค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัดที่ได้จากการสอบเทียบ	40
	ข้อแนะนำเกณฑ์กำหนดสภาวะโดยรอบ	41
	การประเมินภาวะบรรยากาศ	42
	ภาวะบรรยากาศที่ใช้	43
	ความสำคัญของการวัด	43
	ลักษณะความผิดพลาดจากการวัด	46
	มาตรฐานความยาว	51
	การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด	52
	บทบาทและหน้าที่ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางมาตรวิทยา	62
	บทบาท	62
	หน้าที่	63
	ขอบข่ายของมาตรวิทยาสำหรับหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด	64
	ลักษณะของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด	66
	หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	66
	ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม	69
	การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ	69
	การวัดผล	72
	การประเมินผล	72
	พฤติกรรมทางการศึกษา	73
	แบบทดสอบ	75
	การวิเคราะห์ข้อสอบ	77
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	79
	งานวิจัยในประเทศ	79
	งานวิจัยต่างประเทศ	81
3	วิธีดำเนินการวิจัย	82
	การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม	82
	การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม	86
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	86

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
3	(ต่อ)เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	87
	วิธีดำเนินการทดลอง	93
	การวิเคราะห์ข้อมูล	94
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย	94
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	97
	การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม	97
	การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม	99
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	109
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	109
	สมมติฐานของการวิจัย	109
	วิธีดำเนินการวิจัย	109
	สรุปผลการวิจัย	110
	การอภิปรายผล	112
	ข้อเสนอแนะ	115
	ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป	116
บรรณานุกรม		117
ภาคผนวก		121
	ภาคผนวก ก หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม	122
	ภาคผนวก ข แบบประเมินความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย	344
	ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย	374
	ภาคผนวก ง ข้อมูลการวิจัย	432
	ภาคผนวก จ จดหมายขอความอนุเคราะห์ รายนามผู้เชี่ยวชาญและหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ	458
ประวัติย่อผู้วิจัย		466

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 เนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ..... 69

2 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมในส่วนที่1เรื่องความสำคัญของการสอบเทียบ..... 99

3 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ..... 99

4 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ..... 100

5 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด..... 100

6 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความรู้ ความเข้าใจการฝึกอบรม ตามหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ค่าประสิทธิภาพในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน (E_1) และค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม (E_2)..... 101

7 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมในส่วนที่ 1 เรื่องวิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์..... 102

8 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมในส่วนที่ 2เรื่องวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก..... 102

9 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน..... 102

10 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ..... 103

11 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ 103

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

12 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก 103

13 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน 104

14 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมตามฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ..... 104

15 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับทักษะปฏิบัติในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ค่าประสิทธิภาพในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน(E_1) และค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม(E_2)... 105

16 คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับเกณฑ์ในด้านทัศนะคติต่อความสามารถในด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติก่อนและหลังการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ..... 106

17 ผลการวิเคราะห์ ค่าความเชื่อมั่น และค่าความยากง่าย ของแบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 4 และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในขั้นตอนการ (Try out) 433

18 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 1 เรื่องความสำคัญของการสอบเทียบที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน10 คน..... 435

19 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติของการสอบเทียบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน..... 436

20 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 3 เรื่องวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน..... 437

21 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน..... 439

22 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน..... 441

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

23 ผลการวิเคราะห์ ค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในขณะฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 4 และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในขั้นตอนการ (Tryout) 443

24 ผลการประเมินความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาในเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ..... 446

25 ผลการประเมินความเที่ยงตรงของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ..... 448

26 ผลการประเมินความเที่ยงตรงของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะหลังฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ..... 452

27 ผลการประเมินความเที่ยงตรงของประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หน่วยปฏิบัติการ สอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม..... 455

28 ผลการประเมินความเที่ยงตรงของแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม..... 457

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 กรอบแนวคิดการวิจัย..... 6
2 รูปแบบความผิดพลาดทางโคชายน์..... 47
3 รูปแบบตำแหน่งการรองรับชิ้นงาน..... 49

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ระบบงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2544 ได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยลักษณะของการพัฒนานั้น จะเป็นการนำเอาระบบมาตรฐานเข้ามาใช้ในการที่จะทำให้องค์กรอุตสาหกรรมมีความเป็นระบบมากขึ้นโดยลักษณะของการนำระบบมาใช้นั้นเป็นเพราะว่าในสภาพการณ์ก่อนนี้ดำเนินเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันนั้นเป็นผลอันเกิดจากอนุกรมทางการค้าซึ่ง ภายหลังการจัดตั้งองค์การการค้าโลก เมื่อปี 2537 แนวโน้มของการกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศได้เปลี่ยนรูปแบบจากการกีดกันทางการค้าด้วยกำแพงภาษี และการอุดหนุนการส่งออกมาเป็นการใช้มาตรการกีดกันทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษีศุลกากรมากขึ้น นอกจากการจำกัดโควต้าการนำเข้าสินค้าและการตอบโต้การทุ่มตลาดแล้ว มาตรการกีดกันทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษีศุลกากรที่แพร่หลายมากที่สุดอีกรูปแบบหนึ่งก็คือ การกำหนดมาตรฐานด้านเทคนิคหรือด้านสุขอนามัยที่เข้มงวดมากขึ้น(สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ. 2544: 5) โดยถ้าธุรกิจอุตสาหกรรมไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่จะส่งออกนั้นเกิดปัญหาขึ้นได้ก็คือ บริษัทที่จะรับซื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่รับผลิตภัณฑ์จากบริษัทที่ไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานสากล โดยจากสภาพของธุรกิจอุตสาหกรรมที่ได้นำเอามาตรฐานสากลที่เป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วโลกมาใช้แล้วก็คือ ISO 9001 และ ISO/TS16949 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทั่วโลกยอมรับกัน เมื่อธุรกิจอุตสาหกรรมได้นำระบบมาตรฐาน ISO 9001 และ ISO/TS16949 มาใช้เพื่อจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีการควบคุมคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์ที่ถูกกำหนดไว้จึงได้กำหนดกระบวนการในการตรวจสอบโดยในกระบวนการในการตรวจสอบนั้นจะมีการนำเครื่องมือมาใช้ร่วมในการตรวจสอบนั้นก็คือ เครื่องมือวัด เพราะโดยลักษณะของเครื่องมือวัดนั้นจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบ่งชี้ถึงขนาดของสิ่งที่ถูกวัดเพื่อจะให้ได้ค่าของสิ่งนั้นว่ามีค่าเป็นเท่าไร นั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องมือวัดเป็นสิ่งสำคัญอันที่จะชี้บ่งได้ว่าผลิตภัณฑ์นั้นได้มีค่าหรือขนาดตามเกณฑ์ที่ถูก กำหนดไว้หรือไม่ โดยลักษณะของเครื่องมือวัดนั้นเมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่งจะต้องมีการตรวจสอบเพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดชนิดนั้นยังอยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้

ในงานอุตสาหกรรมนั้น มีการนำเครื่องมือวัดมาใช้ในงานด้วยกันหลายประเภท ตามแต่ลักษณะของการใช้งานได้แก่ เครื่องมือวัดทางอุณหภูมิ เครื่องมือวัดทางด้านความดัน เครื่องมือวัดทางด้านมวล และเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นต้น เพราะการที่จะชี้บ่งถึงรูปร่างลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา จะต้องถูกวัดหรือตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือวัดเป็นสิ่งตัดสิน เพื่อจะได้ทราบถึงความผิดพลาดและความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่าถ้าเกิดความผิดพลาดอันเกิดจากเครื่องมือวัดจะมีผลเสียหายตามมาอย่างมากคือ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาไม่ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาแล้วใช้งานไม่ได้ตามที่ต้อง ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการผลิตก็คือต้องผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้ออกมาใหม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลา ค่าใช้จ่ายและยังผลทำให้ขาดความน่าเชื่อถือกับบริษัทที่ทำธุรกิจร่วมด้วย จากความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องมือวัด ระบบมาตรฐาน ISO9001: 2000 โดยล่าสุดได้มีการผสมผสานระหว่างระบบมาตรฐาน ISO9001: 2000 และ ระบบมาตรฐาน QS9000 ขึ้นเป็นระบบมาตรฐาน ISO/TS16949 ซึ่งได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยานยนตร์และชิ้นส่วนทั้งในสหรัฐอเมริกาและยุโรป (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ. 2544: 7) โดยมีข้อ

กำหนดที่มีลักษณะที่ว่าด้วยการควบคุมเครื่องมือสำหรับการเฝ้าติดตามการวัดซึ่งก็คือการปฏิบัติในการควบคุมเครื่องมือวัดให้อยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้อยู่เสมอ ซึ่งก็คือการสอบเทียบ

ในงานอุตสาหกรรมเครื่องมือวัดที่ใช้กันอย่างมากส่วนใหญ่จะเป็นประเภทเครื่องมือวัดทางกลหรือเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะใช้ในการวัดขนาดผลิตภัณฑ์ในด้านของความกว้างและความยาวของผลิตภัณฑ์ และผลของการวัดจะแสดงผลออกจากเครื่องมือวัดด้านมิติ ก็คือถ้าเป็นเครื่องมือวัดด้านมิติที่เป็นสากล ค่าการวัดจะต้องอ่านจากสเกลที่มีตัวเลขกำกับไว้ และถ้าเป็นดิจิตอลค่าการวัดจะต้องอ่านจากตัวเลขแสดงค่าการวัดที่หน้าปัดของเครื่องมือวัดด้านมิติชนิดนั้นๆ และในการใช้งานของเครื่องมือวัดด้านมิติเมื่อใช้งานไปนาน ๆ ย่อมจะเกิดความเสื่อมของเครื่องมือตามกาลเวลา จึงจะต้องทำการตรวจสอบนั้นก็คือการสอบเทียบ โดยจำนวนครั้งในการสอบเทียบเครื่องมือในหนึ่งคาบเวลา เครื่องมือวัดแต่ละชนิด/รายการ มีรอบในการสอบเทียบไม่เท่ากันเสอมไป ซึ่งมีปัจจัยหลายประการประกอบการพิจารณาทั่วไปมักคิดที่รอบปีปฏิทิน เช่น 1ครั้ง/ปี,2 ครั้ง/ปี หรืออาจจะทุกเดือนโดยทั่วไปเครื่องมือที่ใช้งานไม่บ่อยนักพิจารณาที่1ครั้ง/ปี และ2ครั้ง/ปี สำหรับเครื่องมือที่ใช้งานประจำ(บุรินทร์ ไตรชินธนโชติ. 2543: 18) เพราะการสอบเทียบจะเป็นสิ่งที่จะบอกให้ทราบว่า เครื่องมือวัดด้านมิติที่ถูกสอบเทียบนั้นมีความผิดพลาดที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ นั่นจะส่งผลต่อความถูกต้องโดยตรงต่อผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะการผลิตปริมาณมากและการผลิตชิ้นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องนำมาประกอบกันหากไม่ได้ขนาดที่กำหนดไว้จะไม่สามารถประกอบเข้ากันได้อันจะเกิดความเสียหายตามมา

ความสำคัญของความถูกต้องในการสอบเทียบ หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จึงได้ถูกจัดตั้งขึ้น เพื่อรองรับ อุตสาหกรรมโดยทั้งให้การบริการสอบเทียบ และให้คำแนะนำเรื่องการสอบเทียบ โดยในความถูกต้องนั้นการที่จะให้บุคคลที่ทำงานในด้านสอบเทียบ ผู้สนใจหรือนิสิตนักศึกษาได้มีความรู้ความเข้าใจและทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะต้องมีการฝึกอบรมหรือเรียนในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยในการฝึกอบรมนั้น หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด ของ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ยังไม่มีหลักสูตรฝึกอบรมที่สมบูรณ์ที่จะเปิดสอนในการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัด และสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม เป็นหน่วยงานหลักที่จะสนับสนุนเรื่องการเรียนการสอน ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และปัจจุบันคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้เปิดหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิตขึ้น และให้สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม เป็นหน่วยงานที่จะสนับสนุนในการเรียนการสอนโดยให้ความรู้ในด้านทฤษฎีและปฏิบัติแก่นิสิต การที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมได้สนับสนุนการเรียนการสอนให้แก่หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิต จึงได้มีการเปิดการเรียนการสอนในหลายส่วน ได้แก่ ด้าน CAD/CAM งานทางเครื่องจักร CNC งานแม่พิมพ์ และเครื่องมือวัดในงานอุตสาหกรรม

จากเหตุผลดังกล่าว หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่อยู่ภายใต้กำกับของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ต้องจัดการเรียนการสอนขึ้น แต่เนื้อหาที่สอนนั้นยังไม่คลอบคลุมเพียงพอมีเพียงการใช้เครื่องมือวัดด้านมิติและการสอบเทียบเครื่องมือวัดบางเครื่องมือเท่านั้น ยังขาดในส่วนการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติอีกหลายเครื่องมือ จึงสรุปเป็นรายละเอียดของปัญหาได้ดังนั้น คือ หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ไม่สามารถให้บริการในด้านการอบรมเกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้อย่างคลอบคลุมตามสภาพที่ควรจะปฏิบัติได้ และไม่สามารถที่จะเผยแพร่ความรู้ในด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติไปยังบุคคลหรือ

หน่วยงานภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จึงต้องมีการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติขึ้น เพื่อให้สามารถให้บริการทางวิชาการในรูปของการฝึกบอรมได้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้นทั้งในรูปแบบของการเรียนการสอนแก่นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิตจะได้รับความรู้ความเข้าใจและทักษะของการสอบเทียบได้มากขึ้น และการฝึกอบรมให้กับผู้ที่จะทำหน้าที่ในการสอบเทียบหรือผู้สนใจทั้งภายในและภายนอกได้มีความสมบูรณ์มากขึ้น เป็นการเพิ่มพูนขีดความสามารถของหน่วยงานในสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม และสอดคล้องกับรูปแบบการปฏิบัติการงานของสถาบัน ในอันที่จะส่งเสริมและพัฒนาความรู้ทางวิชาการให้กับสังคมและประเทศชาติ อีกทางหนึ่ง ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้นได้ใช้เทคนิคในลักษณะของการบรรยายพร้อมกับการทดลองปฏิบัติจริงกับเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจและเกิดทักษะกับการใช้เครื่องมือวัดพร้อมกับการสอบเทียบเครื่องมือวัด ส่งผลให้บุคคลที่เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ ความเข้าใจและทักษะมากขึ้นและสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

ความสำคัญของการวิจัย

ผลที่ได้รับจากการวิจัยมีความสำคัญคือ

ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ได้รับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติเมื่อผ่านการฝึกอบรมแล้วจะมีความรู้ ทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยที่จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมในการที่จะนำไปใช้ในการหาความผิดพลาดของเครื่องมือวัดด้านมิติได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง

ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมสามารถ เป็นการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการปฏิบัติในการสอบเทียบ จากเอกสารที่เป็นมาตรฐานเครื่องมือวัดของหน่วยงาน คือ หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัย เป็นบุคคลที่เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยมีจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมตั้งแต่ 8 คนต่อรุ่น

กลุ่มตัวอย่าง เป็นบุคคลที่เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบ เครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยเป็นประชากรของบุคคลที่เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมโดยมีจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมตั้งแต่ 8 คนต่อรุ่น

2. หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ มีรูปแบบและเอกสารหลักสูตรที่ใช้ในการ อบรมในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีเนื้อหาในเรื่องความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และวิธีคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จัดทำหลักสูตรฝึกอบรมโดยมีเครื่องมือวัดด้านมิติที่ใช้ในการฝึกอบรมทั้งหมด 4 เครื่องมือคือ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไมโครมิเตอร์วัดใน ไดอัลเกจ โดยมีเนื้อหา 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ความสำคัญของการสอบเทียบ

ส่วนที่ 2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ

ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ส่วนที่ 4 วิธีการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

3. ตัวแปรที่ศึกษาคือ

ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

นิยามศัพท์เฉพาะ

การพัฒนาหลักสูตร หมายถึง กระบวนการที่แสดงถึงการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงในรายละเอียดของเนื้อหาในการจัดการเรียนการสอน ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น

หลักสูตรฝึกอบรม หมายถึง เนื้อหาสาระความรู้ที่ถูกจัดรวบรวมขึ้นและทำเป็นกระบวนการที่มีระบบ ในการที่จะถ่ายทอดความรู้ ทักษะให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อให้มีความสามารถในเรื่องที่ฝึกอบรมสูงขึ้น

การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หมายถึง กระบวนการที่ถูกจัดทำขึ้นอย่างเป็นระบบ เพื่อทำการพิสูจน์ในการหาค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดทางด้านความยาว อันได้แก่ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไมโครมิเตอร์วัดใน ไดอัลเกจ เป็นต้น

เครื่องมือวัดด้านมิติ หมายถึง เครื่องมือวัดที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำการวัดในลักษณะของรูปทรงเรขาคณิต เช่น ขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง และแสดงผลการวัดจากสเกลหรือค่าระบุขนาดของเครื่องมือวัด อันได้แก่ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไมโครมิเตอร์วัดใน ไดอัลเกจ เป็นต้น

ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หมายถึง ความสามารถของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในการที่จะถ่ายทอดเนื้อหาความรู้ในด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ความเข้าใจและเกิดทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ได้อย่างสมบูรณ์ และตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีรายละเอียดดังนี้

80 แรก หมายถึง คะแนนทางด้านความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างที่ทำการฝึกอบรมในด้านเนื้อหาของความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ วิธีการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ได้คะแนนเฉลี่ยถูกต้องร้อยละ 80 และคะแนนทางด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างที่ทำการฝึกอบรมในด้านเนื้อหาของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไมโครมิเตอร์วัดใน ไดอัลเกจ ได้คะแนนเฉลี่ยถูกต้องร้อยละ 80

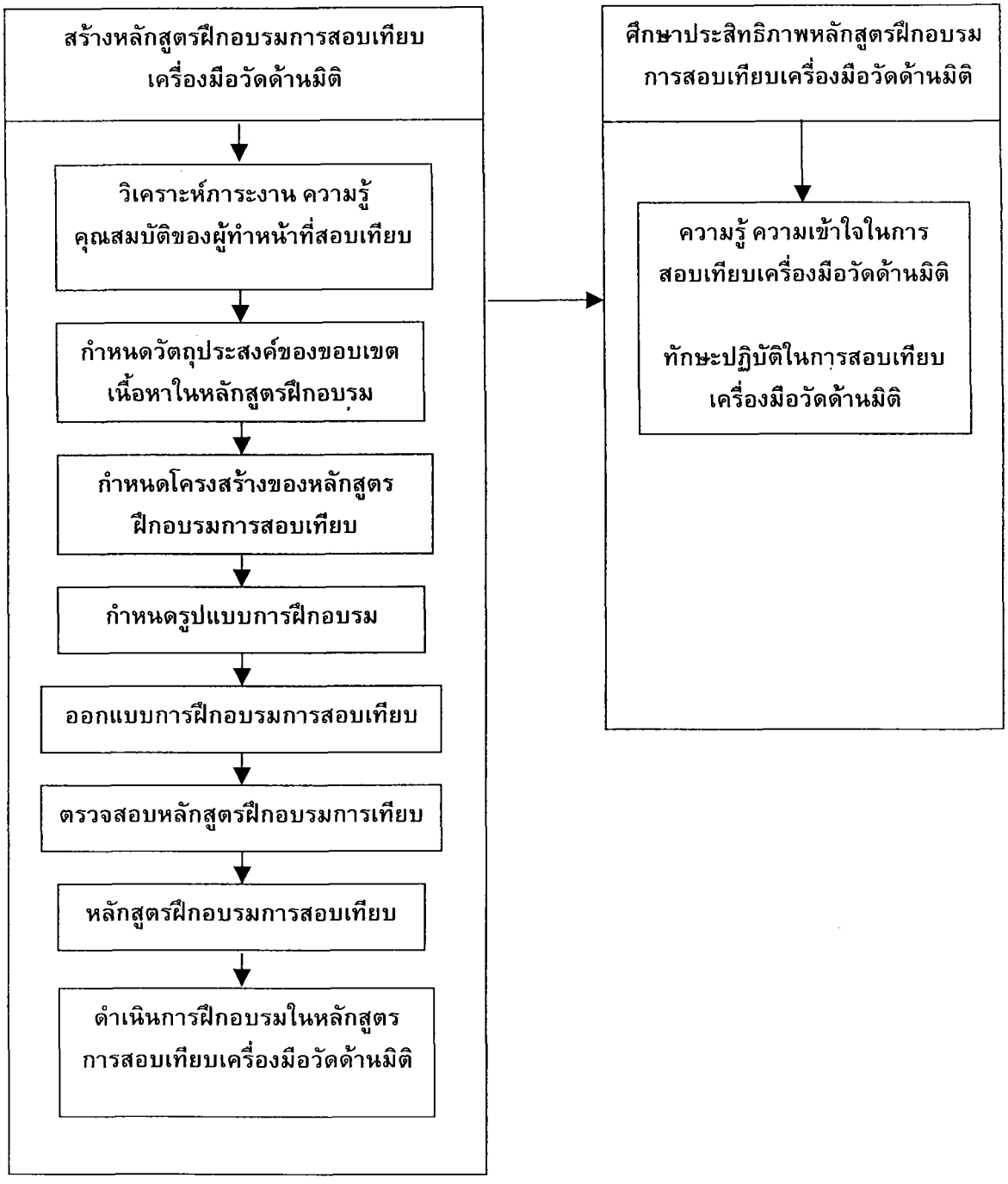
80 หลัง หมายถึง คะแนนทางด้านความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในด้านเนื้อหาของความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ วิธีการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ได้คะแนนเฉลี่ยถูกต้องร้อยละ 80 และคะแนนทางด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในระหว่างที่ทำการฝึกอบรมในด้านเนื้อหาของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไมโครมิเตอร์วัดใน ไดอัลเกจ ได้คะแนนเฉลี่ยถูกต้องร้อยละ 80

ความรู้ของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หมายถึง ความรู้ในเรื่องของหลักการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ รวมทั้งทฤษฎีที่ว่าด้วยความผิดพลาดอันเกิดจากการวัด

ทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หมายถึง การปฏิบัติที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ เครื่องมือวัดด้านมิติ การใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติในงานสอบเทียบและมีความเข้าใจในผลของการสอบเทียบ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าจากข้อมูลในตำราเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ จึงได้นำมารวบรวมแล้วมากำหนดขึ้นเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม



สมมติฐานของการวิจัย

หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมจะมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะได้หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดงสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมในบทนี้จะนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. เครื่องมือวัดด้านมิติ
3. การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
4. บทบาทและหน้าที่ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางมาตรวิทยา
5. หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
6. ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้นจะต้องมีความสัมพันธ์ในด้านของหลักการฝึกอบรม โดยได้มีการรวบรวมและสรุปความรู้ที่มีความสัมพันธ์กันในด้านของหลักการฝึกอบรมโดยได้จากผู้รู้ นักการศึกษา และนักวิชาการ โดยมีหัวข้อที่เป็นรายละเอียดในหลักการฝึกอบรม คือ การพัฒนาหลักสูตร หลักสูตร ความหมาย วัตถุประสงค์ ประโยชน์ ประเภท เทคนิคการฝึกอบรม กระบวนการในการจัดการ ความจำเป็น การดำเนินการ การประเมินและติดตามผลของการฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การพัฒนาหลักสูตร

เซเรอร์ และอเล็กซานเดอร์.(วิชัย ดิสสระ. 2532:31;อ้างอิงจาก Saylor and Alexander.1996 : 7)ได้ให้ทรรศนะในหลักการของการพัฒนาหลักสูตร โดยชี้ให้เห็นว่าการจัดทำหรือการพัฒนาหลักสูตรนั้น มีงานที่ต้องทำสำคัญๆอยู่ 3 ประการ คือ

1. การพิจารณาและการกำหนดเป้าหมายเบื้องต้น ที่สำคัญของหลักสูตรที่จัดทำนั้น มีเป้าหมายเพื่ออะไร ทั้งโดยส่วนรวมและส่วนย่อยของหลักสูตรนั้นๆอย่างชัดเจน

2. การเลือกกิจกรรมการเรียนการสอนและวัสดุประกอบการเรียนการสอน การเลือกสรรเนื้อหาสาระเพื่อการอ่าน การเขียน การทำแบบฝึกหัด หัวข้อสำหรับการอภิปราย กิจกรรมทั้งในและนอกห้องเรียน เป็นต้น

3. การกำหนดระบบการจัดวัสดุอุปกรณ์และการจัดการเรียนการสอน ตลอดทั้งการทดลองที่เป็นประโยชน์ และเหมาะสมกับการเรียนการสอนแต่ละวิชาและแต่ละชั้นเรียน

เซเรอร์ และอเล็กซานเดอร์.(วิชัย ดิสสระ. 2532:31;อ้างอิงจาก Saylor and Alexander.1996 :7) ให้ข้อคิดว่า กระบวนการวางแผนพัฒนาหลักสูตรนั้น ต้องประกอบด้วยสิ่งต่างๆเหล่านี้

1. หลักสูตรต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆเหล่านี้

1.1 ตัวผู้เรียนเองซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสังคมและสังคมมองเห็นว่านักเรียนคืออะไร มีส่วนเกี่ยวข้องกับสังคมอย่างไรบ้าง สังคมต้องการอะไรจากนักเรียนและนักเรียนมีความต้องการอะไรทั้งในแง่ของส่วนบุคคล และสังคม

1.2 หน้าที่และจุดมุ่งหมายของโรงเรียนคืออะไร โรงเรียนมีแนวคิดและยึดปรัชญาทางการศึกษาในสาขาใด และมีแนวปฏิบัติให้บรรลุเป้าหมายนั้นอย่างไร

1.3 ธรรมชาติของความรู้นั้นเป็นอย่างไร ขอบข่ายของความรู้ที่จำเป็นจะต้องศึกษานั้นมีมากน้อยแค่ๆหนอย่างไร อะไรเป็นสิ่งจำเป็นก่อนและหลังหรือลำดับของความรู้เป็นอย่างไร

1.4 กระบวนการเรียนรู้เป็นอย่างไร ลำดับหรือขั้นตอนของการเรียนรู้เป็นอย่างไร โดยสรุปสำหรับสิ่งที่นักพัฒนาหลักสูตรต้องคำนึงถึงในการพัฒนาหลักสูตรในตอนแรกนั้นก็คือ เรื่องที่เกี่ยวกับสังคม ปรัชญาผู้เรียนและขบวนการเรียนรู้ซึ่งตรงกับแนวคิดของ ไทเลอร์ กูเลอร์และฟอกซ์

2. บุคคลที่ทำหน้าที่วางแผนพัฒนาหลักสูตรประกอบด้วย

2.1 นักการศึกษาในทุกระดับตั้งแต่ระดับอนุบาล ประถม มัธยม อุดมศึกษา นักวิชาการ นักวิจัย เป็นต้น

2.2 ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เช่น นักเรียน ผู้ปกครอง สมาชิกในชุมชนและสมาคมต่างๆเป็นต้น

3. ใครเป็นผู้ตัดสินใจเลือกใช้หลักสูตร

ผู้ที่ทำหน้าที่ตัดสินใจเลือกใช้หลักสูตรก็คือ นักพัฒนาหลักสูตรซึ่งอาจประกอบด้วยครู นักการศึกษา ผู้บริหารการศึกษา ผู้ปกครอง ผู้เชี่ยวชาญสาขาต่างๆประกอบขึ้นเป็นกรรมการดำเนินการพัฒนาหลักสูตร โดยทำในสิ่งต่อไปนี้ 3.1 คัดเลือกและจัดระบบเนื้อหาสาระตลอดทั้งแบบเรียน 3.2 กำหนดระบบการเรียนการสอน 3.3 การตัดสินใจเลือกนั้น กระทำตามระดับและขั้นตอนที่เกี่ยวข้องเป็นช่างๆทั้งนี้ต้องคำนึงถึงอิทธิพลของเทคโนโลยีด้วย

4. การวางแผนจัดทำหลักสูตร บุคคลที่มีหน้าที่วางแผนหลักสูตรต้องร่วมกันจัดทำแผนจัดทำหลักสูตรตามขั้นตอนอย่างละเอียด และสามารถตรวจสอบแต่ละขั้นตอนว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่อย่างไร หากมีปัญหาก็สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ กำหนดแผนการเรียนการสอนในหลักสูตรจะช่วยให้ทราบว่า จะต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากน้อยเพียงไรและอย่างไร ทั้งยังสมารถกำหนดสื่อการเรียนการสอน การประเมินผล เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการเรียนรู้ทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า คู่มือครู

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2537:5-8) ได้ให้ความหมายของการพัฒนาหลักสูตรและการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงหลักสูตรไว้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงและการปรับปรุงหลักสูตรมีความแตกต่างกับการพัฒนาหลักสูตรในด้านขอบเขตเท่านั้นแต่วิธีการกระทำเป็นประเภทเดียวกัน

การเปลี่ยนแปลงหลักสูตร หมายถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งระบบของหลักสูตรหรือการเปลี่ยนเฉพาะรายวิชาซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มจากองค์ประกอบหลักสูตรดังนี้

1. วัตถุประสงค์
2. เนื้อหาวิชาองค์ประกอบของหลักสูตร
3. วิธีการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
4. วิธีการประเมินผล

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2537:5-8) ได้ให้ความเห็นว่า องค์ประกอบของหลักสูตรนี้จะนำมาใช้เป็นแกนในการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงหลักสูตรว่าจะ ปรับปรุงในองค์ประกอบใดหรือทั้งหมดย่อมขึ้นอยู่กับการที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลด้านต่าง ๆ ที่สังเคราะห์และหลอมรวมมาเป็นปัจจัยหรือตัวกำหนดที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรคือ

1. ความหมายของหลักสูตรที่จะเปลี่ยนแปลงในครั้งนี้มีความหมายที่แคบ หรือในความหมายกว้างและลึกซึ้งมากน้อยเพียงใด

2. สภาพปัจจุบันของการจัดการศึกษาที่ต้องการพัฒนาในระดับใดที่จะส่งถึงอนาคต

3. สภาพปัญหาและความต้องการของสังคมไทยได้บ่งชี้ในเรื่องใดที่ชัดเจน เช่นต้องการให้ ผู้เรียนได้ทราบถึงวิธีการของกระบวนการการเรียนรู้ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการสืบเสาะหาความรู้การปรับตัวให้เข้ากับสภาพของการเปลี่ยนแปลงของสังคมหรือต้องการให้ผู้เรียนไปเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงและทำประโยชน์ต่อสังคม

4. ความคาดหวังต่อการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับด้านใดมากน้อยกว่ากันหรือมุ่งเน้นด้านใด เช่นเปลี่ยนความรู้ เปลี่ยนเจตคติ และเปลี่ยนแนวการปฏิบัติเป็นต้น

การกำหนดระดับความหมายของหลักสูตรที่จะเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงว่าจะกระทำในรูปแบบใด เช่นกำหนดความหมายของหลักสูตรในแนวกว้างว่า "หลักสูตรคือมวลประสบการณ์ทั้งหลายที่ทางโรงเรียนจัดให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาตนเองไปในทิศทางที่พึงปรารถนา" จากการนิยามความหมายของหลักสูตรนี้ การเปลี่ยนแปลงหลักสูตรจะแตกต่างกันกับนิยามหลักสูตรในแนวแคบคือ "หลักสูตรคือข้อกำหนดการเรียน"

กระบวนการพัฒนาหลักสูตรทุกขั้นตอน จะดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผล จะต้องอาศัยความร่วมมือ ร่วมใจจากบุคคลหลายฝ่ายร่วมรับผิดชอบทั้งทางตรงและทางอ้อมด้วยความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและมีศรัทธาอย่างจริงใจในการปรับปรุงหลักสูตร แต่ข้อเท็จจริงในปัจจุบันปรากฏว่าทุกขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงก็ยังคงมีปัญหา และอุปสรรคเป็นปกติวิสัยโดยเฉพาะในขั้นตอนของการเริ่มที่จะเปลี่ยนแปลงและเริ่มดำเนินการพัฒนาหลักสูตร

1.2 หลักสูตรการฝึกอบรม

หลักสูตรการฝึกอบรมเป็นขั้นตอนที่ได้จากการวิเคราะห์ในสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วนำมาจัดทำเป็นหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อที่จะปรับเปลี่ยนทำให้ปัญหานั้น ๆ ลดน้อยลงโดยมีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้หลักเกณฑ์ทรรศนะไว้ดังนี้

รำไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:33) ได้ให้ทรรศนะว่า การจัดหลักสูตรการฝึกอบรมเป็นการดำเนินการจัดประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนตามความคาดหวัง โดยกำหนดขอบข่าย ลำดับขั้นตอนของประสบการณ์ ตลอดจนเนื้อหาและวิธีการที่ให้ผู้เรียนได้ทำ หรือมีประสบการณ์ โดยการจัดหลักสูตรการฝึกอบรม จะจัดเนื้อหาสาระตามรูปแบบการเรียนสอนได้ 3 ส่วน ดังนี้

1. เนื้อหาสาระที่ผู้เข้ารับการอบรมต้องรู้เป็นพื้นฐาน 30%

2. เนื้อหาสาระที่พัฒนาสมรรถภาพความรู้ความสามารถ และทักษะในการทำงานที่ปฏิบัติอยู่ 60%

3. เนื้อหาสาระที่เสริมการปฏิบัติงานที่อยู่ในความรับผิดชอบ 10%

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:35) ได้สรุปว่า หลักสูตรการฝึกอบรม หมายถึง ความรู้และประสบการณ์การเรียนรู้ที่จัดให้แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการของโครง

การ ส่วนที่สำคัญของหลักสูตรที่จะต้องพิจารณาได้แก่วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม เนื้อหาสาระที่จัดและควรระบุเป็นรายหัวข้อวิชาและระบุกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งรวมถึงการใช้สื่อในการเรียนการสอนและการประเมินผล

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:36) ได้ให้ทรรศนะของการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมว่า การจัดหลักสูตรนั้นจะต้องให้เหมาะสมและตรงกับความต้องการในการฝึกอบรม ซึ่งควรจะได้พิจารณาดังนี้คือ

1. เป็นวิชาที่ตอบสนองหรือแก้ปัญหาตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม หรือแก้ของหน่วยงาน

2. วิชาที่ระบุในหลักสูตร ควรกำหนดวัตถุประสงค์เป็นลายลักษณ์อักษร มีรายละเอียดหรือสาระสำคัญของวิชา เพื่อให้การดำเนินงานหรือการสอนของวิทยากร ตรงตามวัตถุประสงค์และความต้องการของผู้จัดการฝึกอบรม

3. พิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมแก่ความจำเป็นเวลาที่จะอำนวยประโยชน์ของผู้เข้าอบรมหรือช่วงที่หน่วยงานมีงานเข้ามาน้อย

4. คำนึงถึงการระดมทรัพยากรต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน

หลักสูตรฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการ ได้ให้ความหมายไว้นั้นสามารถสรุปได้ว่า หลักสูตรฝึกอบรมหมายถึง กระบวนการที่ถูกจัดทำขึ้นโดยมีเนื้อหาของโครงการที่จะฝึกอบรม และมีขั้นตอนในการจัดฝึกอบรมเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น

1.3 ความหมายของการฝึกอบรม

การฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่ทำการพัฒนาให้บุคคลมีความสามารถเพิ่มขึ้นโดยทุกสาขาวิชา ได้มีการนำกระบวนการฝึกอบรมไปปฏิบัติโดยมีนักวิชาการสาขา ได้ให้ความหมายของการฝึกอบรมไว้ตามทัศนะของแต่ละท่านดังนี้

ชูชัย สมิทธิไกร (2540:19) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรมคือ กระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ เพื่อสร้างหรือเพิ่มพูนความรู้ ทักษะ ความสามารถ และเจตคติ อันจะช่วยปรับปรุงให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น การฝึกอบรมจำแนกได้เป็นหลายประเภท โดยอาศัยเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น แหล่งของการฝึกอบรม ทักษะที่ต้องการฝึก เป็นต้น การฝึกอบรมเป็นระบบย่อยระบบหนึ่งของการจัดการทรัพยากรมนุษย์ภายในองค์การซึ่งมีปฏิสัมพันธ์และอิทธิพลกับระบบอื่น ๆ ขององค์การ การฝึกอบรมจึงมีบทบาทต่อการเสริมสร้างประสิทธิภาพขององค์การในหลาย ๆ ด้าน แต่ทั้งนี้ จะต้องเข้าใจว่าปัญหาแบบใดที่การฝึกอบรมสามารถมีส่วนช่วยแก้ไขได้ บทบาทและงานของนักจัดการฝึกอบรม จึงมีความผูกพันกับบาทของการฝึกอบรมในการเสริมสร้างประสิทธิภาพขององค์การ อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของการฝึกอบรมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับบทบาทของผู้บริหารองค์การอย่างแนบแน่น

สมเกียรติ พ่วงรอด (2544:132) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่จัดขึ้นเพิ่มพูนความรู้ ความชำนาญ และเปลี่ยนแปลงทัศนคติในการปฏิบัติงานได้ดีขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มพูนประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานต่อไปทั้งในปัจจุบันและในอนาคต

สมชาติ กิจยรรยง (2545:15) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการการที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดความรู้ (Knowledge) เกิดความเข้าใจ (Understanding) เกิดความชำนาญ (Skill) และเกิดเจตคติ (Attitude) ที่ดีเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จนกระทั่งให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้หรือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมอย่างมีประสิทธิผล และประสิทธิภาพ

รำไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:4) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรม หมายถึง เป็นขบวนการพัฒนาบุคลากรที่มีการวางแผนและดำเนินการอย่างเป็นระบบ เพื่อให้บุคลากรมีความรู้ความเข้าใจและความชำนาญ ตลอดจนประสบการณ์ เพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพทั้งในปัจจุบันและอนาคต

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:4) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการสำคัญที่จะช่วยพัฒนาหรือฝึกฝนเจ้าหน้าที่หรือบุคลากรใหม่ที่จะเข้าทำงานหรือที่ปฏิบัติงานประจำอยู่แล้วในหน่วยงาน ให้มีความรู้ความสามารถ ทักษะหรือความชำนาญ ตลอดจนประสบการณ์ให้เหมาะสมกับการทำงาน รวมถึงก่อให้เกิดความรู้สึก เช่น ทัศนคติที่ดีต่อการปฏิบัติงาน อันจะส่งผลให้บุคคลากรแต่ละคนในหน่วยงานหรือองค์การมีความสามารถเฉพาะตัวสูงขึ้น มีประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี ทำให้หน่วยงานหรือองค์กรมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

เสนาะ ติเยาว์ (2543:95) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการที่จัดขึ้นเพื่อให้บุคคลได้เรียนรู้และมีความชำนาญเพื่อวัตถุประสงค์อย่างหนึ่ง โดยมุ่งให้คนได้รู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ และเพื่อเปลี่ยนพฤติกรรมของคนไปในทางที่ต้องการ ตามความหมายดังกล่าว การฝึกอบรมเป็นทางทำให้ผู้รับการอบรมได้รับความรู้ใหม่ ๆ ได้ความชำนาญในการปฏิบัติงานมากขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาและทัศนคติที่จะปรับปรุงงาน เปลี่ยนแปลงงานให้ดีขึ้นตามแนวทางที่องค์การกำหนด

สมคิด บางโม (2540:4) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรม (training) หมายถึง กระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของบุคคลโดยมุ่งเพิ่มพูนความรู้ (knowledge) ทักษะ (skills) และทัศนคติ (attitude) อันจะนำไปสู่การยกมาตรฐานการทำงานให้สูงขึ้น ทำให้บุคคลมีความเจริญก้าวหน้าในหน้าที่การงาน และองค์การบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้นจะเห็นว่าการฝึกอบรมเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาบุคคลนั่นเอง

ฐีระ ประวาลพฤกษ์ (2538:4) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการเสริมสร้างสมรรถภาพบุคคลให้มีความรู้ ความสามารถ ทักษะ และทัศนคติ เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการทำงานในขอบเขตของการปฏิบัติงานเฉพาะด้าน อันมีผลต่อความสำเร็จขององค์การ

จากความหมายของการฝึกอบรมที่มีผู้เชี่ยวชาญ นักการศึกษาและนักวิชาการ ได้กล่าวมานั้น สามารถสรุปได้ว่า การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการในการพัฒนาบุคคลเพื่อที่จะทำให้บุคคลที่ผ่านการฝึกอบรมมีความสามารถสูงขึ้น

1.4 วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมเป็นหัวข้อหนึ่งในการฝึกอบรมที่จะอธิบายให้ทราบถึงเป้าหมายของการฝึกอบรมว่าสิ่งที่คาดว่าได้รับจากการฝึกอบรม ซึ่งมีนักการศึกษา นักวิชาการได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมไว้ดังนี้

ฐีระ ประวาลพฤกษ์ (2538:91-92) ได้ให้ความเห็นว่า การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ดี จะต้องให้ครอบคลุมจุดมุ่งหมายทางการศึกษา ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นจุดมุ่งหมายที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ทางด้านความคิด ความรู้และการแก้ปัญหา ซึ่งนักวิชาการศึกษาแบ่งไว้เป็นระดับตั้งแต่ความรู้ (knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) ไปจนถึงการประเมินค่า (Evaluation)

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นจุดมุ่งหมายที่แสดงออกทางด้านเจตคติ ค่านิยม ความสนใจและความซาบซึ้ง

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นจุดมุ่งหมายทางด้านทักษะของการเคลื่อนไหวการใช้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ตลอดจนการสื่อสารและการใช้ภาษา

ชูชัย สมิทธิไกร (2540:40) ได้ให้ความเห็นว่า การกำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม คือ การกำหนดเป้าหมายว่าการฝึกอบรมจะต้องเปลี่ยนแปลงความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้รับการอบรม ให้เป็นไปในทางใดและระดับใด การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการฝึกอบรม จะต้องไม่กระทำไปอย่างเลื่อนลอย เพ้อฝันไปตามจินตนาการ แต่จะต้องอาศัยข้อมูลที่ได้รับจากการวิเคราะห์ความต้องการในการฝึกอบรม เพื่อให้การฝึกอบรมสามารถสนองความต้องการและเป้าหมายขององค์การได้อย่างดีที่สุด

สมคิด บางโม (2540:15) ได้สรุปว่า วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. เพื่อเพิ่มพูนความรู้ ความรู้เป็นพื้นฐานในการนำไปสู่ความเข้าใจ เพื่อให้มีความสามารถในการปฏิบัติงานอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะได้ดี

2. เพื่อเพิ่มพูนทักษะ ความชำนาญหรือทักษะในการทำงานคือความคล่องแคล่วในการปฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่งได้โดยอัตโนมัติ เช่น การใช้เครื่องมือต่าง ๆ การขับรถ การขี่จักรยาน เป็นต้น

3. เพื่อเปลี่ยนแปลงทัศนคติ การฝึกอบรมสามารถเปลี่ยนแปลงทัศนคติไปในทางที่ดีพึงปรารถนา ซึ่งเป็นพื้นฐานทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคล ทัศนคติ คือความรู้สึกในด้านดีหรือไม่ดีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น เกิดความจงรักภักดีต่อบริษัท เกิดความสามัคคีในหมู่คณะ เกิดความภาคภูมิใจในสถาบัน เป็นต้น

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:5-7) ได้ให้ความเห็นว่า วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมโดยทั่วไปแล้วมีจุดมุ่งหมายเพื่อ

1. เพิ่มพูนความรู้ (Knowledge)

2. พัฒนาทักษะ (Skill)

3. เปลี่ยนแปลงเจตคติ (Attitude)

เมื่อบุคคลได้รับการฝึกอบรมทางด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติแล้วอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน เมื่อกลับไปปฏิบัติงาน จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือเจตคติในการปฏิบัติงาน ทำให้การปฏิบัติงานได้ผลดีขึ้น

1. เพิ่มพูนความรู้ (Knowledge)

การเพิ่มพูนความรู้หรือเสริมสติปัญญาหรือเพื่อปรับปรุงแก้ไขความรอบรู้เพื่อการปฏิบัติงานของแต่ละบุคคลในแต่ละดับเกี่ยวกับการเข้าใจกฎหมาย กฎ ระเบียบ ข้อบังคับ หน้าที่รับผิดชอบของแต่ละหน่วยงาน/บุคคล การเข้าใจการจัดการบริหาร รูปแบบการบริหาร ทำให้มีความรู้คือรู้ว่าสิ่งนั้นเป็นอะไร และสามารถจดจำไว้ได้ มีความเข้าใจคือรู้ในเหตุและผลของสิ่งที่ได้รู้นั้น สามารถอธิบายและขยายความได้อย่างถูกต้องและแจ่มชัด สามารถนำสิ่งที่รู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ นอกเหนือจากนี้แล้วการฝึกอบรมยังสามารถมุ่งสูงขึ้นให้ผู้เข้ารับการอบรม สามารถวิเคราะห์แยกแยะให้เห็นองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เป็นลำดับสัมพันธ์กันได้ สามารถสังเคราะห์ จัดเรียบเรียงและรวบรวมองค์ประกอบต่าง ๆ ที่กระจายกันอยู่เข้าเป็นแบบแผนหรือโครงสร้างใหม่ได้ และที่สำคัญคือสามารถประเมินค่า คือตัดสินคุณค่าของสิ่งใดตามเกณฑ์

ที่กำหนดได้ การเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจ อาจขยายไปถึงการเพิ่มขีดความสามารถในการนำไปใช้ปรับในสถานการณ์จริงด้วย เป็นการเสริมความรู้ความสามารถในวิชาชีพ

2. พัฒนาทักษะ (Skill)

การพัฒนาทักษะความชำนาญ เป็นจุดมุ่งหมายของการฝึกอบรมและการพัฒนามาช้านานรวมถึงตั้งแต่การจัดลำดับความสำคัญของงาน การแก้ไขสถานการณ์เฉพาะหน้า การเพิ่มความมั่นใจในการตัดสินใจทำให้สามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและคล่องตัว จนมีความเชื่อมั่นว่าจะสามารถทำได้เองในสถานการณ์จริงของท้องถิ่นและความพร้อมของตน การเพิ่มจำนวนครั้งหรือความถี่ในการฝึกปฏิบัติให้มีประสบการณ์และทักษะในการทำงานสูงนั้น ก่อให้เกิดความมั่นใจได้เป็นอย่างดี สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องโดยใช้เวลาที่น้อยลง

3. เปลี่ยนแปลงเจตคติ (Attitude)

เมื่อสร้างเจตคติที่ดีที่เหมาะสมแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม ทำให้มีกำลังใจหรือขวัญที่ดีในการทำงาน สามารถทำงานของตนได้ด้วยความยินดีและพอใจ และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ด้วยความสบายใจ การฝึกอบรมโดยทั่วไปมักมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงแก้ไขความรอบรู้เพื่อการปฏิบัติงาน และเพิ่มทักษะความชำนาญการ แต่ละเลยการจูงใจบุคลากรให้ปฏิบัติงานในหน้าที่ให้ดีขึ้น ทั้งที่การจูงใจบุคลากรเป็นเรื่องสำคัญอีกเรื่องหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึง เพราะหากบุคลากรมีความรู้และทักษะในการทำงาน แต่ขาดแรงจูงใจในการทำงานก็จะไม่นำความรู้และทักษะมาใช้ในการปฏิบัติงานอย่างเต็มความสามารถ และการขาดความจูงใจในการปฏิบัติงานอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่บุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมและการพัฒนา ไม่นำความรู้และทักษะที่ได้รับมาใช้ในการปฏิบัติในการปฏิบัติงานอย่างเต็มความสามารถ ทำให้การฝึกอบรมไม่เกิดผลตามกำหนดไว้

จากรายละเอียดของวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา และนักวิชาการได้กล่าวไว้นั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม เป็นแนวทางหลักที่จะเป็นการกำหนดให้การฝึกอบรมมีแนวทางในการฝึกกอบรมที่ชัดเจนโดยลักษณะของวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมนั้นมุ่งที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลไปในทางที่ดีขึ้น

1.5 ความสำคัญและประโยชน์ของการฝึกอบรม

การฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นให้บุคคลมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นทั้งความรู้ทักษะและเจตคติ ดังนั้น การฝึกอบรมจึงมีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างยิ่งโดยได้มีนักการศึกษาและนักวิชาการได้แสดงทรรศนะได้ดังนี้

สมคิด บางโม (2540:15-16) ได้สรุปว่า องค์การต่าง ๆ จำเป็นต้องจัดให้มีการฝึกอบรมเพราะสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1. เพื่อความอยู่รอดขององค์การเอง เพราะปัจจุบันมีสภาพการแข่งขันระหว่างองค์การรุนแรงมาก การฝึกอบรมจะช่วยให้องค์การเข้มแข็ง และช่วยให้พนักงานมีประสิทธิภาพในการทำงานยิ่งขึ้น

2. เพื่อให้องค์การเจริญเติบโต มีการขยายผลิต การขาย และการขยายงานด้านต่าง ๆ ออกไป ในการนี้จำเป็นต้องสร้างบุคคลที่มีความสามารถเพื่อที่จะรองรับงานเหล่านั้น

3. เมื่อรับพนักงานใหม่จำเป็นต้องให้เขารู้จักองค์การเป็นอย่างดีในทุก ๆ ด้าน และต้องฝึกอบรมให้รู้วิธีทำงานขององค์การ แม้จะมีประสบการณ์มาจากที่อื่นแล้วก็ตาม เพราะสภาพการทำงานในแต่ละองค์การย่อมแตกต่างกัน

4. ปัจจุบันเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้าไปรวดเร็วมาก จึงจำเป็นต้องฝึกอบรมพนักงานให้มีความรู้ทันสมัยเสมอ ถ้าพนักงานมีความคิดล้าหลัง องค์การก็จะล้าหลังตามไปด้วย

5. เมื่อพนักงานทำงานมาเป็นเวลานานจะทำให้เฉื่อยชา เบื่อหน่าย ไม่กระตือรือร้น การฝึกอบรมจะช่วยกระตุ้นให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

6. เพื่อเตรียมพนักงานสำหรับรับตำแหน่งใหม่ที่สูงขึ้น โยกย้ายงานหรือแทนคนที่ลาออกไป

สมคิด บางโม (2540:16) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรมนอกจากเป็นสิ่งจำเป็นในการแก้ปัญหาภายในขององค์การแล้ว ยังก่อให้เกิดประโยชน์แก่ส่วนต่าง ๆ ขององค์การอย่างเห็นได้ชัดดังนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต
2. ทำให้ผลผลิตมีคุณภาพสูงขึ้น
3. พนักงานมีขวัญและกำลังใจดีขึ้น
4. ทำให้พนักงานมีความรู้มีความชำนาญในวิทยาการใหม่ ๆ
5. ทำให้ระบบข่าวสารภายในองค์การดีขึ้น
6. ลดเวลาการเรียนรู้งาน
7. พนักงานแต่ละคนมีโอกาสก้าวหน้าได้เลื่อนตำแหน่ง
8. ลดอุบัติเหตุในการทำงาน
9. เป็นประโยชน์ต่อการบริหารงาน

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:14) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรมช่วยพัฒนาบุคลากรให้มีคุณภาพสูงขึ้น ในยุคของข้อมูลข่าวสารเทคโนโลยีอันทันสมัยที่สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอและเป็นไปอย่างรวดเร็ว การพัฒนา "คน" ให้มีความเหมาะสมกับ "งาน" และให้ "งาน" มีความเหมาะสมกับ "คน" จำเป็นต้องดำเนินอย่างเป็นระบบต่อเนื่อง จริงอยู่ถึงแม้ว่าการฝึกอบรมจะไม่ช่วยแก้ไขปัญหาในการทำงานได้ทุกเรื่อง แต่การฝึกอบรมที่จัดอย่างมีเป้าหมายและมีการวางแผนที่ดีก็ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของงานได้มิใช่น้อย ซึ่งในการวัดหรือการประเมินอาจดูได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้น การลงทุนที่ต่ำลงหรือกำไรที่ได้เพิ่มขึ้น อุบัติเหตุในการทำงานลดน้อยลง งานดำเนินไอย่างรวดเร็วขึ้น หรืออาจมองในรูปของความสามารถในการให้บริการแก่ผู้มาติดต่อได้มากขึ้นและทั่วถึง

จากความสำคัญและประโยชน์ของการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา และนักวิชาการได้กล่าวไว้นั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ความสำคัญและประโยชน์ของการฝึกอบรม เป็นผลที่ส่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่จะทำให้บุคคลมีความสามารถสูงขึ้นและทำให้องค์กรได้รับผลประโยชน์ในด้านการปฏิบัติงานและความคิดที่ดีต่องานที่ปฏิบัติ

1.6 ประเภทของการฝึกอบรม

การฝึกอบรม ในองค์การหรือหน่วยงานต่าง ๆ มีรูปแบบของการฝึกอบรมที่แตกต่างกันออกไป ตามความต้องการหรือความเหมาะสมขององค์การหรือหน่วยงานนั้น ในการจัดแบ่งประเภทของการฝึกอบรมได้มีนักวิชาการหลาย ๆ ท่านได้จัดแบ่งประเภทของการฝึกอบรมไว้ดังนี้

ชูชัย สมิทธิไกร (2540:8-10) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรมบุคลากรมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท และสามารถจำแนกตามเกณฑ์ต่าง ๆได้ ดังต่อไปนี้

1. แหล่งของการฝึกอบรม เกณฑ์ประเภทนี้บ่งถึงแหล่งของผู้รับผิดชอบการฝึกอบรม ซึ่งแบ่งได้เป็นสองลักษณะคือ

1.1 การฝึกอบรมภายในองค์การ (in-house training) การฝึกอบรมแบบนี้เป็นสิ่งที่องค์การจัดขึ้นเองภายในสถานที่ทำงาน โดยหน่วยฝึกอบรมขององค์การจะเป็นผู้ออกแบบและพัฒนาหลักสูตร กำหนดตารางเวลา และเชิญผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอกองค์การมาเป็นวิทยากร การฝึกอบรมประเภทนี้มีข้อดีตรงที่ว่า องค์การสามารถกำหนดหลักสูตรการฝึกอบรม ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพการดำเนินงานขององค์การได้อย่างเต็มที่ แต่ข้อเสียก็คือ องค์การจะต้องทุ่มเททรัพยากรทั้งในด้านกำลังคน และเงินทองให้แก่การฝึกอบรมประเภทนี้มากพอสมควร เนื่องจากจำเป็นจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินการทั้งหมดตั้งแต่การออกแบบและพัฒนาหลักสูตร การจัดหาวิทยากร การจัดหาด้านต่าง ๆ รวมทั้งการประเมินผล

1.2 การซื้อการฝึกอบรมจากภายนอก การฝึกอบรมประเภทนี้มิได้เป็นสิ่งที่องค์การจัดขึ้นเอง แต่เป็นการจ้างองค์การฝึกอบรมภายนอกให้เป็นผู้จัดการฝึกอบรมแทน หรืออาจจะเป็นส่งพนักงานเข้ารับการฝึกอบรม ซึ่งจัดขึ้นโดยองค์การภายนอก องค์การที่รับจัดการฝึกอบรมให้แก่ผู้อื่นมีอยู่ด้วยกันหลายองค์การ ตัวอย่างเช่น สมาคมการจัดการงานบุคคลแห่งประเทศไทย (PMAT) ศูนย์เพิ่มผลผลิตแห่งประเทศไทย สมาคมการจัดการธุรกิจแห่งประเทศไทย สมาคมการตลาดแห่งประเทศไทย สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) และกองฝึกอบรม กรมแรงงาน เป็นต้น การซื้อการฝึกอบรมจากภายนอก มักจะเป็นที่นิยมขององค์การที่มีขนาดเล็ก มีพนักงานไม่มาก และไม่มีหน่วยฝึกอบรมเป็นของตนเอง

2. การจัดประสบการณ์การฝึกอบรม เกณฑ์ข้อนี้บ่งบอกว่าการฝึกอบรมได้รับการจัดขึ้นในขณะที่ผู้รับการอบรมกำลังปฏิบัติงานอยู่ด้วย หรือหยุดพักการปฏิบัติงานไว้ชั่วคราว เพื่อรับการอบรมในห้องเรียน

2.1 การฝึกอบรมในงาน (on-the-job training) การฝึกอบรมประเภทนี้จะกระทำโดยการให้ผู้รับการฝึกอบรมลงมือปฏิบัติงานจริง ๆ ในสถานที่ทำงานจริง ภายใต้การดูแลเอาใจใส่ของพนักงานซึ่งทำหน้าที่เป็นพี่เลี้ยง โดยการแสดงวิธีการปฏิบัติงานพร้อมทั้งอธิบายประกอบ จากนั้นจึงให้ผู้รับการอบรมปฏิบัติตาม พี่เลี้ยงจะคอยดูแลให้คำแนะนำและช่วยเหลือหากมีปัญหาเกิดขึ้น

2.2 การฝึกอบรมนอกงาน (off-the-job training) ผู้รับการฝึกอบรมประเภทนี้จะเรียนรู้สิ่งต่างๆ ในสถานที่ฝึกอบรมโดยเฉพาะ และต้องหยุดพักการปฏิบัติงานภายในองค์การไว้เป็นเวลาชั่วคราวจนกว่าการฝึกอบรมจะเสร็จสิ้น

3. ทักษะที่ต้องการฝึก หมายถึง สิ่งที่การฝึกอบรมต้องการเพิ่มพูนหรือสร้างขึ้นในตัวผู้รับการอบรม

3.1 การฝึกอบรมทักษะด้านเทคนิค (technical skills training) คือ การฝึกอบรมที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานด้านเทคนิค เช่น การบำรุงรักษาเครื่องจักร การวิเคราะห์สินเชื่อ การซ่อมแซมรถยนต์ เป็นต้น

3.2 การฝึกอบรมทักษะด้านการจัดการ (managerial skills training) คือ การฝึกอบรมเพื่อเพิ่มพูนความรู้ และทักษะด้านการจัดการและบริหารงานโดยส่วนใหญ่แล้ว ผู้รับการฝึกอบรมมักจะมีตำแหน่งเป็นผู้จัดการหรือหัวหน้างานขององค์การ

3.3 การฝึกอบรมทักษะด้านการติดต่อสัมพันธ์ (interpersonal skills training) การฝึกอบรมประเภทนี้มุ่งเน้นให้ผู้รับการฝึกอบรม มีการพัฒนาทักษะในด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น รวมทั้งการมีสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อนร่วมงาน

4. ระดับชั้นของพนักงานที่เข้ารับการฝึกอบรม หมายถึง ระดับความรับผิดชอบในงานของผู้เข้ารับการอบรม

4.1 การฝึกอบรมระดับพนักงานปฏิบัติการ (employee training) คือ การฝึกอบรมที่จัดให้แก่พนักงานระดับปฏิบัติการ ซึ่งทำหน้าที่ผลิตสินค้าหรือให้บริการแก่ลูกค้าโดยตรง โดยมักจะเป็นการฝึกอบรมที่เกี่ยวข้องกับลักษณะและขั้นตอนการปฏิบัติงาน เช่น การซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องจักร การโต้ตอบทางโทรศัพท์ หรือ เทคนิคการขาย เป็นต้น

4.2 การฝึกอบรมระดับหัวหน้างาน (supervisory training) คือ การฝึกอบรมที่มุ่งเน้นกลุ่มพนักงานที่ดำรงตำแหน่งเป็นผู้บริหารระดับต้นขององค์การโดยส่วนใหญ่แล้ว การฝึกอบรมประเภทนี้มักจะมีหลักสูตรที่ให้ความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับการบริหารงาน

4.3 การฝึกอบรมระดับผู้จัดการ (managerial training) กลุ่มเป้าหมายของการฝึกอบรมประเภทนี้คือ กลุ่มพนักงานระดับผู้จัดการฝ่ายหรือผู้จัดการระดับกลางขององค์การ เนื้อหาของการฝึกอบรมแบบนี้ก็จะมุ่งเน้นให้ผู้รับการฝึกอบรม มีความรู้ความเข้าใจในหลักการจัดการและบริหารงานที่ลึกซึ้งมากขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้สามารถบริหารงานและจัดการคนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.4 การฝึกอบรมระดับผู้บริหารชั้นสูง (executive training) การฝึกอบรมประเภทนี้มุ่งเน้นให้ผู้รับการอบรมซึ่งเป็นผู้บริหารระดับสูงขององค์การ อาทิ ผู้อำนวยการฝ่าย กรรมการบริหาร ประธานและรองประธานบริษัท มีความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับการบริหารองค์การ เช่น การวางแผนและการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ (strategic planning and decision-making) หรือ การพัฒนาองค์การ (organizational development) เป็นต้น

สมชาติ กิจยรรยง (2545:137) ได้ให้ความเห็นว่า เทคนิคการฝึกอบรม (Training Technique) หมายถึง วิธีการที่ใช้ในการสื่อสารหรือถ่ายทอดความรู้ ความคิดเห็น ข้อเท็จจริง ประสบการณ์ หรือ ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ ความเข้าใจ เกิดทัศนคติที่ดี และมีความสามารถในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ

สมชาติ กิจยรรยง (2545:139-140) ได้สรุปว่าว่า เทคนิคการฝึกอบรม จำแนกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. ประเภทการเน้นบทบาทของวิทยากร เทคนิคการฝึกอบรมประเภทนี้ ได้แก่ การบรรยายหรือ ปาฐกถา (Lecture or Speech) การบรรยายเป็นชุด (Symposium) การอภิปรายเป็นคณะ (Panel Discussion) เป็นต้น

2. ประเภทเน้นบทบาทของผู้เข้ารับการอบรม เช่น การสัมมนา (Seminar) การอภิปรายกลุ่ม(Group Discussion) การประชุม (Syndicate Method) การระดมความคิด (Brainstorming) การแสดงบทบาทสมมุติ (Role Playing) การประชุมถกเถียง (Buzz Session) การศึกษาเฉพาะกรณี (Case Study) การให้เวลาซักถาม (Question Period) การสัมภาษณ์ (Interview) การสาธิต (Demonstration) การประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) การทัศน์ศึกษา (Field Trip) เป็นต้น

3. ประเภทพัฒนาเฉพาะตัวบุคคล ผู้เข้ารับการฝึกอบรม สามารถปรับให้เข้ากับระดับความสามารถในการเรียนรู้ และความสะดวกของตนได้ เช่น การสอนแบบสำเร็จรูป (Programmed Instruction) การสอนแนะ (Coaching)

4. ประเภทใช้สื่อโสตทัศน์ในการฝึกอบรม เช่น การสกลนคร (Slide/Tape Presentation) การใช้ภาพยนตร์ (Instructional Film) คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

เสนาะ ติเยาว์ (2543:99-101) ได้ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรมอาจแยกได้หลายประเภทตามลักษณะของจุดมุ่งหมาย ผู้เข้ารับการอบรมและระยะเวลาในการอบรม แต่ที่น่าสังเกตก็คือ การฝึกอบรมก็เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับความรู้ความชำนาญ การแบ่งประเภทของการฝึกอบรมจะถือสิ่งใดเป็นเกณฑ์ก็ตาม ก็มุ่งผลอยู่ที่ผู้เข้ารับการอบรม การแบ่งต่อไปนี้ เป็นการแบ่งตามลักษณะของผู้เข้ารับการอบรมคือ

1. การฝึกอบรมแบบปฐมนิเทศ (Induction or Orientation)
2. การฝึกอบรมโดยการทำงาน (On the Job Training)
3. การฝึกอบรมในห้องทดลองปฏิบัติงาน (Vestibule Training)
4. การฝึกหัดช่างฝีมือ (Apprenticeship Training)
5. การฝึกงาน (Internship Training)
6. การฝึกอบรมพิเศษ (Special Purpose Program)

1. การฝึกอบรมแบบปฐมนิเทศ การปฐมนิเทศก็คือ การแนะนำคนเข้าทำงานใหม่ให้ได้รับทราบเรื่องราว ต่าง ๆ ของบริษัท เช่น ประวัติความเป็นมาของบริษัท นโยบาย หน้าที่งาน หน่วยงานที่ทำ เงื่อนไขของการจ้างทำงาน ค่าจ้าง บุคคลชั้นผู้บริหาร เพื่อนร่วมงานและสภาพแวดล้อมในการทำงาน การปฐมนิเทศเป็นเครื่องมือประการแรกที่จะปรับทีท่าของพนักงานเข้าใหม่ให้คุ้นเคยกับองค์การ วัตถุประสงค์ที่สำคัญก็คือ เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีของคนงานต่อองค์การให้เข้าใจถึงนโยบายงานและการบังคับบัญชา ช่วยให้คนงานรู้สึกว่าตนเองเป็นส่วนหนึ่งขององค์การ ส่งเสริมขวัญและความกระตือรือร้นในการทำงาน เพราะก่อนที่คนงานจะเข้าทำงานในองค์การบุคคลเหล่านี้อาจไม่มีความรู้เกี่ยวกับองค์การ หรือได้ยินได้ฟังมาจากสังคมในทางที่ไม่ถูกต้อง จึงจำเป็นจะต้องจัดให้มีการปฐมนิเทศ ซึ่งเป็นการทำให้คนงานใหม่เริ่มต้นที่ถูกต้อง

2. การฝึกอบรมโดยการทำงาน การฝึกอบรมประเภทนี้เป็นที่นิยมกันมาก เพราะเป็นการสอนให้มีการทำงานกันจริง ๆ โดยไม่ต้องอาศัยโรงเรียนที่ฝึกหัดงานเป็นพิเศษ ใช้สถานที่ทำงานจริงเป็นที่ฝึกอบรม สภาพแวดล้อมในการฝึกอบรมกับสถานที่ทำงานจึงไม่แตกต่างกัน การฝึกอบรมนี้ในขั้นต้นจะต้องกำหนดขึ้นมาเสียก่อนว่า ผู้เข้ารับการอบรมจะต้องรู้อะไร โดยวิธีใดผู้ทำหน้าที่ฝึกอบรมก็คือหัวหน้าหน่วยงานที่คนงานใหม่ได้รับการบรรจุเขาจะต้องเข้าใจในหลักการฝึกอบรม วิธีการและสนใจในตัวบุคคลผู้จะได้รับการฝึกหัดจากการทำงานผู้เข้ารับการอบรมจะต้องเข้าใจและจำวิธีการทำงานโดยผู้สอนจะต้องอธิบายหลักการให้ทราบเสียก่อน แล้วจึงสอนเทคนิคในการปฏิบัติ

3. การฝึกอบรมในห้องทดลองปฏิบัติงาน การฝึกอบรมประเภทนี้จัดขึ้นในห้องเรียนมีลักษณะคล้ายกับสถานที่ทำงานจริง ทั้งเครื่องมือและสภาพการทำงาน สำหรับการฝึกอบรมงานประเภทง่าย ๆ และสำหรับระยะเวลาสั้น ใช้เพื่อฝึกหัดคนจำนวนมาก ๆ ให้ทำงานในเวลาเดียวกัน โดยมีลักษณะการทำงานเหมือนกัน การฝึกมีลักษณะให้คนเรียนรู้งานมากกว่า ซึ่งคุณสมบัติของผู้สอนเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง งานส่วนใหญ่ก็ได้แก่ งานเสมียน งานคุมเครื่องจักร พิมพ์ดีด ผู้ตรวจและพนักงานรับจ่ายเงินธนาคาร

4. การฝึกหัดช่างฝีมือ การฝึกอบรมประเภทนี้จัดทำขึ้นเพื่อฝึกอบรมคนงานประเภทช่างฝีมือ ซึ่งมีหลักสูตรสูงกว่า 2 วิธี ที่กล่าวมาแล้วทั้งทางความรู้และความชำนาญของผู้เข้ารับการอบรมคือ อาจใช้วิธีการอบรมโดยให้ทำงาน กับการฝึกอบรมในห้องเรียน งานที่ต้องฝึกอบรมประเภทนี้ได้แก่ ช่างโลหะ ช่างตัดผม ช่างไม้ ช่างไฟฟ้า ช่างแกะสลัก ช่างทาสี ช่างพิมพ์และงานเจียรนัยเพชรพลอย เป็นต้น

5. การฝึกงานเป็นโครงการอบรมที่จัดขึ้นร่วมกันระหว่างโรงเรียนและองค์การธุรกิจวิธีการก็คือ เลือกนักเรียนขึ้นมาจำนวนหนึ่งให้ศึกษาวิชาการอย่างหนึ่งจนจบหลักสูตรที่กำหนดไว้แล้วให้นักเรียนกลุ่ม

นั้นไปทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นงานที่ต้องอาศัยความรู้ความสามารถตามหลักสูตรที่เรียนมาจากโรงเรียนนั้นเป็นระยะเวลาหนึ่งจนเห็นว่า พอที่จะออกไปทำงานจริง ๆ ได้ ซึ่งเท่ากับสอนภาคทฤษฎีที่โรงเรียนและภาคปฏิบัติที่โรงงานจนกระทั่งสามารถปฏิบัติงานได้ การฝึกอบรมประเภทนี้ตามปกติใช้กับงานที่ต้องการความรู้ความชำนาญสูงหรืองานอาชีพ เช่น หมอ ทนายความ นักบัญชี เป็นต้น การฝึกหัดงานมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญให้ผู้รับการฝึกงานมีความรู้สมดุลกันระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ นักเรียนก็จะนำเอาประสบการณ์จากการทำงานในระยะหนึ่งมาเสริมสร้างความรู้ภาคทฤษฎีที่ตนเรียนมาในห้องเรียนให้มีความเข้าใจยิ่งขึ้นจะได้เห็นความแตกต่างระหว่างทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เป็นการกระตุ้นให้ผู้รับการอบรมกระตือรือร้นที่จะทำงานในอาชีพนั้นมากขึ้น อย่างไรก็ตามก็มีผลเสียอยู่บ้างเนื่องจากเป็นวิธีที่ชักช้าเสียเวลาใช้เวลานานหากไม่มีความอดทนพอก็จะรอไม่ได้ทั้งผู้รับการอบรมและบริษัทเอง โดยเฉพาะผู้รับการฝึกหัดงานที่ไม่มีความตั้งใจพออาจจะละทิ้งไปเสียกลางคันก็ได้

6. การฝึกอบรมพิเศษ ในบางกรณี นายจ้างอาจจัดหลักสูตรพิเศษขึ้นในบริษัทของตนสำหรับฝึกอบรมพนักงาน เพื่อจุดมุ่งหมายอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้โดยนายจ้างเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายทั้งหมดหรืออาจส่งพนักงานออกไปฝึกงานกับสถาบันการศึกษา หรือองค์การอื่นใดเข้ารับการอบรมที่จัดทำขึ้นเป็นครั้งคราว

7. การฝึกอบรมจะต้องสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เข้ารับการอบรม โอเวนส์ (Robert G. Owens) ได้ให้ข้อคิดเกี่ยวกับแรงจูงใจว่า คนทุกคนมีความต้องการของตนเอง เช่น ความต้องการของคนงานคืองาน ถ้าเราจ่ายค่าตอบแทนให้สูง จะทำให้เขาทำงานได้ดี จุดประสงค์ของโอเวนไดย ต้องการชี้ให้เห็นว่า การจ่ายค่าตอบแทนสูงเป็นแรงจูงใจสำคัญอันมีผลต่อการทำงาน การนำหลักการนี้มาใช้ในการฝึกอบรม จะต้องทำให้ผู้เข้ารับการอบรมมองเห็นประโยชน์หรือความจำเป็นว่าการเรียนรู้จะมีผลต่อการปฏิบัติงานที่ดีขึ้นผลที่ตามมาคือ ความก้าวหน้าในการทำงาน จะทำให้ผู้เข้าอบรมเข้าใจ ใส่ใจต่อการเข้ารับการฝึกอบรม ซึ่งหลักการของโอเวนไดยสอดคล้องกับหลักการของ แฮริส (Jr.O.Jeff Harris)[5] ว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะตอบสนองโปรแกรมฝึกอบรมมากที่สุด ถ้าผู้เข้ารับการอบรมทราบว่า การเรียนรู้ที่จะได้รับมีความจำเป็นต่อหน้าที่ความรับผิดชอบและตัวผู้เข้ารับการอบรมเพียงใด ช่วยตอบสนอง การแก้ปัญหาและความต้องการเพียงใด นั่นคือ การฝึกอบรมจะต้องสร้างแรงจูงใจให้เกิดขึ้น และจะต้องมีการเสริมแรง (Reinforcement) ในขณะฝึกอบรมด้วย

ฐีระ ประวาลพฤกษ์ (2538:61-62) ได้ให้ความเห็นว่า การจัดแบ่งประเภทของการฝึกอบรม จัดได้หลายลักษณะ ผู้รับผิดชอบหรือเจ้าหน้าที่จัดฝึกอบรมจะต้องทราบประเภทของการฝึกอบรม เพื่อทราบกลุ่มคนที่เข้าฝึกอบรมว่าเป็นพวกไหน มีความรู้และประสบการณ์เพียงใด จะได้จัดเนื้อหาสาระ (Course Content) ตลอดจนการเลือกใช้เทคนิค และวิธีการฝึกอบรมให้สอดคล้องกับลักษณะและความต้องการของการอบรมนั้น ๆ การแบ่งประเภทการฝึกอบรมอาจแบ่งได้ ดังนี้

1. การแบ่งประเภทตามลักษณะก่อนหลังของการเข้าทำงาน แบ่งได้ 2 ประเภท

1.1 การฝึกอบรมก่อนเข้าทำงาน (Per-service training) เช่น การปฐมนิเทศ (Orientation) การแนะทำงาน (Induction training) เพื่อให้ผู้เข้าทำงานมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์การและงานที่จะต้องทำให้สามารถทำได้ถูกต้อง

1.2 การฝึกอบรมระหว่างทำงาน (In-service training) เช่น การฝึกอบรมที่ใช้การเสนอแนะ (Coaching) การสาธิต (Demonstration) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาการทำงานให้ดีขึ้น

2. การแบ่งประเภทตามจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม แบ่งเป็น 2 ประเภท

2.1 การฝึกอบรมเป็นรายบุคคล (Individual Training) เป็นการฝึกอบรมที่ใช้เทคนิควิธีสอนตัวต่อตัว การเรียนด้วยตนเอง (Self Development) เป็นต้น

2.2 การฝึกอบรมเป็นกลุ่ม (Group Training) เป็นการฝึกอบรมที่มีผู้เข้ารับการอบรมครั้งละหลาย ๆ คน จำนวนคนขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้เทคนิคและขีดจำกัดของวัสดุอุปกรณ์ เช่น การอบรมการใช้คอมพิวเตอร์ การอบรมแต่ละรุ่นคงรับจำนวนได้ไม่มาก หรือการฝึกอบรมที่ใช้เทคนิคการใช้สถานการณ์จำลอง กรณีศึกษาก็ต้องจำกัดจำนวนคน แต่ถ้าการอบรมที่ใช้วิธีการบรรยาย สามารถจัดเป็นกลุ่มใหญ่ได้

3. การแบ่งประเภทตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

3.1 การฝึกอบรมเพื่อเข้าสู่ตำแหน่งใหม่ (Promotions) เป็นการฝึกอบรมเพื่อเตรียมคนเข้าสู่ตำแหน่งหน้าที่ ที่จะต้องรับผิดชอบสูงขึ้น หรือหน้าที่ใหม่ เช่น การฝึกอบรมผู้ที่จะทำหน้าที่หัวหน้าคนงาน ผู้ที่จะเป็นผู้จัดการสาขา ผู้ที่เข้าสู่ตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายเทคนิค วิธีที่จะใช้ ได้แก่ การแสดงบทบาทสมมติ กรณีศึกษา และการศึกษาจากพฤติกรรมที่เป็นจริง (Modeling Behavior)

3.2 การฝึกอบรมเพื่อเสริมสมรรถภาพในการปฏิบัติงาน เป็นการฝึกอบรมที่ต้องจัดให้ทั้งผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงาน ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โกลด์สไตน์ และซอร์เซอร์ (Arnold Goldstein and Melvin Sorcher)[6] เชื่อว่าการเปลี่ยน ระดับของผลการทำงานของผู้ปฏิบัติให้สูงขึ้นต้องเปลี่ยนแปลงลักษณะการบังคับบัญชาของผู้บริหารระดับต้น ซึ่งอยู่ใกล้ชิดกับผู้ปฏิบัติงานด้วย การฝึกอบรมผู้บริหารจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ตอบสนองแนวคิดของโกลด์สไตน์ กับซอร์เซอร์ การอบรมเสริมสมรรถภาพทำได้ดังนี้

- การฝึกอบรมทางด้านมนุษยสัมพันธ์ (Human relation) ให้แก่ ผู้บริหารที่ต้องทำงานกำกับดูแลงาน (Supervision) เทคนิควิธีที่ใช้จะเป็นการบรรยาย และการใช้บทบาทสมมติ
- การฝึกอบรมให้ความรู้ทั่วไป (General Education) เพื่อให้เข้าใจเรื่องการบริหารงาน และการจัดองค์การสมัยใหม่การดำเนินธุรกิจในปัจจุบันและอนาคตเทคนิคที่อาจจะใช้การบรรยายประกอบวีดีทัศน์ การศึกษาดูงาน
- การฝึกอบรมทางด้านทักษะ (Skill training) เช่น การอบรมการใช้เทคโนโลยีหรือเครื่องมือสำหรับการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน เทคนิควิธีที่นำมาใช้จะเป็นการบรรยายประกอบการสาธิต การใช้สถานการณ์จำลอง และการฝึกในสถานการณ์ที่เป็นจริง
- การพัฒนาตนเอง (Self Development) เป็นการกระตุ้นให้คนในองค์การได้ตื่นตัวที่จะไฝ่หาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีผลต่อการทำงานในหน้าที่ด้วย การพัฒนาอาจศึกษาจากเอกสารตำรา สนทนาสัมภาษณ์ผู้มีความรู้ หรือศึกษาสังเกตจากการปฏิบัติจริง

4. การแบ่งประเภทตามลักษณะวิธีการฝึกอบรมทั่ว ๆ ไป แบ่งเป็น 2 ประเภท

4.1 การฝึกปฏิบัติงานปกติในที่ทำการ (On-the-job training) เป็นการฝึกปฏิบัติงานที่ทำจริง ๆ เพื่อให้คนงานเข้าใจวิธีการทำงาน และเกิดทักษะในการปฏิบัติงาน ลักษณะการฝึกปฏิบัติจะเป็นแบบทำไป เรียนรู้ไป อาจมีการอธิบายประกอบหรือการสาธิตเพิ่มเติม

4.2 การฝึกปฏิบัติงานนอกที่ทำการ (Off-the-Job training) เป็นการฝึกอบรมที่เตรียมให้คนงานพร้อมที่จะเข้าไปสู่การปฏิบัติงานจริง เพราะงานบางงานต้องเสี่ยงกับการเกิดอุบัติเหตุ และต้องการเทคนิคเฉพาะทาง เช่น งานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักรกล เทคนิคการฝึกอบรมมีทั้งการ

บรรยาย การอภิปราย การสาธิต การทดลองปฏิบัติในสถานการณ์จำลอง การฝึกอบรมแบบนี้ช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการต้องปฏิบัติจริง และช่วยลดอุบัติเหตุในการทำงาน

จากประเภทของการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา และนักวิชาการได้กล่าวไว้นั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าประเภทของการฝึกอบรม นั้นได้มีหลักใหญ่อยู่ 3 หลักที่เห็นว่าทุกประเภทของการฝึกอบรมมีความเกี่ยวข้องกันคือ การฝึกอบรมจะฝึกอบรมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การฝึกอบรมจะฝึกอบรมตามจำนวนผู้เข้าอบรม และการฝึกอบรมจะสอดคล้องกับการปฏิบัติงาน

1.7 เทคนิคการฝึกอบรม

การฝึกอบรม ในองค์การหรือหน่วยงานต่าง ๆ ได้มีการนำการนำเสนอเนื้อหาในการฝึกอบรมมาใช้กันหลากหลายในการฝึกอบรม โดยในการจัดการฝึกอบรมจึงได้มีการนำเทคนิคการฝึกอบรมมาใช้กันอย่างมากมายโดยได้มีนักวิชาการหลาย ๆ ท่านได้กล่าวไว้ดังนี้

สมชาติ กิจยรรยง (2545:137) ได้ให้ความเห็นว่า เทคนิคการฝึกอบรม (Training Technique) หมายถึง วิธีการที่ใช้ในการสื่อสารหรือถ่ายทอดความรู้ ความคิดเห็น ข้อเท็จจริง ประสบการณ์ หรือ ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ ความเข้าใจ เกิดทัศนคติที่ดี และมีความสามารถในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ

สมชาติ กิจยรรยง (2545:139-140) ได้ให้ทรรศนะว่า เทคนิคการฝึกอบรม จำแนกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. ประเภทการเน้นบทบาทของวิทยากร เทคนิคการฝึกอบรมประเภทนี้ ได้แก่ การบรรยาย หรือ ปาฐกถา (Lecture or Speech) การบรรยายเป็นชุด (Symposium) การอภิปรายเป็นคณะ (Panel Discussion) เป็นต้น

2. ประเภทเน้นบทบาทของผู้เข้ารับการอบรม เช่น การสัมมนา (Seminar) การอภิปรายกลุ่ม (Group Discussion) การประชุม (Syndicate Method) การระดมความคิด (Brainstorming) การแสดงบทบาทสมมุติ (Role Playing) การประชุมถกเถียง (Buzz Session) การศึกษาเฉพาะกรณี (Case Study) การให้เวลาซักถาม (Question Period) การสัมภาษณ์ (Interview) การสาธิต (Demonstration) การประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) การทัศนศึกษา (Field Trip) เป็นต้น

3. ประเภทพัฒนาเฉพาะตัวบุคคล ผู้เข้ารับการฝึกอบรม สามารถปรับให้เข้ากับระดับความสามารถในการเรียนรู้ และความสะดวกของตนได้ เช่น การสอนแบบสำเร็จรูป (Programmed Instruction) การสอนแนะ (Coaching)

4. ประเภทใช้สื่อโสตทัศน์ในการฝึกอบรม เช่น การสกลนคร (Slide/Tape Presentation) การใช้ภาพยนตร์ (Instructional Film) คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

ธีระ ประวาลพฤกษ์ (2538:111-112) ได้ให้ความเห็นว่า เทคนิคการฝึกอบรม หมายถึง กลวิธีในการถ่ายทอดประสบการณ์ทั้งในด้านความรู้ทักษะ และเจตคติที่ดีในเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้แก่ผู้เข้ารับการอบรม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่กำหนดไว้

ประเภทของเทคนิคที่กล่าวมานี้ เป็นการจัดแบ่งตามแนวความคิดของผู้รู้ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดกลุ่มของเทคนิควิธีที่เหมือนกันมารวมกันเท่านั้น เช่น จัดโดยยึดหลักการมีส่วนร่วมของผู้เข้ารับการอบรม ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วแต่ละเทคนิคจะมีลักษณะเฉพาะของเทคนิคนั้น ๆ บางเทคนิคอาจจะมีลักษณะคล้ายหรือสัมพันธ์กัน บางเทคนิคต้องอาศัยเทคนิคอื่นเข้ามาประกอบ การนำเสนอในที่นี้จึงเป็นการนำเอาเทคนิควิธีที่ใช้กันมากมาเสนอเป็นแนวทางตามลำดับดังนี้

1. การบรรยาย (Lecture)
2. การอภิปรายเป็นคณะ (Panel Discussion)
3. การอภิปรายปาฐกถาหรือการบรรยายเป็นชุด (Symposium Discussion)
4. การอภิปรายกลุ่ม (Group Discussion)
5. การอภิปรายถกเถียง (Buzz session)
6. การอภิปรายแบบปุจฉาวิสัชนา (Colloguy Method)
7. การระดมสมอง (Brain Stroming)
8. การประชุม (Conference)
9. การประชุมใหญ่ (Convention)
10. การสัมมนา (Seminar)
11. การประชุมปฏิบัติการ (Workshop)
12. การสาธิต (Demonstration)
13. กรณีศึกษา (Case Study)
14. การแสดงบทบาทสมมติ (Role playing)
15. บทเรียนสำเร็จรูป (Programmed Instruction)
16. การอบรมด้านความรู้สึก (Sensitivity Training)
17. การสอนแนะ (Coaching)
18. การโยกย้ายสับเปลี่ยนงาน (Job rotation)
19. การศึกษาจากพฤติกรรมที่เป็นจริง (Behavior Modeling)
20. เกมการบริหาร (Management Game)
21. สถานการณ์จำลอง (Simulation Technigue or Simulators)
22. การฝึกอบรมในห้องทดลองปฏิบัติงาน (Vestibule Training)
23. การฝึกอบรมในงาน (On the Job Training)
24. การฝึกอบรมตามรูปแบบของแพทย์ฝึกหัดในโรงพยาบาล (Internship)
25. การฝึกหัดช่างฝีมือ (Apprenticeship Training)

สมคิด บางโม (2540:81-91) ได้ให้ความเห็นว่า เทคนิคการฝึกอบรมก็คือวิธีการถ่ายทอดความรู้ ทักษะและทัศนคติเพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เรียนรู้มากที่สุดในเวลาจำกัด เทคนิคการฝึกอบรมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ดังนี้

1. ใช้วิทยากรเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้
2. ใช้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้

1. เทคนิคการฝึกอบรมโดยใช้วิทยากรเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ โดยได้อ้างอิงจาก สมคิด บางโม (2540:81-91) ที่ให้ความเห็นว่า การฝึกอบรมโดยใช้วิทยากรเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้กระทำได้หลายวิธีดังนี้

1.1 การบรรยาย (Lecture) วิทยากรบรรยายตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย อาจใช้สื่อต่าง ๆ ประกอบการบรรยาย เช่น รูปภาพ แผ่นใส สไลด์ หรือวีดีโอเทป เป็นต้น บางครั้งอาจเปิดโอกาสให้ผู้ฟังซักถาม

1.2 การอภิปรายเป็นคณะ (Panel Discussion) การอภิปรายเป็นคณะเป็นการอภิปรายโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3-5 คน ให้ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ปัญหา อุปสรรค แนวทางแก้ไข มีพิธีกรหนึ่งคนเป็นผู้ดำเนินการอภิปราย ประสาน เชื่อมโยง และสรุปการอภิปรายของวิทยากรแต่ละคน หลังการอภิปรายแล้วเปิดโอกาสให้ผู้ฟังซักถาม

1.3 การชุมนุมปาฐกถาหรือการประชุมทางวิชาการ (Symposium) การชุมนุมปาฐกถาหรือการประชุมทางวิชาการเป็นการบรรยายแบบมีวิทยากรหรือผู้เชี่ยวชาญประมาณ 2-6 คน มีพิธีกรเป็นผู้ดำเนินการอภิปรายและสรุปการบรรยาย การชุมนุมปาฐกถามีลักษณะคล้ายการอภิปรายเป็นคณะแต่เน้นหัวข้อวิชาเป็นสำคัญ เมื่อเสร็จสิ้นการบรรยายจะเปิดโอกาสให้ผู้ฟังซักถามปัญหาต่าง ๆ ได้

1.4 การสาธิต (Demonstration) การสาธิตเป็นการแสดงให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เห็นการปฏิบัติจริงซึ่งการกระทำหรือปฏิบัติจริงจะมีลักษณะคล้ายการสอนงาน การสาธิตนิยมใช้กับหัวข้อวิชาการที่มีการปฏิบัติ เช่น การฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ นาฏศิลป์ และขับร้อง

1.5 การสอนงาน (Coaching) การสอนงานเป็นการแนะนำให้รู้จักวิธีปฏิบัติงานให้ถูกต้อง โดยปกติจะเป็นการสอนหรืออบรมในระหว่างการปฏิบัติงาน อาจสอนเป็นรายบุคคลหรือสอนเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ซึ่งผู้สอนต้องมีประสบการณ์และทักษะในเรื่องที่สอนจริง ๆ

2. เทคนิคการฝึกอบรมโดยใช้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ โดยได้อ้างอิงจาก สมคิด บางโม (2540:81-91) ที่ได้กล่าวว่า การฝึกอบรมโดยใช้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้สามารถกระทำได้หลายวิธีดังนี้

2.1 การระดมสมอง (Brain Storming) การระดมสมองเป็นการประชุมกลุ่มเล็กไม่เกิน 15 คน เปิดโอกาสให้ทุกคนแสดงความคิดเห็นอย่างเสรีโดยปราศจากข้อจำกัดหรือกฎเกณฑ์ใด ๆ ในหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งหรือปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยไม่คำนึงว่าจะถูกหรือผิด ดีหรือไม่ดี ความคิดหรือข้อเสนอทุกอย่างจะถูกจดไว้แล้วนำไปกลั่นกรองอีกชั้นหนึ่ง ดังนั้นพอเริ่มประชุมต้องมีการเลือกประธานและเลขานุการของกลุ่มเสียก่อน

2.2 การประชุมกลุ่มย่อย (Buzz Session) การประชุมกลุ่มย่อยบางครั้งเรียกว่าบัซซ์กรุ๊ป (Buzz Group) หรือฟิลลิป 6-6 (Phillip 6-6) เป็นการแบ่งผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นกลุ่มย่อยจากกลุ่มใหญ่ กลุ่มย่อยละ 2-6 คน เพื่อพิจารณาประเด็นปัญหา อาจเป็นปัญหาเดียวกันหรือต่างกัน ในช่วงเวลาที่กำหนด มีวิทยากรคอยช่วยเหลือทุกกลุ่ม แต่ละกลุ่มต้องเลือกประธานและเลขานุการของกลุ่มเพื่อดำเนินการ แล้วนำความคิดเห็นของกลุ่มเสนอต่อที่ประชุมใหญ่ สำหรับการประชุมแบบฟิลลิป 6-6 นั้น เป็นการจัดกลุ่มย่อยอย่างรวดเร็วโดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่นั่งอยู่ในห้องประชุมแถวหน้า 3 คน ยกเก้าอี้หันกลับไปหาผู้นั่งแถวหลังตน 3 คน รวมกลุ่มกันเป็น 6 คน ให้เวลาปรึกษากัน 6 นาที แล้วสลายกลุ่มกับที่เดิม

2.3 กรณีศึกษา (Case Study) กรณีศึกษาเป็นการศึกษาเรื่องราวที่รวบรวมจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงเพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมตัดสินใจแก้ปัญหาต่าง ๆ ภายใต้สถานการณ์ที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด เป็นเทคนิคที่เหมาะกับกลุ่มเล็ก ๆ เรื่องที่มอบหมายให้ต้องมีรายละเอียดเพียงพอที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะมองเห็นจุดสำคัญของปัญหาและข้อมูลเพื่อนำมาใช้พิจารณา การศึกษากรณีศึกษาอาจให้ศึกษาเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ก็ได้

2.4 การประชุมแบบฟอรัม (Forum) การประชุมแบบฟอรัมเป็นเทคนิคที่ใช้กับการประชุมกลุ่มใหญ่ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมประชุมแสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในการฝึกอบรม โดยการซักถามแสดงข้อเท็จจริง ปรึกษาหารือแสดงความคิดเห็นกับวิทยากร

2.5 เกมการบริหาร (Management Games) เกมการบริหารเป็นการแข่งขันระหว่างกลุ่มบุคคลตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไปโดยแข่งขันเพื่อดำเนินการให้บรรลุวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นการให้ปฏิบัติเหมือนเหตุการณ์จริง อาจเป็นเรื่องเกี่ยวกับการสื่อสาร การตัดสินใจ การวางแผน การเป็นผู้นำ มนุษยสัมพันธ์ฯลฯ ขนาดของกลุ่มในการแข่งขันขึ้นอยู่กับเกมที่นำมาใช้

2.6 การแสดงบทบาทสมมติ (Role Playing) การแสดงบทบาทสมมติเป็นการให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมแสดงบทบาทในสถานการณ์ที่เหมือนจริง โดยกำหนดโครงเรื่องและให้ผู้แสดงคิดคำพูดไปตามท้องเรื่องและบทบาทที่กำหนด เสร็จแล้วให้ผู้ดูวิเคราะห์เสนอแนวทางแก้ปัญหาวิธีนี้เหมาะกับกลุ่มที่กล้าแสดงออกและมีวุฒิภาวะเพียงพอที่จะวิเคราะห์ตรวจสอบและแก้ปัญหา

2.7 การสัมมนา (Seminar) การสัมมนาเป็นการประชุมของผู้ที่ปฏิบัติงานอย่างเดียวกันหรือคล้ายกันแล้วพบปัญหาที่เหมือน ๆ กัน เพื่อร่วมกันแสดงความคิดเห็นหาแนวทางปฏิบัติในการแก้ปัญหา ทุกคนที่ไปร่วมการสัมมนาต้องช่วยกันพูดช่วยกันแสดงความคิดเห็น ปกติจะบรรยายให้ความรู้พื้นฐานก่อนแล้วแบ่งกลุ่มย่อย จากนั้นนำผลการอภิปรายของกลุ่มย่อยเสนอที่ประชุมใหญ่

2.8 ทัศนศึกษา (Field Trip) การทัศนศึกษาเป็นการนำผู้เข้ารับการฝึกอบรมไปศึกษายังสถานที่อื่นนอกสถานที่ฝึกอบรม เพื่อให้พบเห็นของจริงซึ่งผู้จัดต้องเตรียมการเป็นอย่างดี

2.9 การประชุมปฏิบัติการ (Work Shop) การประชุมปฏิบัติการเป็นการฝึกอบรมที่ให้ผู้รับการฝึกอบรมได้ปฏิบัติจริง โดยทั่วไปจะมีการบรรยายให้ความรู้พื้นฐานก่อนแล้วจึงให้ลงมือปฏิบัติ อาจเป็นการฝึกการใช้เครื่องมือใหม่ ๆ ประชุมเพื่อช่วยกันสร้างคู่มือ หรือประชุมเพื่อสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น การปฏิบัตินิยมให้ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย ๆ มากกว่าปฏิบัติเป็นกลุ่มใหญ่หรือรายบุคคล

2.10 การฝึกประสาทสัมผัส (Sensitivity Training) กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมการฝึกประสาทสัมผัสให้เข้าใจผู้อื่น โดยการสังเกตลักษณะท่าทางของผู้อื่น วิธีการฝึกอบรมจะไม่ใช้การบรรยายหรือบอกหลักเกณฑ์ แต่ให้นำพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในห้องฝึกอบรมมาเป็นตัวอย่างสด ๆ ร้อน ๆ แล้วโยงไปถึงพฤติกรรมอื่น ๆ ในขณะปฏิบัติงานในองค์การ วิธีการสร้างบรรยากาศในขณะฝึกอบรมคือพยายามให้เกิดสิ่งต่อไปนี้

1. ผู้เข้ารับการฝึกอบรมแต่ละคนแสดงตัวหรือเปิดเผยตัวออกมา
2. ให้มีการวิเคราะห์พฤติกรรมของแต่ละบุคคลว่ามีข้อผิดพลาดที่ใด
3. ให้โอกาสทดลองแก้ไขพฤติกรรมที่ผิดพลาดใหม่ว่าใช้ได้หรือยัง
4. มีการประเมินผล

2.11 การใช้กิจกรรมนันทนาการ (Recreational Activity) เป็นการให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมร่วมกันทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น การร้องเพลง การปรบมือเป็นจังหวะพร้อมกัน การร้องเพลงประกอบท่าทาง การเล่นเกมสั้นๆ เป็นต้น โดยเน้นการทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ทั้งนี้เพื่อมุ่งเปลี่ยนทัศนคติและสร้างความสัมพันธ์ ตลอดจนสร้างความสนุกสนานในระหว่างการฝึกอบรม

รำไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:77) ได้ให้ความเห็นว่า เทคนิคการฝึกอบรมหมายถึงกลวิธีในการถ่ายทอดประสบการณ์ทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติ เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่ได้กำหนดไว้

รำไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:77-104) ได้ให้ความเห็นว่า การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะ

สมจะต้องพิจารณาถึงเนื้อหาความแตกต่างของกลุ่มบุคคล เช่น ระดับอายุ ระดับการศึกษา ฯลฯ ระยะเวลาอบรมตลอดจนค่าใช้จ่ายเพื่อการใช้เทคนิคนั้น ๆ การฝึกอบรมแต่ละครั้งอาจจะต้องใช้เทคนิคหลายวิธีประกอบกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการฝึกอบรม

จากเทคนิคการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา และนักวิชาการได้กล่าวไว้นั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าเทคนิคการฝึกอบรมเป็นกลวิต่าง ๆที่เป็นกระบวนการในการที่จะนำเสนอเนื้อหาของการฝึกอบรมให้กับผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมได้เกิดความรู้ ความเข้าใช้ในเนื้อหาของการฝึกอบรมได้อย่างเต็มที่

1.8 การศึกษาความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรม

การศึกษาความต้องการจำเป็น เป็นการค้นหาสภาพการณ์หรือปัญหาเกี่ยวกับบุคลากรในองค์การที่ต้องแก้ไขด้วยวิธีการฝึกอบรม ความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรม (Training Needs) เป็นขั้นตอนที่สำคัญและเป็นขั้นตอนแรกของระบบการฝึกอบรม ที่เจ้าหน้าที่ฝึกอบรมหรือผู้รับผิดชอบการฝึกอบรมต้องดำเนินการเพื่อวางแผนและโครงการฝึกอบรมให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะความต้องการจำเป็นของการฝึกอบรมจะนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการฝึกอบรมที่ชัดเจน ช่วยทำให้เห็นความสำเร็จของการฝึกอบรม

ฐีระ ประวาลพฤกษ์ (2538:79) ได้สรุปว่า การศึกษาสภาพปัญหาการปฏิบัติงานในองค์การ อาจพบปัญหาบางประการที่อาจแก้ไขด้วยวิธีการอื่น ส่วนปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไขด้วยวิธีการฝึกอบรมอาจใช้ข้อบ่งชี้ต่อไปนี้ เป็นแนวพิจารณาตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาด้วยการฝึกอบรม

1. ประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานหรือผู้ปฏิบัติงานลดลง โดยพิจารณาจากผลงานที่ได้ทั้งด้านปริมานและคุณภาพต่ำลง
2. พฤติกรรมในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเปลี่ยนไปในลักษณะที่ไม่พึงประสงค์
3. ผู้ปฏิบัติงานมีความสามารถไม่เพียงพอต่อการทำงานในหน้าที่ จำเป็นต้องเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถ
4. เมื่อผู้ปฏิบัติงานเปลี่ยนหน้าที่การทำงาน เช่น เปลี่ยนการทำงานจากแผนกเดิมไปรับผิดชอบงานในแผนกใหม่ที่มีลักษณะงานต่างไปจากเดิม
5. ปัญหาที่ผู้บริหารพิจารณาแล้วว่าการแก้ปัญหา โดยวิธีอื่นได้ผลน้อยกว่าการจัดการฝึกอบรม
6. เรื่องที่พิจารณาแล้วเห็นว่า ถ้าจัดให้มีการฝึกอบรมแล้วสามารถนำสิ่งที่อบรมไปสู่การปฏิบัติงานได้จริง

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:12) ได้ให้ทรรศนะว่า ความจำเป็นในการฝึกอบรม หมายถึง สภาพการณ์ หรือปัญหาอุปสรรคข้อขัดข้องต่าง ๆ ที่ต้องการดำเนินการหรือแก้ไขด้วยการฝึกอบรม เพื่อให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

หน่วยงานและองค์กรย่อมมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาที่เปลี่ยนไปโดยอาจเป็นไปในลักษณะที่ก้าวหน้าขึ้นหรือเสื่อมทรามลง ถ้าองค์การหรือหน่วยงานเปลี่ยนไปในทางเจริญก้าวหน้ามีการขยายอัตราการเติบโต ต้องเพิ่มการผลิต มีการติดต่อสื่อสารมากขึ้น มีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มากมายหลายชนิด ต้องรับคนเข้ามาทำงานมากขึ้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องฝึกอบรมเจ้าหน้าที่เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ ความสามรถที่จะใช้เครื่องมือเครื่องจักรกลที่มีประสิทธิภาพเพื่อทำหน้าที่ที่รับเข้ามาใหม่ จะต้องเรียนรู้ในเรื่อง กฎ ระเบียบ ข้อบังคับและข้อพึงปฏิบัติในหน้าที่ที่รับผิดชอบและโครงสร้างการดำเนินงานภายในหน่วยงาน รวมถึงความสัมพันธ์ที่พึงปฏิบัติกับผู้ร่วมงาน หรือประชาชนที่ติดต่อเกี่ยวข้อง ในขณะ

เดียวกันบุคลากรที่ทำงานอยู่เดิมภายในองค์กรก็มีความจำเป็นที่จะต้องเข้ารับการฝึกอบรมเช่นเดียวกันเพื่อให้มีความเชี่ยวชาญและทักษะความชำนาญงานโดยเฉพาะ เพื่อให้ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้อย่างมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพสูงสุด

จากการศึกษาความต้องกรจำเป็นในการฝึกอบรม ที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการได้ให้ทรรศนะไว้ สามารถสรุปได้ว่า การศึกษาความต้องกรจำเป็นในการฝึกอบรม นั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์หาสาเหตุของที่จะต้องนำการฝึกอบรมไปใช้แก้ปัญหา ให้สอดคล้องกับความจำเป็นที่เกิดขึ้นในเรื่องนั้นๆ

1.9 กระบวนการในการฝึกอบรม

กระบวนการในการฝึกอบรม นั้นเป็นขั้นตอนที่มีส่วนสำคัญที่จะทำให้การฝึกอบรมนั้นมีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการในการฝึกอบรมนั้นมีนักวิชาการ และนักการศึกษาได้ให้ทรรศนะไว้ดังนี้

สมชาติ กิจยรรยง (2545:15) ได้ให้ทรรศนะว่า กระบวนการในการฝึกอบรมจะประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักคือการหาความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรม

1. การสร้างโครงการหรือหลักสูตรอบรม
2. การดำเนินการจัดฝึกอบรม
3. การประเมินผลการฝึกอบรม

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:27) ได้ให้ทรรศนะว่า การฝึกอบรมเป็นกระบวนการพัฒนาบุคคล ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยจะต้องดำเนินไปตามลำดับขั้นตอนและต่อเนื่องเพื่อให้การฝึกอบรมเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลแก่บุคคล งาน และหน่วยงานมากที่สุดเพื่อจะได้เป็นพื้นฐานและนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและละเอียดยิ่งขึ้น จะขอกล่าวถึงกิจกรรมสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการจัดฝึกอบรมหรือกระบวนการฝึกอบรมทั้ง 6 ขั้น คือ

1. การสำรวจความจำเป็นในการฝึกอบรม
2. การจัดหลักสูตรฝึกอบรม
3. การวางแผนโครงการฝึกอบรม
4. การดำเนินงานฝึกอบรม
5. การประเมินและติดตามผลการฝึกอบรม
6. การจัดทำรายงานสรุปผล
7. เลือกอุปกรณ์การฝึกอบรม
8. ดำเนินการฝึกอบรม
9. ประเมินผลและติดตามผล

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือการฝึกอบรมบุคคลเป็นงานของผู้บริหารทุกระดับชั้นซึ่งความจริงแล้วหน้าที่การสอนงานหรือฝึกอบรมนั้นผู้บริหารต้องทำอยู่แล้ว แต่ขาดระบบและวิธีการที่เป็นทางการ อีกทั้งผู้บริหารก็มีภาระหน้าที่อื่น ๆ มากมาย จึงต้องอาศัยผู้ชำนาญพิเศษด้านการฝึกอบรมเข้ามาช่วยเหลืองานด้านการฝึกอบรมโดยเฉพาะ ดังนั้นผู้บริหารจะต้องให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ชำนาญพิเศษเพื่อดำเนินงานให้ตรงกับวัตถุประสงค์ขององค์การ

สมคิด บางโม (2540:19) ได้ให้ความเห็นว่า ขั้นตอนในการฝึกอบรมที่มีความกระชับและสามารถนำไปใช้ได้ง่ายมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การหาความจำเป็นของการฝึกอบรม

2. การสร้างหลักสูตร

3. การเลือกใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการฝึกอบรม

4. การดำเนินการฝึกอบรม

5. การติดตามประเมินผล

กระบวนการในการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการ ได้ให้ทรรศนะไว้นั้นสามารถสรุปได้ว่า กระบวนการในการฝึกอบรม เป็นขั้นตอนที่จะอธิบายให้ทราบถึงขั้นตอนต่างๆในการฝึกอบรม โดยมีการจัดการเป็นขั้นตอน ซึ่งมี 3 หลักการใหญ่ คือ การศึกษาความจำเป็นในสาเหตุของการจัดฝึกอบรม การจัดการดำเนินการฝึกอบรม และการประเมินการฝึกอบรม

1.10 การดำเนินการฝึกอบรม

การดำเนินการฝึกอบรมเป็นส่วนหนึ่งที่อธิบายในขั้นตอนการปฏิบัติในการฝึกอบรม โดยมีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ทรรศนะไว้ดังนี้

สมชาติ กิจยรรยง (2545:27) ได้ให้ความเห็นว่า การดำเนินการฝึกอบรม เป็นขั้นตอนสำคัญที่วิทยากรต้องมีบทบาทที่สำคัญที่จะช่วยให้โครงการฝึกอบรมในหลักสูตรต่าง ๆ บรรลุเป้าหมาย โดยที่ผู้รับผิดชอบจะต้องมีการเตรียมการและมีการดำเนินงานที่ดี ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการฝึกอบรมอยู่ 3 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมการก่อนการฝึกอบรม

2. การดำเนินการระหว่างการฝึกอบรม

3. การดำเนินภายหลังสิ้นสุดการฝึกอบรม

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:40) ได้ให้ความเห็นว่า การดำเนินงานฝึกอบรม หมายถึง การดำเนินการต่าง ๆ ตามกิจกรรมที่ได้มีการวางแผนล่วงหน้ามาแล้วให้เป็นตามที่กำหนดอย่างปลอดประสานสอดคล้องกันและเป็นไปด้วยความเรียบร้อยเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:40-42) ได้ให้ความเห็นว่า การดำเนินงานฝึกอบรมจะรวมถึงการดำเนินงานในช่วงก่อนการฝึกอบรม ช่วงฝึกอบรมและช่วงหลังการฝึกอบรม รายการและรายละเอียดต่าง ๆ ที่ต้องดำเนินการในการจัดฝึกอบรม หากจะมองถึงกระบวนการในการจัดทำโครงการฝึกอบรม พอจะสรุปได้เป็นขั้นตอนดังนี้คือ

1. การสำรวจและวิเคราะห์สภาพปัญหา โดยผู้ทำโครงการฝึกอบรมจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งอาจได้มาจากเอกสารต่าง ๆ การสอบถาม แบบสัมภาษณ์ หรืออื่น ๆ โดยพิจารณาว่าหน่วยงานหรือองค์กรมีปัญหาอะไรบ้างที่จะแก้ไขด้วยการฝึกอบรม

2. การหาความจำเป็นในการฝึกอบรม หมายถึง ความต้องการของบุคคลหรือหน่วยงานในการเข้ารับการอบรม เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่ไม่ได้มาตรฐาน ไม่มีประสิทธิภาพ การขาดความรู้ประสบการณ์ หรือ ขาดทักษะ สิ่งต่างๆเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาและเป็นความจำเป็นในการเข้ารับการฝึกอบรม

3. กำหนดวัตถุประสงค์ในการฝึกอบรม เพื่อให้ประโยชน์เกิดโดยตรงกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่จะแสดงออกให้เห็นได้สามารถวัดได้อย่างชัดเจนและเป็นไปในแนวเดียวกัน

4. กำหนดวัตถุประสงค์ของวิชา การกำหนดขอบเขตของวิชาให้กะทัดรัดเป็นข้อ ๆ เพื่อให้วิทยากรได้เตรียมเนื้อหา วิธีการสอน ตรงตามที่หลักสูตรหรือโครงการต้องการ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ๆ และผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำไปใช้ได้จริง

5. กำหนดแนวทางฝึกอบรม พิจารณาถึงแนวทางที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดการเปลี่ยนแปลง ต้องใช้ทฤษฎีอะไรบ้าง หรือหลักการอะไรบ้างที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมให้บรรลุตาม วัตถุประสงค์ของโครงการฝึกอบรมให้ได้มากที่สุด

6. กำหนดเทคนิควิธีการฝึกอบรม พิจารณาถึงเทคนิคที่เหมาะสมในแต่ละกรณีของการฝึกอบรม ซึ่งรายละเอียดของเทคนิควิธีการฝึกอบรม จะได้กล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

7. กำหนดสถานที่ฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างบรรยากาศในการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ความพร้อมของโสตทัศนูปกรณ์ต่าง ๆ

8. การกำหนดตัวผู้เข้ารับการฝึกอบรมและวิทยากร ควรคัดเลือกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีระดับของคุณสมบัติอันได้แก่ ตำแหน่งหน้าที่การงาน ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการทำงาน หรือคุณสมบัติเฉพาะอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้การเรียนการสอนและการรับความรู้เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วใกล้เคียงกัน และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้เข้ารับการอบรมเป็นไปอย่างมีอิสระและคุณภาพ ส่วนวิทยากรควรเข้าใจได้ดีถึงจุดมุ่งหมายของการฝึกอบรมดำเนินอยู่

9. กำหนดแนวทางและวิธีประเมินผล เพื่อประเมินค่าของการฝึกอบรมว่าเกิดความพึงพอใจได้หรือไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งในเรื่องของการประเมินผลจะได้แสดงในรายละเอียดต่อไป

10. การรายงานผล เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ที่สนใจได้มีโอกาสเรียนรู้และวิเคราะห์โครงการว่าประสบผลสำเร็จหรือไม่ อย่างไร และมีคุณค่ามากน้อยเพียงใด

โดยปกติ เพื่อให้โครงการฝึกอบรมบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ด้วยความเรียบร้อย เจ้าหน้าที่ฝึกอบรมจะต้องเตรียมการทุกอย่างให้พร้อม ซึ่งในการฝึกอบรมนั้นย่อมมีรายการปฏิบัติเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงควรจัดทำรายการที่ต้องปฏิบัติไว้ล่วงหน้า เพื่อให้ทราบว่ามีงานอะไรต้องทำบ้างและงานใดควรทำก่อน จะได้ไม่หลงลืม แม้ว่างานบางอย่างจะเป็นงานเล็ก แต่ก็ไม่ควรให้เกิดข้อบกพร่องเพราะอาจทำให้เกิดผลเสียหายตามมาเกินความคาดหมายก็ได้ และขณะเดียวกันจะได้ทราบว่าใครเป็นผู้รับผิดชอบในหน้าที่ต่าง ๆ จะได้ไม่สับสนกันในการทำงานร่วมกัน

การดำเนินการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการ ได้ให้ทรรศนะไว้นั้นสามารถสรุปได้ว่า การดำเนินการฝึกอบรม เป็นส่วนที่จัดอยู่ในรายละเอียดของการฝึกอบรม โดยจะอธิบายในระยะเวลาและเนื้อหาในการฝึกอบรมพร้อมทั้งรายละเอียดในระยะเวลาก่อนและหลังการฝึกอบรมที่มีการปฏิบัติ

1.11 การประเมินและติดตามผลการฝึกอบรม

การประเมินและการติดตามผลการฝึกอบรมเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่สำคัญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่จะอธิบายให้ทราบว่าการฝึกอบรมมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตรงตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยมีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้แนวคิดไว้ดังนี้

รำไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:119) ได้ให้ความเห็นว่า การประเมินผลการฝึกอบรมเป็นกระบวนการติดตาม สังเกตเพื่อปรับปรุง แก้ไขการจัดการฝึกอบรม เพื่อให้การฝึกอบรมนั้นบรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

สมชาติ กิจยรรยง (2545:28) ได้ให้ความเห็นว่า การประเมินผลการฝึกอบรมเป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการฝึกอบรม ซึ่งโดยปกติส่วนใหญ่การประเมินมักจะจัดทำแต่เพียงผู้เข้ารับการอบรมประเมินวิทยากรผู้บรรยายว่ารู้สึกอย่างไร ได้สาระและมีการบรรยายที่จูงใจให้ติดตามหรือไม่ โดยหลักการแล้วการประเมินสามารถทำได้หลายรูปแบบคือ

1. ผู้เข้ารับการอบรมประเมินวิทยากร/และผู้ดำเนินโครงการ
2. วิทยากรประเมินผู้ดำเนินโครงการและผู้เข้ารับการอบรม
3. ผู้ดำเนินโครงการประเมินผู้ฟังและวิทยากร
4. ผู้รับผิดชอบโครงการติดตามผลผู้เข้ารับการอบรม

สมชาติ กิจยรรยง (2545:197-198) ได้ให้ทรรศนะว่า ขั้นตอนการประเมินผลการฝึกอบรม มีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาถึงวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม ศึกษาประเด็นการฝึกอบรมให้ชัดเจน เพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่ต้องบรรลุจากการฝึกอบรมตามที่โครงการได้กำหนดไว้

2. กำหนดวัตถุประสงค์การประเมินผลการฝึกอบรม โดยการสัมภาษณ์จากผู้บังคับบัญชาของผู้ทำการประเมิน จากผู้บังคับบัญชาของผู้เข้ารับการฝึกอบรม จากเพื่อนร่วมงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรม และจากผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ

3. วางแผนการประเมินผล โดยพิจารณาถึงผู้รับผิดชอบ ระยะเวลาที่ทำการประเมิน วิธีหรือประเภทในการประเมิน

4. พิจารณาถึงผู้เกี่ยวข้องกับการฝึกอบรม ซึ่งจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือในการเก็บข้อมูล ตั้งแต่ผู้บังคับบัญชาของผู้เข้ารับการฝึกอบรมวิทยากร ผู้บริหารโครงการ ผู้รับผิดชอบโครงการ ผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อนร่วมงาน ผู้ใต้บังคับบัญชา และลูกค้าผู้รับบริการ

5. พิจารณาถึงรายละเอียดโครงการ ประเด็นการฝึกอบรม หัวข้อวิชา รายละเอียดหัวข้อวิชา เอกสารประกอบการฝึกอบรม แบบฝึกปฏิบัติ

6. ระยะเวลาในการประเมินผลการฝึกอบรม ก่อนการฝึกอบรม ระหว่างการฝึกอบรม หลังการฝึกอบรม ทั้งทันทีที่การฝึกอบรมแล้วเสร็จ หรือภายหลังผู้เข้ารับการฝึกการอบรมกลับไปปฏิบัติงานในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

7. กำหนดประเภทของการประเมินผล ว่าจะทำในระดับใด

8. กำหนดวิธีการในการรวบรวมข้อมูล เช่น แบบทดสอบ แบบสัมภาษณ์ แบบประเมิน

9. กำหนดวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยวิธีการทางสถิติ

10.ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

สมคิด บางโม (2540:106) ได้สรุปว่า การประเมินผลโครงการฝึกอบรมแยกออกได้เป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมให้ชัดเจน

2. กำหนดวัตถุประสงค์ของการประเมินผลว่าต้องการประเมินเพื่ออะไร

3. การวางแผนการประเมิน ได้แก่ กำหนดระยะเวลาประเมิน ประเมินใครบ้าง วิธีประเมินจะทำอย่างไร เครื่องมือประเมิน ข้อมูลที่จะรวบรวมมีอะไรบ้าง

4. สร้างเครื่องมือการประเมิน เช่น แบบสอบถาม แบบบันทึกการสังเกต แบบสัมภาษณ์ เป็นต้น

5. ดำเนินการเก็บข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล และสรุป

6. เขียนรายงานการประเมินผลต่อผู้รับผิดชอบ

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:54) ได้ให้ความเห็นว่า การประเมินผลก็คือ การดำเนินงานเพื่อพิจารณาวินิจฉัยว่าโครงการฝึกบอรมบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ โดยวัตถุประสงค์ของ

การฝึกอบรมนั้นต้องการที่จะเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมออกเป็น 3 ลักษณะคือ ความรู้ ทักษะ และเจตคติ โดยพฤติกรรมที่ต้องการให้เปลี่ยนนั้นอาจเป็นเพียงลักษณะเดียว สองลักษณะ หรือทั้งสามลักษณะประกอบกันก็ได้

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:54) ได้ให้ทรรศนะว่า การประเมินผลการฝึกอบรมสามารถทำได้หลายลักษณะ แต่อย่าลืมว่าการประเมินผล (Evaluation) เป็นกระบวนการที่ใช้ดุลยพินิจ (Judgment) และ / หรือค่านิยม (value) ในการพิจารณาตัดสินคุณค่า ความเหมาะสม ความคุ้มค่า หรือสัมฤทธิผลของโครงการหลังจากการเปรียบเทียบผลที่วัดได้จากการวัดผล (measurement) โดยวิธีการใด ๆ ก็ตาม กับเป้าหมายวัตถุประสงค์ หรือเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เสนาะ ติเยาว์ (2543:106) ได้ให้ความเห็นว่า เมื่อการฝึกอบรมเสร็จสิ้นลงแล้ว เป็นหน้าที่ของผู้อำนวยการอบรมจะต้องประเมินผลว่าได้รับประโยชน์คุ้มค่าหรือไม่ วิธีการง่าย ๆ ก็คือดูว่าการฝึกอบรมนั้นทำให้คนงานเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมบางอย่างของตนเองอย่างไรบ้าง และมีผลในทางเพิ่มประสิทธิภาพของงานหรือไม่ โดยปกติการวัดผลไม่ได้พิจารณาจากความพอใจของคนงานที่มีต่อโครงการอบรม หรือจากการเปรียบเทียบคะแนนได้จากการทดสอบความรู้ของคนงานก่อนและหลังการอบรม เพราะคะแนนไม่เป็นสิ่งแสดงความสัมพันธ์โดยตรงต่องาน แต่ควรจะใช้หลาย ๆ วิธีประกอบกัน วิธีที่วัดผลของการฝึกอบรมที่ดีอีกอย่างคือการเปรียบเทียบผลงานที่เกิดขึ้นจากผู้ปฏิบัติงานก่อนและหลังฝึกอบรม โดยดูจากผลผลิตและคุณภาพของงาน แต่การดูจากผลงานก็มีสิ่งควรพิจารณาอยู่บ้างคือ ผลงานที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอาจไม่ได้เกิดจากการฝึกอบรมอย่างเดียว แต่มีปัจจัยอย่างอื่นด้วยก็ได้คือ อาจเกิดเพราะมีการวางแผนงานที่ดีขึ้น การควบคุมที่มีประสิทธิภาพ วิธีการทำงานแบบใหม่ที่ทันสมัยกว่าหรือการใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูงขึ้น

การประเมินผลอีกอย่างหนึ่งที่ใช้วัดการฝึกอบรมที่ได้ผลก็คือ การวัดผลการปฏิบัติงานก่อนและหลังการฝึกอบรมจากกลุ่มคนงานเรียกว่า Control group กับ Experimental group วิธีนี้ผู้ทำการวัดผลจะต้องเลือกคนขึ้น 2 กลุ่ม บุคคลทั้งสองกลุ่มจะต้องมีคุณสมบัติอย่างเดียวกันในด้านการศึกษาประสบการณ์ ความชำนาญ กลุ่มแรก (experimental group) จะต้องให้การฝึกอบรมที่ถูกต้อง ส่วนกลุ่มที่สอง (control group) ไม่ต้องให้การฝึกอบรมใด ๆ เลย ให้ทั้งสองกลุ่มปฏิบัติงานอย่างเดียวกันโดยมีเครื่องมือและวิธีการเหมือนกัน และสิ่งแวดล้อมอย่างเดียวกันแล้วจึงวัดผลงานทั้งสองกลุ่มว่าให้ผลออกมาแตกต่างกันหรือไม่ จากผลอันนี้ทำให้เชื่อถือว่าการฝึกอบรมจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานอย่างไร

นอกจากจะเปรียบเทียบระหว่างพนักงานสองกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกอบรมกับผู้ได้รับการฝึกอบรมแล้วอาจจะเปรียบเทียบกันระหว่างพนักงานขายผู้ผ่านการอบรมด้วยกัน โดยแยกผู้รับการอบรมที่มีผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมากกับพวกอยู่ในเกณฑ์พอใช้ เพื่อดูว่าการปฏิบัติงานจะแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด สิ่งที่แสดงว่าการอบรมจะได้รับผลดีหรือไม่ก็ให้ประเมินผลจากการปฏิบัติงาน 2 ลักษณะคือ

1. ผลทางด้านการผลิต ซึ่งแสดงด้วยผลการผลิตเพิ่มขึ้น ของเสียเกิดจากการผลิตลดลง เวลาที่ใช้ผลิตและต้นทุนต่อหน่วยน้อยลงและเวลาว่างเปล่าไม่มี

2. ผลทางด้านแรงงาน เช่น อัตราการหมุนเวียนของแรงงานลดลง การขาดงานมีน้อยลง จำนวนอุบัติเหตุและความถี่ของอุบัติเหตุลดลง ขวัญของพนักงานสูงขึ้น การร้องทุกข์และการทำผิดระเบียบวินัยลดลงจำนวนพนักงานที่ถูกให้ออกจากงานหรือการลาออกมีจำนวนน้อยลง

ชูชัย สมิทธิไกร (2540:226) ได้ให้ทรรศนะว่า การประเมินผลโครงการฝึกอบรม มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าการฝึกอบรมบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ เพื่อค้นหาจุดดีและจุดเสียของการฝึกอบรม เพื่อตรวจสอบความคุ้มค่าของโครงการฝึกอบรม เพื่อวินิจฉัยว่าผู้รับการอบรมใดหรือกลุ่ม

ใดที่ได้รับประโยชน์มากที่สุด และน้อยที่สุดจากการฝึกอบรม และเพื่อรวบรวมข้อมูลซึ่งจะช่วยในการจัดการฝึกอบรมในอนาคต

เกณฑ์ของการประเมินผลมีสี่ประเภท ได้แก่ (1) ปฏิกิริยา หรือ ความรู้สึกของผู้รับการอบรมที่มีต่อโครงการฝึกอบรม (2) การเรียนรู้ หรือ เกณฑ์ที่บ่งชี้ว่าผู้รับการอบรมมีความรู้ ทักษะ หรือทัศนคติเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นกว่าเดิมหรือไม่ (3) พฤติกรรม คือ การประเมินว่าพฤติกรรมการทำงานของผู้รับการอบรมมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นหรือไม่ ภายหลังจากการฝึกบอรม และ (4) ผลลัพธ์ คือ การประเมินผลของการฝึกอบรมที่มีต่อการดำเนินงานขององค์การ

การประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์ก็เป็นประเด็นที่มีความสำคัญประเด็นหนึ่ง เกณฑ์ซึ่งใช้ในการประเมินผลการฝึกอบรมจะถือว่ามีความเหมาะสมหรือถูกต้อง (relevance) ก็ต่อเมื่อเกณฑ์นั้นประกอบด้วยความรู้ ทักษะ หรือความสามารถ (KSA) ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ความต้องการในการฝึกอบรม และถือว่าจำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ เกณฑ์ที่ไม่เหมาะสมประเภทแรก คือ เกณฑ์ที่ขาดหาย หมายถึง เกณฑ์ที่ไม่ได้ถูกบรรจุไว้ในการประเมินผล ทั้งๆ ที่การวิเคราะห์ความต้องการระบุว่าเป็นเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องและเหมาะสม อีกประเภทหนึ่งคือ เกณฑ์ที่ถูกปนเปื้อน หมายถึง เกณฑ์ซึ่งมีสิ่งแปลกปลอมเข้ามาแทรก ทำให้กลายเป็นเกณฑ์ซึ่งไม่สามารถวัดความสำเร็จของการฝึกอบรมได้อย่างแท้จริง

จากการประเมินผลการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการได้ให้ทรรศนะไว้นั้น สามารถสรุปได้ว่า การประเมินผลการฝึกอบรม นั้นเป็นกระบวนการที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการพิสูจน์หรือวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นหลังจากการฝึกอบรมโดยจะอธิบายว่าในการฝึกอบรมมีส่วนดีหนือส่วนด้อยในจุดไหน และเป็นการอธิบายว่าการจัดการฝึกอบรมนั้นสอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์ของการจัดฝึกอบรมมากน้อยแค่ไหน เพื่อจะนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

2. เครื่องมือวัดด้านมิติ

ในปัจจุบันของการปฏิบัติงานในภาคอุตสาหกรรม นั้นจะต้องมีการนำเครื่องมือวัดด้านมิติมาใช้งานในการประกอบในการผลิตชิ้นงาน การตรวจสอบชิ้นงาน หรือใช้ในการวัดเพื่อทราบขนาดรูปร่างของชิ้นงานนั้นๆ โดยเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะเป็นเครื่องมือวัดที่มีความสำคัญในภาคอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยานยนตร์ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ อุตสาหกรรมเหล็ก หรืออื่นๆเป็นต้น

โดยลักษณะชนิดของเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น จะเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้วัดรูปร่างในด้านของความยาว ความกว้าง ความสูงหรือความลึก จึงได้มีการคิดออกแบบเครื่องมือวัดด้านมิติ ให้เหมาะสมกับการใช้งานในการวัดรูปร่างที่กล่าวมาข้างต้น โดยชนิดของเครื่องมือวัดด้านมิติที่เป็นเครื่องมือวัดทางด้านความยาวนั้นมีทั้งหมด 24 เครื่องมือ(Japanese Standard Association.1998:307-574) และนิยมใช้กันในภาคอุตสาหกรรมนั้นมีหลายลักษณะตามการใช้งาน จึงมีชื่อเรียกแตกต่างกันและขีดความสามารถก็แตกต่างกันตามการใช้งาน อันได้แก่ เกจบล็อก (Gauge block) สเกลมาตรฐาน (Standard scale) เทสบาร์ (Test bar) ไดอัลเกจแบบชนิดวัดระดับ (Dial test indicators (lever type)) ไมโครอินดิเคเตอร์ (Mircoindicators) ไซแลนด์เดอร์เกจ (Cylinder gauge) อินดิเคติ้งไมโตรมิเตอร์ (Indicating mircometer) ไมโครมิเตอร์วัดลึก (Depth mircometer) เกียร์ทู เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Gear tool vernier calipers) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดลึก(Depth vernier calipers) เกจวัดความสูง (Flow type air gauge) เครื่องวัดขนาดโดยใช้การเปรียบเทียบ (Electrical comparators) ไมโครมิเตอร์ ไมโครสโครป (Mircometer mircoscope) เครื่องวัดโดยใช้กำลังขยาย (Measuring mircoscope) ฉากวัด(Carpenters"Squares) ตลับเมตร (Steel tape measures) สายวัด

(Textile tape measures) เครื่องแสดงผลการวัดตำแหน่ง (Digital position readout)เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper) ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer) ไมโครมิเตอร์วัดใน (In side-Mircometer) ไดอัลเกจ (Dial gauge) ไฮเกจ (High gauge) บรรทัดเหล็ก (Metal rules) เกจวัดความบาง (Feeler gauge) เป็นต้น แต่ในส่วนของไมโครมิเตอร์นั้นในมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่นจะแยกเป็น 2 เครื่องมือคือ) ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer) และไมโครมิเตอร์วัดลึก (Depth mircometer) โดยรวมหัวข้อของไมโครมิเตอร์วัดใน (In side- Mircometer) รวมกับ ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer) ไว้แต่ในการใช้งานทั่วไปนั้นมีไมโครมิเตอร์วัดใน (In side- Mircometer) ด้วยอีก 1 เครื่องมือ จึงมีไมโครมิเตอร์อยู่ 3 ประเภทดังที่กล่าวมา โดยเป็นเครื่องมือวัดด้านมิติที่ภาคอุตสาหกรรมตามโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปนิยมใช้กัน

จากประเภทของเครื่องมือวัดทางด้านมิติในส่วนทางความยาวที่กล่าวมานั้น ได้มีการเลือกนำเอาเครื่องมือวัดทางด้านมิติในส่วนทางความยาวบางเครื่องมือ นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีจำนวนเครื่องมือวัดที่เลือกมา 4 เครื่องมือมีดังนี้คือ

1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper)
2. ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer)
3. ไมโครมิเตอร์วัดใน (In side-Mircometer)
4. ไดอัลเกจ (Dial gauge)

โดยมีเหตุผลดังนี้

1. เป็นเครื่องมือวัดด้านมิติทางความยาวที่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม
2. เป็นเครื่องมือวัดด้านมิติทางความยาวที่ถูกใช้งานหนักในงานอุตสาหกรรม ในการนำไปใช้เพื่อการตรวจสอบหาความผิดพลาดของชิ้นงาน
3. เป็นเครื่องมือวัดด้านมิติทางความยาวที่สามารถถ่ายทอดความรู้และทักษะให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. และเป็นการที่จะนำความรู้และทักษะจากการฝึกอบรมไปใช้ในงานอุตสาหกรรมในการที่จะรักษาไว้ซึ่งคุณภาพและความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา

โดยในลักษณะของเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น จะมีองค์ประกอบของรายละเอียดในการใช้งานของเครื่องมือวัดด้านมิติ ที่มีความสำคัญคือ ความหมายของเครื่องมือวัด การใช้งาน การบำรุงรักษา ตามชนิดของเครื่องมือวัดนั้นๆ และชนิดของเครื่องมือวัดด้านมิติที่จะอธิบายในความหมายของเครื่องมือวัด การใช้งาน การบำรุงรักษา จะเป็นไปตามเครื่องมือวัดด้านมิติที่กำหนดไว้ในการวิจัยในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

2.1 ความหมายของเครื่องมือวัดด้านมิติ

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper) หมายถึง เครื่องมือวัดขนาดชิ้นงานโดยที่มีลักษณะของชิ้นงานมีความแข็ง เป็นเครื่องมือวัดที่มีสเกลที่สามารถวัดและอ่านค่าได้เลย การใช้ Vernier วัดงาน ผลที่ได้จากการวัดได้ค่าละเอียดและเที่ยงตรงกว่าการใช้ไม้บรรทัดเหล็ก เนื่องจากการวัดโดยใช้ Vernier จะใช้สเกลหลัก และสเกลเลื่อนทำให้สามารถอ่านค่าจากการวัดได้ถูกต้องและแม่นยำ จึงเป็นเครื่องมือวัดที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน (หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1)

ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Outside-Mircometer) หมายถึง เครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้สำหรับวัดงานที่มีรูปร่างแข็งและมีการเคลื่อนที่เหมือนกับการหมุนของเกลียว ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดทางด้านมิติโดยใช้วัดขนาดรูปร่างภายนอกของชิ้นงาน(ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1)

ไมโครมิเตอร์วัดใน (In side-Mircometer) หมายถึง เครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้สำหรับวัดงานที่มีรูปร่างแข็งและมีการเคลื่อนที่เหมือนกับการหมุนของเกลียว ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดทางด้านมิติโดยใช้วัดขนาดรูปร่างภายในของชิ้นงาน(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1)

ไดอัลเกจ (Dial gauge) หมายถึง เครื่องมือวัดขนาดระยะของชิ้นงาน วัดความเรียบและความขนานชิ้นงานที่มีลักษณะชิ้นงานที่มีความแข็ง เป็นเครื่องมือวัดที่มีสเกลหรือตัวเลขที่สามารถ วัดและอ่านค่าได้เลย โดยมี Contact point เป็นตัวลากและสัมผัสชิ้นงาน เพื่อใช้ในการตรวจสอบขนาดระยะของชิ้นงาน ความเรียบและความขนานของชิ้นงาน (หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1)

2.2 การใช้งานของเครื่องมือวัดด้านมิติ

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper) แบบสเกล มีขั้นตอนดังนี้ (หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1-3)

1. ทำความสะอาดปากวัดนอกของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบสเกล(หมายรวมถึงที่มีลักษณะเป็นเข็มมีหน้าปัดเป็นวงกลม) โดยใช้กระดาษทิชชูเช็ดทำความสะอาดที่บริเวณปากวัด
2. ทำการเลื่อนปากวัดนอกให้ปากวัดนอกมาแตะสัมผัสกันสนิท
3. ยกขึ้นส่องกับแสงสว่างเพื่อตรวจสอบความเรียบที่บริเวณปากวัดนอกจะต้องไม่เห็นแสงลอดผ่านที่บริเวณผิวหน้าสัมผัส
4. ให้ตรวจที่สเกล โดยจะต้องให้ขีดสเกลหลักและสเกลเลื่อนในตำแหน่งที่ศูนย์อยู่ตรงกันเสมอ
5. ในกรณีแบบอ่านค่าจากหน้าปัดที่มีเข็มชี้ค่าการวัด เมื่อเคลื่อนที่ปากวัดนอกมาสัมผัสแล้วเข็มชี้ค่าการวัดจะต้องตรงกับตำแหน่งศูนย์ เมื่อ Set Zero ครั้งแรก
6. เมื่อจะวัดชิ้นงานภายนอก ให้เลื่อนปากวัดนอกให้มีขนาดกว้างกว่าขนาดของชิ้นงาน
7. เลื่อนปากวัดนอกให้ประกบกับผิวชิ้นงานให้สนิท โดยออกแรงกดให้พอดี ถ้าแรงเกินไปค่าที่อ่านได้จะไม่ถูกต้องและปากวัดจะเสียรูปทรง แล้วทำการอ่านค่าการวัด
8. เมื่อจะวัดขนาดภายในของชิ้นงาน ให้เลื่อนปากวัดในให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดชิ้นงาน และทำการเลื่อนปากวัดในให้แตะสัมผัสผิวชิ้นงานสนิท และอ่านค่าการวัด
9. เมื่อจะวัดงานด้านลึก ให้ใช้ก้านวัดลึกของเวอร์เนียร์ทำการวัด โดยเลื่อนก้านวัดลึกให้ยาวกว่าขนาดของชิ้นงานที่จะวัด
10. นำก้านวัดลึกไปวางให้สัมผัสชิ้นงานที่จะวัด
11. ทำการกดให้สันผิวของเวอร์เนียร์สัมผัสกับชิ้นงานและตั้งฉากกับแกนของชิ้นงาน ให้ก้านวัดลึกสัมผัสชิ้นงาน และขนานกับแกนชิ้นงาน และทำการอ่านค่าการวัด

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper) แบบตัวเลขมีขั้นตอนดังนี้ (หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1-3)

1. ทำความสะอาดปากวัดนอกของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบตัวเลขโดยใช้กระดาษทิชชูเช็ดทำความสะอาดที่บริเวณปากวัด

2. ทำการเลื่อนปากวัดนอกให้ปากวัดนอกมาแตะสัมผัสกันสนิท

3. ยกขึ้นส่องกับแสงสว่างเพื่อตรวจสอบความเรียบที่บริเวณปากวัดนอกจะต้องไม่เห็นแสงลอดผ่านที่บริเวณผิวหน้าสัมผัส

4. ให้ทำการ SET ZERO โดยกดปุ่ม ZERO ที่บริเวณหน้าปัดบอกค่าการวัด

5. ให้เลื่อนปากวัดออกมาเล็กน้อยและเลื่อนกลับไปที่ตำแหน่งเดิมเพื่อเช็คตำแหน่งศูนย์ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

6. เมื่อจะวัดชิ้นงานภายนอก ให้เลื่อนปากวัดนอกให้มีขนาดกว้างกว่าขนาดของชิ้นงาน

7. เลื่อนปากวัดนอกให้ประกบกับผิวชิ้นงานสนิท โดยออกแรงกดให้พอดี ถ้าแรงเกินไปค่าที่อ่านได้จะไม่ถูกต้องและปากวัดจะเสียรูปทรง แล้วอ่านค่าการวัด

8. เมื่อจะวัดขนาดภายในของชิ้นงาน ให้เลื่อนปากวัดในให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดชิ้นงาน และทำการเลื่อนปากวัดในให้แตะสัมผัสผิวชิ้นงานสนิท แล้วอ่านค่าการวัด

9. เมื่อจะวัดงานด้านลึก ให้ใช้ก้านวัดลึกของเวอร์เนียร์ทำการวัด โดยเลื่อนก้านวัดลึกให้ยาวกว่าขนาดของชิ้นงานที่จะวัด

10. นำก้านวัดลึกไปวางให้สัมผัสชิ้นงานที่จะวัด

11. ทำการกดให้สันผิวของเวอร์เนียร์สัมผัสกับชิ้นงานและตั้งฉากกับแกนของชิ้นงาน ให้ก้านวัดลึกสัมผัสชิ้นงาน และขนานกับแกนชิ้นงาน แล้วทำการอ่านค่าการวัด

ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Outside-Mircometer)) แบบสเกลมีขั้นตอนดังนี้ (หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1-4)

1. ทำความสะอาดผิวสัมผัสแกนวัดด้วยกระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95% และใช้ผ้าชนิดที่อ่อนนุ่มและไม่มีขนเช็ดที่ผิวหน้าแกนวัดและบริเวณแกนวัดทั้งสองด้านคือด้านแกนรับ (Anvil)และด้านแกนวัด (Spindle)

2. ตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยปรับหมุนแกนวัด (Spindle) ให้ผิวหน้าสัมผัสของแกนวัด (Spindle) แตะสัมผัสกับผิวหน้าสัมผัสของด้านรับ (Anvil)

3. เมื่อผิวหน้าสัมผัสทั้งสองแตะสัมผัสกันแล้วให้หมุนปรับที่ชุดปรับละเอียด(Ratchet Stop) ไป 1-2 คลิก

4. ดูที่สเกลที่หมุนปรับแกนวัด (Spindle) ว่าขีดสเกลศูนย์ของทั้ง 2 คือ ขีดสเกลหลักที่อยู่กับขีดสเกลศูนย์ของแกนวัด(Spindle)ให้อยู่ที่ตำแหน่งขีดศูนย์สเกลตรงกันพอดี

5. ถ้าไม่ตรงกันให้ทำการหมุนชุดล็อค (Spindle Clamp) ที่อยู่ตรงบริเวณแกนวัดให้ล็อคเพื่อไม่ให้แกนวัด (Spindle) เคลื่อนที่

6. ใช้ประแจขอจับที่คอก้านสเกลหลักจะมีรูที่ก้านสเกลหลัก และทำการหมุนปรับให้แกนเส้นสเกลหลักไปอยู่ตรงกับขีดสเกลของแกนวัด (Spindle) ที่ปลอกหมุนวัด

7. ทำการคลายชุดล็อค (Spindle Clamp) ออกและหมุนแกนวัด (Spindle)ออกและหมุน

ปรับให้แตะสัมผัสที่ตำแหน่งเดิม และดูว่าขีดสเกลทั้งสองตรงกันหรือไม่ ถ้าไม่ตรงกันให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ 1 - 6 อีกครั้ง

8. เมื่อตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบสเกลขนาด 0 - 25 มม ได้แล้วจึงนำไปใช้งานได้

ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Outside-Mircometer)) แบบตัวเลข มีขั้นตอนดังนี้ (หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1-4)

1. ทำความสะอาดผิวสัมผัสแกนวัดด้วยกระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95% และใช้ผ้าซนิดที่อ่อนนุ่มและไม่มีขนเช็ดที่ผิวหน้าแกนวัดและบริเวณแกนวัดทั้งสองด้านคือด้านแกนรับ (Anvil)และด้านแกนวัด (Spindle)

2. ตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยปรับหมุนแกนวัด (Spindle) ให้ผิวหน้าสัมผัสของแกนวัด (Spindle) แตะสัมผัสกับผิวหน้าสัมผัสของด้านรับ (Anvil)

3. เมื่อผิวหน้าสัมผัสทั้งสองแตะสัมผัสกันแล้วให้หมุนปรับที่ชุดปรับละเอียด(Ratchet Stop) ไป 1-2 คลิก

4. ดูที่ตัวเลขบนหน้าปัดแสดงค่าการวัดว่ามีค่าเป็นศูนย์หรือไม่

5. ถ้าไม่มีค่าเป็นศูนย์ให้ทำการหมุนชุดล็อค(Spindle Clamp)ที่อยู่เหนือหน้าปัดบอกค่าวัดให้ล็อค เพื่อไม่ให้แกนวัด(Spindle) เคลื่อนที่

6. ทำการกดปุ่มตั้งค่าศูนย์(Set Zero)ที่ตรงบริเวณหน้าปัดบอกค่าการวัด เพื่อทำการตั้งค่าศูนย์สเกลก่อนการใช้งาน

7. ทำการคลายชุดล็อค(Spindle Clamp)ออกและหมุนแกนวัด(Spindle) ออก และหมุนปรับให้แตะสัมผัสที่ตำแหน่งเดิมและดูว่าตัวเลขบนหน้าปัดเป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าไม่ให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ 1 - 7 อีกครั้ง

8. เมื่อตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบตัวเลขขนาด 0 - 25 มม ได้แล้ว จึงนำไปใช้งานได้

ไมโครมิเตอร์วัดใน (In side- Mircometer) แบบสเกลมีขั้นตอนดังนี้(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1-4)

1. ทำความสะอาดผิวสัมผัสแกนวัดด้วยกระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95% และใช้ผ้าซนิดที่อ่อนนุ่มและไม่มีขนเช็ดซ้ำอีกทีที่บริเวณแกนวัดทั้งสองด้าน

2. ทำความสะอาดแท่งมาตรฐาน (เป็นแท่งที่มีลักษณะเป็นทรงกลมมีรูตรงกลาง)ที่ใช้Set ค่า ขนาดที่ 5 มม โดยใช้วัสดุทำความสะอาดอย่างเดียวกับข้อ1.

3. ตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยนำแท่งขนาดมาตรฐานมาวางระหว่างแกนวัดของไมโครมิเตอร์วัดในแบบสเกลขนาด 5 – 30 โดยให้รูในของแท่งมาตรฐานอยู่ระหว่างปากวัดทั้ง 2 ด้าน

4. ทำการเลื่อนให้ผิวสัมผัสแกนวัดทั้ง 2 ด้าน เคลื่อนที่แตะสัมผัสผิวของแท่งมาตรฐาน

5. เมื่อผิวหน้าสัมผัสทั้งสองแตะสัมผัสกันแล้วให้หมุนปรับที่ชุดหมุนปรับละเอียด (Ratchet Stop) ไป 1-2 คลิก

6. ดูที่สเกลที่อ่านค่าของไมโครมิเตอร์วัดในว่าตรงกับขีดสเกลที่ 5 มม หรือไม่

7. ถ้าไม่ตรงกันให้ทำการหมุนชุดล็อค(Spindle Clamp)ที่อยู่เหนือแกนวัดให้ล็อค เพื่อไม่ให้แกนวัด(Spindle) เคลื่อนที่

8. ใช้ประแจขอจับที่คอของแกนวัดตรงด้านแกนวัด(Spindle)จะมีรูที่แกนวัด และทำการหมุนปรับให้เส้นขีดสเกลหลักและขีดสเกลย่อยตรงกันที่สเกลอ่านค่า 5 มม

9. ทำการคลายชุดล็อค(Spindle Clamp) ออกและหมุนแกนวัด(Spindle)ออกและหมุนปรับให้แตะสัมผัสที่ตำแหน่งเดิม (เหมือนข้อ 4) และดูว่าขีดสเกลทั้งสองตรงกันหรือไม่ ถ้าไม่ตรงกันให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ 1 - 8 อีกครั้ง

10. เมื่อตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไมโครมิเตอร์วัดในแบบสเกลขนาด 5 - 30 มม ได้แล้วจึงนำไปใช้งานได้

ไมโครมิเตอร์วัดใน (In side- Mircometer) แบบตัวเลขมีขั้นตอนดังนี้(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1-4)

1. ทำความสะอาดผิวสัมผัสแกนวัดด้วยกระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95% และใช้ผ้าชนิดที่อ่อนนุ่มและไม่มีขนหรือซ้ำอีกทีที่บริเวณแกนวัดทั้งสองด้าน

2. ทำความสะอาดแท่งขนาดมาตรฐาน (เป็นแท่งที่มีลักษณะเป็นทรงกลมมีรูตรงกลาง) ที่ใช้ Set ค่าที่ขนาด 5 มม โดยใช้วัสดุทำความสะอาดอย่างเดียวกับข้อ1.

3. ตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยนำแท่งขนาดมาตรฐานมาวางระหว่างแกนวัดของไมโครมิเตอร์วัดในแบบตัวเลขขนาด 5 – 30 มม โดยให้รูในของแท่งขนาดมาตรฐานอยู่ระหว่างปากวัดในทั้งสองด้าน

4. ทำการเลื่อนให้ผิวสัมผัสแกนวัดทั้งสองเคลื่อนที่แตะสัมผัสผิวแท่งมาตรฐาน

5. เมื่อผิวหน้าทั้งสองแตะสัมผัสกันแล้วให้หมุนปรับที่ชุดหมุนปรับละเอียด (Ratchet Stop) ไป 1-2 คลิก

6. ดูที่ตัวเลขบนหน้าปัดแสดงค่าการวัดว่ามีค่าเป็นศูนย์หรือไม่ (ในที่นี้หมายถึงค่า ขนาดที่ 5 มม)

7. ถ้าไม่มีค่าเท่ากับ 5 มม ให้ทำการหมุนปรับชุดล็อค(Spindle Clamp)ที่อยู่เหนือแกนวัดให้ล็อคเพื่อไม่ให้แกนวัด (Spindle) เคลื่อนที่

8. ทำการกดปุ่ม Set Zero ที่ตรงบริเวณเหนือแกนวัดและกดปุ่ม Origin เพื่อ Set ตำแหน่งเป็น 5 มม โดยดูที่ตัวเลขแสดงค่าการวัดบนหน้าปัดบอกค่าการวัด

9. ทำการคลาย ชุดล็อค(Spindle Clamp) ออกและหมุนแกนวัด(Spindle) ออกและหมุนปรับให้แตะสัมผัสที่ตำแหน่งเดิม (เหมือนกับข้อ 4) และดูว่าตัวเลขบนหน้าปัดเป็น 5 มม หรือไม่ ถ้าไม่ให้กลับไปทำในขั้นตอนที่ 1 - 8 อีกครั้ง

10. เมื่อตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไมโครมิเตอร์วัดในแบบตัวเลขขนาด 5 - 30 มม ได้แล้ว จึงนำไปใช้งานได้

ไดอัลเกจ (Dial gauge) แบบสเกลมีขั้นตอนดังนี้(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1-2)

1. ทำความสะอาดผิวสัมผัสแกนวัด (Contact Point) ด้วยกระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95% และใช้ผ้าชนิดที่อ่อนนุ่มและไม่มีขนเช็ดที่ผิวหน้าแกนวัด (Contact Point)

2. ตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไดอัลเกจโดยปรับขีดสเกลอ่านค่า (เข็มยาว) ให้อยู่ตรงกับสเกลศูนย์

3. ใช้นิ้วมือกดดันที่ Contact Point ดันให้แกนวัดเคลื่อนที่ขึ้นและปล่อยลง

4. สังเกตที่ขีดสเกลอ่านค่า (เข็มยาว) จะต้องอยู่ตรงกับสเกลศูนย์ที่ได้ตั้งไว้

5. เมื่อตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไดอัลเกจในข้อที่ 4 แล้วว่า ขีดสเกลอ่านค่า(เข็มยาว) อยู่ตรงกับสเกลศูนย์จึงนำไปใช้งานได้

6. ในการนำไดอัลเกจไปใช้งานจะใช้ในการตรวจสอบความขนานและความเรียบของชิ้นงาน โดยมีวิธีดังนี้

6.1 นำไดอัลเกจไปประกอบติดกับ Stand ที่มีแกนสำหรับติดกับไดอัลเกจ

6.2 นำไดอัลเกจในข้อที่ 5.6.1ไปติดเข้ากับเครื่องจักรที่มีชิ้นงานที่จะตรวจสอบอยู่

6.3 ทำการกดให้ Contact Point สัมผัสกับชิ้นงาน

6.4 ทำการตั้งค่าที่เข็มชี้สเกล (เข็มยาว) ให้อยู่ตรงกับขีดสเกลที่ตั้งไว้

6.5 ทำการเคลื่อนที่ของไดอัลเกจหรือเคลื่อนที่ชิ้นงานเพื่อเช็คค่าความเรียบหรือความขนานที่ชิ้นงาน

6.6 สังเกตที่เข็มยาวว่าเข็มเคลื่อนที่ไปหรือไม่ เพื่อที่จะได้ทราบค่าความเรียบหรือความขนานของชิ้นงาน

ไดอัลเกจ (Dial gauge) แบบตัวเลขมีขั้นตอนดังนี้(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:1-2)

1. ทำความสะอาดผิวสัมผัสแกนวัด (Contact Point) ด้วยกระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95% และใช้ผ้าชนิดที่อ่อนนุ่มและไม่มีขนเช็ดที่ผิวหน้าแกนวัด (Contact Point)

2. ตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไดอัลเกจโดยกดปุ่ม Set Zero เพื่อให้ค่าตัวเลขบนหน้าปัดเป็นศูนย์

3. ใช้นิ้วมือกดดันที่ Contact Point ดันให้แกนวัดเคลื่อนที่ขึ้นและปล่อยลง

4. สังเกตที่ตัวเลขบนหน้าปัดจะต้องเป็นศูนย์ที่ได้ตั้งไว้

5. เมื่อตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไดอัลเกจในข้อที่ 4 แล้วว่า ค่าตัวเลขบนหน้าปัดอ่านค่าศูนย์จึงนำไปใช้งานได้

6. ในการนำไดอัลเกจไปใช้งานจะใช้ในการตรวจสอบความขนานและความเรียบของชิ้นงาน โดยมีวิธีดังนี้

6.1 นำไดอัลเกจไปประกอบติดกับ Stand ที่มีแกนสำหรับติดกับไดอัลเกจ

6.2 นำไดอัลเกจในข้อที่ 5.6.1ไปติดเข้ากับเครื่องจักรที่มีชิ้นงานที่จะตรวจสอบอยู่

6.3 ทำการกดให้ Contact Point สัมผัสกับชิ้นงาน

6.4 ทำการตั้งค่าศูนย์ให้ตัวเลขบนหน้าปัดเป็นศูนย์

6.5 ทำการเคลื่อนที่ของไดอัลเกจหรือเคลื่อนที่ชิ้นงานเพื่อเช็คค่าความเรียบหรือความขนานที่ชิ้นงาน

6.6 สังเกตที่ตัวเลขบนหน้าปัดจะเคลื่อนที่ไปหรือไม่ เพื่อที่จะได้ทราบค่าความเรียบหรือความขนานของชิ้นงาน

2.3 การบำรุงรักษาของเครื่องมือวัดด้านมิติ

เวอร์เนียนร์คาลิปเปอร์ (Vernier caliper) แบบสเกลและแบบตัวเลข มีขั้นตอนดังนี้(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:4)

1. ก่อนเก็บจะต้องทำความสะอาดและชโลมน้ำมันบางๆหรือทาวาสลีนเคลือบบางๆเพื่อป้อง

กันสนิม

2. อย่าเก็บเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไว้ในที่ร้อนจัดหรือเย็นจัดเกินไป

3. ไม่ควรนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปใช้งานผิดประเภท

ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Outside-Mircometer)) แบบสเกลและแบบตัวเลขมีขั้นตอนดังนี้ (หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. 2545:4)

1. เมื่อนำไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบสเกลและแบบตัวเลข มาใช้งานควรตรวจสอบสภาพของเครื่องมือวัดทุกครั้ง

2. ควรทำความสะอาดทุกครั้งเมื่อใช้งานและหลังจากใช้งานเสร็จแล้วเช็ดทำความสะอาดด้วยกระดาษทิชชูหรือผ้าชนิดที่ไม่มีขนที่มีลักษณะอ่อนนุ่มชุบแอลกอฮอล์ 95 %

3. เช็ดด้วยผ้าแห้ง (ผ้าชนิดที่ไม่มีขนที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม)

4. ทาวาสลีนขาวที่บริเวณผิวสัมผัสแกนวัดและส่วนที่เป็นโลหะ

5. ไม่ควรวัดงานเกินพิกัดสเกลของไมโครมิเตอร์

6. ไม่ควรให้ไมโครมิเตอร์หล่นลงพื้นหรือถูกน้ำ เพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายกับตัวไมโครมิเตอร์เครื่องนั้นได้

ไมโครมิเตอร์วัดใน (Intside-Mircometer)) แบบสเกลและแบบตัวเลขมีขั้นตอนดังนี้(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:4-5)

1. เมื่อนำไมโครมิเตอร์วัดในแบบสเกลมาใช้งานควรตรวจสอบสภาพของเครื่องมือวัดทุกครั้ง

2. ควรทำความสะอาดทุกครั้งเมื่อใช้งานและหลังจากใช้งานเสร็จแล้วเช็ดทำความสะอาดด้วยกระดาษทิชชูหรือผ้าชนิดที่ไม่มีขนที่มีลักษณะอ่อนนุ่มชุบแอลกอฮอล์ 95 %

3. ทำความสะอาดแท่งขนาดมาตรฐานทุกครั้ง เมื่อใช้งานและหลังจากใช้งานแล้วโดยใช้วัสดุในการทำความสะอาดเหมือนกับขั้นตอนในวิธีการใช้ไมโครมิเตอร์วัดใน

4. เช็ดด้วยผ้าแห้ง (ผ้าชนิดที่ไม่มีขนที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม)

5. ทาวาสลีนขาวที่บริเวณผิวสัมผัสแกนวัดและส่วนที่เป็นโลหะ

6. ไม่ควรวัดงานเกินพิกัดสเกลของไมโครมิเตอร์

7. ไม่ควรให้ไมโครมิเตอร์หล่นลงพื้นหรือถูกน้ำ เพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายกับตัว7ไมโครมิเตอร์เครื่องนั้นได้

ไดอัลเกจ (Dial gauge) แบบสเกลและแบบตัวเลขมีขั้นตอนดังนี้(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.2545:2)

1. เมื่อนำไดอัลเกจแบบตัวเลข 0-25 มม มีความละเอียดไม่เกิน 0.01 มม มาใช้งานควรตรวจสอบสภาพของไดอัลเกจทุกครั้ง

2. ควรทำความสะอาดทุกครั้งเมื่อใช้งานและหลังจากใช้งานเสร็จแล้วเช็ดทำความสะอาดด้วยกระดาษทิชชูหรือผ้าชนิดที่ไม่มีขนที่มีลักษณะอ่อนนุ่มชุบแอลกอฮอล์ 95%

3. เช็ดด้วยผ้าแห้ง (ผ้าชนิดที่ไม่มีขนที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม)

4. ทาวาสลีนขาวที่บริเวณผิวสัมผัสแกนวัดและส่วนที่เป็นโลหะ

5. ไม่ควรวัดงานเกินพิกัดสเกลของไดอัลเกจแบบตัวเลข 0-25 มม ที่มีความละเอียดไม่เกิน 0.01 มม

6. ไม่ควรให้ไดอัลเกจหล่นลงพื้นหรือถูกน้ำ เพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายได้

3. การสอบเทียบเครื่องมือวัด

ในปัจจุบันเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่นั้นได้มีการนำวิธีการในการสอบเทียบของเครื่องมือวัดแต่ละชนิดมาทำกันมาเพื่อจะเป็นการตรวจสอบและหาความถูกต้องของเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่โดยในการสอบเทียบนั้นได้มีผู้รู้และผู้เชี่ยวชาญได้ให้นิยามความหมายของการสอบเทียบดังนี้

3.1 การสอบเทียบ

บุรินทร์ ไตรชินธนโชติ (2543:30) ได้ให้ความหมายของการสอบเทียบไว้ว่า การสอบเทียบหมายถึง การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือมาตรฐานหรือวัสดุอ้างอิงที่มีความถูกต้องสูงกว่าอย่างน้อย 4 เท่า และกระทำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ได้รับการควบคุม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2541:3) ได้ให้ความหมายของการสอบเทียบไว้ว่าการสอบเทียบ หมายถึง ชุดของการดำเนินการทางมาตรวิทยาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชี้บอกโดยเครื่องวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดง โดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะที่บ่งไว้

หมายเหตุ : 1. ผลการสอบเทียบ ทำให้สามารถประมาณค่าผิดพลาดของการชี้บอก ของเครื่องวัด ระบบการวัด หรือเครื่องวัดที่เป็นวัสดุ หรือการกำหนดค่า ทำเครื่องหมายบนสเกล ณ ที่ใดที่หนึ่ง

2. การสอบเทียบอาจหาสมบัติทางมาตรวิทยาอื่น ๆ ได้ด้วย

3. ผลการสอบเทียบอาจบันทึกไว้ในเอกสาร บางครั้งเรียกว่า ใบรับรองการสอบเทียบ (Calibration Certificate)หรือรายงานการสอบเทียบ (Calibration Report)

4. ผลการสอบเทียบ บางครั้งแสดงเป็นตัวประกอบการสอบเทียบ หรือชุดของตัวประกอบการสอบเทียบ ในรูปแบบของเส้นสอบเทียบ

จากความหมายดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า การสอบเทียบหมายถึงกรรมวิธีที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัดโดยสร้างความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดกับเครื่องมือมาตรฐานและมีการปฏิบัติภายใต้ภาวะที่กำหนดไว้

3.2 องค์ประกอบของห้องปฏิบัติการในการสอบเทียบ

สุรพล วัฒนวงศ์(2533:1-2) ได้ให้ความเห็นว่า องค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งในการปฏิบัติงานทางด้านวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมได้แก่คุณภาพของงาน ในภาวะที่มีการแข่งขันและการปรับตัวทางเทคโนโลยีอย่างสูง นั้น ความต้องการในการปรับปรุงคุณภาพของเนื้องานยิ่งมีความจำเป็นมากยิ่งขึ้น องค์กรแทบทุกองค์กรไม่ว่าจะ ในส่วนราชการภาคอุตสาหกรรม หรือ การค้าต่างก็พยายามจะให้บริการแก่ผู้รับบริการตามความต้องการอย่างดีที่สุด ซึ่งจะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อได้มีการควบคุมองค์ประกอบต่าง ๆ ให้อยู่ในเกณฑ์ (Specification) ที่ยอมรับได้ในกรณีของงานทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และอุตสาหกรรมนั้น องค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการทำงานและการตรวจสอบคุณภาพงาน ได้แก่ เครื่องมือวัด เครื่องมือวัดควรจะได้มีการควบคุม สอบเทียบ ระวังรักษาเครื่องมือวัด และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้งานให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับงานวัดในสายวิชานั้น ๆ ผู้ใช้เครื่องวัดควรทราบถึงความผิดพลาดของเครื่องวัดที่ใช้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ และเพื่อให้ผลการใช้งานเครื่องมือวัดมีความถูกต้องเหมาะสม ISO ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้ใช้ในการเอาใจใส่ดูแลเครื่องมือวัด ซึ่งมีบางประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ การเลือกใช้และความเชื่อถือได้ของเครื่องวัด เช่น

1. ควรทราบความถูกต้องของงานเพื่อจะเลือกเครื่องวัดได้ถูกต้องเหมาะสม
2. มีการสอบเทียบ ปรับเทียบ เครื่องวัดที่ใช้งานอยู่เป็นระยะร่วมทั้งก่อนการนำ ไปใช้งาน
3. จัดทำเอกสารและวิธีการสอบเทียบ รวมทั้งรายละเอียดอื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น ความถี่ของการสอบเทียบ
4. ต้องแน่ใจว่าเครื่องวัดที่ใช้มีความถูกต้องเหมาะสม กับเกณฑ์ที่ต้องการในข้อ 1
5. จัดให้มี indicator เพื่อแสดงว่าเครื่องวัด นั้น ๆ ได้มีการสอบเทียบแล้ว
6. เก็บรวบรวมผลสอบเทียบ เครื่องวัดที่ผ่านมา
7. ควรแน่ใจว่าสภาวะโดยรอบเหมาะสมกับการสอบเทียบเครื่องมือวัด และการใช้งานเครื่องมือวัด
8. ควรแน่ใจว่าการเคลื่อนย้ายหยิบยกไม่กระทบกระเทือนต่อความถูกต้องของเครื่องมือวัด
9. ป้องกันไม่ให้มีการปรับแต่งเครื่องมือวัดโดยผู้ที่ไม่มีหน้าที่รับผิดชอบซึ่งจะทำให้การสอบเทียบเดิมคลาดเคลื่อน

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าในการใช้งานเครื่องมือวัดนั้นนอกจากการดูแลในเรื่องต่างๆแล้ว เครื่องมือวัดยังต้องได้รับการสอบเทียบที่เหมาะสมด้วย

3.3 ค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัดที่ได้จากการสอบเทียบ

สุรพล วัฒนวงศ์.(2533:2-3) ได้ให้ความเห็นว่า ในการใช้งานเครื่องมือวัด ควรได้มีการสอบเทียบนั้น เนื่องมาจากเมื่อพิจารณาถึงขีดจำกัดค่าความถูกต้อง (accuracy) ของเครื่องมือวัดแล้วจะพบว่า ค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัดได้จากการสอบเทียบนั้น จะแปรไปได้กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ คือ

3.3.1 เวลา ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ค่าความถูกต้องที่ได้จากการวัดแสดงถึงผลการเทียบกัน ณ เวลา ที่ทำการสอบเทียบเท่านั้น เมื่อเวลาผ่านไปคุณลักษณะต่าง ๆ อาจแปรไปตามเวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างและลักษณะสมบัติของเครื่องวัดนั้น ๆอย่างไรก็ดีไม่มีความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ตายตัว สำหรับเครื่องวัดทุกแบบที่จะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงค่าไปตามเวลา ในการวัดละเอียดนั้นวิธีที่ได้ใช้อยู่ คือการทดลองวัดค่าของเครื่องมือวัด หรือ มาตรฐานดังกล่าวเป็นเวลานานติดต่อกันแล้วเก็บบันทึกค่าไว้เป็นสถิติ เพื่อดูถึงลักษณะสมบัติการแปรค่าตามเวลา

3.3.2 วิธีการใช้งาน การสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้นผู้สอบเทียบจะดำเนินการให้ถูกต้องตามหลักการของการสอบเทียบมากที่สุด ดังนั้นผู้นำเครื่องมือวัดไปใช้จึงต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตรงกันด้วย จึงจะได้ค่าความถูกต้องตามที่กำหนดไว้ เช่น ลักษณะการวางเครื่องวัดโดยเฉพาะเครื่องมือวัดประเภทเข็ม การวางตั้งและการวางนอน อาจให้ผลแตกต่างกัน การปรับศูนย์ของเข็ม หรือ ตัวเลขบนหน้าปัทม์ก่อนการวัด การสลับสายของ Current coil กับ potential coil ของ wattmeter การตรวจสภาพแบตเตอรี่ของเครื่องวัดประเภทที่มีแบตเตอรี่อยู่ภายใน เป็นต้น นอกจากนั้น การประเมินค่าความถูกต้องของเครื่องวัดมีกรรมวิธีการประเมินทางคณิตศาสตร์ แตกต่างกันการนำเครื่อมือวัดไปใช้เพื่อให้ค่าที่วัดได้อยู่ในย่านของความถูกต้องที่ประเมินไว้ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการที่สอดคล้องกันด้วย

3.3.3 สภาวะโดยรอบ เครื่องมือวัดได้รับการออกแบบมาในลักษณะเดียวกับเครื่องใช้อย่างอื่น กล่าวคือสามารถใช้งานได้ภายในขอบเขตที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ตั้งแต่แรกที่มักจะพบโดยทั่วไปได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การใช้งานที่ออกนอกขอบเขตที่กำหนดไว้จะทำให้ไม่สามารถแน่ใจใน Accuracy ของผลการวัดได้ ตัวอย่างเช่น as 1042-1973 direct-acting indicating electrical measuring instrument and their accessories ได้กำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในการวัดและสภาวะโดยรอบ สำหรับเครื่องมือวัดที่ใช้งานใน

ส่วนของอุตสาหกรรมนั้น การใช้งานเครื่องมือวัดให้อยู่ในสภาวะโดยรอบตามที่ผู้ผลิตกำหนดไว้นับว่าพอเพียงที่จะเชื่อถือได้ว่าตัวเลขที่ได้จากการวัดเป็นที่ยอมรับได้ ส่วนเครื่องวัดที่ใช้งานในห้องปฏิบัติการมาตรวิทยานั้นมีความถูกต้องค่อนข้างสูง สภาวะโดยรอบที่เปลี่ยนแปลงมีผลต่อค่าความถูกต้องมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดขีดจำกัดการเปลี่ยนแปรของสภาวะโดยรอบไว้

3.4 ข้อแนะนำเกณฑ์กำหนดสภาวะโดยรอบ

สุรพล วัฒวงศ์(2533:4-6) ได้ให้ความเห็นว่า สภาวะโดยรอบถือว่าเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับเครื่องวัดโดยเฉพาะกับห้องปฏิบัติการมาตรวิทยา ซึ่งถือว่ามีเครื่องวัด และมาตรฐานทั้งที่ใช้เพื่อระบบ Traceacility ภายในและเพื่อการสอบเทียบเครื่องวัดให้แก่ผู้อื่นด้วย Nation Bureau of Standard,U.S.A. (NBS) (ปัจจุบัน Nation Institute of Standard and Technology (NIST)) ได้ให้ข้อมูลไว้ว่า ในห้องปฏิบัติการไฟฟ้านั้น ถ้าความชื้นเกน 65 % จะปรากฏฟิลม์บาง ๆ ซึ่งนำไฟฟ้าได้บนผิวของฉนวนหลายประเภท และเป็นสาเหตุให้เกิดกระแสรั่ว ซึ่งถ้าเป็นการวัดชนิดที่ใช้กัลวาโนมิเตอร์แล้วก็อาจเกิดความผิดพลาดอย่างมากได้ นอกจากนั้นยังพบว่าอุปกรณ์บางอย่างเช่น wire wound resistor ที่มีความต้านทานสูงอาจจะเปลี่ยนค่าความต้านทานไปเมื่อต้องอยู่ในสภาพความชื้นดังกล่าว นาน ๆ นอกจากนั้นการวัดส่วนใหญ่มักจะอาศัยเครื่องวัดที่มีวงจรไฟฟ้าประกอบอยู่ เครื่องวัดดังกล่าวนี้บางครั้งมีการชดเชยต่ออุณหภูมิอยู่บ้าง แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากเกินไปการชดเชยดังกล่าวไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมอุณหภูมให้อยู่ในเกณฑ์กำหนดตลอดเวลา การที่จะเลือกกำหนดสภาวะโดยรอบที่ค่าใดนั้นจัดว่ามีส่วนสำคัญ อย่างไรก็ดีการทำให้สภาวะโดยรอบที่ค่าใดนั้นจัดว่ามีส่วนสำคัญ อย่างไรก็ดีการทำให้สภาวะโดยรอบคงที่ (stable) มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ยิ่งมีความสำคัญมากกว่า นอกจากนั้น MIL-HDBK-52 ยังได้ให้ข้อมูลที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณที่วัดเมื่อภาวะบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป ข้อแนะนำเกณฑ์กำหนดสภาวะโดยรอบซึ่งกำหนดโดยสถาบันและองค์กรต่างๆ เช่น

3.4.1 Instrument Society of America (ISA-RP52.1) ได้กำหนดสภาวะโดยรอบไว้อย่างละเอียดโดยแบ่งระดับความถูกต้องของมาตรฐานและการวัดออกเป็น 3 ระดับ คือ Echlon I, Echlon II และ Echlon III นอกจากนั้นยังแบ่ง Echlon II ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ Type I และ Type II ดังลักษณะโครงสร้างการแบ่งระดับมาตรฐานในระบบการวัด ISA ให้ไว้นั้นได้ให้ไว้เฉพาะสำหรับ Echlon II ซึ่งมีประเด็นสำคัญดังนี้

3.4.1.1 ความดังของเสียง (Coustic Noise) จากผลการศึกษาพบว่าเสียงที่ดังมากนั้นจะทำให้ผู้ที่อยู่ในสภาวะเสียงเช่นนั้นมีโอกาสทำงานผิดพลาดได้ ถึงแม้จะไม่มีข้อมูลยืนยันที่แน่นอนแต่ก็เชื่อว่าระดับเสียงที่ควรมีในห้องปฏิบัติการมารฐาน นั้นควรมีระดับใกล้เคียงกับสำนักงาน คือ ค่อนข้างเงียบ

3.4.1.2 ปริมาณฝุ่นละออง (Dust Particle Count) ข้อกำหนดที่ว่าปริมาณฝุ่นมากเท่าใดจึงจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นในการวัดนั้นไม่อาจกำหนดได้ง่าย ๆ ข้อแนะนำโดยทั่วไปก็คือพยายามรักษาห้องปฏิบัติการให้สะอาดที่สุดเท่าที่จะทำได้ การป้องกันไม่ให้มีฝุ่นเข้าไปบริเวณที่ทำงานนั้นใช้ filter เป็นตัวกรองอากาศ

3.4.1.3 ไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก (Electrical and Magnetic Fields) (shielding) การ shield เพื่อป้องกันไม่ให้มีพลังงานที่คลื่นความถี่สูงนั้นถือว่าจำเป็นสำหรับการวัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์

3.4.1.4 ความดันอากาศ (Laboratory Air Pressure) การกำหนด air pressure ให้ต่างกันพอสมควรระหว่างภายในห้องกับภายนอกห้องนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้มีการไหลของอากาศเข้าไปในห้องซึ่งเป็นการป้องกันฝุ่นไม่ให้เข้าห้อง

3.4.1.5 แสงสว่าง(Lighting) แสงสว่างที่เหมาะสมกับงานนั้นเป็นสิ่งจำเป็นเพราะนอกเหนือจากกาได้ประสิทธิภาพของผลงานที่ดีแล้วยังช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานรู้สึกเพลียช้าลง III lumination Engineering Society ได้กำหนดความสว่างของสถานที่ต่างๆไว้อย่างสมบูรณ์สำหรับในกรณีของห้องปฏิบัติการมาตรวิทยา ISAได้กำหนดค่าไว้โดยเฉพาะ

3.4.1.6 ความชื้นสัมพันธ์ (Relative Humidity) ความชื้นสัมพันธ์เป็นปริมาณที่มีผลกระทบอย่างมากต่อการวัด นอกจากนั้นยังมีผลกระทบยิ่งยวดต่อการวัดบางประเภท

3.4.1.7 อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิผลต่อการวัดประมาณต่าง ๆ เป็นอย่างมากและแตกต่างกันไปตามปริมาณที่ทำการวัด

3.4.1.8 ความสั่นสะเทือน (Vibration) การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นระหว่างการวัดมีผลทำให้ค่าที่ได้ผิดไปจากค่าที่เป็นจริงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องวัดที่เป็นประเภทเข็ม

3.4.1.9 แรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulation) ความคงตัวของแรงดันของSupply มีความสำคัญต่องานวัด ปัจจุบันเครื่องวัดวัดมีวงจรไฟฟ้ารวมอยู่มักจะมี Voltage Regulator ประกอบอยู่ด้วย ซึ่งยอมให้แรงดันของ supplyเปลี่ยนค่าไปมาได้แต่ผู้ใช้เครื่องมือวัดก็ยังต้องระมัดระวังไม่ให้แรงดันที่ใช้มีการเปลี่ยนแปลงเกินกว่าที่กำหนดไว้

3.4.2 International Electrotechnical Commission (IEC 160-1963) ได้กำหนดภาวะบรรยากาศมาตรฐานเพื่อการทดสอบไว้ เป็นภาวะบรรยากาศมาตรฐานและในกรณีที่จำเป็นต้องทำการวัดที่ภาวะบรรยากาศอื่น ซึ่งไม่สามารถหาความสัมพันธ์เพื่อ correct ค่าที่วัดได้มาที่ conditional ได้ IEC ก็ยังกำหนด condition อื่น ให้เลือกใช้ได้ อีก 2 condition

3.4.3 American SocietyforTesting and Materials (ASTM D2865-71(19874)) ได้กำหนดภาวะบรรยากาศมาตรฐานเพื่อการทดสอบไว้ 2 ปริมาณ คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ ค่าที่กำหนดไว้ใกล้เคียงกับของ IEC นอกจากนั้นยังมีค่ากำหนดเกี่ยวกับปริมาณฝุ่น voltage fluctuation และแสงสว่าง

3.5 การประเมินภาวะบรรยากาศ

สุรพล วัฒนวงศ์.(2533:6-7) ได้ให้ความเห็นว่า การปรับตัวภาวะบรรยากาศที่ใช้งานในห้องปฏิบัติการมาตรวิทยาผู้ปฏิบัติงานสามารถที่จะเลือกปรับตั้งให้เหมาะสมกับจุดประสงค์ และข้อพิจารณาอื่นๆ ห้องปฏิบัติการมาตรวิทยายังอาจต้องได้รับการประเมิน จากหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องทั้งนี้เนื่องจากความสำคัญของภาวะบรรยากาศที่มีต่อการวัด ลักษณะตัวอย่างของการประเมินภาวะบรรยากาศ ที่จะกล่าวถึงต่อไป ได้สรุปมาจาก MIL-HDBK-52 ซึ่งเป็นรูปแบบที่ดีมากแบบหนึ่งในการประเมินภาวะบรรยากาศ โดยมีข้อกำหนดดังนี้

3.5.1 บริเวณสอบเทียบควรปราศจากฝุ่น การสั่นสะเทือน Rf interference และไม่ควรใกล้กับเครื่องมือที่มี acoustic noise หรือใกล้กับบริเวณที่มีการทดสอบสภาวะ high power rader

3.5.2 แยกเครื่องมือประเภท แรงดัน(pressure),มวล(mass) และ acceleration จากการสั่นสะเทือน

3.5.3 เครื่องมือวัดประเภทมาตรฐานอินฟราเรดต้องมีการป้องกันจากแหล่งความร้อนภายนอกเมื่อสอบเทียบเกี่ยวกับอินฟราเรด ก็ควรระวัง infra-red detector และอุปกรณ์ที่ sensitive กับอุณหภูมิ

3.5.5 Standardcellและอุณหภูมิที่ไว้ต่ออุณหภูมิต้องแยกออกจากอุปกรณ์อินฟราเรดก่อนเริ่มสอบเทียบทางอินฟราเรด

3.5.6 แรงดันไฟฟ้าภายในห้องปฏิบัติการควรมี voltage regulation อย่างน้อย10 % (ถ้าเป็นไปได้ 5 %) มี harmonic distortion น้อย มีระบบต่อลงดินที่เหมาะสม

3.6 ภาวะบรรยากาศที่ใช้

สุรพล วัฒนวงศ์.(2533:7) ได้ให้ความเห็นว่า จากข้อแนะนำและข้อกำหนดให้ปฏิบัติดังได้กล่าวมาแล้วนั้น ห้องปฏิบัติการมาตรวิทยามีความจำเป็นต้องจัดสร้างระบบภาวะบรรยากาศให้เหมาะสมกับงาน อย่างไรก็ดีระบบมาตรฐานและการสอบเทียบยังแบ่งออกเป็นระดับต่างๆ โดยทั่วไปแล้วมักจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 (Echlon I) ได้แก่มาตรฐานในระดับประเทศซึ่งถือว่ามีความถูกต้องสูงสุด และใช้สำหรับการสอบเทียบกับมาตรฐานในระดับถัดลงไปเท่านั้น

ระดับที่ 2 (Echlon II) ได้แก่มาตรฐานในระดับที่ต่ำกว่าระดับที่ 1 ได้แก่ห้องปฏิบัติการมาตรฐานต่าง ๆ ของอุตสาหกรรมของหน่วยงานทดสอบ ของหน่วยงานสอบเทียบมาตรฐานในกลุ่มนี้ใช้สำหรับสอบเทียบมาตรฐานในระดับถัดลงไปเท่านั้นในบางกรณีมาตรฐานในระดับนี้ยังแบ่งออกเป็นกลุ่ม เช่น ISA ได้แบ่งมาตรฐานในระดับนี้ออกเป็น 2 กลุ่ม Type I และ Type II

ระดับที่ 3 (Echlon III) ได้แก่มาตรฐานที่ใช้เพื่อการสอบเทียบเครื่องวัดใช้งานลักษณะการแบ่งระดับความถูกต้องของมาตรฐาน และเครื่องวัดออกเป็นระดับต่าง ๆ นั้น ทำให้ภาวะบรรยากาศต่อมาตรฐานในระดับต่าง ๆ มีความสำคัญและความเข้มงวดในการดูแลแตกต่างกันออกไปด้วย สำหรับภาวะบรรยากาซที่มีการควบคุมในห้องปฏิบัติการมาตรวิทยาภายในประเทศที่พบอยู่ทั่วไป ได้แก่

1. อุณหภูมิ
2. ความชื้นสัมพัทธ์
3. ปริมาณฝุ่น

3.7 ความสำคัญของการวัด

ในการที่จะปฏิบัติงานนั้นควรจะทราบรายละเอียดของการวัดก่อนเพื่อจะเป็นการทราบในที่มาที่ไปของการวัด โดยมีหัวข้อดังนี้

3.7.1 ความเป็นมาของการวัด

การวัดในระบบเมตริกคิดค้นขึ้นในศตวรรษที่ผ่านมาแต่ไม่ได้มีการนำมาใช้จนกระทั่งปีค.ศ. 1793 รัฐสภาของประเทศฝรั่งเศสได้มีมติให้นำเอาระบบเมตริกมาใช้ในการวัด จากการที่ทางการมีการผลักดันอันนี้ นำเอาการวัดระบบเมตริกในเชิงมาใช้และเรียกว่าเมตร(Meter)และกำหนดเป็นทางการโดยแบ่งหนึ่งส่วนล้าน (1/1,000,000) ของเส้นบนผิวโลกจากขั้วโลกเหนือถึงเส้นศูนย์สูตรของโลกผ่านเมืองปารีส รัฐบาลฝรั่งเศสใช้ระบบเมตริกเป็นหน่วยการวัดที่เป็นเมตริกในการค้าขาย กระทั่ง ค.ศ.1837 รัฐบาลฝรั่งเศสได้ออกกฎหมายบังคับให้นำระบบเมตริกมาใช้ในการวัดสำหรับการค้าขายในฝรั่งเศส ระบบเมตริกถือกำเนิดขึ้นที่ฝรั่งเศสและกระจายไปทั่วยุโรปจากการที่มีการใช้ระบบการวัดเป็นระบบเมตริกอย่างแพร่หลายนี้ ความถูกต้องของระบบเมตริกกลายเป็นระบบพื้นฐานและกลายเป็นผลประโยชน์ในระดับนานาชาติ วันที่ 20 พฤษภาคม ค.ศ.1875 ตามข้อตกลงของนานาชาติ ได้กำหนดมาตรฐานใหม่ซึ่งมีความเที่ยงตรงเรียกว่าระบบเมตริกอนุสัญญาลงนามโดย 17 ประเทศรวมถึงสหรัฐอเมริกา ถึงแม้ว่าระบบเมตริกมีการใช้น้อยมากในสหรัฐอเมริกา อนุสัญญากำหนด 1 เมตร คือระยะระหว่างจุด 2 จุด (เครื่องหมาย) เมตร บนแท่งแผ่นเหล็กและกิโลกรัมใช้สำหรับเป็นหน่วยวัดมวล มาตรฐานและกิโลกรัมที่สร้างขึ้นเก็บรักษาไว้ภายใต้การควบคุมที่เมืองเซอพเรส(Servers) ประเทศฝรั่งเศส ส่วนสำเนา(Copies) เรียกว่าต้นแบบ(Prototypes) ของเหล็กเมตรและ

กิโลกรัมได้แจกจ่ายไปยังประเทศอื่น ๆ สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกาต้นแบบเก็บรักษาไว้ที่ สถาบันมาตรฐานแห่งชาติในเมืองวอร์ชิงตัน ดีซี ในปี คศ.1960 จากการประชุมเรื่องน้ำหนักและการวัดมีมติให้รับหลักการที่ง่ายยิ่งกว่าของระบบเมตริกที่เรียกว่า หน่วยการวัดระบบเมตริก (SI-System International d' Units, or International System of Units-Officially Abbreviated-SI) (สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม . 2542:1)

3.7.2 ชนิดของหน่วยวัด

ผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นจะมีสิ่งของเป็นหน่วย หน่วยนี้เป็นหน่วยมาตรฐานซึ่งเป็นที่รู้จักกันและทุกๆคนยอมรับ ถ้าเราวัดสิ่งของแต่ไม่ทำความเข้าใจกันทั้งสองฝ่ายหรือทำความตกลงกันทั้งสองฝ่ายด้านความรู้เกี่ยวกับการวัดถ้าเราไม่ทำความเข้าใจ หน่วย ขนาด เราก็ไม่สามารถจะเข้าใจซึ่งกันและกันเพราะตัวเลขอย่างเดียวไม่สามารถให้ข้อมูลได้ทั้งหมด

หน่วยการวัดมาตรฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีทั้งเป็นหน่วย เมตร นิ้ว ปอนด์ วินาที กิโลกรัม องศา เป็นต้นหน่วยบางหน่วยเรียกว่าหน่วยพื้นฐาน (Basic Units) ซึ่งเป็นหน่วยที่ง่ายที่สุดและเป็นหน่วยวัดพื้นฐานซึ่งมี ความยาว เวลา กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิ ฯลฯ หน่วยวัดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือหน่วยวัดความยาว โดยทั่ว ๆ ไป จะวัดตามเส้นตรงการวัดชนิดนี้จึงเรียกว่า การวัดเชิงเส้น (Linear) การวัดเชิงเส้นด้วยสายตาหรือไม้บรรทัดก็ตามแต่ ตลอดชีวิตของทุก ๆ คน เช่น เวลารถเราจะคาดคะเนระยะทางอยู่ตลอดเวลา การวัดในเชิงเส้นมีความสำคัญมากเพราะใช้ในการบอกขนาดสิ่งต่างๆ หน่วยวัดในเชิงเส้นหลายๆ หน่วยที่ใช้ในอดีตที่แตกต่างกันไปอียิปต์โบราณและกรีกวัดระยะทางมีหน่วยเป็นคิวบิท(Cubits)คิวบิท(Cubits) คือความยาวของช่วงแขน (Forearrm) ชาวโรมันวัดระยะทางบนบกมีหน่วยเป็นไมล์ (Miles) และกำหนด 1 ไมล์ เท่ากับ 1,000 ก้าว ระยะทางบนบกที่ไกลกว่านี้วัดด้วยการเดินหนึ่งวัน (โดยสังคมยุคโบราณ) ปัจจุบันนี้โลกทั้งโลกใช้หน่วยวัดมาตรฐานในการวัดในเชิงเส้นมีหน่วยเรียกว่า เมตร (Meter) 1 เมตรกำหนดขึ้น ในปี คศ. 1793 เท่ากับ 1/10,000,000 (One ten millionth) วัดจากขั้วโลกเหนือถึงเส้นอีคเวเตอร์ปัจจุบันนี้ 1 เมตร เท่ากับ คลื่นแสงซึ่งเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการประวัติศาสตร์ของการวัดในเชิงเส้นในประเทศอังกฤษไม่ได้ใช้หน่วยเป็น เมตร แต่ใช้เป็นนิ้ว ฟุต และไมล์ หน่วยวัดนี้ ได้แพร่หลายกระจายไปทั่วอาณานิคมของอังกฤษทั่วโลก เช่น อเมริกา แคนนาดา ใช้หน่วยวัดอันนี้มานานปี สำหรับแคนนาดาได้เปลี่ยนมาใช้หน่วยเป็นเมตรแล้ว ส่วนสหรัฐอเมริกาค่อย ๆ เปลี่ยนไปใช้ระบบเมตร (เมตริก) เพื่อที่จะให้ผลิตภัณฑ์และเอกสารทางเทคนิคเหมือนกับประเทศอื่น ๆ ในโลกธุรกิจ การวัดในเชิงเส้น ถ้าใช้วัดหน่วยใหญ่ขึ้นเช่น ฟุต หลา หน่วยวัดพื้นที่ผิวโดยการคำนวณด้านกว้างคูณด้วยความยาว ส่วนหน่วยการวัดปริมาตรคือหน่วยพื้นที่บรรจุความกว้างและความสูง หน่วยของปริมาตรจะขึ้นอยู่กับหน่วยของสามมิติที่ใช้อย่างแพร่หลายมี ตารางนิ้ว ตารางฟุต ตารางหลา เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีหน่วยวัด เวลา วัดมุม ความเร็วและความเร่งมวลและน้ำหนัก (สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2542: 2-3)

3.7.3 การใช้เครื่องมือวัด

รูปแบบของการปฏิบัติงานนั้นมีการพัฒนามากขึ้น พร้อมกับการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในธุรกิจอุตสาหกรรม เครื่องมือวัดก็ได้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้ทันสมัยมากขึ้น โดยให้สอดคล้องกับอุตสาหกรรมแขนงนั้นๆโดยการจะใช้เครื่องมือวัดสิ่งที่ควรทราบคือ(สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2541:11-13)

3.7.3.1 การเลือกเครื่องมือวัดให้มีระดับความถูกต้องเหมาะสมกับงาน ก่อนนำเครื่องมือวัดไปใช้งานหรือก่อนซื้อเครื่องมือวัด ผู้ใช้ควรทราบวัตถุประสงค์และขอบเขตของการใช้เครื่องมือ เป็นต้น

ว่า ควรจะรู้ว่าจะวัดอะไร มีขนาดไม่เกินเท่าไร และที่สำคัญที่สุดจะต้องทราบว่า หากมีความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดเกิดขึ้น ยอมให้เครื่องมือวัดนั้นคลาดเคลื่อนได้มากที่สุดเท่าใด

3.7.3.2 การวัดเพื่อตรวจสอบขนาดของผลิตภัณฑ์หรือผลิตผลโดยปกติมักมีข้อกำหนด(Specification) ให้ผลิตภัณฑ์หรือผลิตผลหนึ่ง ๆ มีขนาดของส่วนต่าง ๆ ชัดเจน และมีเงื่อนไขว่าถ้าหากขนาดของส่วนนั้น ๆ คลาดเคลื่อนไปจะยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าค่าหนึ่งตัวอย่างเช่น ในการผลิตชิ้นความหนามาตรฐาน (Gauge Block) 100 มม เกรด 2 (ตามมาตรฐาน ISO 3650 ยอมให้ความหนาคลาดเคลื่อนจาก 100 มม ได้ไม่เกิน $\pm$ 1.2 ไมครอน หรือเท่ากับ $\pm$ 0.0012 มม การเลือกใช้เครื่องมือวัดในกรณีเช่นนี้ เราจะต้องเลือกเครื่องมือวัดที่มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 1 ใน 10 (1/10) ของความคลาดเคลื่อนที่ยอมได้ตามมาตรฐาน ISO 10012 นั่นคือ $\pm$ 0.00012 มม อย่างไรก็ตามมาตรฐาน ISO 10012 อนุโลมให้สัดส่วนของความคลาดเคลื่อนมากกว่า 1 ใน 10 ได้ แต่จะต้องไม่เกิน 1 ใน 3 การอนุโลมนี้เป็นเหตุผลทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นในตัวอย่างนี้ เราอาจจะอนุโลมให้ใช้เครื่องมือวัด ซึ่งให้ผลของการวัดมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 1/3 ของ 0.0012 มม ซึ่งเท่ากับ 0.0004 มม นั่นเอง

3.7.3.3 การวัดในงานวิเคราะห์หรือการทดสอบ โดยปกติมักจะทำตามมาตรฐานของการวิเคราะห์หรือการทดสอบอันใดอันหนึ่ง เช่น มอก ISO หรือ ASTM หรือ JIS ซึ่งมาตรฐานเหล่านี้จะมีวิธีการ ขั้นตอนการทดสอบเขียนไว้ว่าจะต้องทำอย่างไร เครื่องมือที่ใช้จะต้องมีคุณลักษณะเช่นใด สำหรับเครื่องมือวัดที่ใช้ในงานทดสอบนั้น มักจะระบุให้ความเคลื่อนได้ระดับหนึ่ง เช่น ไม่เกิน 0.1 มม หรือ 0.1% เป็นต้น หากการทดสอบนั้นไม่เป็นไปตามมาตรฐานใด ๆ ข้อมูลเหล่านี้ก็ควรจะเขียนไว้ในคู่มือคุณภาพของหน่วยงานนั้น ๆ ในกรณีที่ไม่เคยมีข้อกำหนดมาก่อนว่ายอมให้เครื่องมือวัดที่จะใช้มีความคลาดเคลื่อนได้เท่าใด เราก็สามารถกำหนดได้เอง โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการใช้ เป็นต้นว่า ในการค้าขายเครื่องมือวัดจะต้องไม่คลาดเคลื่อนจนทำให้ผู้ขายขาดทุน หรือกระทำผิดกฎหมายตาม พ.ร.บ. ชั่งตวง วัด ส่วนการวัดในขั้นตอนการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้น ค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดนั้นจะต้องไม่มากจนทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างไปจากข้อกำหนด สำหรับในงานวิเคราะห์ วิจัย และการทดสอบนั้น ระดับความถูกต้องของผลการวัดจะต้องทำให้งานนั้น ๆ เชื่อถือได้

3.7.3.4 การวัดทั่ว ๆ ไปในการวัดทั่ว ๆ ไป มักจะกำหนดว่าต้องการให้ถูกต้องถึงเท่าใด เช่น ต้องการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทรงกระบอกที่กลึงได้ขนาดต่าง ๆ ให้ถูกต้องถึง 1 มม หมายความว่า ถ้าวัดได้ 97 มม จะต้องมั่นใจว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทรงกระบอกนั้นเป็น 97 มม เครื่องมือวัดที่จะนำมาใช้ได้จะต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1/10 ของความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ (ISO 10012) ดังนั้นเครื่องมือวัดที่จะใช้ได้ต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 0.1 มม หรือโดยอนุโลม 1/3 ของความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ นั่นคือ $\pm$ 0.3 มม

3.7.3.5 การผลิตเครื่องมือวัดตามมาตรฐานสากลโดยทั่วไปผู้ผลิตจะผลิตเครื่องมือวัดให้มีคุณลักษณะตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO เช่น ISO 13385 (สำหรับ Vernier Calliper และ Depth Gauge)ISO9121 (สำหรับ Internal Micrometer) ISO 463 (สำหรับ Dial Gauge) และ ISO 3611 (สำหรับ External Micrometer) เป็นต้น ซึ่งกำหนดขอบเขตของการเคลื่อนสูงสุดเป็นช่วง ๆ เช่น ISO 13385 กำหนดให้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.02 มม ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ในช่วงต้น 0.02 มม (ไม่เกิน 100 มม) ช่วงถัดไป (100 มม – 400 มม) ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ 0.03 มม เป็นต้น ทั้งนี้ขอบเขตของการคลาด

เคลื่อนนี้จะแตกต่างกันไป สำหรับเครื่องมือวัดแต่ละเครื่อง ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และความละเอียด (Readability) ของเครื่องมือวัดนั้น ๆ

3.8 ลักษณะความผิดพลาดจากการวัด

วิศวกรโดยทั่วไปทุก ๆ สาขาวิชามักจะประสบกับปัญหาที่เกี่ยวกับการวัดอยู่เสมอซึ่งอาจจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับเวลา, มวล, แรง, อุณหภูมิ, การไหลของกระแสไฟฟ้า, ความยาว, มุม และ อื่น ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรืออาจจะเป็นผลมาจากสองสามอย่างที่กล่าวมาแล้วรวมกันก็ได้ ซึ่งผลของการวัดเหล่านั้นจะกำหนดวิถีทางปฏิบัติของวิศวกรในภายหลัง ด้วยเหตุนี้ผลที่ได้จากการวัด ดังกล่าว การจัดเตรียมข้อแนะนำและเกี่ยวกับการตัดสินใจในการวัดจึงได้ถูกจัดทำขึ้นมา การวัดทั้งหมดจะอยู่ในส่วนของมาตรวิทยาของด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิศวกรอุตสาหการและวิศวกรเครื่องมือมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์อย่างมากกับการวัดความยาวและการวัดมุม สำหรับการวัดความยาวนี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญมากในขณะที่การวัดมุมก็อาจจะถูกนำไปใช้อย่างเหมาะสมในการวัดความยาวด้วยกันในการวัดแต่ละอย่างจะไม่มีความสมบูรณ์เลยถ้าหากว่าการวัดนั้นไม่ได้บ่งบอกว่ามีระดับของความแม่น (Accuracy) ว่ามีเท่าใด นั่นก็คือไม่เพียงแต่ที่จะต้องกำหนดขนาดที่จะทำการวัดแล้ว แต่ยังต้องกำหนดความแม่นยำของการวัดด้วย เป็นไปได้อย่างมากที่วิธีการวัดต่าง ๆ จะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในตัวของมันเองซึ่งความผิดพลาดนี้ควรจะมีเกิดขึ้นน้อยที่สุด และความผิดพลาดน้อยที่สุดนี้อาจจะสามารถเพิ่มขึ้นได้ นั่นก็คือความแม่นในการวัดควรจะถูกกำหนดไว้ด้วย ดังตัวอย่างเช่นไม่เพียงพอที่จะกำหนดขนาดของแท่งเกจ (Gauge Block) = 30 มม เท่านั้น แต่จำเป็นที่จะต้องกำหนด

(ก) ความผิดพลาดในการวัดเกจของแท่งเกจ เช่น = -0.0002 มม

(ข) ความแม่นในการวัด เช่น = $\pm$ 0.004 มม

สำหรับผู้ที่เอาแท่งเกจดังกล่าวไปใช้งานซึ่งมีข้อแนะนำที่กล่าวมาแล้วนั้น ก็อาจจะถือโอกาสนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ถ้าเกิดความจำเป็น ดังเช่น ถ้าแท่งเกจนั้นถูกนำไปใช้สำหรับตั้งระยะความสูงของเวอร์เนียร์วัดความสูง (Vernier Height Gauge) ซึ่งสามารถอ่านละเอียดได้เพียง 0.02 มม ดังนั้นความผิดพลาดของแท่งเกจก็นับว่าน้อยมากและสามารถที่จะละทิ้งไปได้ แต่ถ้าแท่งเกจนี้ถูกนำไปใช้สำหรับตั้งระยะ (Set up) เครื่องเทียบวัด (Comparator) ซึ่งมีสเกลแบ่งไว้ 0.001 มม ดังนั้นความผิดพลาดในการวัดก็จะมีความสำคัญและต้องนำมาพิจารณาด้วยและความแม่นในการวัดของแท่งเกจก็ต้องนำมาเกี่ยวข้องด้วยเช่นกันความสำคัญประการหนึ่งในการนำเครื่องมือวัดไปใช้งานก็คือความผิดพลาดในการวัดความผิดพลาดในการวัดเป็นผลมาจากการวัดของผู้ปฏิบัติงานและความผิดพลาดในการวัดจะมีผลมากถ้าเกิดขึ้นในการสอบเทียบเครื่องมือวัดเพราะจะส่งผลให้เครื่องมือวัดมีความผิดพลาดติดไปกับตัวเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ (บุญพริ้ง สุขสบายและวชิระ มีทอง. ม.ป.ป.:1-2)

3.8.1 ชนิดของความผิดพลาด

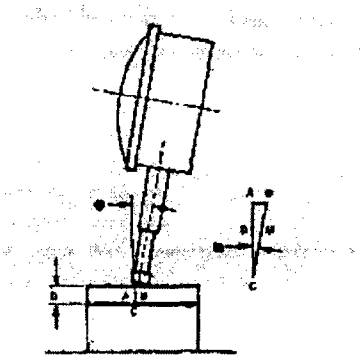
บุญพริ้ง สุขสบายและวชิระ มีทอง.(ม.ป.ป. : 2-7) ได้ให้ความเห็นว่า โดยทั่วไปความผิดพลาดที่ทำให้เกิดความเสียหายในการวัดแต่ละอย่างสามารถที่จะพิจารณาแบ่งออกได้เป็นสองอย่าง อย่างแรกก็คือความผิดพลาดแบบที่ไม่ควรที่จะเกิดขึ้นและสามารถที่จะกำจัดความผิดพลาดนี้ได้โดยการทำงานด้วยความระมัดระวัง และพิจารณารายละเอียดอย่างรอบคอบ ส่วนอีกอย่างหนึ่งก็คือความผิดพลาดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในระหว่างการทำการวัดความผิดพลาดแบบที่ไม่ควรที่จะเกิดขึ้นและเราสามารถที่จะกำจัดความผิดพลาดเหล่านี้ออกไปได้ สามารถที่จะแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้อีก ดังต่อไปนี้

ความผิดพลาดอย่างใหญ่หลวง

- การอ่านค่าบนเครื่องมือผิดไป

- การผิดพลาดทางเลขคณิต

3.8.1.1 ความผิดพลาดในการตั้งแนวตรง ความผิดพลาดชนิดนี้เกิดขึ้นได้เมื่อเครื่องมือที่ใช้ในการวัดไม่อยู่ในแนวเส้นตรงสัมพันธ์กับชิ้นงานที่ทำการวัด ซึ่งทำให้ผลจากการวัดได้ค่า = M ทั้ง ๆ ที่ค่าที่ถูกต้องแท้จริง = D เรารู้จักความผิดพลาดชนิดนี้ว่าเป็นความผิดพลาดทางตรีโกณมิติ หรือความผิดพลาดทางโคซายน์ (Cosine Errors) ดังแสดงในรูป ที่ 1.1 ซึ่งจะเห็นว่านาฬิกาวัดถูกวางเอียงทำมุม = θ กับแนวเส้นที่จะทำการวัด และจะได้ค่า $D = M \cos \theta$



ภาพประกอบ 1 รูปแบบความผิดพลาดทางโคซายน์
(บุญพริ้ง สุขสบาย และวชิระ มีทอง. มปป. : 3)

3.8.1.2 ความผิดพลาดที่เกิดจากสภาวะอากาศที่ล้อมรอบ สิ่งแวดล้อมที่ปรากฏอยู่ทั่ว ๆไปจะมีผลกระทบกระเทือนต่อผลของการวัดอย่างมากซึ่งบางอย่างก็อาจจะน้อยหรือบางอย่างก็อาจจะมากก็ได้ สภาวะที่สำคัญที่สุดก็คืออุณหภูมิทั้งของชิ้นงานและรอบ ๆ ชิ้นงานที่จะทำการวัดนั้น สำหรับอุณหภูมิมาตรฐานสากลที่ใช้ ในการวัดก็คือ 20°C หรือ 68°F และอุณหภูมิที่อยู่ล้อมรอบก็ควรจะอยู่ในระดับเดียวกัน อย่างไรก็ตามการ ควบคุมอุณหภูมิอย่างระมัดระวังจะไม่ได้ประโยชน์เลยถ้าอุณหภูมิของชิ้นงานที่จะทำการวัดแปรเปลี่ยนไปตลอดเวลาการจับถือชิ้นงานหรือเครื่องมือวัดก็จะทำให้อุณหภูมิของชิ้นงานหรือเครื่องมือวัดนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นจึงควรที่จะจับถือให้น้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้ ในการวัดที่ต้องการความละเอียดเที่ยงตรงสูงมาก ๆ มีข้อแนะนำให้ใช้เวลา 20 นาทีต่อความยาว 25 มม. ของเกจ และในระหว่างการวัดจะเป็นการดีที่สุดถ้าเราจะวางอุปกรณ์เกี่ยวกับการวัดทั้งหมดบนผิวหน้าของโต๊ะระดับเหล็กหล่อ(Cast Iron Surface Plate) มากกว่าจะวางไว้บนผิวของพลาสติกหรือโต๊ะไม้ โต๊ะระดับเหล็กหล่อเป็นตัวนำที่ดีอย่างหนึ่งสามารถกระจายความร้อน ที่แตกต่างกันได้อย่างรวดเร็ว

ผลจากปฏิกริยาที่เกิดจากอุณหภูมิจะถูกนำมาพิจารณาได้สองอย่าง ดังนี้คือ

ก. การวัดโดยตรง พิจารณาแท่งเกจที่ถูกวัดโดยตรงโดยใช้คลื่นแสงการแทรกสอด (Interferometry) ในที่นี้ผลของการใช้อุณหภูมิไม่เป็นมาตรฐานจะทำให้เกิดความผิดพลาด ดังนี้

$$\text{ความผิดพลาด} = 1a(t - ts)$$

กำหนดให้

1 = ขนาดระบุ (Nominmal Size)

a = สัมประสิทธิ์ของการขยายตัว

(t – ts) = การเบี่ยงเบนจากอุณหภูมิมาตรฐาน

ข. การวัดโดยการเปรียบเทียบ ถ้าเราพิจารณาเกจสองอันซึ่งมีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัว = a_1 และ a_2 เมื่อมีความผิดพลาดที่กระทำกับอุณหภูมิที่ไม่ได้มาตรฐานก็จะได้

ความผิดพลาด = $\mathbf{1(a_1 - a_2)(t - ts)}$

สำหรับสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวนี้จะมีค่าน้อยมาก ดังนั้นค่าผิดพลาดก็จะน้อยมาก ถ้าชิ้นงานทั้งสองชิ้นงานจะมีอุณหภูมิที่เหมือนกัน ด้วยเหตุนี้ในการวัดโดยการเปรียบเทียบจึงมีความสำคัญที่อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนในการวัดทั้งหมดมีอุณหภูมิเหมือนกันทุกชิ้นมากกว่าจำเป็นที่จะต้องให้อยู่ในอุณหภูมิมาตรฐาน

สภาวะอากาศที่ล้อมรอบอื่น ๆ อาจจะมีผลกระทบต่อผลของการวัดได้เช่นกัน ถ้าแท่งเกจถูกวัดโดยวิธีการแทรกสอด ซึ่งเกี่ยวพันกับความชื้น ความดันที่บรรยากาศ และปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์มีปฏิกริยาดัชนีการสะท้อนของแสงในบรรยากาศ สภาวะเงื่อนไขเหล่านี้ควรจะจดบันทึกไว้ทั้งหมดในระหว่างการทดสอบและจำเป็นที่จะต้องมีการแก้ไขด้วย

3.8.1.3 ความผิดพลาดที่เกิดจากยืดขยายตัว ชิ้นส่วนใด ๆ ที่ได้รับน้ำหนักจะประสบกับการยืดขยายตัว ปริมาณของการยืดขยายตัวนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำหนัก, พื้นที่ที่สัมผัส และคุณสมบัติทางกลของวัสดุที่สัมผัส ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ในการวัดชิ้นงานแต่ละครั้งจะต้องใช้น้ำหนักในการวัดเท่ากัน

เครื่องมือวัดส่วนมากใช้การวัดที่ละเอียดมาก ๆ เช่นเครื่องเทียบวัด (Comparators) ไมโครมิเตอร์ตั้งโต๊ะ (Bench Micrometer) เป็นต้น แรงกดที่ใช้ในการวัดจะต้องคงที่อยู่เสมอ และข้อยุ่งยากอย่างมากที่จะเกิดขึ้นตามมาก็จากการที่พื้นที่สัมผัสนั้นต่างชนิดกัน คือในตอนแรกเราจะทำการตั้งปรับเครื่องมือโดยใช้แท่งเกจ แต่ต่อจากนั้นเราก็นำชิ้นงานมาวัดซึ่งพื้นที่สัมผัสต่างชนิดกัน

ถ้าการวัดเปรียบเทียบที่ต้องการความละเอียดเที่ยงตรงสูงระหว่างอุปกรณ์ที่มีรัศมีแตกต่างกัน และวัสดุที่มีคุณสมบัติทางการยืดหยุ่นต่างกันโดยเฉพาะโมดูลัสของการยืดหยุ่น (Elastic Modulus, E) และอัตราส่วนของพอยซ์ซัน (Poisson's ratio,V) เมื่อนั้นการแก้ไขสามารถจะถูกนำมาใช้สำหรับการยืดขยายตัวที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเข็มที่ใช้วัดกับผิวมาใช้สัมผัสกับแท่งเกจและชิ้นงาน

นายทิโมแชงโก (S.Timoshenko ผู้แต่งทฤษฎีของการยืดหยุ่น) ได้อธิบายเกี่ยวกับการยืดขยายตัว เช่น การเปลี่ยนแปลงระยะทางศูนย์กลางระหว่างเข็มทรงกลมที่ใช้วัดกับผิวหน้าทรงกลมเมื่ออยู่ภายใต้แรงกด W

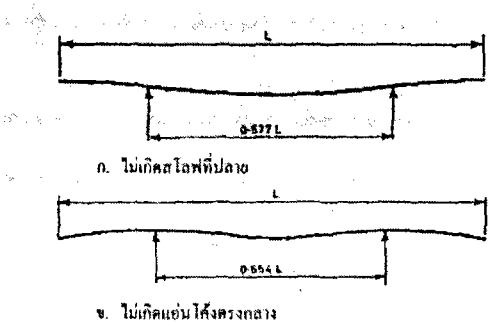
$$\text{การยืดขยายทั้งหมด} = 1.774\, W^{2/3} \frac{(K1 + K2)^{2/3}}{\overline{R1}\ \overline{/R2}} (1 + 1)^{1/3}$$

R1 = รัศมีของเกจ R2 = รัศมีของเข็มที่ใช้วัด

$K1 = \dfrac{1-V_1 2}{E_1}$ $K2 = \dfrac{1-V_2^{\,2}}{E_2}$

ถ้าในการวัดเปรียบเทียบประกอบด้วยการตั้งปรับเครื่องเทียบวัดกับเกจ A และอ่านค่าบนเกจ B ดังนั้นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นก็จะเป็น $\delta_A - \delta_B$

การยืดขยายตัวอีกแบบหนึ่งซึ่งจะเกิดขึ้นจากการได้รับน้ำหนักของตัวมันเองสำหรับปัญหานี้ได้ถูกพิจารณาโดยเซอร์ จี.บี ไอรี่ ผู้ทำการทดลองหาตำปน่งของการรับชิ้นงานที่จะทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดสภาวะดังกล่าวสองอย่างได้ถูกนำมาพิจารณาดังแสดงในรูป



ภาพประกอบ 2 รูปแบบตำแหน่งการรองรับชิ้นงาน
(บุญพริ้ง สุขสบาย และวชิระ มีทอง. ม.ป.ป. : 6)

รูปนี้เมื่อวางจุดรองรับงานอยู่ห่างกัน = 0.577L (L = ความยาวของชิ้นงาน) และห่างจากปลายทั้งสองข้างเท่า ๆ กัน ชิ้นงานจะไม่เกิดการเอียงที่ปลาย ส่วนอีกรูปหนึ่งวางจุดรองรับชิ้นงานห่างกัน = 0.554L ก็จะไม่ทำให้เกิดการแอ่นโค้งตรงกลางชิ้นงาน

3.8.1.4 ความผิดพลาดที่ซึ่งไม่สามารถกำจัดออกไปได้ ไม่มีการวัดใด ๆ ที่สามารถจะให้ค่าที่ถูกต้องแท้จริงออกมาได้ตามหลักการนี้เพราะว่าค่าตัวเลขที่ถูกบันทึกจะขึ้นอยู่กับตาของมนุษย์ที่อ่านค่านั้น ๆ การอ่านนี้เป็นการประมาณซึ่งจะมีความละเอียดเที่ยงตรงเท่าใดนั้นก็ขึ้นอยู่ความละเอียดเที่ยงตรงของสเกลค่านั้น ๆ ด้วย ตลอดจนความสามารถของผู้ทำการวัดที่อ่านค่าสเกลนั้น ในบางกรณีความรู้สึกในการจับหรือสัมผัสชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผู้ทำการวัดก็แตกต่างกันไปด้วย

3.8.1.5 ความผิดพลาดจากสเกล ถ้าสเกลของเครื่องมือวัดเกิดความผิดพลาดขึ้นแล้วก็จะทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดขึ้นมาด้วย ความผิดพลาดเนื่องจากสเกลนี้เราสามารถที่จะตรวจรู้ได้โดยการวัดเปรียบเทียบกับความยาวขนาดมาตรฐานที่เรารู้ค่าที่แท้จริงตลอดความยาวของสเกลนั้น ในการวัดแบบเปรียบเทียบ ผลของความผิดพลาดจากสเกลก็สามารถทำให้ลดน้อยลงไปได้โดยการใช้ช่วงความยาวของสเกลให้สั้นที่สุดเท่าที่จะสั้นได้ โดยเลือกใช้แท่งเกจตั้งปรับที่มีขนาดใกล้เคียงกับชิ้นงานที่จะวัดตรวจสอบให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

3.8.1.6 ความผิดพลาดจากการอ่าน การอ่านค่าบนสเกลได้ละเอียดถูกต้องอย่างไร สิ่งนี้จะขึ้นอยู่กับความหนาของขีดบนสเกล, ช่องว่างระหว่างส่วนแบ่งสเกล (Scale Division) และความหนาของเส้นชี้ค่า (The Datum or Poiter)สำหรับการอ่านค่าของเส้นชี้ค่าบนหนึ่งช่องของสเกล สามารถที่จะได้ความแม่น 10% ของขีดที่แบ่งบนสเกล และค่าประมาณของตำแหน่งเส้นชี้ค่าระหว่างเส้นขีดบนสเกลจะมีความแม่นน้อยลงและควรจะเป็น ๓20% ของขีดที่แบ่งบนสเกล ด้วยเหตุนี้การอ่านค่าของ -3 หน่วยของสเกลที่แบ่งแต่ละช่อง = 0.001 มม. ก็จะเปรียบเทียบหรือวัดได้ = -0.003 มม. มีความแม่นในการวัด 0.0001

มม. แต่ถ้าอ่านค่าได้เป็น –3.4 หน่วย ดังนั้นค่าที่ถูกต้องควรจะเป็น –0.0034, 0.0002 มม.ถ้าการวัดนี้ใช้กับเครื่องเทียบวัด ความผิดพลาดชนิดนี้ก็จะเกิดขึ้นสองครั้งเช่นกันครั้งแรกก็คือตอนที่ตั้งปรับเครื่องมือด้วยแท่งเกจ และอีกครั้งหนึ่งก็ตอนที่อ่านค่าจากการวัดชิ้นงาน

3.8.1.7 ความผิดพลาดจากการวัด ความผิดพลาดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นเป็นความผิดพลาดแบบสะสมเพิ่มขึ้น (Cumulative) และในบางกรณีก็ต้องเพิ่มเติมไปอีกเนื่องจากความไวต่อการจับหรือรู้สึกซึ่งสิ่งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือวัดที่จะทำการใช้ และโดยปกติแล้วผลเช่นนี้จะถูกกำจัดด้วยเครื่องเทียบวัด การมาพิจารณาปัญหาของความผิดพลาดของการวัดเกจแกนตรง (Plain Plug Gauge) ที่มีขนาดระบุ 25 มม. การวัดนี้จะใช้เครื่องเทียบวัดที่มีกำลังขยาย 500 x ซึ่งถูกตั้งปรับด้วยแท่งเกจที่มีขนาดระบุ 25 มม. โดยมีความผิดพลาดที่รู้ = -0.0001 มม. และ มีความแม่นในการวัด = 0.0002 มม. ปรากฏว่าเครื่องเทียบวัดอ่านค่าบนแท่งเกจได้ = 0 ของสเกลที่แบ่ง และอ่านค่าบนเกจแกนตรงได้ = -1.2 ของสเกลที่แบ่ง ในกรณีเช่นนี้ผลของการยืดขยายตัวสามารถที่จะตัดทิ้งไปได้ เพราะว่าแท่งเกจและเกจแกนตรงทำด้วยวัสดุคล้ายกันและอยู่ภายใต้แรงกดเหมือนกันด้วย และเงื่อนไขของผิวสัมผัสทั้งสองก็แตกต่างกันน้อยมาก ปัญหาเหล่านี้จึงตัดออกไปได้

3.8.1.8 ความผิดพลาดผสม ในการวัดขั้นสุดท้ายหลาย ๆ กรณีที่เกิดขึ้นโดยคำนวณจากจำนวนของค่าในการวัดแต่ละครั้งคือ a, b, c เป็นต้น ซึ่งค่าเหล่านี้ก็จะต้องมีความแม่นในการวัดคือ δ_a , δ_b, δ_c เป็นต้น ดังนั้นค่าความแม่นในการวัดของ M ซึ่งเราสามารถเขียนเป็น dM สามารถที่จะหาได้โดยการแทนค่าสูงสุดและต่ำสุดของ a, b, c และด้วยเหตุนี้ก็จะได้ค่าสูงสุดและต่ำสุดของ M การทำเช่นนี้เป็นขบวนการให้ห้องปฏิบัติการ และปัญหาดังกล่าวควรจะใช้วิธีการพาร์เชียลดีฟเฟอร์เรนทิเอชั่น (Partial Defferentiation) จะเป็นการดีกว่าแบบอื่น ๆ ดังสมการ

$$dM = \frac{\partial M}{\partial a}\partial a + \frac{\partial M}{\partial b}\partial b + \frac{\partial M}{\partial c}\partial c$$

$$\frac{\partial M}{\partial a} = \text{เป็นพาร์เชียล ดีฟเฟอร์เรนทิเอชั่นของ M ในส่วนของ a}$$

สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.(ม.ป.ป. : 3) ได้ให้ความเห็นว่า ข้อผิดพลาดในการใช้เครื่องมือวัด(Measurement Error) ข้อผิดพลาดในการวัดเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และไม่สามารถจะขจัดข้อผิดพลาดได้ทั้งหมดไม่ว่าจะพยายามป้องกันทุก ๆ อย่างแล้วก็ตาม แต่สามารถจะทำให้ข้อผิดพลาดลดน้อยลงจนถึงระดับที่พอยอมรับได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสำคัญและข้อผิดพลาดที่มีผลกระทบต่อสิ่งที่กำลังทำอยู่ ในการวัดระยะทางจากโรงงานแห่งหนึ่งถึงโรงงานอีกแห่งหนึ่งหรือระยะทางผ่านเมือง ผลของการวัดจะถูกต้องพอแล้วถ้าสามารถลดข้อผิดพลาดได้ 1/1,000 ไมล์ แต่ถ้าคุณสร้างโรงงานเพิ่มเติมฝาผนังควรจะอยู่ในตำแหน่งที่เที่ยงตรงภายใน 100 ไมครอน แต่ถ้าคุณคว้าเสื้อสูบความเที่ยงตรงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอาจจะให้มีข้อผิดพลาดได้เพียง 2 ไมครอน เท่านั้น ข้อผิดพลาดในการแบ่งเป็นชนิดของความผิดพลาดได้ ชนิด ดังนี้ คือ

1. ข้อผิดพลาดที่เกิดจากความไม่แน่นอน (Inherent) ของการวัด ข้อผิดพลาดบางชนิดที่เกิดจากบริษัทผู้สร้างเครื่องมือ

2. ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการควบคุมการใช้(Manipulation)หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าEBBE EFFECT เช่น การปรับแต่งผิดวิธีหรือ การควบคุมผิดพลาด

3. ข้อผิดพลาดที่เกิดจากผลลัพธ์ของตำแหน่งการวัดทำให้อ่านค่าผิดพลาด (Parallax) แก้ไขโดยการออกแบบเครื่องมือหรือวิธีการอ่านค่า เช่น อ่านโดยดิจิตอล

อำพัน เมธนาวิน. (2544:22) ได้ให้ความเห็นว่า ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัดการวัดหรือตรวจสอบขนาดของชิ้นงานอาจเกิดความผิดพลาดได้ ทั้งการวัดมวล เวลา ขนาด อุณหภูมิ มุม และรวมทั้งการวัดทางไฟฟ้า ผู้ออกแบบชิ้นงานที่ดีจะต้องคำนึงถึงปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นเกี่ยวกับการวัด เพราะจะทำให้ค่าวัดที่ได้ผิดพลาดไปจากความเป็นจริง เช่น การกำหนดขนาดของชิ้นงานเพลาให้มีขนาด 20 มม ผู้ออกแบบจะต้องทราบว่าชิ้นงานเพลามีขนาดโตกว่าหรือเล็กกว่าขนาดจริงได้เท่าไร และเมื่อนำไปใช้งานแล้วจะไม่เกิดความเสียหาย เมื่อผู้ออกแบบทราบว่าจะต้องกำหนดค่าความละเอียดของชิ้นงานและค่าผิดพลาดในการวัดในแบบอาจจะกำหนดไว้ 2 หัวข้อคือ

1. ค่าความละเอียดของชิ้นงาน ±0.003 มม
2. ค่าวัดที่ยอมให้ผิดพลาดได้ ± 0.001 มม

อำพัน เมธนาวิน.(2544: 23) ได้ให้ความเห็นว่า การวัดงานย่อมเกิดค่าผิดพลาดได้เสมอไม่มากก็น้อย ขึ้นอยู่กับสามเหตุหลายประการค่าผิดพลาดในการวัดสามารถทำให้ลดน้อยลงได้โดยการปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในงานวัดละเอียดค่าผิดพลาดในการวัดมีสามเหตุมาจากหลายประการดังต่อไปนี้

1. ค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการอ่านค่าหรือคำนวณค่าตัวเลขผิด
2. ค่าผิดพลาดเนื่องจากแนวแกนเครื่องมือวัดและแนวแกนงานไม่อยู่ในแนวเดียวกัน
3. ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการหดตัวหรือขยายตัวของเครื่องมือวัดกับชิ้นงาน
4. ค่าผิดพลาดเนื่องจากความรู้สึกสัมผัสระหว่างเครื่องมือวัดกับชิ้นงาน
5. ค่าผิดพลาดเนื่องจากความลำเอียงเข้าข้างตนเอง
6. ค่าผิดพลาดเนื่องจากความสะเพร่าในการวัด
7. ค่าผิดพลาดเนื่องจากขณะวัดไม่อยู่ในท่าที่เป็นธรรมชาติ
8. ค่าผิดพลาดเนื่องจากตำแหน่งแนวเล็ง
9. ค่าผิดพลาดเนื่องจากการแบ่งขีดสเกลของเครื่องมือวัด
10. ค่าผิดพลาดเนื่องจากความหนาของขีดสเกลเครื่องมือวัด

3.9 มาตรฐานของความยาว

บุญพริ้ง สุขสบายและวชิระ มีทอง(ม.ป.ป. :13-14) ได้ให้ความเห็นว่า มาตรฐานความยาวเป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์ของการวัด และเป็นระดับของการควบคุมซึ่งช่วยในการปรับปรุงด้านเทคโนโลยีให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น นั่นก็คือควรที่จะมีการตกลงกันและกันถ้าเป็นเป็นได้ระบบของมาตรฐานควรจะมีการตกลงระดับนานาชาติ เมื่อหลายปีมาแล้วประเทศอุตสาหกรรมใหญ่ๆของโลกจะใช้อยู่สองระบบคือ ระบบอิมพีเรียล (Imperial system) และระบบเมตริก (Metric system) ข้อเสียของการแบ่งแยกเป็นสองระบบที่เห็นได้ชัดก็คือในส่วนมากของโลกจะใช้ระบบเมตริกแต่ประเทศอุตสาหกรรมที่สำคัญคือสหรัฐอเมริกา และอังกฤษ จะใช้ระบบอิมพีเรียลและระบบเมตริก ซึ่งแต่เดิมนั้นใช้ในส่วนของงานอุตสาหกรรม แต่โดยแท้จริงแล้วมีเพียงงานทางวิทยาศาตร์เท่านั้นที่ใช้ระบบเมตริกทำให้เกิดปัญหาที่ระบบไม่เหมือนกันทั่วโลก ต่อมาในปี คศ. 1960 ได้มีการประชุมนานาชาติเกี่ยวกับน้ำหนักและการวัด ซึ่งที่ประชุมได้เสนอแนะว่าควรจะนำระบบเอสไอ (The International System of Unit หรือ SI Units) มาใช้แทนที่ระบบเมตริกที่กำลังใช้อยู่สำหรับ SI จะมาจากคำ

เต็มว่า Systeme International d' United (international System of Units) ซึ่งประกอบไปด้วยระบบ MKS (เมตร,กิโลกรัม,วินาที) และระบบ MKSA (เมตร, กิโลกรัม, วินาที,แอมแปร์) ประเทศอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ จึงได้เปลี่ยนแปลงมาใช้ระบบ เอสไอตามมติของที่ประชุมนานาชาติ

คำนิยามของเมตร ส่วนหนึ่งของการวิวัฒนาการของความยาวมาตรฐานโลกคือ ในปี ค.ศ. 1958 คณะกรรมการนานาชาติเกี่ยวกับน้ำหนักและการวัด หรือ The Bureau International des poids et Measures (B.I.P.M.)ได้กำหนดให้ 1 เมตร = 1,650,763.73 xλโดยที่ λ เป็นความยาวคลื่นในสูญญากาศของรังสี ส้ม - แดง ของไอโซเทป คริปตอน 86 (Isotope Krypton 86) โดยอ้างอิงจาก บุญพริ้ง สุขสบายและวชิระ มีทอง(ม.ป.ป. :14)

หมายเหตุ : - ปัจจุบัน BIPM. ได้กำหนดให้ 1 เมตร = ระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ในสูญญากาศในระยะเวลา 1/299,792,458 วินาที

บุญพริ้ง สุขสบายและวชิระ มีทอง(ม.ป.ป. :14) ได้ให้ความเห็นว่า มาตรฐานสากลต้องเป็นสิ่งที่สามารถนำมาจำลองหรืออ้างอิงด้วยระดับของความแม่น (Degree of Accuracy) สำหรับในงานของทางด้านอุตสาหกรรมและทางวิทยาศาสตร์ความแน่นอนการแทรกสอด (Interferometry) จะทำให้ความผิดพลาดในการทำงานของเมตรขึ้นมาใหม่มีเพียงหนึ่งส่วนในร้อยล้านส่วนเท่านั้น ในทำนองเดียวกันแต่ละส่วนย่อย ๆ ของเมตรก็อาจจะถูกทำขึ้นมาได้และอ้างอิง "มาตรฐานของสหราชอาณาจักรหมายเลข 888 แห่งเกจและอุปกรณ์" (B.S. 888 : Slip (Or Block) Gauges and Their Accessories) ซึ่งแสดงมาตรฐานของความยาวที่ใช้ไปในงานปฏิบัติในโรงงานอุตสาหกรรม มีความแม่นสูงใช้ในการตั้งระยะและอ้างอิงทั่วไป จะต้องถูกตรวจสอบความแม่นโดยวิธีการสอดแทรกโดยใช้ความยาวคลื่นของแสง

3.10 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในระบบของการวัดนั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับค่าความไม่แน่นอนในการวัดในลักษณะของการระบุผลการวัดจากเครื่องมือวัด ที่เป็นการระบุถึงขีดความสามารถของเครื่องมือวัด โดยในลักษณะของการวัดไม่สามารถที่จะให้ค่าที่มีความถูกต้องชัดเจนได้จริง แต่ได้มีการกำหนดขอบเขตของค่าที่เป็นเกณฑ์มาตรฐานไว้ โดยในการสอบเทียบนั้นเป็นกระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดหรือความถูกต้องของเครื่องมือวัด เพื่อต้องการทราบถึงความสามารถในการวัดของเครื่องมือวัดที่ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในระดับใด โดยจะเป็นผลที่ใช้ในการพิจารณาเลือกเครื่องมือวัดไปใช้งานหลังจาการสอบเทียบต่อไป โดยในหัวข้อของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้นได้มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

3.10.1 ความจำเป็นที่ต้องสามารถอธิบายค่าความไม่แน่นอนในการวัด ในการวัดใด ๆ ก็ตาม ผลการวัดที่ได้มาจะต้องมีความผิดพลาดเกิดอยู่ในผลการวัดอยู่เสมอ ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากองค์ประกอบในการวัดแต่ละครั้ง รวมทั้งเครื่องมือวัดเองไม่สามารถอ่านได้เท่าเดิมทุกครั้งแม้ว่าเราจะวัดสิ่งที่เราแน่ใจว่ามีค่าเท่าเดิม ดังนั้นผลการวัดจะมีคุณค่าเพียงใด จึงขึ้นอยู่กะบความสามารถบอกได้ถึงความไม่แน่นอนว่ามีประโยชน์ต่อเราอย่างไร ตัวอย่างเช่นถ้าเราต้องเดินทางไปทำงานโดยการโดยสารรถไฟที่สถานีรถไฟ ที่จะมาถึงเวลา 07.00 น. ทุกวัน ด้วยประสบการณ์ที่ใช้บริการมาหลายปีเรารู้ว่ารถไฟขบวนที่เราโดยสารมีความมาไม่แน่นอนในการมาถึงสถานีไม่เกิน +/- 5 นาทีตามเวลาที่กำหนด วันใดก็ตามที่เราตื่นสายแต่เราแน่ใจว่าสามารถมาถึงสถานีรถไฟภายในเวลาก่อน 07.05 น. เราอาจทันรถไฟได้ ตัวเลขความไม่แน่นอนของการมาถึงสถานีรถไฟ +/- 5 นาที จึงมีคุณค่าต่อการตัดสินใจเลือกวิธีการไปทำงานของเรา สำหรับในเรื่องของการวัดค่าต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของเรา ความไม่แน่นอนของการวัดของการวัดมีผลกระทบอย่างมากต่อการดำเนินชีวิตของเราทุกคนไม่ว่าจะอยู่ส่วนใดของสังคม ตัวอย่างเช่นเราทุกคนต้องซื้อสินค้าเพื่อบริโภคในชีวิตประจำ

วันหากเราไม่สามารถแน่ใจว่าตาชั่งที่ใช้ชั่งสินค้าที่เราซื้อมีผลการชั่งไม่แน่นอนอยู่เท่าใด เราก็ไม่อาจแน่ใจได้ว่าสินค้าที่เราซื้อมามีน้ำหนักตามที่เราต้องการ นอกจากเราต้องรู้ค่าความไม่แน่นอนในการวัดแล้ว เราจะต้องรู้วิธีการในการตีความค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่แสดงไว้ด้วย ในยุคที่มีการค้าขายกันระหว่างประเทศเกิดขึ้นมากมายนี้ การอธบายค่าความไม่แน่นอนของผลการวัดจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอธิบายได้ในวิธีเดียวกัน เพื่อให้สินค้าที่ซื้อจากประเทศหนึ่งสามารถนำไปใช้ในอีกประเทศได้เพราะมีมาตรฐานเดียวกัน ผลการวัดใดก็ตามที่ไม่สามารถบอกได้ของค่าความไม่แน่นอนในการวัดครั้งนั้น ผลการวัดครั้งนั้นก็ไม่สามารถใช้ตัดสินอะไรได้ เนื่องจากไม่มีทางรู้ได้เลยว่าค่าที่วัดได้แน่นอนเพียงใด และการอธิบายค่าความไม่แน่นอนในการวัดก็จะต้องมีแนวทางในการอธิบายที่เหมือนกันเป็นสากลเพราะโลกปัจจุบันติดต่อค้าขายถึงกันหมดแล้ว การอธิบายค่าความไม่แน่นอนของการวัดที่แตกต่างไปจากสากล จะก่อให้เกิดปัญหาในด้านการยอมรับผลการวัด รวมทั้งสินค้าต่าง ๆ ด้วย (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2544 : 68)

3.10.2 เอกสารที่ใช้เป็นแนวทางการอธิบายค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อผลการวัดที่เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก องค์กรมาตรฐานสากล หรือ ISO (The International Organisation for Standardisation) ได้กำหนดแนวทางในการอธิบายค่าความไม่แน่นอนในการวัดเพื่อใช้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 มีชื่อว่า Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement และนานาประเทศได้ใช้แนวทางนี้เป็นไปจัดพิมพ์ เอกสารของตัวเองเพื่อใช้ในประเทศนั้น ๆ ตัวอย่างเช่นในสหราชอาณาจักร ได้จัดทำเอกสาร NIS 3003 * The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement Calibrations ขึ้นในปี ค.ศ. 1991 ซึ่งปัจจุบันได้ใช้ฉบับแก้ไขครั้งที่ 8 เดือน พฤษภาคม ค.ศ. 1995 เอกสารนี้จัดทำโดย UKAS (NAMAS คือชื่อเดิม) หรือ United Kingdom Accreditation Service ขณะที่ในสหรัฐอเมริกา ก็ได้จัดทำเอกสารชื่อ NIST Technical Note 1297 Guidelines for Evaluation and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results ขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการอธิบายความไม่แน่นอนในการวัด ตั้งแต่เดือน มกราคม ปี ค.ศ. 1993 เอกสารของทั้งสองประเทศต่างพยายามเขียนให้ใช้ง่าย และเป็นไปตามมาตรฐานของ ISO ที่กำหนดขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2544 : 68-69)

3.10.3 หลักในการอธิบายค่าความไม่แน่นอนในการวัด ในส่วนของหลักการของค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้นได้มีการอธิบายรายละเอียด(สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2544 : 69-73)

3.10.3.1 การแสดงผลการวัดจะสมบูรณ์ไม่ได้หากปราศจาก การกล่าวถึงค่าความไม่แน่นอนของผลการวัดที่มีอยู่ ค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด คือค่าที่บอกขนาดของการเบี่ยงเบนของผลการวัดที่ได้จากสิ่งที่ต้องการวัดใด ๆ ค่าความไม่แน่นอนนี้จะบอกให้ทราบว่าค่าของสิ่งที่ถูกวัดนี้อยู่ภายในพิสัยเท่าใด ภายในสระดับความเชื่อมั่นระดับหนึ่ง จากรูปที่ 1 ค่าความไม่แน่นอนในการวัดก็คือความกว้างของค่า U ถ้าค่านี้กว่างมากค่าความไม่แน่นอนก็มาก ถ้าค่านี้แคบค่าความไม่แน่นอนก็น้อย สำหรับค่าจริงของสิ่งที่ถูกวัดนั้นจะอยู่ภายในระยะความกว้างของ U โปรดสังเกตุว่าค่าความจริงของสิ่งที่เราต้องการวัดนั้นไม่มีใครสามารถวัดได้แน่นอนเพราะหากต้องการค่าจริงของสิ่งที่ต้องการวัดจริง ๆ ก็ต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีจุดทศนิยมไม่รู้จบมาทำการวัด ดังนั้นค่าจริงที่ เราใช้กันในปัจจุบันเราเรียกว่า ค่าจริงที่ยอมรับได้ (กล่าวคือมียอมรับได้ในความไม่แน่นอนของค่านั้น) พิสัยของความไม่แน่นอนในการวัดทำให้เราสามารถรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม

3.10.3.2 มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องแยกแยะระหว่างคำว่าความผิดพลาด (Error) และคำว่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ออกจากกันให้ชัดเจน คำว่าความผิดพลาดหมายถึงผลต่างระหว่างผลการวัดกับค่าจริง ถ้าเราสามารถรู้ค่าความผิดพลาดเราก็สามารถใส่ค่าแก้เข้าไปในผลการวัดทำให้สามารถวัดได้ถูกต้องได้ แต่โดยแท้จริงแล้วไม่มีใครสามารถรู้ค่าจริงได้ ดังนั้นแม้จะสามารถหาค่าแก้ได้ ก็ยังมี

ความไม่แน่นอนในการผลการวัด อันเกิดขึ้นจากการที่เราไม่สามารถรู้ค่าจริงได้นั้นเอง ดังนั้นความหมายของคำว่าความผิดพลาดในการวัดจึงมีความแตกต่างกับความหมายของคำว่าความไม่แน่นอนในการวัด

3.10.3.3 จากความแตกต่างระหว่างคำว่า ความผิดพลาด และความไม่แน่นอน อาจอธิบายได้อีกว่าค่าความไม่แน่นอนในการวัดสามารถกำหนดได้จาก การกระจายความน่าจะเกิดขึ้นของความผิดพลาดในการวัดนั้นเอง การกำหนดค่าความผิดพลาดที่มีโอกาศเกิดนั้นอาจได้จากการสังเกตุการเปลี่ยนแปลงอย่างคาดเดาไม่ได้ของผลการวัด หรือจากความรู้ทางทฤษฎีเกี่ยวกับองค์ประกอบของความผิดพลาด CIPM กำหนดให้ใช้ค่า Standard Deviation เป็นตัวกำหนดของขนาดการกระจายของความผิดพลาดในการวัด แต่สาขาการวัดเพื่อการสอบเทียบ (Calibration) การรู้เพียงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของค่าความผิดพลาดต่าง ๆ ในการวัดเพื่อการสอบเทียบยังไม่เพียงพอ กล่าวคือต้องรู้ระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level) ของผลการวัดด้วย คำว่าระดับความเชื่อมั่นระบุเป็นร้อยละ ตัวอย่างเช่น ระดับความเชื่อมั่น 95 % หมายถึงในการวัด 100 ครั้ง ผลการวัดจะมีค่าความไม่แน่นอนตามที่ระบุเท่ากับหรือมากกว่า 95 ครั้ง เพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้นเกี่ยวกับระดับความเชื่อมั่นของความไม่แน่นอนในการวัดจะขอยกตัวอย่างดังต่อไปนี้ ในการวัดดันแรงไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 1 โวล์ท มีค่าความไม่แน่นอนในการวัดเท่ากับ +/- .001 โวล์ท ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แปลความได้ว่า ในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยระบบการวัดที่กล่าวถึงนี้เชื่อมั่นได้ว่า 95 ครั้งของการวัดใน 100 ครั้ง จะมีความไม่แน่นอนเท่ากับ +/- .001 โวล์ท จะมีอยู่ 5 ครั้งใน 100 ครั้ง ที่ค่าความไม่แน่นอนมากกว่า +/- .001 โวลท์

3.10.3.4 ในการกำหนดค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น กล่าวได้ว่ากรรมวิธีพื้นฐานในการหาค่าแต่ละองค์ประกอบของความไม่แน่นอนมีแนวทางเกียวกัน โดยไม่เกี่ยวกับธรรมชาติของการเกิดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการวัด ทั้งนี้กล่าวได้ว่าความผิดพลาดทั้งหลายในการวัดสามารถนำมารวมกันโดยใช้วิธีการสถิติทั่วไป ไม่ว่าความผิดพบลาดนั้นจะเกิดขึ้นตลอดเวลา (Systematic Error) ของการวัด หรือเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวโดยไม่สามารถคาดเดาได้ (Random Error) ในการวัด

3.10.3.5 ในบางครั้งของการวิเคราะห์รูปแบบของความผิดพลาดในรูปการแจกแจงปกติ หรือรูประฆังคว่ำก็เพียงพอต่อการกำหนดค่าความไม่แน่นอของการวัดแต่ในบางครั้งที่เมื่อมีข้อมูลของความผิดพลาดไม่สมบูรณ์ รูปแบบการแจกแจงแบบสี่เหลี่ยมซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นเท่ากันโดยคำนึงถึงความผิดพลาดค่าที่สูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในระบบการวัด ก็จะถูกนำมาใช้ ให้สังเกตุว่าการกำหนดรูปแบบการแจกแจงของความผิดพลาดนั้นหากกำหนดไม่เหมาะสมก็อาจทำให้ค่าความไม่แน่นอนนั้นน้อยหรือมากกว่าความเป็นจริง ตามปกติแล้วการกำหนดรูปแบบความผิดพลาดนี้จะต้องมีการบันทึกไว้เสมอ การหาค่าความไม่แน่นอนของการวัดได้มาจากการนำเอา ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละองค์ประกอบของความผิดพลาดในการวัดมารวมกัน ซึ่งจะแสดงให้เห็นค่าความไม่แน่นอนผลรวมที่มีรูปแบบปกติ ซึ่งเป็นไปตาม Central Limit Theorem ประโยชน์ที่สำคัญของการรวมแบบนี้ทำให้สามารถกำหนดระดับความเชื่อมั่นต่ำสุดได้ ในรูปของความน่าจะเป็นของความไม่แน่นอนรวม จะพบว่าในบางครั้งที่มีปัจจัยของความไม่แน่นอนบางตัวมีค่าโตเมื่อเปรียบเทียบผลรวม ในกรณีนี้จะพบว่าทั้งสองค่ามีความแตกต่างกันเล็กน้อย

3.10.3.6 ในการแยกแยะ และการประเมินผลความไม่แน่นอนในขบวนการวัดเฉพาะแบบนั้นหากเราสามารถจัดแบ่งตามผลกระทบของมันต่อขบวนการวัดก็จะทำให้สะดวกต่อการประเมิน เมื่อการวัดของสิ่งหนึ่งกระทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ภายในสภาวะที่เหมือนเดิม และมีขบวนการวัดที่มีความละเอียดและมีความไวพอที่จะแสดงให้เห็นความแตกต่าง เราจะพบว่าผลการวัดที่ได้จะไม่ซ้ำกันสืบเนื่องมาจากการที่

เราสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงที่มีปัจจัยที่ทำให้ค่าวัดเปลี่ยนไปโดยคาดเดาไม่ได้ ผลการประเมินแบบนี้เป็นผลที่เราเรียกว่า องค์ประกอบความไม่แน่นอนที่คาดเดาไม่ได้ (Random Component of Uncertainty)

3.10.3.7 การแก้ค่าสำหรับความผิดพลาดในการวัดอาจจะต้องกระทำเพื่อให้มั่นใจว่าค่าที่เราวัดได้นั้นมีมาตรฐานแห่งชาติได้ แต่การแก้ค่าดังกล่าวก็ยังมีความไม่แน่นอนตกค้างอยู่ในการแก้ค่านั้น ความผิดพลาดนี้เกิดขึ้นในระบบของขบวนการวัดขณะเวลาที่ใช้วัดนั้นเอง เราจัดองค์ประกอบความไม่แน่นอนแบบนี้เป็นประเภท องค์ประกอบความไม่แน่นอนของระบบที่เกี่ยวข้องกับการวัด (Systematic By Association)

3.10.3.8 การวิเคราะห์เพื่อหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบความไม่แน่นอนแบบ Random หรือแบบ Systematic นั้น เป็นวิธีที่ถือเป็นแบบอย่างทำกันเป็นประเพณีและมีความหมายเฉพาะต่อขบวนการวัดเฉพาะที่กำลังพิจารณาอยู่ ในระบบการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด ที่แบ่งเป็นระดับชั้น ตั้งแต่ห้องปฏิบัติการแห่งชาติลงไปจนถึงห้องปฏิบัติการในโรงงาน ค่าความไม่แน่นอนนี้จะมีการแพร่กระจายลงไปตามลำดับ เราจะสังเกตได้ว่าเวลาที่ห้องปฏิบัติการแห่งชาติ สอบเทียบอุปกรณ์มาตรฐานการวัดระดับอ้างอิง ก็จะวิเคราะห์ความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการสอบเทียบ ทั้งแบบ Random และแบบ Systematic และเป็นค่าความไม่แน่นอนรวมในการวัด แต่เมื่อผู้ใช้อุปกรณ์มาตรฐานนั้นนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่มีระดับรองลงมากค่าความไม่แน่นอนรวมที่นำไปใช้ของอุปกรณ์มาตรฐานจะรวมเอาค่าความไม่แน่นอนแบบ Random ของห้องปฏิบัติการแห่งชาติไปเป็นค่า Systematic ของการวัดครั้งนั้นด้วย และจะเป็นเช่นนี้ตลอดลงไปจนถึงห้องปฏิบัติการระดับล่างสุด

3.10.3.9 เพราะธรรมชาติของผลแห่งองค์ประกอบของความไม่แน่นอนในการวัดสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ CIPM จึงได้กำหนดการจัดกลุ่มขององค์ประกอบความไม่แน่นอนของการวัดตามกรรมวิธีที่ใช้ประเมินค่าของความไม่แน่นอนนั้น ซึ่งแบ่งเป็นสองประเภทคือ

TYPE A : คือการประเมินค่าความไม่แน่นอนโดยกรรมวิธีทางสถิติ

TYPE B : คือการประเมินค่าความไม่แน่นอนโดยวิธีอื่น ๆ

3.10.3.10 ในพารากราฟที่ 3.3.4 ของ ISO Guide ระบุว่าการแบ่งวิธีประเมินความไม่แน่นอนออกเป็นสองประเภทก็เพื่อให้เห็นความแตกต่างในการประเมินค่าแต่ละวิธี และความสะดวกในการกล่าวถึงเท่านั้น เราจะพบว่าในกรรมวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นไม่ว่าชนิด A หรือ B ก็จะต้องนำมาเข้ารูปแบบเดียวกันคือต้องจัดให้อยู่ในรูปของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ (Standard Deviation) เสียก่อนจึงจะนำมารวมกันเป็นค่าความไม่แน่นอนรวม พึงระลึกไว้เสมอว่าคำว่า Random และ Systematic ใช้เฉพาะการอ้างถึงความไม่แน่นอน ของขบวนการวัดที่เฉพาะโดยทั่วไปแล้วความไม่แน่นอนที่เป็น Random ก็ใช้กรรมวิธี TYPE A ในการประเมิน และความไม่แน่นอนแบบ Systematic ก็ใช้กรรมวิธีประเมินแบบ TYPE B ในการประเมินแต่ก็มีข้อยกเว้นในบางกรณี

3.10.3.11 ในขบวนการวัดทั่วไปกล่าวได้ว่าค่าที่เครื่องมือวัดมองเห็นจะกำหนดเป็นขนาดได้ เรากำหนดให้มีสัญลักษณ์เป็น x_i ซึ่งจะแสดงให้เห็นค่าของสิ่งที่กำลังถูกวัดเรากำหนดให้เป็น y และโดยส่วนใหญ่แล้วค่าที่ป้อนเข้าที่เครื่องมือวัดให้แสดงค่าของสิ่งที่จะวัดมีหลายสิ่ง เรากำหนดให้เป็น xi และองค์ประกอบของความไม่แน่นอนของค่าที่ป้อนให้เครื่องมือวัดแต่ละตัวเรากำหนดให้เป็น u (xi) การประเมินหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะได้มีการกล่าวถึงต่อไป

3.10.3.12 ในขบวนการวัดโดยปกติแล้วสามารถจัดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ป้อนให้เครื่องมือวัดโดยประมาณ และค่าที่เครื่องมือวัดจะแสดงในรูปของสมการ

$$y = f(x_1, x_2, x_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots x_n)$$

3.10.4 การประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานแบบ TYPE A

การประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานแบบ TYPE A มีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2544 : 73-76)

3.10.4.1 ในการประเมินค่าความไม่แน่นอน TYPE A นี้ตามปกติใช้ในการหาค่าของความสามารถวัดได้ซ้ำที่ของขบวนการวัด หรืออีกนัยหนึ่งคือ Random Uncertainty ของระบบการวัดในครั้งหนึ่ง ในการวัดบางชนิดค่าของความซ้ำที่ในการวัดมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับค่าความไม่แน่นอนอื่น ๆ แต่ก็มีการวัดบางชนิดที่ค่าของความซ้ำที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของการวัดอย่างมากเมื่อเทียบกับความไม่แน่นอนอื่น ๆ เมื่อผลการวัดของสิ่งเดิมโดยเครื่องมือวัดตัวเดิมอ่านค่าหลาย ๆ ครั้ง และได้ค่าที่ไม่เท่ากัน ค่าตัวกลางทางคณิตศาสตร์ หรือค่าเฉลี่ยควรจะต้องมีการคำนวณ ทั้งนี้หากเรารู้จำนวนครั้งที่ทำการวัด และรู้ผลการวัดแต่ละครั้งก็สามารถหาค่าเฉลี่ยของผลการวัดหรือ x หาได้จากสูตรเมื่อ x_k คือค่าวัดที่ได้แต่ละครั้งของค่า x

3.10.4.2 การอ่านผลการวัดที่ได้ค่ากระจัดกระจาย ในขนาดที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นความสามารถในการวัดที่ซ้ำที่ได้ของขบวนการวัดนั้น ซึ่งขึ้นกับเครื่องมือที่ใช้วัด วิธีการวัด และบางครั้งก็ขึ้นกับคนที่วัดด้วยการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน s. ในผลการวัดจำนวน n ครั้งสามารถกำหนดได้จาก

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}$$

3.10.4.3 ถ้าหากขบวนการวัดตามข้อ 4.2 ดำเนินต่อไป โดยใช้สภาพการวัดเดิม และแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่วัดได้มาพิจารณา จะพบว่ามีค่าตัวกลางและส่วนเบี่ยงเบนที่ไม่เท่ากัน สำหรับการวัดที่มีจำนวนครั้งมาก ค่าเฉลี่ยก็จะเข้าถึงค่ากลางที่จำกัดของการกระจายของทุกค่าที่เป็นไปได้ ความเข้มของผลการกระจายค่าที่วัดได้มีความเป็นไปได้ ที่จะอยู่ในรูปแบบการแจกแจงปกติ ในทางปฏิบัติของการวัดจะพบว่ามีข้อจำกัดในการตอบสนองต่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีขนาดโตมากจากค่าเฉลี่ยได้ทำให้รูปแบบการกระจายถูกตัดออกไปในบางส่วน

3.10.4.4 จากผลของการวัด ในหนึ่งชุดของการวัด การประมาณค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $s(x_k)$, สามารถทำให้เกิดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัดทั้งหมด ที่อาจเป็นไปได้โดยอาศัยสมการ จะสังเกตได้ว่าผลต่างของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากที่กล่าวมามีค่าห่างจากค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างอยู่เท่ากับ 1/(n-1) แทนที่จะเป็น 1/n ในเครื่องหมาย Square Root และความแตกต่างนี้ก็จะน้อยลงเมื่อจำนวนครั้งของการวัดมากขึ้น

$$S(X_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}$$

3.10.4.5 ค่าโดยประมาณของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยที่ยังไม่แก้ไข ของผลการวัดจะหาได้จากสมการ

$$S(\overline{X}) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{n}}$$

ในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องวัดที่ปฏิบัติกันไม่สามารถทำการวัดหลาย ๆ ครั้งได้ด้วยเหตุผลบางประการ การประมาณการค่าความไม่แน่นอนประเภทนี้อาจอาศัยค่าที่เคยทำมาก่อนกับเครื่องวัดแบบเดียวโดยอาศัยผลการอ่านหลาย ๆ ครั้งเราก็สามารถใช้ค่านี้ในการกำหนดหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ใกล้เคียงความจริงโดยไม่ต้องทำการวัดหลายครั้ง

ตัวอย่างในการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องชั่งน้ำหนักเครื่องรุ่นหนึ่งโดยตุ้มน้ำหนักมาตรฐานชุดหนึ่ง ในการสอบเทียบที่เคยทำมาก่อนนี้พบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัด 10 ครั้งได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ +/- 10 มิลลิกรัม (ค่านี้คือ S (x_k) แต่เนื่องจากในการสอบเทียบที่ทำวันนี้สามารถทำการวัดซ้ำได้เพียง 3 ครั้ง เพราะจำกัดเรื่องเวลา เราสามารถนำค่าของเดิมคือ S (x_k) เท่ากับ +/- 10 มิลลิกรัมมาใช้ได้แต่ต้องหารด้วยรากที่สองของจำนวนครั้งที่เราสามารถวัดได้ก็จะได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานาเท่ากับ 10/3

3.10.4.6 เมื่อใดก็ตามที่สามารถทำได้ การวัดในการสอบเทียบควรจะวัดอย่างน้อยก็สองครั้งซ้ำกันขึ้นไปในขบวนการสอบเทียบอย่างไรก็ตามการวัดเพื่อสอบเทียบเพียงครั้งเดียวก็สามารถยอมรับได้ถ้าสามารถแสดงให้เห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของผลการวัดรวมทั้งการแสดงค่าของเครื่องวัดที่ถูกสอบเทียบ มีค่าน้อยมากจนไม่ต้องคำนึงถึง ในงานสอบเทียบบางงานออกแบบมาให้มีการวัดเพื่อการสอบเทียบเพียงครั้งเดียวเท่านั้น แม้ว่าความเบี่ยงเบนของค่าที่อ่านได้อาจจะมีผลมาก ซึ่งกรณีนี้จำเป็นที่จะต้องนำค่าความเบี่ยงเบนของการวัดครั้งก่อนๆ มาใช้ และเพื่อป้องกันการประเมินที่ผิดไปควรใช้ค่าความเบี่ยงเบน S (x_k) ของเดิมที่โตที่สุดไม่ควรใช้ค่าเฉลี่ย และควรจะได้มีการตรวจทบทวน เพื่อประเมินความถูกต้องของส่วนเบี่ยงเบนในครั้งก่อนเป็นประจำ และในกรณีที่ทำการวัดเพียงครั้งเดียวในการสอบเทียบค่าของ N ที่อยู่ในเครื่องหมายรากที่สองจึงมีค่าเท่ากับ 1

3.10.4.7 กรรมวิธีที่นำค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเดิมมาใช้ในการสอบเทียบ จะใช้ได้เมื่อเครื่องและระบบการวัดยังคงเดิม อย่างไรก็ตามหากผลการวัดที่กระทำอยู่ปรากฏผลว่ามีการแกว่งของผลการวัดอย่างมากก็ควรจะหยุดทำการสอบเทียบเพื่อหาสาเหตุก่อนที่จะดำเนินการสอบเทียบต่อไป

3.10.4.8 ถึงแม้ว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เป็นแบบ Random จะไม่สามารถแก้ไขได้เพราะไม่สามารถคาดเดาได้ แต่เราสามารถทำให้เล็กลงได้โดยการเพิ่มจำนวนครั้งในการวัดเพื่อการสอบเทียบ แต่จะพบว่าการทำการวัดซ้ำกันมากขึ้นยิ่งมากเท่าใด จะลดความไม่แน่นอนลงได้ไม่มากนัก ดังนั้นในการทำการวัดซ้ำ ๆ เพื่อลดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดจาก Random Uncertainty จึงควรวัดอย่างมากไม่ควรเกิน 10 ครั้ง และในทางปฏิบัติพบว่าการวัดซ้ำเพียง 4 ครั้งก็เพียงพอแล้วในการลดค่าส่วนเบี่ยงเบนนี้ให้ลดลง

3.10.4.9 ที่กล่าวมาแต่ต้นเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการประเมินแบบ TYPE A สำหรับ Random Uncertainty อย่างไรก็ตาม ผลของ Random Uncertainty อาจจะทำให้การแสดงผลของเครื่องมือวัดให้แกว่งไปมา เหมือนถูกคลื่นรบกวน และมีผลต่อความไม่แน่นอนในการวัดมากในกรณีนี้เราทำได้เพียงการประมาณค่าของมันเท่านั้น แต่เหตุการณ์ที่กล่าวมานี้ไม่ปรากฏบ่อยนักในการสอบเทียบ แต่หากปรากฏขึ้นเมื่อใด ควรจะต้องใช้วิธีการประเมินแบบ TYPE B เข้าช่วย

3.10.4.10 คำว่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (Standard Uncertainty) ใช้ในกรณีความไม่แน่นอนในการวัดของผลการวัดที่อธิบายในรูปของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ดังนั้น ความไม่แน่นอนมาตรฐาน ของค่าที่ป้อนให้แก่เครื่องมือวัด x_i จึงประเมินได้โดยค่าเฉลี่ยของผลการวัดที่ได้รับจากสูตร

$$u(x_i) = s(\overline{x})$$

เมื่อค่า $s(\overline{x})$ คือค่าที่คำนวณมาจากสมการ (S)

3.10.5 การประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน TYPE B

การประเมินค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานแบบ TYPE A มีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2544 : 76-79)

3.10.5.1 องค์ประกอบของความไม่แน่นอนระบบ (Systematic Uncertainty) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นตลอดเวลาในขณะที่ทำการวัด ส่วนสำคัญที่สุดในองค์ประกอบของความไม่แน่นอนประเภทนี้คือความไม่แน่นอนในการแก้ไขค่าของผลการวัดของเครื่องวัดที่สอบเทียบในห้องปฏิบัติการมาตรฐานในระดับสูงเพื่อแสดงผลในใบรับรองการสอบเทียบของห้องปฏิบัติการในระบบการวัดของประเทศ อย่างไรก็ตามความไม่แน่นอนประเภทนี้สามารถเกิดขึ้นได้เป็นปกติในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของผู้ใช้เครื่องมือวัด ความสำเร็จในการประเมินค่าความไม่แน่นอนประเภทนี้จะเป็นไปอย่างดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความรู้ในรายละเอียดของระบบการวัดและประสบการณ์ที่ผ่านมาของผู้ทำการวัด ดังนั้นผู้ทำการประเมินผลความไม่แน่นอนประเภทนี้จึงต้องมีความระมัดระวังอย่างเต็มที่ในการป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น ตัวอย่างที่เกิดขึ้นเป็นปกติของความผิดพลาดในการประเมินค่าความไม่แน่นอนประเภทนี้ได้แก่ การใช้ค่าแก้ผิดพลาดการเขียนค่าผิด การออกแบบโปรแกรมที่ทำงานไม่สมบูรณ์ในการควบคุมการวัด และการแสดงค่าความผิดพลาดที่กล่าวมานี้มิได้รวมอยู่ในการประเมินความไม่แน่นอนในการวัด

3.10.5.2 ในการประเมินองค์ประกอบของความไม่แน่นอนแบบ TYPE B จำเป็นที่จะต้องพิจารณาในสิ่งต่อไปนี้เป็นอย่างน้อยเพื่อดูว่ามีแหล่งความผิดพลาดใดบ้างที่จะมีผลต่อการวัด

1. การรายงานค่าความไม่แน่นอนของมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ และการเลื่อนค่า หรือความไม่คงที่ของค่า หรือของการอ่าน
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดหรือการสอบเทียบรวมทั้งอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ รวมทั้งค่าความคงที่และการเลื่อนค่าของการอ่านค่าของเครื่องมือวัดนั้น
3. เครื่องมือที่กำลังได้รับการสอบเทียบ หรือถูกวัด ค่าละเอียดที่สุดที่วัดได้ (Resolution) ของเครื่องมือวัด และความคงที่ของเครื่องมือวัดระหว่างการสอบเทียบ
4. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
5. ผลทางด้านสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อข้อที่กล่าวมาจาก 1-4

3.10.5.3 ในการวัดใด ๆ หากเป็นไปได้ผู้วัดควรจะสอบเทียบเครื่องมือวัด หรือใช้แหล่งอื่นมากำหนดให้ได้ว่าเครื่องวัดที่เราใช้มีค่าความผิดพลาดอยู่เท่าใด ตัวอย่างเช่นเราทราบว่าเครื่องมือวัดของเราอ่านค่าเกินค่าจริงที่ยอมรับอยู่ +1 ส่วนเราสามารถทำให้ค่าที่อ่านได้ถูกต้องโดยการลบค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดโดยขนาดของความผิดพลาดที่เรารู้ในบางครั้งเพื่อให้ขบวนการวัดง่ายขึ้น เราอาจมองความผิดพลาด

ทีมีทิศทางเดียวอย่างนี้ในรูปของค่า +/- คล้ายกับ Systematic Uncertainty กรณีนี้จะใช้ได้เมื่อค่าความไม่แน่นอนแบบนี้มีค่าเล็กมากเมื่อเทียบกับค่าอื่น

3.10.5.4 ทำการแยกแยะว่าในการวัดนั้นมีองค์ประกอบในความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นตลอดเวลาอะไรบ้าง และเป็นไปได้เพียงใด การแยกแยะนี้จะต้องใช้ข้อมูลที่เคยมีอยู่ และพื้นความรู้ทางทฤษฎีของผู้ทำการประเมิน โดยประเมินแต่ละองค์ประกอบในรูปของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยพิจารณารูปแบบของการเกิดความไม่แน่นอนนั้น ตามปกติแล้วรูปแบบการเกิดความไม่แน่นอนนี้จะมีรูปแบบปกติ (รูประฆังคว่ำ) แต่ในบางกรณีก็มีข้อพิจารณาอื่นๆที่ชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการเกิดความไม่แน่นอนนั้นอาจมีรูปแบบอื่นๆได้

3.10.5.5 ในการประเมินองค์ประกอบความไม่แน่นอนแบบ Systematic ที่เรารู้เพียงแค่ขอบข่ายสูงสุดที่มีโอกาสผิดพลาดได้ของเครื่องมือวัด เราถือได้ว่ารูปแบบการเกิดความไม่แน่นอนแบบนี้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพราะเราถือว่ามีโอกาสผิดพลาดได้เท่าเดิมตลอดเวลา และถ้าเรากำหนดให้ครึ่งหนึ่งของขอบข่ายความผิดพลาดที่ยอมให้คือ a_i ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานจะมีค่าที่คำนวณได้จากสูตร

$$U(x_i) = ai/\sqrt{3}$$

3.10.5.6 ในกรณีที่เราได้ค่าความไม่แน่นอนโดยดูจากใบรายงานผลการสอบเทียบ ที่ได้กำหนดค่าระดับความเชื่อมั่นในการวัด (หรือกำหนด Coverage Factor K) ไว้แล้ว เราถือได้ว่ารูปแบบการเกิดความไม่แน่นอนเป็นปกติ และสามารถหาค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานได้จากสมการ

$$U(x_i) = \text{Expand Uncertainty}/k$$

3.9.5.7 เมื่อใดก็ตามที่เราแน่ใจได้แต่เพียงว่าเครื่องมือวัดที่เราใช้ทำงานอยู่ในข้อกำหนดที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้ นั่นคือเราเพียงแต่แน่ใจว่าเครื่องมือนั้นจะทำงานอยู่ในข้อกำหนด การหาค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานโดยใช้สมการ

$$U(x_i) = \text{Tolerance Limit} / \sqrt{3}$$

ในกรณีนี้เราถือว่าการเกิดความไม่แน่นอนประเภทนี้เกิดขึ้นตลอดเวลาจึงมีรูปแบบการเกิดเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า หากในกรณีเดียวกันแต่ทว่าบริษัทผู้ผลิตได้ระบุค่า ระดับความเชื่อมั่นหรือค่าของ K Factor มาด้วยแล้ว เราสามารถหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ในรูปสมการ

3.10.6 การรวมค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน

การรวมค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานมีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2544 : 79)

เมื่อเราทราบองค์ประกอบของความไม่แน่นอนในการวัด แต่ละองค์ประกอบตามที่ได้กล่าวถึงไปแล้วนั้นไม่ว่าจะเป็นประเภท Type A หรือ Type B ก็ตาม ขั้นต่อมาก็คือการรวมค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานเข้าด้วยกัน เพื่อหาค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมของผลการอ่าน ด้วยสมการ

$$U_C(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} c_i^2 u^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} u_i^2(y)}$$

จากสมการนี้เมื่อ c_i คือ Sensivity Coefficient ที่ได้มาจาก $\partial f / \partial x_i$ หรือบางกรณีเราเรียกว่า Coeficient ที่รู้ค่า ตัวอย่างเช่น ค่าสัมประสิทธิการขยายตัวต่ออุณหภูมิ สมการปกติที่ใช้ในการรวมค่าความไม่แน่นอนในการวัด ค่ารวมของความไม่แน่นอนมาตรฐานได้จากสมการ

$$U_C(y) = \sqrt{\left(\frac{c_1 u_1}{k}\right)^2 + \frac{c_2^2 a_2^2 + c_3^2 a_3^2}{3} + c_4^2 u^2(x_4)}$$

เมื่อ U_1 เป็นความไม่แน่นอนที่มีรูปแบบปกติ a_2 และ a_3 คือค่าความไม่แน่นอนที่มีรูปแบบการเกิดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ Type B และ $u(x_4)$ ได้จากการประเมินแบบ Type A

การคำนวณหาค่า Sensitivity Coefficients โดยวิธี Partial Differentiation อาจจะเป็นขบวนการที่ยืดยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายตัว และค่าความไม่แน่นอนต้องคิดเป็นช่วงของค่า ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่ต่าง ๆ ในการวัดไม่สามารถรู้ได้ในระบบการวัดนั้น อาจทำการทดลองหาค่าของ Sensitivity Coefficient โดยการเปลี่ยนค่าที่ป้อนให้ค่าใดค่าหนึ่งและรักษาค่าที่ป้อนค่าอื่น ๆ คงที่ไว้ ก็จะสามารถทราบการเปลี่ยนแปลงที่การอ่านได้ การคำนวณหาค่า Sensitivity Coefficients สามารถดูรายละเอียดได้ในข้อ 3.10.5.2, 3.10.5.3, 3.10.5.4

3.10.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ป้อนให้เครื่องมือวัด

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ป้อนให้เครื่องมือวัด มีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2544:80)

3.10.7.1 การใช้สมการในการหาค่าความไม่แน่นอนรวมตามที่กล่าวในข้อ 6 นั้นไม่สามารถทำได้โดยทีเดียว หากว่าค่าที่ป้อนให้กับเครื่องมือวัดไม่เป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่นค่าที่ป้อนให้เครื่องมือวัดมากกว่า 1 ค่ามีผลจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปพร้อมกัน การรวมค่าความไม่แน่นอนจะต้องมีการดัดแปลงเนื่องจาก ค่าที่ป้อนให้เครื่องมือวัดแต่ละค่าเปลี่ยนไป

3.10.7.2 ผลจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ป้อมให้เครื่องมือวัดในบางครั้งก็ทำให้ค่าความไม่แน่นอนรวมลดลง เช่น ในกรณีการใช้เครื่องมือวัดเป็นตัวเปรียบเทียบระหว่างมาตรฐานและค่าที่จะยวัดที่ไม่รู้ค่า แต่ในบางกรณีความไม่แน่นอนก็รวมกันในทิศทางเดียวกันโดยตลอด ทำให้ค่าความไม่แน่นอนรวมมากขึ้น ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ป้อนให้เครื่องวัดต่าง ๆ สามารถดูได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าที่ป้อน และค่าที่อ่าน ในบางครั้งจำเป็นที่จะต้องทดสอบโดยการวางแผนการวัดหลาย ๆ ครั้ง

3.10.7.3 ถ้าคาดว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ป้อนให้เครื่องมือวัด จะเพิ่มค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม แต่การกำหนดค่าสามารถทำได้ยาก อาจใช้วิธีการรวมโดยตรงของค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน แล้วจึงใช้สมการในข้อ 6 หาค่าความไม่แน่นอนรวมต่อไป การปฏิบัติต่อค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ป้อนให้สามารถดูได้ใน Guide to Expression of Uncertainty in Measurement ของ ISO ในปี ค.ศ. 1993

3.10.8 ความไม่แน่นอนที่ขยายและระดับความเชื่อมั่น (Expand Uncertainty and Level of Confidence)

ความไม่แน่นอนที่ขยายและระดับความเชื่อมั่น มีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2544:80)

3.10.8.1 การรายงานผลการวัดในงานสอบเทียบมาตรฐานเครื่องวัด จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอบเทียบจะต้องระบุข้อความเกี่ยวกับระดับความเชื่อมั่นของค่าความไม่แน่นอนรวมที่คำนวณได้ การรายงานระดับความเชื่อมั่นของผลการวัดดังกล่าวช่วยอย่างมากในการเปรียบเทียบผลการวัด และการตีความที่ถูกต้องของการรายงานค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่อ่านได้จากใบรับรองการสอบเทียบซึ่งจะรายงานผลการวัดที่วัดได้ และพิสัยที่ค่าจริงที่ยอมรับได้จะอยู่ในระยะนั้น ถึงแม้ระดับความเชื่อมั่นที่สูงสุดจะเป็นสิ่งที่ประสงค์สูงสุด ความไม่แน่นอนในการวัดลงไปเป็นช่วง ๆ ทำให้ไม่สามารถได้ระดับความเชื่อมั่นที่สูงสุดได้ในการวัดหลายอย่าง

3.10.8.2 คำแนะนำใน ISO Guide เรื่องความไม่แน่นอนได้แสดงให้เห็นว่าจิต้องมีการระบุค่าระดับความเชื่อมั่นที่เกี่ยวกับค่าความไม่แน่นอนรวมที่จะใช้ในรูปของ Expand Uncertainty (U) ซึ่งสามารถได้ค่านี้โดยการคูณค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม ด้วยค่า Coverage Factor (K) ดังสมการ

$$U = Ku_c(y)$$

3.10.8.3 เอกสาร NIS 3003 ของ UKAS สหราชอาณาจักร ได้กำหนดค่า Coverage Factor (K) ที่ใช้ในการหาค่า Expand Uncertainty ตามแนวทางของ EAL กล่าวคือ กำหนดให้ K = 2 ซึ่งค่านี้จะสร้างให้เกิดระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95.5 % ถ้าหากองค์ประกอบความไม่แน่นอนประเภท Random Uncertainty มีมากกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ หรือจำนวนครั้งของการวัดที่น้อยมาก หากในกรณีนี้เกิดขึ้นค่า Coverage Factor จะต้องมีการคำนวณขึ้นมาใหม่ตาม Appendix A ของเอกสารชื่อ NIS 3003 เพื่อที่จะให้ได้รับระดับความเชื่อมั่นที่เท่ากับ 95% เกณฑ์ในการพิจารณาว่าเมื่อใดจะต้องคำนวณหาค่า K ใหม่ก็คือ เมื่อใดก็ตามที่การประเมินค่าความไม่แน่นอนพบว่ามีแต่องค์ประกอบชนิด A เท่านั้นที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของการวัด และจำนวนครั้งของการวัดมากกว่า 2 และค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานชนิด A น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความไม่แน่นอนรวมก็ไม่ต้องดำเนินการคำนวณค่า K ตัวใหม่

3.10.8.4 ระดับความเชื่อมั่นในการวัดทางอุตมคติควรจะมีค่าเท่ากับ100% ถ้าหากองค์ประกอบของความไม่แน่นอนเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าทั้งหมด แต่การบวกกันโดยตรงของค่าความไม่แน่นอนนี้บางครั้งก็ทำให้การประเมินค่าความไม่แน่นอนโตเกินไป เนื่องจากว่าความไม่แน่นอนบางตัวเล็กมาก และเปลี่ยนแปลงอยู่ตรงกลางของค่าความไม่แน่นอน มันจึงไม่มีผลต่อความไม่แน่นอนรวมที่ได้จากความไม่แน่นอนอื่น ๆ ที่ใหญ่กว่า แต่การบวกกันเข้าไปทำให้เกิดความมั่นใจในความไม่แน่นอนมากขึ้น เราเรียกว่า Safety factor สำหรับการคำนวณความไม่แน่นอนจะไม่แสดงค่านี้ลงในเอกสารประกอบการคำนวณค่าความไม่แน่นอน

3.10.8.5 ถ้ากรณีที่ระดับความเชื่อมั่นขนาด 95% ไม่เพียงพอในการวัดบางประเภทให้คำนวณค่าความไม่แน่นอนที่มี K Factor เท่ากับ 3 จะได้ระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 99.7%

3.10.8.6 การระบุประโยคหรือข้อความเกี่ยวกับระดับความเชื่อมั่น โดยเฉพาะที่ระดับของความน่าจะเป็นที่จะเกิดความไม่แน่นอน เช่น 95 % ไม่สามารถกำหนดได้อย่างแม่นยำในทางปฏิบัติ

เนื่องจากเราไม่สามารถรู้ความน่าจะเป็นของปัจจัยความไม่แน่นอนที่แท้จริงของสิ่งที่ถูกวัดได้ อย่างก็ตาม ความสามารถรายงานค่าระดับความเชื่อมั่นโดยประมาณ จะให้ความหมายที่มีคุณค่ายิ่งต่อผลการวัด

3.10.8.7 ในบางกรณีที่ผลการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยวิธีทำกล่าวมาแล้ว ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ทำให้ค่าความไม่แน่นอนรวมสูงกว่าค่าความไม่แน่นอนที่บวกกันโดยตรง แสดงว่าค่าความไม่แน่นอนชนิด Systematic บางตัวมีค่าสูงมากทำให้ การคำนวณได้ค่าที่เกินจริงซึ่งหากกรณีนี้เกิดขึ้นจะต้องมีการคำนวณโดยวิธีใหม่ ซึ่งสามารถดูตัวอย่างได้ใน Apendix B ในเอกสาร NIS3003 จะทำให้ได้ค่าความไม่แน่นอนที่เป็นจริงมากขึ้น

3.10.9 การรายงานผล

การรายงานผลมีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2544:82-83)

3.10.9.1 หลังจากผู้ทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดได้ คำนวณหาค่าความไม่แน่นอนรวมที่คูณกับค่า K Factor แล้ว จะต้องรายงานผลการวัดให้อยู่ในรูป

ผลการวัด Y = y+/- U

และมีประโยคต่อไปนี้ปรากฏอยู่ในใบรายงานผลการสอบเทียบด้วย "The Reported Uncertainty is Best on Standard Uncertainty Multiplies By a Coverage Factor K = 2, Providing a Level of Confidence of Approximately 95%" แต่ในกรณีที่มีเหตุการณ์ตามที่กล่าวในข้อ 3.10.8.3 จะต้องมีการหาค่า K Factor ใหม่ เพื่อที่จะได้ค่าระดับความเชื่อมั่นที่แน่นอนกว่าเดิม

3.10.9.2 ผลการรายงานค่าความไม่แน่นอนในการวัดตามปกติ จะรายงานในรูปของค่าที่เป็นค่า +/- ในรูปใด ๆ เช่น ค่าหน่วยของสิ่งที่ถูกวัด ค่าสัมพันธ์ ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าเป็น ppm ฯลฯ

3.10.9.3 จำนวนของตัวเลขในการรายงานค่าความไม่แน่นอนควรจะต้องสะท้อนให้เห็นความสามารถในการวัดที่แท้จริง ในมุมมองของการรวมค่าความไม่แน่นอนของการวัด จะไม่มีการใช้จุดทศนิยมเกินกว่า 2 หลักนัยสำคัญ และค่าความไม่แน่นอนรวม ควรที่จะปัดจุดทศนิยมลง แต่การปัดจุดนี้จะต้องไม่ทำให้ระดับความเชื่อมั่นลดลง

4. หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางมาตรวิทยา

4.1 บทบาทของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางมาตรวิทยา

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้นเป็นหน่วยงานที่ถูกจัดตั้งขึ้นโดยมีรูปแบบของการดำเนินงานในภาพลักษณ์ของการเป็นหน่วยงานตรวจสอบหรือสอบเทียบ โดยหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดอาจจะเป็นหน่วยงานย่อย เป็นแผนกเป็นส่วนที่ทำการสอบเทียบให้กับองค์กร หรือบริษัทหรือเป็นหน่วยงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อทำในด้านการตรวจสอบหรือสอบเทียบโดยเฉพาะก็ได้ โดยในหลักของการตรวจสอบหรือสอบเทียบนั้นเพื่อต้องการทราบค่าความผิดพลาดจากเครื่องมือวัดที่ถูกนำมาสอบเทียบ โดยหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะปฏิบัติงานในการตรวจสอบหรือสอบเทียบที่เป็นหลักการทางมาตรวิทยา

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นหน่วยงานที่ดำเนินงานในภาพลักษณ์ของหน่วยงานตรวจสอบหรือสอบเทียบแล้วยังเป็นหน่วยงานที่ให้การรับรองการสอบเทียบให้กับเครื่องมือวัดที่ถูกนำเข้ามาสอบเทียบ โดยจะเป็นการแสดงผลการสอบเทียบของเครื่องมือวัดลงในใบรับรองผลการสอบเทียบโดยแต่ละหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดจะเป็นหน่วยงานที่จะออกใบรับรองผลการสอบเทียบ ตามแต่ละ

ชนิดของเครื่องมือวัดแต่ละแห่งจะปฏิบัติได้

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ดำเนินงานในภาพลักษณ์ของหน่วยงานตรวจสอบหรือสอบเทียบที่ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด แล้วให้การรับรองเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบแล้วในหน่วยงานของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดยังต้องทำการรักษาขีดความสามารถของเครื่องมือมาตรฐานที่เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจสอบหรือสอบเทียบให้คงไว้ซึ่งขีดความสามารถของหน่วยงานปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดกำหนดไว้ หากความผิดพลาดเกิดขึ้นกับเครื่องมือมาตรฐานแล้วย่อมจะส่งผลไปสู่เครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบจึงต้องดำเนินการรักษาไว้ซึ่งความสามารถของเครื่องมือวัดตลอดเวลาหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับระบบมาตรฐานต่างๆ เพราะทุกระบบมาตรฐานจะมีการบ่งชี้ถึงการตรวจสอบหรือสอบเทียบโดยมาตรฐานจะต่าง ๆ เช่นมาตรฐานISO 9000 มาตรฐานISO 14000 มาตรฐาน ISO/TS 16949และ HACCPเป็นต้น

4.2 หน้าที่ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางมาตรวิทยา

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด เป็นหน่วยงานที่ถูกจัดตั้งขึ้น เพื่อดำเนินงานในลักษณะของงานบริการในด้านการสิบเทียบเครื่องมือวัด และเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการให้การรับรองเครื่องมือวัดอันเกิดจากการสอบเทียบเครื่องมือวัด ที่หน่วยงานทำการสอบเทียบและบริการอื่น ๆ ที่หน่วยงานสามารถปฏิบัติได้ ในอันที่จะให้บริการสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการที่มีผลมาจากการขยายตัวทางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมภายในประเทศ พร้อมกันนั้นหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด ยังจะพัฒนางานด้านบริการให้มีความทันสมัย ต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยการนำเทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพมาใช้ และให้การส่งเสริมพัฒนาอย่างต่อเนื่อง อันได้แก่ ระบบการติดต่อรับบริการ การพัฒนาบุคลากรให้มีความสามารถตลอดเวลา เพื่อให้งานบริการสอบเทียบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด ได้มีการให้บริการในด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นงานหลัก และในงานบริการอื่น ๆ ที่มีการให้บริการอีกเช่น

1. บริการในด้านของการตรวจวัดขนาดชิ้นงาน เป็นบริการที่ให้บริการในการวัดชิ้นงานที่เป็นชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทราบค่าของผลิตภัณฑ์นั้น กับแผนงานที่เป็นแบบที่ใช้สร้างผลิตภัณฑ์นั้นออกมาและอีกลักษณะจะเป็นงานที่มีเฉพาะชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์อย่างเดียวและทางผู้ขอรับบริการต้องการทราบค่าขนาดชิ้นงานพร้อมกันมีแบบงานแนบด้วยกัน นั้นหมายถึงได้ขนาดพร้อมกับแบบงานด้วย

2. บริการในด้านของการทดสอบผลิตภัณฑ์ ป็นบริการที่ให้บริการในการทดสอบคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านกระบวนการผลิตแต่ต้องการจะทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์นั้นโดยในการทดสอบจะมีการทดสอบในรูปแบบของค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ ที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านกระบวนการอบหรือชุบเพื่อให้โครงสร้างมีความแข็งมากขึ้นจึงได้มีการนำมาทดสอบ และค่าความเรียบของผลิตภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่เป็นโลหะซึ่งมีค่าความเรียบอยู่ในตัวผลิตภัณฑ์(ชิ้นงาน) นั้นแล้ว แต่ต้องการจะทดสอบว่าผลิตภัณฑ์(ชิ้นงาน)ที่ผลิตออกมามีค่าที่อยู่ในช่วงการยอมรับได้หรือไม่

3. บริการในด้านของการปรับแต่งเครื่องจักร เป็นบริการที่ทำลักษณะของการปรับเครื่องจักรให้มีสภาพการทำงานเหมือนเดิมหรือมีสภาพที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยความเป็นจริงเครื่องจักรเมื่อถูกใช้ไปนานย่อมที่จะมีความเสื่อมไปตามกาลเวลาและเมื่อถูกกำหนดเวลาที่จะซ่อมบำรุงก็จะมีการตรวจเช็คสภาพและหลังจากการตรวจเช็คสภาพแล้วปรากฏว่าการใช้งานมีความผิดพลาดเกิดขึ้นจึงจะต้องทำการตรวจสอบและทำการปรับแต่งแก้ไขให้อยู่ในสภาพที่ยอมรับได้

4. บริการในด้านการให้คำปรึกษา เป็นบริการที่ทำในลักษณะของการให้คำปรึกษาในเรื่องราวของการสอบเทียบในรูปแบบของการวัดเพื่อหาค่าความถูกต้องในการสอบเทียบ ในเรื่องของระบบคุณภาพของมาตรฐานสากลในการทำระบบ ISO หรือมาตรฐานของห้องปฏิบัติการในสาขาอื่น ๆ บริการในด้านการให้คำปรึกษานี้จะเป็นบริการที่จะช่วยให้ผู้ที่สนใจหรือหน่วยงานที่กำลังดำเนินการอยู่มีแนวทางที่จะทำได้มากขึ้น และยังเป็นการเพิ่มความรู้ความสามารถของบุคลากรในหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด และเป็นการยอมรับของหน่วยงานให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น ยังจะส่งผลดีกลับมาในด้านของการสอบเทียบของหน่วยงานนั้นก็คือหน่วยงานจะได้มีงานจากการสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นจำนวนมากขึ้น

5. บริการในด้านการฝึกอบรม เป็นบริการที่ทำให้ลักษณะของการอบรมในด้านของการสอบเทียบเครื่องมือวัดโดยจะมีการสอนถึงความรู้พื้นฐานในด้านของการสอบเทียบ ความรู้พื้นฐานของเครื่องมือวัดที่จะถูกสอบเทียบเพราะการที่จะสอบเทียบเครื่องมือวัดอะไรก็ตามควรที่จะต้องเข้าใจในรูปแบบการใช้งานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น ในการฝึกอบรมนั้นจะมีการฝึกอบรมในลักษณะแบบอบรมทฤษฎีเชิงปฏิบัติ โดยที่อบรมในรูปแบบนี้เพื่อให้เข้าใจทฤษฎีที่ใช้งานและได้เห็นจากสภาพที่นำไปปฏิบัติจริงได้

จากการที่ระบบอุตสาหกรรมมีการพัฒนาแข่งขันกันมากขึ้นโดยการนำระบบ ISO มาใช้กัน ทำให้ความต้องการบริการด้านการสอบเทียบได้มีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างมากตามการพัฒนาระบบคุณภาพในองค์กรอุตสาหกรรม จะเห็นว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นมีความสำคัญมากขึ้น จึงส่งผลให้มีการขยายตัวของการจัดตั้งหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับการขยายตัวทางด้านธุรกิจอุตสาหกรรม หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ถูกบ่งชี้ถึงความถูกต้องของเครื่องมือวัดและเป็นการรักษามาตรฐานการวัดให้มีความเที่ยงตรงอยู่เสมอ

4.3 ขอบข่ายของมาตรวิทยาสำหรับหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด

โดยในขอบข่ายของมาตรวิทยาสำหรับหน่วยหรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด นั้นเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวกับหน่วยหรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดโดยเป็นมาตรฐานสากลที่เรียกว่า ISO/IEC17025 และรายละเอียดของขอบข่ายของมาตรฐาน ISO/IEC17025มีดังต่อไปนี้คือ(พิชัย มะคาทอง.2543:205)

4.3.1 ขอบข่ายของมาตรฐาน ISO/IEC17025

4.3.1.1 มาตรฐานสากลนี้ใช้เป็นข้อกำหนดทั่วไป เพื่อแสดงความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและ/หรือสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัด รวมทั้งการชักตัวอย่างและมาตรฐานนี้ยังครอบคลุมถึงการทดสอบและการสอบเทียบมาตรฐาน ที่ปฏิบัติตามวิธีการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน (Standard Methods) วิธีทดสอบที่ไม่เป็นมาตรฐาน (Non - Standard Methods) และวิธีการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการพัฒนาขึ้นเอง (Inhouse Methods)

4.3.1.2 มาตรฐานสากลนี้ใช้กับทุกองค์กรที่ปฏิบัติการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ ไม่ว่าห้องปฏิบัติการนั้นจะเป็นห้องปฏิบัติการของผู้ประกอบการ (First Party Laboratory) ห้องปฏิบัติการของผู้ซื้อ (Second Party Laboratory) หรือ ห้องปฏิบัติการของหน่วยงานกลาง (Third Party Laboratory) และห้องปฏิบัติการที่ทำการทดสอบ และ /หรือสอบเทียบเพื่อตรวจสอบและให้การรับรองผลิตภัณฑ์

4.3.1.3 ข้อสังเกต (Note) ที่ปรากฏอยู่ในมาตรฐานสากลนี้ ใช้เพื่อแสดงความชัดเจนและเป็นตัวอย่างของเนื้อหามิได้เป็นข้อกำหนด และมิได้เป็นส่วนที่สำคัญต่อความสมบูรณ์ของมาตรฐานสากลฉบับนี้

4.3.1.4 มาตรฐานสากลนี้สำหรับใช้โดยห้องปฏิบัติการในการพัฒนาระบบคุณภาพ ระบบบริหาร และระบบทางวิชาการที่บังคับใช้ในองค์กร ลูกค้าของห้องปฏิบัติการ องค์กรที่มีอำนาจตามกฎข้อบังคับ หรือหน่วยงานที่ให้การรับรองความสามารถอาจจะใช้มาตรฐานสากลนี้ในการแสดงความเป็นไปตามมาตรฐาน หรือการยอมรับความสามารถของห้องปฏิบัติการ

4.3.1.5 มาตรฐานสากลนี้มิได้ครอบคลุมถึง การเป็นไปตามกฎและการเป็นไปตามข้อกำหนดทางด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ

4.3.1.6 หากห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบที่เป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานสากลนี้ ห้องปฏิบัติการก็จะมีระบบปฏิบัติการระบบคุณภาพสำหรับการทดสอบและสอบเทียบที่เป็นไปตามข้อกำหนด ISO 9001 ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการมีการพัฒนา และออกแบบขั้นตอนการทดสอบขึ้นเอง ที่ประกอบด้วยขั้นตอนที่เป็นมาตรฐาน ขั้นตอนที่ไม่เป็นมาตรฐาน และห้องปฏิบัติการจะมีระบบคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 9002 หากเป็นผู้ใช้วิธีการทดสอบที่มีผู้จัดทำไว้แล้ว

โครงสร้างของมาตรฐาน ISO/IEC 17025 มาตรฐานสากลนี้ประกอบด้วยข้อกำหนด ซึ่งมี 5 ส่วนที่ชัดเจนคือ1. ขอบข่ายของมาตรฐาน 2 .เอกสารอ้างอิง 3. ข้อตกลงถ้อยคำและคำจำกัดความ 4. ข้อกำหนดทางด้านการจัดการ ประกอบด้วย ข้อกำหนด 14 ข้อ 5. ข้อกำหนดทางด้านวิชาการประกอบด้วยข้อกำหนด 10 ข้อ

ข้อกำหนดทางด้านการจัดการ (Management Requirements)

1. การจัดองค์กร
2. ระบบคุณภาพ
3. การควบคุมเอกสาร
4. การทบทวนคำขอใช้บริการข้อเสนอและสัญญา
5. การจ้างเหมาช่วงการทดสอบ และสอบเทียบมาตรฐาน
6. การจัดซื้อบริการ และสิ่งสนับสนุนต่าง ๆ
7. การบริการต่อลูกค้า
8. ข้อร้องเรียน
9. การควบคุมงานทดสอบ และสอบเทียบที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
10. การดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่อง
11. การดำเนินการเพื่อป้องกันข้อบกพร่อง
12. การควบคุมบันทึก
13. การตรวจติดตามคุณภาพภายใน
14. การทบทวนระบบการจัดการ

ข้อกำหนดทางด้านวิชาการ (Technical Requirements)

1. เรื่องทั่วไป
2. บุคลากร
3. สถานที่ และสภาพแวดล้อม
4. วิธีการทดสอบ และสอบเทียบ และการตรวจเพื่อรับรองวิธีดังกล่าว
5. เครื่องมือ
6. การสอบย้อนกลับได้ของการวัด

7. การชักตัวอย่าง

8. การจัดการตัวอย่างทดสอบ และสอบเทียบ

9. การประกันคุณภาพของการทดสอบ และสอบเทียบมาตรฐาน

10. การรายงานผล

4.4 ลักษณะของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด

ในลักษณะของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด นั้นได้มีการแบ่ง ประเภทตามการสำรวจข้อมูลของการฐานข้อมูลของหน่วยหรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดปี 2544 (สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ.2544:8) โดยแสดงประเภทของหน่วยหรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดโดยแยกตามสาขาเครื่องมือวัด มีดังนี้

สาขาอุณหภูมิ

สาขาความดันและสูญอากาศ

สาขาไฟฟ้าและความถี่

สาขามิติ

สาขามวล

สาขาปริมาตรและของไหล

สาขาแรงและแรงบิด

สาขาเคมี

5. หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ในรายละเอียดของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติมีเนื้อหาในโครงสร้างหลักสูตรดังนี้คือ

5.1 หลักการของหลักสูตรฝึกอบรม

การจัดทำหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยหลักสูตรฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น เป็นการนำหลักการ รูปแบบและเทคนิคการฝึกอบรม มาจัดทำเป็นหลักสูตรฝึกอบรม และหลักสูตรที่จัดทำขึ้นจะประกอบไปด้วยเนื้อหาของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติทั้งหมด 4 เครื่องมือ ดังนี้คือ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไมโครมิเตอร์วัดใน ไดอัลเกจ และการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อใช้ในเนื้อหาของการการฝึกอบรมการสอบเทียบแครื่องมือวัดด้านมิติให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2 วัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม

5.2.1 เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติเพิ่มขึ้น

5.2.2 เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติอย่างเหมาะสมและถูกต้อง

5.3 เนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรม

5.3.1 ความสำคัญของการสอบเทียบ

5.3.1.1 ความหมายของการสอบเทียบและมาตรวิทยา

5.3.1.2 ระบบการวัดมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

5.3.1.3 องค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบ

5.3.1.4 มาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

5.3.2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ ดังนี้

5.3.2.1 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

5.3.2.1.1 การอ่านค่าการวัด

5.3.2.1.2 การตรวจสภาพและใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ในการวัดงาน

5.3.2.1.3 การบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

5.3.2.2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอก ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

5.3.2.2.1 การอ่านค่าการวัด

5.3.2.2.2 การตรวจสภาพและใช้ไมโครมิเตอร์วัดนอกในการวัดงาน

5.3.2.2.3 การบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอก

5.3.2.3 วิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดใน ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

5.3.2.3.1 การอ่านค่าการวัด

5.3.2.3.2 การตรวจสภาพและใช้ไมโครมิเตอร์วัดในในการวัดงาน

5.3.2.3.3 การบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดใน

5.3.2.4 วิธีการใช้และบำรุงรักษาไดอัลเกจ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

5.3.2.5.1 การอ่านค่าการวัด

5.3.2.5.2 การตรวจสภาพและใช้ไดอัลเกจในการวัดงาน

5.3.2.5.3 การบำรุงรักษาไดอัลเกจ

5.3.3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ดังนี้

5.3.3.1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

5.3.3.1.1 การตรวจสอบความเรียบ

5.3.3.1.2 การตรวจสภาพความขนาน

5.3.3.1.3 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

5.3.3.2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

5.3.3.2.1 การตรวจสอบความเรียบ

5.3.3.2.2 การตรวจสภาพความขนาน

5.3.3.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

5.3.3.3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

5.3.3.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

5.3.3.4 วิธีการสอบเทียบไฮเกจ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

5.3.3.4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

5.3.3.5 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

5.3.3.5.1 การตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ

5.3.3.5.2 การตรวจสอบค่าAdjacent error

5.3.3.5.3 การตรวจสอบค่าRetrace error

5.3.3.5.4 การตรวจสอบค่าผิดพลาดจากการวัด

5.3.4 วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

5.3.4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

5.3.4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

5.3.4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

5.4 คุณสมบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

5.4.1 เป็นบุคคลที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด

5.4.2 เป็นบุคคลที่มีความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์หรือพื้นฐานทางวิศวกรรม

5.4.3 เป็นนิสิตหรือนักศึกษาหรือบุคคลทั่วไปที่มีคุณสมบัติตามข้อที่ 5.5.1และ5.5.2

5.5 ระยะเวลาในการดำเนินการฝึกอบรม

ระยะเวลาในการฝึกอบรม 3 วันแบ่งเป็นวันละ 6 ชั่วโมง

5.6 แผนจัดดำเนินการฝึกอบรม

5.6.1 ขั้นเตรียมการฝึกอบรม

5.6.1.1 จัดทำหลักสูตรฝึกอบรม

5.6.1.2 เสนอขออนุมัติจัดการฝึกอบรม

5.6.2 ขั้นดำเนินการฝึกอบรม

5.6.2.1 ติดต่อประสานงานกับฝ่ายอบรม

5.6.2.2 ติดต่อวิทยากร

5.6.2.3 แจ้งหน่วยงานต่างๆที่จะเข้ารับการฝึกอบรม

5.6.2.4 จัดเตรียมเอกสาร เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในการฝึกอบรม

5.6.2.5 ดำเนินการฝึกอบรม

5.7.2.6 ประเมินการฝึกอบรม

5.7 วิธีการฝึกอบรม

ในการดำเนินการในการฝึกอบรมเป็นการฝึกอบรมในแบบทฤษฎีเชิงปฏิบัติ โดยมีทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ คือมีการบรรยาย และปฏิบัติจริงกับเครื่องมือวัดด้านมิติ

5.8 วิธีการประเมินผล

5.8.1 แบบทดสอบความรู้และทักษะหลังการฝึกอบรมตามเกณฑ์ 80/80

5.8.2 แบบทดสอบ (แบบฝึกหัด) ที่ประเมินความก้าวหน้าในการฝึกอบรม

5.8.3 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

ตาราง 1 แสดงเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

วัน	เวลา	รูปแบบ	เนื้อหาวิชา	จำนวนชั่วโมง
7 ก.ย. 2547	9.00-11.00	ทฤษฎี	ความสำคัญของการสอบเทียบ	2.00
	11.00-12.00	ทฤษฎี	การใช้เครื่องมือวัด	1.00
	13.00-14.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	1.00
	14.00-15.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดนอก	1.00
	15.00-16.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดใน	1.00
8 ก.ย. 2547	9.00-10.00	ทฤษฎี	การใช้เครื่องมือวัด (ต่อ)	1.00
	10.00-11.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไดอัลเกจ	1.00
	11.00-12.00	ทฤษฎี	การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	1.00
	13.00-14.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	1.00
	14.00-15.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดนอก	1.00
	15.00-16.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดใน	1.00
9 ก.ย. 2547	9.00-10.00	ทฤษฎี	การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ(ต่อ)	1.00
	10.00-11.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไดอัลเกจ	1.00
	11.00-12.00	ทฤษฎี	การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด	1.00
	13.00-14.00	ทฤษฎี	การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด(ต่อ)	1.00
	14.00-16.00	การทดสอบ	การทดสอบในด้านความรู้และทักษะของการสอบเทียบ (หลังการฝึกอบรม)	2.00

6. ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม

ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น จะให้มีความถูกต้องและมีมาตรฐานได้จะต้องมีการทำการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อจะทำให้หลักสูตรฝึกอบรมเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จะต้องประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คือ การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ การวัดผล การประเมินผล พฤติกรรมทางการศึกษา แบบทดสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบ

6.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ การที่จะศึกษาหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อให้ได้เกณฑ์ที่กำหนดจะต้องมีการทดลองและปรับปรุงในอันที่จะทำให้ได้หลักสูตรฝึกอบรมตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และมีประโยชน์ต่อหลักสูตรฝึกอบรมคือ ทำให้หลักสูตรฝึกอบรมมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพต่อการนำไปฝึกอบรม

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับขีดความสามารถของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติที่เป็นเกณฑ์กำหนดประสิทธิภาพในอันที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดความรู้และทักษะในเนื้อหาที่ทำการฝึกอบรม

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ สามารถที่จะทำได้ โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เขียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่องและพฤติกรรมขั้นสุดท้าย โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) E2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (สุมณ กล้าหาญ. 2543:47-50)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆ พฤติกรรม เรียกว่า กระบวนการ ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานกลุ่ม) และรายงานบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน และการสอบไล่

ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจโดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อเปอร์เซ็นต์ ของผลเฉลี่ยของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั้นคือ E1/E2 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เช่น 80/80 หมายความว่าเมื่อเข้ารับการการฝึกอบรมจากหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติแล้ว ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดหรืองานได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 การที่จะกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นผู้สอนเป็นผู้พิจารณา โดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75

1. วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน

โดยใช้สูตร กระทำโดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$E_1 = \left[\frac{\sum X_1}{\frac{N}{A}} \right] x\ 100$$

E1 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X_1$ = คะแนนรวมของแบบฝึกหัดหรืองาน

N = จำนวนผู้เรียน

A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน

$$E_1 = \left[\frac{\sum X2}{\frac{N}{B}} \right] x\ 100$$

E_2 = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X_2$ = คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

N = จำนวนผู้เรียน

B = คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้หลักสูตรข้างต้น ก็จะมีการนำคะแนนแบบฝึกหัดหรือผลงาน ในขณะประกอบกิจกรรมกลุ่ม/เดี่ยว และคะแนนสอบหลังเรียนมาเข้าตารางแล้วจึงคำนวณหาค่า E1/E2

หลังจากคำนวณหาค่า E1 และ E2 ผลลัพธ์ที่ได้มักจะใกล้เคียงกัน และห่างกันไม่เกิน ร้อยละ 5 ซึ่งเป็นตัวชี้ที่จะยืนยันได้ว่า นักเรียนได้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้นหรือไม่ ก่อนจะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้าย หรืออีกนัยหนึ่งการที่นักเรียนจะสอบไล่ได้เท่าใด เช่น ร้อยละ 90 นั้น นักเรียนมีความรู้จริง หรือทำได้เพราะการเดาสุ่ม เมื่อมีการรายงานคะแนนเป็นตัวเลข 2 ตัว เช่น 78/83 นั้นจะทำให้เราทราบว่านักเรียนทำงานและแบบฝึกหัดทั้งปีได้ ร้อยละ 78 และสอบไล่ได้ ร้อยละ 83 เป็นการยืนยันการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียนที่ค่อนข้างแน่นอน

2. ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

เมื่อทำการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติขึ้นเป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนดังนี้

2.1 แบบเดี่ยว (1:1) คือ ทดลองเรียนกับผู้เรียน 1 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเก่ง คำนวณหาค่าประสิทธิภาพ เสร็จแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองแบบเดี่ยวนี้จะได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วสูงขึ้นมากก่อนนำไปทดลองแบบกลุ่ม ในขั้นนี้ E1/E2 ที่จะได้จะมีค่าประมาณ 60/60

2.2 แบบกลุ่ม (1:10) คือ ทดลองกับผู้เรียน 6-10 คน (คละผู้เรียนที่เก่งกับอ่อน) คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่ากับเกณฑ์ โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10 % นั่นคือ E1/E2 ที่ได้จะมีค่าประมาณ 70/70

2.3 ภาคสนาม (1:100) ทดลองกับผู้เรียนทั้งชั้น 40-100 คน คำนวณหาค่าประสิทธิภาพแล้วทำการปรับปรุง ผลลัพธ์ที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 25% ก็ให้ยอมรับ หากแตกต่างกันมากผู้สอนต้องกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใหม่ โดยยึดสภาพความเป็นจริงเป็นเกณฑ์ สมมุติว่า เมื่อทดสอบหาประสิทธิภาพแล้วได้ 83.5/85.4 ก็แสดงว่าสื่อการสอนนั้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเกณฑ์ 85/85 ที่ตั้งไว้ แต่ถ้าตั้งเกณฑ์ไว้ 75/75 เมื่อผลการทดลองเป็น 83.5/85.5 ก็อาจเลื่อนเกณฑ์ขึ้นมาเป็น 85/85 ได้

การเลือกผู้เข้ารับการฝึกอบรมมาทำการทดลองกับหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ควรเป็นตัวแทนที่จะนำหลักสูตรฝึกอบรมไปฝึกอบรม โดยมีข้อควรพิจารณาดังนี้

1. สำหรับการทดลองแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดลองที่ใช้ครู 1 ต่อ เด็ก 1 คน ให้ทดลองกับเด็กอ่อนเสียก่อน ทำการปรับปรุงแล้วนำไปทดลองกับเด็กปานกลาง และนำไปทดลองกับเด็กเก่ง อย่างไรก็ตามหากเวลาไม่อำนวยและสภาพการณ์ไม่เหมาะสม ก็ให้ทดลองกับเด็กอ่อนหรือเด็กปานกลาง

2. สำหรับการทดลองแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดลองที่ใช้ครู 1 คน ต่อ เด็ก 6-12 คน โดยคละทั้งเด็กเก่ง ปานกลาง และเด็กอ่อน ห้ามทดลองกับเด็กอ่อนล้วน หรือเด็กเก่งล้วน เวลาทดลองจะต้องจับเวลาด้วยว่ากิจกรรมในแต่ละกลุ่มใช้เวลาเท่าไร ทั้งนี้เพื่อให้ทุกกลุ่มกิจกรรมสำหรับห้องเรียนแบบศูนย์การเรียนใช้เวลาเท่ากัน คือ ประมาณ 10-15 นาที สำหรับประถมศึกษา และ 15-20 นาที สำหรับมัธยมศึกษา

3. สำหรับการทดลองภาคสนามหรือกลุ่มใหญ่ (1:100) เป็นการทดลองที่ใช้ครู 1 คน กับนักเรียนทั้งชั้น 30-40 คน (หรือ 100 คน สำหรับชุดการสอนรายบุคคล) ชั้นที่เลือกมาทดลองจะต้องมีนักเรียนคละกันทั้งเด็กเก่งและอ่อน ไม่ควรเลือกห้องที่มีเด็กเก่งหรือเด็กอ่อนล้วน

การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพ เมื่อทดลองหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในการสอนภาคสนามแล้ว ให้เทียบค่า E1/E2 ที่หาได้จากสื่อการสอนกับเกณฑ์ E1/E2 ที่กำหนด เพื่อดูว่าจะยอมรับประสิทธิภาพหรือไม่ การยอมรับให้ถือค่าแปรปรวน ร้อยละ 2.5-5 นั่นคือ ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์เกินร้อยละ 5 แต่โดยปกติเราจะกำหนดไว้ ร้อยละ 2.5 เช่น เราตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ 90/90 เมื่อทดลอง 1:100 แล้ว หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้นมีประสิทธิภาพ 87.5-87.5 นั้นสามารถยอมรับได้ว่าหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้นมีประสิทธิภาพ

การยอมรับประสิทธิภาพขอหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือด้านมิติมี 3 ระดับ คือ

1. สูงกว่าเกณฑ์เมื่อประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกินกว่า 2.5%

2. เท่ากับเกณฑ์เมื่อประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติเท่ากับหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไวไม่เกิน 2.5%

3. ต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติต่ำกว่าเกณฑ์แต่ไม่ต่ำกว่า 2.5%

6.2 การวัดผล

ในกระบวนการของการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ จะต้องมีการวัดผลเพื่อเป็นการกำหนด โดยมีผู้รู้ นักการศึกษาและนักวิชาการได้กล่าวไว้ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2544 : 3) ได้ให้ความเห็นว่า การวัดผล หมายถึง กระบวนการกำหนดตัวเลขหรือสัญลักษณ์ให้กับบุคคล สิ่งของหรือเหตุการณ์อย่างมีเกณฑ์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แทนปริมาณหรือคุณภาพของคุณลักษณะที่จะวัด

สมนึก ภัทิยธนี (2541 : 1) ได้ให้ความเห็นว่า การวัดผล หมายถึง กระบวนการการปริมาณ หรือจำนวนของสิ่งของต่างๆ โดยใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งมาวัด ผลจากการวัดมักจะออกมาเป็นตัวเลขหรือสัญลักษณ์หรือข้อมูล

ภัทรา นิคมนนท์ (2543 : 10) ได้ให้ความเห็นว่า การวัดผล หมายถึง กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคนอยู่ตลอดเวลาทุกครั้งที่เกิดปัญหาในการตัดสินใจเรามักจะหาข้อมูลเพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจได้ถูกต้อง การหาข้อมูลจำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรือเทคนิควิธีต่างๆ ในการรวบรวมข้อมูล

จากความหมายของการวัดผลที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษาและนักวิชาการได้กล่าวไว้นั้น สามารถสรุปได้ว่า การวัดผล หมายถึงกระบวนการกำหนดคุณลักษณะปริมาณของข้อมูลที่เป็นทั้งบุคคล หรือสิ่งของได้ โดยระบุเป็นตัวเลขหรือสัญลักษณ์ในการทำการวัด

6.3 การประเมินผล

การที่จะอธิบายถึงประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติว่าจะอยู่ในระดับเกณฑ์ที่ยอมรับได้นั้นจะต้องมีการประเมินผลโดยได้มีผู้รู้ นักการศึกษานักวิชาการ ได้กล่าวไว้ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2544:5) ได้ให้ความเห็นว่า การประเมินผล หมายถึง การตัดสินคุณค่าหรือการตีราคาข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยเปรียบเทียบข้อมูลอื่นๆ หรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ภัทรา นิคมนนท์ (253:12) ได้ให้ความเห็นว่า การประเมินผล หมายถึง การนำเอาข้อมูลทั้งหลายที่ได้จากการวัดมาใช้ในการตัดสินใจ โดยการหาข้อสรุปตัดสินประเมินค่าหรือตีราคาโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆ หรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้

จากความหมายของการประเมินผล ที่ได้มีผู้รู้ นักศึกษา นักวิชาการ ได้กล่าวไว้นั้น สามารถสรุปได้ว่า การประเมินผล หมายถึง กระบวนการในการที่พิจารณาถึงผลที่ได้ทำการวิเคราะห์แล้นำมาตัดสินโดยมีเกณฑ์กหนดไว้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2544 : 145) ได้ให้ความเห็นว่า ประเภทและกระบวนการประเมินผล มีดังนี้ การประเมินผล สามารถจำแนกประเภทได้ดังนี้

1. **ประเภทของการประเมินผล** การประเมินผล สามารถจำแนกประเภทได้ดังนี้

1.1 จำแนกตามวัตถุประสงค์ของการประเมิน แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

1.1.1 การประเมินผลก่อนเรียน (Pre-evaluation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียนว่า มีความรู้เพียงพอที่จะเรียนต่อในรายวิชาใหม่หรือเนื้อหาใหม่ได้หรือไม่ ถ้าพบว่ามีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพอหรือไม่มีพฤติกรรมขั้นต้นก่อนเรียน ครูจะจัดให้มีการสอนปรับพื้นฐานจนผู้เรียนมีความรู้เพียงพอที่จะเรียนในเนื้อหาใหม่ได้

1.1.2 การประเมินผลระหว่างเรียนหรือประเมินความก้าวหน้า (Formative evaluation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนที่กำหนดไว้หรือไม่ เพียงใด หากพบว่ามีข้อบกพร่องในจุดประสงค์ใด ก็หาแนวทางปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในจุดประสงค์นั้นๆ โดยจัดสอนซ่อมเสริมให้แก่ผู้เรียน

1.1.3 การประเมินผลรวมสรุป (Summative evaluation) เป็นการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาว่าผู้เรียนมีความรู้ทั้งสิ้นเท่าไร ควรตัดสินได้-ตก ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือควรได้เกรดอะไร เป็นต้น

2. จำแนกตามระบบการวัดผล แบ่งเป็น 2 ประเภท

2.1 การประเมินผลแบบอิงกลุ่ม (Norm-referenced evaluation) เป็นการตัดสินคุณค่าของคุณลักษณะหรือพฤติกรรม โดยเปรียบเทียบกับผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ทำข้อสอบฉบับเดียวกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อจำแนกหรือจัดลำดับบุคคลในกลุ่มนั้นๆ ตัวอย่างของการประเมินแบบอิงกลุ่ม เช่น การสอคัดเลือกเข้าศึกษาต่อในสถานศึกษา การสอบชิงทุนการศึกษา เป็นต้น

2.2 การประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced evaluation) เป็นการตัดสินคุณค่าของคุณลักษณะหรือพฤติกรรมโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์มีทั้งเกณฑ์มาตรฐาน (Standard criteria) ที่มีอยู่แล้วหรือเกณฑ์ที่ผู้ประเมินกำหนดขึ้น (Arbitrary criteria) ในทางปฏิบัติการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เกณฑ์จะหมายถึง กลุ่มพฤติกรรมตามจุดมุ่งหมายในแต่ละบทหรือหน่วยการเรียนโดยทั่วไปนิยมใช้จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral objective) หรือกลุ่มของพฤติกรรม (Domain of behavior)

6.4 พฤติกรรมทางการศึกษา

พฤติกรรมทางการศึกษาที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นของบลูมและคณะ ซึ่งใช้หลักการจัดจำแนกอันดับ (taxonomy) จำแนกพฤติกรรมการศึกษาเป็น 3 ประเภทคือ พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (affective domain) และพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ.2544 : 31-42)

6.4.1 พฤติกรรมด้านพุทธินิสัย

พฤติกรรมทางพุทธินิสัยเป็นสมรรถภาพด้านสมองหรือสติปัญญาของบุคคลในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ แบ่งเป็น 6 ระดับเรียงตามลำดับขั้นตอนการเกิดพฤติจากขั้นต่ำสุดถึงขั้นสูงสุด คือ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ดังนั้น

6.4.1.1 ความรู้ - ความจำ (knowledge) หมายถึงความสามารถทางสมองในการทรงไว้ หรือรักษาไว้ซึ่งเรื่องราวต่าง ๆ ที่บุคคลได้รับรู้ไว้ในสมองได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

6.4.1.2 ความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญของเรื่อง สามารถถ่ายทอดเรื่องราวเดิมออกมาเป็นภาษาของตนเองได้โดยที่ยังมีความหมายเหมือนเดิม

6.4.1.3 การนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการนำหลักวิชาไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่เคยพบเห็นมาก่อน เช่น การนำสูตรพื้นที่สามเหลี่ยมไปใช้หาพื้นที่สามเหลี่ยมรูปใหม่ได้ การแก้ประโยคที่เขียนไวยากรณ์ผิดได้

6.4.1.4 การวิเคราะห์ (analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งนั้นๆ ประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล และที่เป็นไปอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

6.4.1.5 การสังเคราะห์ (synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมีคุณลักษณะโครงสร้างหรือหน้าที่ใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากของเดิม

6.4.1.6 การประเมินค่า (evaluation) เป็นความสามารถในการพิจารณาตัดสินหรือลงสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของเนื้อหาและวิธีการต่าง ๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่วางไว้

6.4.2 พฤติกรรมด้านจิตพิสัย

พฤติกรรมด้านจิตพิสัยเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดทางจิตใจ อารมณ์และคุณธรรมของบุคคลซึ่งต้องอาศัยการสร้างหรือปลูกฝังคุณลักษณะนิสัยต่าง ๆ ให้เกิดขึ้นโดยเริ่มจากพฤติกรรมขั้นแรกที่ง่ายไปหาขั้นสุดท้ายที่ยาก ซึ่งมี 5 ระดับ คือ

6.4.2.1 การรับรู้ (receiving or attending) เป็นขั้นที่บุคคลรู้สึกว่ามีสิ่งเร้ามากระตุ้นให้แสดงพฤติกรรม และจะเริ่มทำความรู้จักในสิ่งนั้น นั่นคือเริ่มสนใจและเต็มใจในสิ่งเร้านั้น

6.4.2.2 การตอบสนอง (responding) เป็นขั้นที่บุคคลแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบสิ่งเร้านั้นด้วยความยินยอม เต็มใจ

6.4.2.3 การเกิดค่านิยม(valuing) เป็นขั้นที่บุคคลมองเห็นคุณค่าของการตอบสนองสิ่งเร้าหรือประสบการณ์แล้วกลายมาเป็นสิ่งที่ยึดถือของบุคคลในโอกาสต่อไป

6.4.2.4 การจัดระบบคุณค่า (organization) เป็นขั้นตอนที่บุคคลนำค่านิยมที่ตนเองสร้างไว้แล้วมาจัดระบบหรือหมวดหมู่โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่านิยมเหล่านั้นและปรับสิ่งที่ขัดแย้งกันเพื่อนำมาสร้างเป็นค่านิยมเพื่อถือปฏิบัติต่อไป

6.4.2.5 การสร้างลักษณะนิสัย (characterization by a value complex) เป็นขั้นการนำค่านิยมที่จัดระบบคุณค่าที่มีในตัวเข้าเป็นระบบที่ถาวรและทำหน้าที่ควบคุมพฤติกรรมของบุคคลไม่ว่าจะอยู่ในสถานการณ์ใด ๆ ก็จะแสดงพฤติกรรมตามค่านิยมที่ยึดถือตลอดไป สม่ำเสมอจนเกิดเป็นลักษณะนิสัยประจำตัวของแต่ละบุคคล

6.4.3 พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย

พฤติกรรมด้านทักษะพิสัยเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความสามารถเชิงปฏิบัติการซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบการใช้งานของอวัยะต่างๆในร่างกายที่ต้องอาศัยการประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อกับการทำงานของระบบประสาทต่าง ๆ ซึ่งเป็นหน่วยสั่งการ เช่น การเคลื่อนไหวอวัยวะต่าง ๆ ในการทำกิจวัตรประจำวัน เล่นกีฬา เล่นดนตรีหรือกิจกรรมอื่นๆ หากนักเรียนได้ฝึกฝนการทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาทให้มีการประสานสัมพันธ์กันย่อมก่อให้เกิดความชำนาญ หรือทักษะในการปฏิบัติงาน การจำแนกพฤติกรรมด้านทักษะพิสัยนี้มีหลายกลุ่มความคิดในที่นี้จะนำเสนอ 2 แนว ดังนี้

6.4.3.1 แนวทางที่ 1 แบ่งลักษณะของพฤติกรรมตามพัฒนาการด้านทักษะพิสัยออกเป็น 5 ระดับ คือขั้นเลียนแบบ การทำโดยยึดแบบ การทำด้วยความชำนาญ การทำในสถานการณ์ต่างๆ ได้การแก้ปัญหาได้โดยฉับพลัน

6.4.3.2 แนวทางที่ 2 แบ่งลักษณะของพฤติกรรมในเรื่องทักษะการเคลื่อนไหวแบ่งเป็น 4 ด้านคือ ทักษะการเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย ทักษะเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ประสาทรวมๆ กัน ทักษะการสื่อสารโดยใช้ท่าทาง ทักษะพฤติกรรมทางด้านภาษา

6.5 แบบทดสอบ

6.5.1 ความหมาย แบบทดสอบคือชุดของสิ่งเร้าที่นำไปใช้กระตุ้นบุคคลตอบสนองออกมา ชุดของสิ่งเร้านี้มักจะอยู่ในรูปของคำถาม ซึ่งอาจให้เขียนตอบ ให้แสดงพฤติกรรม ให้พูดออกทางวาจา ก็ได้ ทำให้สามารถวัดได้ สังเกตได้ และนำไปสู่การแปลความหมายได้ แบบทกสอบนี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลทางพุทธิปัญญาด้านจิตอารมณ์ และด้านทักษะ แต่นิยมใช้วัดทางด้านพุทธิปัญญาเป็นส่วนใหญ่ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2543 :96)

6.5.2 ชนิดของแบบทดสอบ แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้(พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2543 :96-97)

6.5.2.1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวงทั้งจากทางบ้าน และสถาบันการศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher-made test) และแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน (Standardized test) แบบทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้จะถามเนื้อหาเหมือนกัน คือ ถามสิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนซึ่งจัดเป็นกลุ่มพฤติกรรมได้ 6 ประเภท คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า รูปแบบของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่นิยมใช้มี 3 รูปแบบ คือ

1. แบบปากเปล่า (Oral test) เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคลใช้ ได้ผลดีถ้ามีผู้เข้าสอบจำนวนน้อยเพราะต้องใช้เวลามาก ถามได้ละเอียด เพราะสามารถโต้ตอบกันได้

2. แบบเขียนตอบ (Paper – pencil test) เป็นการทดสอบที่เปลี่ยนแปลงมาจากการสอบแบบปากเปล่า เนื่องจากจำนวนผู้เข้าสอบมากและมีจำนวนจำกัดแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.2.1 แบบความเรียง (Essay type) เป็นการสอบที่ให้ผู้ตอบได้รวบรวบเรียบเรียงคำพูดของตนเองแสดงทัศนคติ และความรู้สึก ความคิดได้อย่างอิสระภายใต้หัวเรื่องที่กำหนดให้เป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ ได้อย่างดี แต่ก็มีข้อเสียเพราะ การให้คะแนนทำให้มีความเป็นปรนัยได้ยาก

2.2.2 แบบจำกัดคำตอบ (Fixed – response type) เป็นข้อสอบ ที่มีคำตอบถูกภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างจำกัด ข้อสอบแบบนี้ยังแบบออกเป็น 4 แบบ คือ แบบถูกผิด (True – false) แบบเติมคำ (Completion) แบบจับคู่ (Matching) แบบเลือกตอบ (Multiple choice)

3. แบบปฏิบัติ (Performance test) เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง ๆ เช่นการทดสอบทางดนตรี ช่างกล พลศึกษา เป็นต้น

6.5.2.2. แบบทดสอบวัดความถนัดหรือตัวปัญญา (Aptitude test) เป็นการทดสอบที่ใช้วัดศักยภาพระดับสูงสุดของบุคคลว่าสมรรถภาพในการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด และควรเรียนด้านใดหรือทำงานด้านใด จึงจะประสบความสำเร็จอย่างดี แบบทดสอบประเภทนี้อาจแบ่งย่อยได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบความถนัดในการเรียน (Scholastic aptitude test) และแบบทดสอบความถนัดจำเพาะ (Specific aptitude test) นักวัดผลแบ่งกลุ่มความถนัดเป็น 7 ด้าน คือ ความถนัดด้านภาษา (Varbal Factor) ความถนัดด้านการใช้คำ (Word fluency Factor)ความถนัดด้านตัวเลข (Number Factor) ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor) ความถนัดด้านความจำ (Memory Factor) ความถนัดด้านการสังเกตรับรู้ (Perception Factor) ความถนัดด้านการใช้เหตุผล (Reasoning Factor)

6.5.2.3. แบบทดสอบวัดความสัมพันธ์ของบุคคลต่อสังคม แบบทดสอบประเภทนี้จะวัดเกี่ยวกับบุคลิกภาพหรือการปรับตนเองของบุคคลในสังคม วัดความสนใจต้องสิ่งต่าง ๆ แบบทดสอบประเภทนี้ มักอยู่ในรูปแบบทดสอบถามวัดลักษณะบุคคล เช่น แบบทดสอบความเกรงใจ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ แบบสำรวจความสนใจต่าง ๆ เป็นต้น

6.5.3. การวางแผนการสร้างแบบทดสอบ ในการสร้างแบบทดสอบผู้วิจัยควรกำหนดแผนการสร้างซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ คือ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2543 :98)

6.5.3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการศึกษา ขั้นนี้เป็นการวางโครงการล่วงหน้า ว่าการวิจัยนั้นต้องการศึกษาอะไร กับใคร และศึกษาเพื่ออะไร

6.5.3.2 กำหนดลักษณะของแบบทดสอบที่จะใช้ ขั้นนี้เป็นการกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย โดยกำหนดว่าจะใช้แบบทดสอบประเภทใดจึงจะสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา จำนวนข้อความมีเท่าใด และเวลาที่ใช้ควรเป็นเท่าใดจึงจะเหมาะสม

6.5.3.3 การสร้างแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการพิจารณาว่าคุณลักษณะที่ต้องการศึกษานั้น มีองค์ประกอบของพฤติกรรมใดบ้างโดยต้องคำนึงว่าตัวข้อสอบหรือแบบทดสอบนั้นเป็นเพียงตัวแทนของพฤติกรรมทั้งหมดดังนั้นจึงต้องใช้วิจารณญาณอย่างดีในการพิจารณาเลือกตัวแทนพฤติกรรม แต่ละองค์ประกอบที่นำมาสร้างแบบทดสอบซึ่งอาจต้องใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างเนื้อหา (Content sampling) โดยอาศัยตารางวิเคราะห์หลักสูตร เป็นแนวทางในการสร้าง (ในกรณีที่เป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์)

6.5.3.4. การสร้างตัวคำถาม ยึดหลักใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ชัดเจนและมีความเป็นปรนัย ถ้าข้อสอบนั้นเป็นข้อสอบแบบปรนัย การสร้างตัวเลือกให้เป็นอิสระจากกัน มีความชัดเจน ไม่แนะคำตอบ (ควรศึกษาเทคนิคการเขียนข้อคำถามและตัวเลือกจากหนังสือเทคนิคการเขียนข้อสอบประกอบด้วย จะได้สามารถสร้างได้ถูกหลักเกณฑ์)

6.5.4 การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบดูว่าเนื้อหาและพฤติกรรมต่าง ที่นำมาสร้างเป็นแบบทดสอบนั้นเป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่ ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดหรือไม่ โดยตรวจคุณภาพที่สำคัญๆ ต่อไปนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2543 :98)

6.5.4.1 ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นการตรวจสอบว่าแบบทดสอบนั้น วัดตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

6.5.4.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นการตรวจสอบดูว่า ผลของการวัดจากแบบทดสอบนั้นมีความคงที่แน่นอนมากน้อยเพียงใด

6.5.4.3 ความเป็นปรนัย (Objective) เป็นการตรวจสอบดูว่าคำถาม หรือสิ่งที่ถามในแบบทดสอบมีความชัดเจนดีพอหรือไม่ ระบบการให้คะแนนและการแปลความหมายคะแนน นำไปใช้ได้ตรงกันทั่วไปได้หรือไม่

6.6 การวิเคราะห์ข้อสอบ

การวิเคราะห์ข้อสอบชนิดเลือกตอบหลายตัวเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ มี 3 ประเภท คือ (รวีวรรณ ชินะตระกูล.2535 :234-236)

1. ระดับความยากข้อสอบ

ระดับความยากข้อสอบ หมายถึง ร้อยละของจำนวนคนทั้งหมดที่ตอบข้อสอบนั้นถูกต้อง เช่น ข้อสอบวิชาสถิติและวิจัยการศึกษาข้อหนึ่ง มีคนตอบทั้งหมด 10 คน ปรากฏว่ามีคนตอบถูกเพียง 50 คน ดังนั้นข้อสอบข้อนี้จึงมีระดังความยากเท่ากับ 50 ใน 100 ซึ่งเท่ากับ .50 หรือร้อยละ 50 ถ้าข้อสอบข้อใดมีคนเป็นจำนวนมากหรือทั้งหมดตอบถูก ก็อาจถือว่าข้อสอบข้อนั้นง่ายมาก ในตรงข้าม ถ้าหากมีคนเพียงจำนวนเล็กน้อยตอบถูก หรือไม่มีใครตอบถูกเลย ข้อสอบข้อสอบนั้นก็ยากมาก ระดับความยากของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00 ตัวเลขที่มีค่าต่ำๆ หมายความว่ามีความยากมาก ส่วนตัวเลขที่มีค่าสูง ๆ หมายความว่ามีความง่ายมาก โดยทั่วไปข้อสอบที่มีระดับความยากตั้งแต่ .20 ถึง .80 เป็นข้อสอบที่ความยากง่ายพอเหมาะ คือไม่ยากจนเกินไปและไม่ง่ายจนเกินไป และข้อสอบทั้งฉบับควรมีระดับความยากเฉลี่ยปานกลาง คือประมาณ .50

2. อำนาจจำแนกของข้อสอบ

อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่จำแนก หรือแยกให้เห็นความแตกต่างของคนทั้งสองกลุ่ม เช่นสามารถจำแนกระหว่างคนเก่งวิชา Computer กับคนไม่เก่งวิชา Computer ได้ หรือสามารถจำแนกระหว่างคนที่มีความสามารถพิเศษในการวาดรูป กับคนที่ไม่มีความสามารถวาดรูปได้ อำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าใกล้ –1.00 หรือ +1.00 แสดงว่ามีค่าอำนาจจำแนกสูงมาก ค่าติดลบแสดงว่าจำแนกผิดทางไม่ตรงตามความประสงค์ของผู้สร้างข้อสอบ ค่าบวกแสดงว่าจำแนกได้ถูกต้องตรงตามที่ผู้สร้างข้อสอบต้องการ ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าใกล้ 0.00 แสดงว่ามีค่าอำนาจจำแนกต่ำ จำแนกไม่ค่อยได้ หรือจำแนกไม่ได้เลย โดยทั่วไปข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไปถือว่าเป็นข้อสอบที่มีอำนาจอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ และถ้ามีค่าตั้งแต่ .40 ขึ้นไป ถือว่าข้อสอบนั้นมีอำนาจจำแนกดีมาก

3. ประสิทธิภาพของตัวลวง

ประสิทธิภาพของตัวลวง หมายถึง ความสามารถของตัวลวงให้คนกลุ่มไม่เก่งมาเลือกตอบมากกว่าคนกลุ่มเก่ง ตัวลวงก็คือตัวเลือกที่ไม่คำตอบถูก ตัวลวงที่มีประสิทธิภาพหรือตัวลวงที่ดี คือ ตัวลวงที่มีคนกลุ่มไม่เก่งมาเลือกตอบเป็นจำนวนมาก แต่คนกลุ่มเก่งไม่เลือกหรือมีเพียงบางคนเท่านั้นที่จะเลือกตอบ แต่ถ้าปรากฏว่าคนกลุ่มเก่งเลือกตอบตัวลวงตัวนั้นมากกว่าคนกลุ่มไม่เก่ง เพราะคิดว่าตัวลวงนั้นเป็นคำตอบถูก ตัวลวงนั้นก็ใช้ไม่ได้ ผู้สร้างข้อสอบจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น วิธีการหาประสิทธิภาพของตัวลวงก็ทำคล้ายกับการหาค่าอำนาจจำแนก คือหาผลต่างระหว่างสัดส่วนสองจำนวน แต่ตัวตั้งและตัวลบให้สลับที่กัน กล่าวคือ เอาค่าสัดส่วนจำนวนผู้เลือกตอบของกลุ่มไม่เก่งเป็นตัวตั้ง แล้วลบด้วยค่าสัดส่วนผู้เลือก

ตอบของกลุ่มเก่ง เช่นกลุ่มไม่เก่งมีคน 20 คน ได้เลือกตัวลวงนั้น 6 คน ดังนั้นสัดส่วนจำนวนคนเลือกจึงเท่ากับ 6/20 ซึ่งเท่ากับ .30 ส่วนคนเก่งก็มีคน 20 คนเช่นกัน แต่มาเลือกตัวลวงเพียง 2 คน ดังนั้น สัดส่วนจึงเท่ากับ 2/20 เท่ากับ .10 ฉะนั้น ประสิทธิภาพของตัวลวงตัวนั้นจึงเท่ากับ .30-.10 ซึ่งเท่ากับ .20

4. วิธีวิเคราะห์ข้อสอบ

วิธีวิเคราะห์ข้อสอบ มีขั้นตอนดังนี้ คือ (รวีวรรณ ชินะตระกูล.2535 : 236-238)

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบและให้คะแนนในกระดาษเรียบร้อยแล้ว นำกระดาษคำตอบมาเรียงลำดับตามคะแนนรวมสูงสุดไปจนถึงคะแนนรวมต่ำสุด ทั้งนี้เพื่อที่จะทำการแบ่งกลุ่มกระดาษคำตอบออกเป็นกลุ่มที่เก่งและกลุ่มที่ไม่เก่ง กลุ่มที่เก่ง คือ กลุ่มที่จะได้คะแนนสูงซึ่งเรียกว่ากลุ่มสูง ส่วนกลุ่มที่ไม่เก่งคือ กลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ เรียกว่า กลุ่มต่ำ ซึ่งจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างควรสูงกว่า 60 คน ถ้ามีจำนวนไม่ถึงร้อยละ 60 หรือน้อยกว่านี้วิเคราะห์ได้ แต่อาจจะใช้เกณฑ์แบ่งแตกต่างกันออกไป ถ้าจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างยิ่งมากเท่าไรยิ่งทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อสอบนั้น มีความเที่ยงตรงมากขึ้น

ขั้นที่ 2 แบ่งกลุ่มสูงต่ำ โดยมีกลักเกณฑ์ในการแบ่งดังนี้ ถ้ามีกระดาษคำตอบของผู้เข้าสอบเป็นจำนวนมากตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป ก็ใช้เทคนิคร้อยละ 27 คือนับเอากระดาษคำตอบที่ได้คะแนนสูงสุดลงมาให้ได้ครบร้อยละ 27 ของทั้งหมดเป็นกลุ่มสูง แล้วนับเอาจากคะแนนต่ำสุดขึ้นไปให้ได้ร้อยละ 27 ของทั้งหมดเป็นกลุ่มต่ำ กลุ่มที่เหลือตรงกลางมีร้อยละ 46 ของทั้งหมดอาจจะเอามาใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ แต่ถ้าหากผู้เข้าสอบมีจำนวนไม่มากนัก เช่นมีเพียง 60 คนหรือ 40 คน การแบ่งกลุ่มสูง กลุ่มต่ำ อาจจะต้องใช้ประมาณร้อยละ 33 หรือร้อยละ 50 ถ้าผู้วิจัยใช้แบ่งกลุ่มด้วยเทคนิคร้อยละ 27 ค่าสถิติที่คำนวณได้กาจจะมีความคลาดเคลื่อนมากเกินไป หลังจากมีการแบ่งคะแนนออกเป็นกลุ่มที่มีคะแนนสูงกับกลุ่มที่มีคะแนนต่ำเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการบันทึกความถี่ของการเลือกตอบทุกตัวเลือก เป็นรายข้อทุกข้อของแต่ละกลุ่ม แล้วคำนวณหาระดับความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ต่อไป

5. การวัดความรู้ของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

การวัดความรู้ของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ได้ใช้หลักการวัดความรู้ โดยการสร้างแบบทดสอบขึ้นเป็นลักษณะของแบบทดสอบแบบเลือกตอบอ้างอิงจาก(พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2543 :96-97) ที่เกี่ยวกับชนิดของแบบทดสอบ นั้นคือจะทำการวัดความรู้ในเนื้อหาของความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ ที่เป็นพื้นฐานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ วิธีการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติโดยมีขั้นตอนในการวัดความรู้ 2 ขั้นตอนคือ การทดสอบความรู้ในระหว่างการฝึกอบรมและหลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรม โดยใช้เกณฑ์วัดประสิทธิภาพ 80/80

6. การวัดทักษะปฏิบัติของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

การวัดทักษะปฏิบัติของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้ใช้หลักการวัดทักษะปฏิบัติโดยการสร้างแบบทดสอบขึ้นเป็นลักษณะของแบบทดสอบแบบปฏิบัติอ้างอิงจาก(พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2543 :96-97)ที่เกี่ยวกับชนิดของแบบทดสอบ นั้นคือจะทำการวัดทักษะปฏิบัติในเนื้อหาของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไมโครมิเตอร์วัดใน ไดอัลเกจ โดยมีขั้นตอนในการวัดทักษะปฏิบัติ 2 ขั้นตอนคือ การทดสอบทักษะปฏิบัติ ในระหว่างการฝึกอบรมและหลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรม โดยใช้เกณฑ์วัดประสิทธิภาพ 80/80

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยภายในประเทศ

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยมีการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม การจัดการกระบวนการในการฝึกอบรม ได้มีการจัดทำขึ้นมาและมีรูปแบบของการสร้างและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมคล้ายกับการสร้างและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมดังนี้ คือ

สันทัศน์ วงศ์มาก (2541 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างเทคนิคระบบการสื่อสารใยแก้วนำแสงขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยโดยในการวิจัยนั้น มีความมุ่งหมาย เพื่อศึกษาความต้องการและความรู้ทางด้านเทคนิคของช่างเทคนิคระบบสื่อสารใยแก้วนำแสงเพื่อนำมาพัฒนาเป็นหลักสูตรฝึกอบรมช่างเทคนิคขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย และผลการวิจัยที่ได้คือ ความต้องการทางด้านวิชาการของผู้เข้ารับการฝึกอบรม 5 ด้านคือด้านหลักการจัดและบริหารฝึกงานด้านความรู้และงานทางช่างด้านเทคนิคและวิธีฝึกอบรม ด้านการผลิตและใช้สื่อฝึกอบรมและด้านการวัดและการประเมินผล

มาโนช โกมลวนิช (2541 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอาชีพอบรมตามความต้องการเพิ่มความสามารถทางวิชาการของครูผู้สอนวิชาการงาน และอาชีพ รายวิชา ง013 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดชลบุรี โดยในการวิจัยนั้น มีความมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูผู้สอนวิชาการงานและอาชีพรายวิชา ง013 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดชลบุรี โดยมีขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นสำรวจความรู้พื้นฐานสำหรับการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไข 2. ขั้นการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม 3. ขั้นการประเมินหลักสูตรและปรับปรุงแก้ไข และผลการวิจัยที่ได้คือ 1. ครูมีความต้องการได้รับการอบรมในด้านยการใช้เครื่องมือช่างพื้นฐานในระดับมากอันดับหนึ่ง ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในงานช่างพื้นฐาน รองลงมาได้แก่วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานช่างพื้นฐานและการจัดดูแล และการบำรุงรักษาเครื่องมือในงานช่างพื้นฐานตามลำดับ 2. ด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ครูมีความต้องการรับการฝึกอบรมในเรื่องการบริหารโรงฝึกงานอยู่ในระดับมาก นอกนั้นอยู่ในระดับปานกลาง 3. ด้านเทคนิคการปฏิบัติงาน ครูมีความต้องการรับการฝึกอบรมในเรื่องการปฏิบัติงานไฟฟ้าภายในบ้านมากที่สุด รองลงมาได้แก่ การปฏิบัติงานไม้ก่อสร้าง และการปฏิบัติงานไม้ครุภัณฑ์

วิเชียร จันทะโชติ (2540 : บทคัดย่อ)ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรการป้องกันยาเสพติด สำหรับนักศึกษาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏอุดรธานี โดยในการวิจัยนั้น มีความมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาหลักสูตรการป้องกันยาเสพติด สำหรับนักศึกษาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏอุดรธานี โดยมีขั้นตอนการวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นการสำรวจความรู้พื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตรการป้องกันยาเสพติด 2. ขั้นการพัฒนาหลักสูตรการป้องกันยาเสพติด 3. ขั้นการประเมินหลักสูตรการป้องกันยาเสพติด และผลการวิจัยที่ได้คือ ได้พัฒนาหลักสูตรการป้องกันยาเสพติด สำหรับนักศึกษาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏอุดรธานี โดยการนำผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านความรู้ เจตคติ พฤติกรรมเกี่ยวกับยาเสพติด และความต้องการเข้ารับการอบรมของนักศึกษามากำหนดเป็นสภาพปัญหาและความจำเป็น จุดมุ่งหมายของหลักสูตร และเนื้อหาวิชา

เฉลิมพล คงจันทร์ (2540 : บทคัดย่อ)ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึก

อบรม เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัย ดังนี้ ตอนที่ 1 เป็นการใช้กระบวนการเพื่อหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตโดยใช้เทคนิคเดลฟายสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 17 ท่าน ทั้งในรอบที่ 1 รอบที่ 2 และรอบที่ 3 ตามลำดับ ได้สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ ดังนี้ ด้านความรู้ ด้านจิตพิสัย ตอนที่ 2 เป็นการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า โดยนำสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต มากำหนดเป็นกรอบและแนวทางในการจัดทำหลักสูตร ตอนที่ 3 เป็นการนำหลักสูตรไปทดลองใช้ โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลสองครั้งซึ่งเป็นนักศึกษาช่างยนต์ จำนวน 17 คน ผลการทดลองปรากฏว่า จากการประเมินการใช้หลักสูตรโดยผู้ทำการ อบรมและผู้เข้ารับการอบรมพบว่า เนื้อหาวิชากิจกรรมและวิธีการอบรมสื่อประกอบการสอนและการวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมมาก ผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาช่างยนต์อยู่ในระดับมากในทุกทักษะและนักศึกษาช่างยนต์มีเจตคติสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

องอาจ พงษ์พิสิทธิ์บุปผา(2541 : บทคัดย่อ)ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมผู้นำทางการเกษตรสำหรับนักเรียน โครงการอาชีวศึกษา เพื่อพัฒนาชนบท (อศ.กช.)ความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมผู้นำทางการเกษตรสำหรับนักเรียนโครงการอาชีวศึกษาเพื่อการพัฒนาชนบท (อศ.กช.) ให้มีความรู้มีเจตคติที่ดี และมีทักษะพฤติกรรมผู้นำทางการเกษตร แบ่งการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เป็นการศึกษาเอกสารงานวิจัย ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตรเป็นการนำผลจากการขั้นตอนที่ 1 มากำหนดเป็นโครงร่างหลักสูตร ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร ผู้วิจัยนำหลักสูตรไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 32 คน โดยการทดลองก่อนการฝึกอบรมให้การฝึกอบรมและทดสอบหลักการฝึกอบรม ขั้นตอนที่ 4 การติดตามผลหลักสูตร ผู้วิจัยได้ติดตามผลหลังจากการฝึกอบรม 1 เดือน โดยใช้แบบสอบถาม ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ผ่านการฝึกอบรมมีพฤติกรรมผู้นำทางการเกษตรด้านการแสวงหาความรู้ทางการเกษตร และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง

เกศริน มนูญผล (2544 : บทคัดย่อ)ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูเพื่อเสริมสมรรถภาพด้านการจัดทำหนังสือเสริมประสบการณ์ที่สอดคล้องกับท้องถิ่น โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อเสริมสมรรถภาพด้านการจัดการทำหนังสือเสริมประสบการณ์ที่สอดคล้องกับท้องถิ่น โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อเสริมสมรรถภาพด้านการจัดการทำหนังสือเสริมประสบการณ์ที่สอดคล้องกับท้องถิ่น การพัฒนาหลักสูตรนี้ได้ดำเนินการในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา ซึ่งมี 4 ขั้นตอนคือ

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เพื่อใช้วางแผนในการสร้างหลักสูตร
2. การสร้างหลักสูตร ซึ่งได้จากการนำข้อมูลพื้นฐานมาเป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบของการร่างหลักสูตร
3. การทดลองใช้หลักสูตร ได้นำหลักสูตรที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ฝึกอบรมครูกลุ่มสนใจจำนวน 35 คน ใช้ระยะเวลา 3 เดือน มีภาคทฤษฎีและปฏิบัติเป็นช่วง ๆ
4. การประเมินหลักสูตรได้ดำเนินการประเมินหลักสูตรทั้งในแง่บริบท ตัวป้อน กระบวนการและผลผลิต ผลการประเมินพบว่า หลักสูตรนี้สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนผลการสอบวัดความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรมพบว่าผลสัมฤทธิ์หลักฝึกอบรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

7.2 งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

ฮิรามัทซุ (Hiramatsu.1982: 386A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำสื่อสำเร็จรูปแบบประสมไปใช้กับนักศึกษาของวิทยาลัยซุมซนฟูดฮิลด์ ในประเทศญี่ปุ่น โดยฝึกการประชุมกลุ่มโดยใช้สื่อประสม ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นที่น่าพอใจ และการใช้สื่อแบบประสมสำเร็จรูป ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อโปรแกรมการเรียน

สตาร์นิก และมาร์โลน(Stranite and Malone. 1987 : 53-60) ได้ทำการวิจัยในด้านของการศึกษาเปรียบเทียบความรู้ที่ได้รับ และความคงทนของความรู้ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมจากการเรียนโดยครูผู้สอนและการเรียนด้วยตนเอง โดยศึกษากับผู้เรียนวิทยาลัยครูจำนวน 22 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งใช้การสอนแบบปกติและไม่มีการลงมือปฏิบัติ อีกกลุ่มหนึ่งให้เรียนด้วยตนเองละมีการปฏิบัติ ผลปรากฏว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนกับครู ด้วยวิธีที่ไม่มีการลงมือปฏิบัติ และพบว่ามีความคงทนของความรู้ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม

จากผลการวิจัยที่เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นั้นเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาบุคคลทั้งหมด โดยในผลงานการวิจัยจะพบปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น และก็ได้สามารถที่ทำให้การวิจัยดำเนินการลุล่วงไว้มากมายได้รายละเอียดในกระบวนการที่แสดงให้ในวิธีการอย่างชัดเจน โดยผู้วิจัยได้นำแนวทางจากผลการวิจัยที่ศึกษานำมาเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐานในการวิจัย และเป็นแนวทางในการวิจัย เพื่อใช้ในการพัฒนาบุคคลครั้งนี้ด้วย โดยในการวิจัยในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้นำหลักการของการใช้สื่อสำเร็จรูปแบบประสมของฮิรามัทซุ (Hiramatsu) การใช้หลักการในการให้กระบวนการในการเรียนรู้ โดยการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงของสตาร์นิก และมาร์โลน (Stranite and Malone และ หลักการพัฒนาหลักสูตรของ วิชัย ดิสสระ มารวบรวมแล้วนำมาเป็นหลักการในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม และในกระบวนของการฝึกอบรมได้จัดรูปแบบของการฝึกอบรม โดยใช้รูปแบบการฝึกอบรมแบบทฤษฎีเชิงปฏิบัติ นั้นคือการให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เรียนรู้ในด้านของทฤษฎีและได้ลงมือปฏิบัติจริง และในกระบวนการฝึกอบรมได้มีการจัดให้มีการทดสอบเป็นระยะเพื่อประเมินความรู้และทักษะในเรื่องที่ฝึกอบรม ในขั้นตอนสุดท้ายมีการทดสอบความรู้และทักษะในเนื้อหาทั้งหมดที่ได้ฝึกอบรมมาเพื่อเป็นการประเมินความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกอบรม และมีแบบสอบถามเพื่อเป็นการสอบถามทางด้านความคิดเห็นต่อการฝึกอบรมในขั้นตอนก่อนและหลังการฝึกอบรม เพื่อเป็นการประเมินและพิสูจน์ในสมมติฐานที่ตั้งไว้ในงานวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีลำดับขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

2. การศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมนั้น สร้างจากเอกสารที่เป็นมาตราฐานที่ว่าด้วยการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการสอบเทียบตำราง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากหน่วยงานต่าง ๆ จากการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการสอบเทียบ แล้วนำมาเรียบเรียงเป็นหลักสูตรฝึกอบรมสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด โดยมีโครงสร้างเนื้อหา ได้แก่ความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติดังนี้

1. วิเคราะห์ภาระงาน ความรู้ ทักษะและคุณสมบัติของผู้ทำหน้าที่สอบเทียบ โดยศึกษาจากสภาพการทำงานในด้านการสอบเทียบ และจากเอกสารในหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งเจ้าที่สอบเทียบ

2. กำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ การศึกษาจากภาระงานความรู้ ทักษะ คุณสมบัติของผู้ที่ทำหน้าที่สอบเทียบนำมากำหนดเป็นวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

3. กำหนดโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม โดยเป็นการนำเนื้อหาวิชาที่ต้องนำมาใช้ในการฝึกอบรมมาทำการจัดเป็นรายละเอียดของการฝึกอบรม ตามแต่ลำดับของเนื้อหาการฝึกอบรม และจำนวน วัน เวลา ที่จะต้องทำการฝึกอบรม

4. กำหนดรูปแบบการฝึกอบรมโดยเป็นการจัดการฝึกอบรม ให้เหมาะสมกับเนื้อหาการฝึกอบรม โดยเป็นการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

5. ออกแบบการฝึกอบรมการสอบเทียบ โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการดำเนินการในการจัดขั้นตอน ในการฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ

5.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

5.2 จัดเนื้อหาการฝึกอบรม

5.3 จัดสื่อที่ใช้ในการฝึกอบรม

5.4 จัดการฝึกอบรมในทฤษฎีเชิงปฏิบัติ โดยให้มีการปฏิบัติจริง

5.5 ให้มีการประเมินผู้เข้ารับการฝึกอบรมในลักษณะของการประเมินก่อนและหลังการฝึกอบรม

6. ตรวจสอบหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ดังนี้ คือการสอบเทียบและการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม จำนวน 5 คน ได้พิจารณาให้ข้อเสนอแนะการปรับปรุงโดยนำแบบหลักสูตรอันเนื่องมาจากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ให้มีผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) ด้านเนื้อหาโดยใช้แบบประเมินความเที่ยงตรงในด้านเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรม โดยผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ดังนี้

6.1 ผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในด้านงานสอบเทียบ ที่มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโท และมีประสบการณ์การทำงานไม่น้อยกว่า 4 ปี จำนวน 5 คน

6.2 ผู้ที่ทำงานในส่วนการสอบเทียบทางด้านมิติ ที่มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโท และมีประสบการณ์การทำงานไม่น้อยกว่า 4 ปี จำนวน 5 คน

6.3 ผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในด้านหลักสูตรฝึกอบรม ที่มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโท และมีประสบการณ์การทำงานไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 5 คน

ผลการประเมินความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญได้ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องที่แสดงความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา

6.4 นำข้อเสอนแนะในการปรับปรุงแก้ไขของผู้เชี่ยวชาญมาทำการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรฝึกอบรม

6.5 นำหลักสูตรที่ฝึกอบรมที่สร้างเสร็จแล้วไปทดลองใช้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรม

6.6 ปรับปรุงหลักสูตรฝึกอบรมอีกครั้งหลังจากทดลอง

7. หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบได้ดำเนินการในช่วงวันที่ 7 เดือน กันยายน 2547 ถึงวันที่ 9 เดือน กันยายน 2547 จำนวน 1 หลักสูตรและเอกสารประกอบหลักสูตร (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก) โดยมีโครงสร้างหลักสูตรดังนี้

7.1 หลักการของหลักสูตรฝึกอบรม

การจัดทำหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยหลักสูตรฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น เป็นการนำหลักการ รูปแบบและเทคนิคการฝึกอบรม มาจัดทำเป็นหลักสูตรฝึกอบรม และหลักสูตรที่จัดทำขึ้นจะประกอบไปด้วยเนื้อหาของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติทั้งหมด 4 เครื่องมือ ดังนี้คือ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไมโครมิเตอร์วัดใน ไดอัลเกจ และการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อใช้ในเนื้อหาของการการฝึกอบรมการสอบเทียบแเครื่องมือวัดด้านมิติให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

7.2 วัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม

7.2.1 เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติเพิ่มขึ้น

7.2.2 เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีการทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติอย่างเหมาะสมและถูกต้อง

7.3 เนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรม

7.3.1 ความสำคัญของการสอบเทียบ ประกอบไปด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

7.3.1.1 ความหมายของการสอบเทียบและมาตรวิทยา

7.3.1.2 ระบบการวัดมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

7.3.1.3 องค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบ

7.3.1.4 มาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

7.3.2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ ดังนี้

7.3.2.1 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มีหัวข้อเนื้อหาดังนี้

7.3.2.1.1 การอ่านค่าการวัด

7.3.2.1.2 การตรวจสภาพและใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ในการวัดงาน

7.3.2.1.3 การบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

7.3.2.2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอก มีหัวข้อเนื้อหาดังนี้

7.3.2.2.1 การอ่านค่าการวัด

7.3.2.2.2 การตรวจสภาพและใช้ไมโครมิเตอร์วัดนอกในการวัดงาน

7.3.2.2.3 การบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอก

7.3.2.3 วิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดใน มีหัวข้อเนื้อหาดังนี้

7.3.2.3.1 การอ่านค่าการวัด

7.3.2.3.2 การตรวจสภาพและใช้ไมโครมิเตอร์วัดในในการวัดงาน

7.3.2.3.3 การบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดใน

7.3.2.4 วิธีการใช้และบำรุงรักษาไดอัลเกจ มีหัวข้อเนื้อหาดังนี้

7.3.2.5.1 การอ่านค่าการวัด

7.3.2.5.2 การตรวจสภาพและใช้ไดอัลเกจในการวัดงาน

7.3.2.5.3 การบำรุงรักษาไดอัลเกจ

7.3.3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ดังนี้

7.3.3.1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มีหัวข้อเนื้อหาดังนี้

7.3.3.1.1 การตรวจสอบความเรียบ

7.3.3.1.2 การตรวจสภาพความขนาน

7.3.3.1.3 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

7.3.3.2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก มีหัวข้อเนื้อหาดังนี้

7.3.3.2.1 การตรวจสอบความเรียบ

7.3.3.2.2 การตรวจสภาพความขนาน

7.3.3.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

7.3.3.3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน มีหัวข้อเนื้อหาดังนี้

7.3.3.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

7.3.3.4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ มีหัวข้อเนื้อหาดังนี้

7.3.3.5.1 การตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ

7.3.3.5.2 การตรวจสอบค่าAdjacent error

7.3.3.5.3 การตรวจสอบค่าRetrace error

7.3.3.5.4 การตรวจสอบค่าผิดพลาดจากการวัด

7.3.4 วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

7.3.4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

7.3.4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

7.3.4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

7.4 คุณสมบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

7.4.1 เป็นบุคคลที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด

7.4.2 เป็นบุคคลที่มีความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์หรือพื้นฐานทางวิศวกรรม

7.4.3 เป็นนิสิตหรือนักศึกษาหรือบุคคลทั่วไปที่มีคุณสมบัติตามข้อที่ 7.4.1และ7.4.2

7.5 ระยะเวลาในการดำเนินการฝึกอบรม

ระยะเวลาในการฝึกอบรม 3 วันแบ่งเป็นวันละ 6 ชั่วโมง

7.6 แผนจัดดำเนินการฝึกอบรม

7.6.1 ขั้นเตรียมการฝึกอบรม

7.6.1.1 จัดทำหลักสูตรฝึกอบรม

7.6.1.2 เสนอขออนุมัติจัดการฝึกอบรม

7.6.2 ขั้นดำเนินการฝึกอบรม

7.6.2.1 ติดต่อประสานงานกับฝ่ายอบรม

7.6.2.2 ติดต่อวิทยากร

7.6.2.3 แจ้งหน่วยงานต่างๆที่จะเข้ารับการฝึกอบรม

7.6.2.4 จัดเตรียมเอกสาร เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในการฝึกอบรม

7.6.2.5 ดำเนินการฝึกอบรม

7.7.2.6 ประเมินการฝึกอบรม

7.7 วิธีการฝึกอบรม

ในการดำเนินการในการฝึกอบรมเป็นการฝึกอบรมในแบบทฤษฎีเชิงปฏิบัติ โดยมีทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ คือมีการบรรยาย และปฏิบัติจริงกับเครื่องมือวัดด้านมิติ

7.8 วิธีการประเมินผล

7.8.1 แบบทดสอบความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรมตามเกณฑ์ 80/80

7.8.2 แบบทดสอบความรู้และทักษะหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมตามเกณฑ์ 80/80

7.8.3 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

7.9 ในรายละเอียดของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ได้เชิญผู้เชี่ยวชาญในด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติและผู้เชี่ยวชาญในด้านการเรียนการสอนในการฝึกอบรมได้มาวิเคราะห์ ในด้านเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรม โดยมีจำนวนผู้เชี่ยวชาญ 5 รายนามของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

7.9.1 อาจารย์ ดร. ชัชพล ชังชู ตำแหน่งรองผู้อำนวยการฝ่ายบริหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

7.9.2 อาจารย์ ดร. วโรดม ตู้จินดา ตำแหน่งรองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

7.9.3 อาจารย์ เบญจมาศ จินตะเกษกรรม ตำแหน่งนักวิจัย สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

7.9.4 อาจารย์ ประกิจ ทองระอา ตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายวิชาการ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

7.9.5 นาย ธีระพงษ์ สมประจบ ตำแหน่งนักวิชาการ 7 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

อ้างอิงจากตาราง 1 แสดงเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

วัน	เวลา	รูปแบบ	เนื้อหาวิชา	จำนวนชั่วโมง
7 ก.ย. 2547	9.00-11.00	ทฤษฎี	ความสำคัญของการสอบเทียบ	2.00
	11.00-12.00	ทฤษฎี	การใช้เครื่องมือวัด	1.00
	13.00-14.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	1.00
	14.00-15.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดนอก	1.00
	15.00-16.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดใน	1.00
8 ก.ย. 2547	9.00-10.00	ทฤษฎี	การใช้เครื่องมือวัด (ต่อ)	1.00
	10.00-11.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไดอัลเกจ	1.00
	11.00-12.00	ทฤษฎี	การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	1.00
	13.00-14.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	1.00
	14.00-15.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดนอก	1.00
	15.00-16.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดใน	1.00
9 ก.ย. 2547	9.00-10.00	ทฤษฎี	การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ(ต่อ)	1.00
	10.00-11.00	ปฏิบัติ	- ไดอัลเกจ	1.00
	11.00-12.00	ทฤษฎี	การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด	1.00
	13.00-14.00	ทฤษฎี	การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด (ต่อ)	1.00
	14.00-16.00	การทดสอบ	การทดสอบในด้านความรู้และทักษะของการสอบเทียบ (หลังการฝึกอบรม)	2.00

การศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยเป็นผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ดังนี้

กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม มีจำนวน 8 คนโดยมีขั้นตอนการเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1. กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เลือกมาจากจำนวนประชากรที่เป็นผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ได้จำนวนตัวอย่าง 8 คน

2. วิธีเลือกใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง(Purposive Sampling)โดยมีรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

2.1 ระบุกลุ่มตัวอย่างต้องเป็นผู้ที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในด้านการสอบเทียบหรือเคยทำงานในด้านการสอบเทียบ

2.2 ระบุกลุ่มตัวอย่างต้องมีความรู้ทางด้านฟิสิกส์หรือพื้นฐานทางวิศวกรรม

2.3 ระบุกลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิต นักศึกษาหรือ บุคคลทั่วไปที่คุณสมบัติตามข้อที่ 2.1และ 2.2

การดำเนินการฝึกอบรม ประกอบด้วย

1. การดำเนินการจัดทำโครงการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม เพื่อที่ต้องการที่จะถ่ายทอดความรู้และทักษะ ในด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยมีการฝึกอบรมแบบทฤษฎีทางปฏิบัติ และให้ใช้เครื่องมือวัดและสถานที่ฝึกอบรม ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

2. จัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกอบรม ในด้านของสถานที่ฝึกอบรมผู้เข้ารับการฝึกอบรม เครื่องมืออุปกรณ์ในการฝึกอบรมและเอกสารประกอบการฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สถานที่ฝึกอบรม ได้แก่

2.1.1 การฝึกอบรมภาคทฤษฎีใช้ห้อง 208 ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

2.1.2 การฝึกอบรมภาคปฏิบัติใช้ห้อง 208 และห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

2.2 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในการฝึกอบรมใช้เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

2.3 เอกสารประกอบการฝึกอบรม เป็นเอกสารที่ทางวิทยากรเป็นผู้จัดหาโดยภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ให้เพียงพอต่อผู้เข้ารับการฝึกอบรม

เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้สอบถามผู้เข้ารับการฝึกอบรมทั้งก่อนและหลังการฝึกอบรม โดยมีการสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพดังนี้

1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในอันที่เกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูล

1.2 สร้างแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติทั้งก่อนและหลังการฝึกอบรมโดยเป็นแบบสอบถาม 5 ตัวเลือกโดยให้เลือกตอบ

1.3 นำแบบสอบถามที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อประธานกรรมการและกรรมการ เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

1.4 นำแบบสอบถามที่แก้ไข ปรับปรุงเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 5 คน มีคุณสมบัติดังนี้

1.4.1 มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโท ทางด้านวิจัยหลักสูตร

1.4.2 มีประสบการณ์ทางด้านวิจัยหลักสูตร อย่างน้อย 4 ปี

1.5 นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขแล้ว นำไปสร้างขึ้นให้สมบูรณ์เรียบร้อย จึงนำไปดำเนินการใช้รวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยต่อไป

1.6 ลักษณะของแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรมของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยใช้สอบถามผู้เชี่ยวชาญ มีลักษณะของแบบสอบถามที่เป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า มีข้อความในการประเมินความคิดเห็นในแต่ละส่วนมี 14 ข้อ โดยให้คะแนนเป็นแบบ 5 4 3 2 1 ตามลำดับ และใช้หลักเกณฑ์ในการวัดความคิดเห็นโดยใช้รูปแบบของมาตรส่วนประมาณค่าแบบกำหนดเป็นตัวเลขและมาตรวัดทัศนคติของลิเคิร์ทที่แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2543:99-108)

คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีความคิดเห็นในการได้รับความรู้/ทักษะในเกณฑ์มากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีความคิดเห็นในการได้รับความรู้/ทักษะในเกณฑ์มาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีความคิดเห็นในการได้รับความรู้/ทักษะในเกณฑ์ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีความคิดเห็นในการได้รับความรู้/ทักษะในเกณฑ์น้อย

คะแนนเฉลี่ย 0.51 - 1.50 หมายถึง มีความคิดเห็นในการได้รับความรู้/ทักษะในเกณฑ์น้อยที่สุด

2. แบบทดสอบความรู้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติโดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการการฝึกอบรม โดยมีการสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

2.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลและประเมินผลสำหรับการวิจัย

2.2 สร้างแบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยเป็นแบบทดสอบ 4 ตัวเลือก โดยให้เลือกตอบ ถูกได้ 1 คะแนน ผิดไม่ได้คะแนน

2.3 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อประธานกรรมการควบคุมและกรรมการควบคุมเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

2.4 นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 5 คนมีคุณสมบัติดังนี้

2.4.1 มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโท ทางด้านวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์

2.4.2 มีประสบการณ์ทางด้านมาตรวิทยาหรือด้านการสอบเทียบอย่างน้อย 4 ปี หรือด้านการฝึกบอรมอย่างน้อย 4 ปี

2.5 นำแบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (KR-20) โดยผลจากการทดลองในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน ส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน ส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.73 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน ส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน

2.6 นำแบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบ(Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อหาค่าความยากง่าย โดยนำไปการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ โดยนำข้อที่มีความง่าย p เท่ากับ 1.00 และมี ความยาก q เท่ากับ 0 มาตัดทิ้งและปรับปรุงข้อคำถามให้มีชัดเจนมากขึ้น จากนั้นจึงสร้างแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

2.7 ลักษณะของแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตร มีลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้การเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก มีคำถามในแต่ละส่วนของเนื้อหาจำนวนละ 8 ข้อ 12 ข้อ 14 ข้อและ 9 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ทดสอบความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีเกณฑ์แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ในส่วนที่ 1 มี 8 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	6.40 ขึ้นไป	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	5.60 - 6.39	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจดี
คะแนนเฉลี่ย	4.80 - 5.59	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	4.80 ลงมา	หมายถึง	มีความรู้ความน้อย

ในส่วนที่ 2 มี 12 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	9.60 ขึ้นไป	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	8.40 - 9.59	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจดี
คะแนนเฉลี่ย	7.20 - 8.39	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	7.20 ลงมา	หมายถึง	มีความรู้ความน้อย

ในส่วนที่ 3 มี 14 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	11.12 ขึ้นไป	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	9.80 - 11.19	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจดี
คะแนนเฉลี่ย	8.40 - 9.79	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	8.40 ลงมา	หมายถึง	มีความรู้ความน้อย

ในส่วนที่ 4 มี 9 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	7.20 ขึ้นไป	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	6.30 - 7.19	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจดี
คะแนนเฉลี่ย	5.40 - 6.29	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	5.40 ลงมา	หมายถึง	มีความรู้ความเข้าใจน้อย

3. แบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติโดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม โดยมีการสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลและประเมินผลสำหรับการวิจัย

3.2 สร้างแบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยเป็นแบบทดสอบในแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับคือ ดี พอใจ ปรับปรุง ให้คะแนน 3 2 1 ตามลำดับ

3.3 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อประธานกรรมการควบคุมและกรรมการควบคุม เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบจำนวน 5 คน มีคุณสมบัติดังนี้

3.4.1 มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโท ทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อย่างน้อย 4 ปี หรือ ด้านการฝึกอบรม อย่างน้อย 4 ปี

3.5 นำแบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรครอบบัค (Cronbach) โดยผลจากการทดลองในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน ส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน ส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน ส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน

3.6 ลักษณะของแบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตร มีลักษณะของแบบทดสอบที่เป็นแบบการสังเกตพฤติกรรมโดยการให้คะแนนเป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า โดยมีคำสั่งที่เป็นการให้ปฏิบัติในแต่ละส่วนของเนื้อหาจำนวนละ 8 ข้อ 8 ข้อ 6 ข้อและ 7 ข้อ โดยให้คะแนนเป็นแบบ 3 2 1 ตามลำดับ ทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีเกณฑ์แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ในส่วนที่ 1 มี 8 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	57.60 ขึ้นไป	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	50.40 - 57.59	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดี
คะแนนเฉลี่ย	43.20 - 50.39	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	43.20 ลงมา	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติน้อย

ในส่วนที่ 2 มี 8 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	57.60 ขึ้นไป	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	50.40 - 57.59	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดี
คะแนนเฉลี่ย	43.20 - 50.39	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	43.20 ลงมา	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติน้อย

ในส่วนที่ 3 มี 6 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	43.20 ขึ้นไป	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	37.80 - 43.19	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดี
คะแนนเฉลี่ย	32.40 - 37.79	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	32.40 ลงมา	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติน้อย

ในส่วนที่ 4 มี 7 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	50.40 ขึ้นไป	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 44.00 - 50.39 หมายถึง มีทักษะในการปฏิบัติดี

คะแนนเฉลี่ย 37.80 - 44.09 หมายถึง มีทักษะในการปฏิบัติพอใช้

คะแนนเฉลี่ย 37.80 ลงมา หมายถึง มีทักษะในการปฏิบัติน้อย

4. แบบทดสอบความรู้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติโดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการการฝึกอบรม โดยมีการสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลและประเมินผลสำหรับการวิจัย

4.2 สร้างแบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยเป็นแบบทดสอบ 4 ตัวเลือก โดยให้เลือกตอบ ถูกได้ 1 คะแนน ผิดไม่ได้คะแนน

4.3 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อประธานกรรมการควบคุมและกรรมการควบคุมเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

4.4 นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 5 คนมีคุณสมบัติดังนี้

4.4.1 มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโท ทางด้านวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์

4.4.2 มีประสบการณ์ทางด้านมาตรวิทยาหรือด้านการสอบเทียบอย่างน้อย 4 ปี หรือด้านการฝึกบอรมอย่างน้อย 4 ปี

4.5 นำแบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (KR-20) โดยผลจากการทดลอง ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน

4.6 นำแบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อหาค่าความยากง่าย โดยนำไปการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ โดยนำข้อที่มีความง่าย p เท่ากับ 1.00 และมี ความยาก q เท่ากับ 0 มาตัดทิ้งและปรับปรุงข้อคำถามให้มีชัดเจนมากขึ้น จากนั้นจึงสร้างแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

4.7 ลักษณะของแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตร มีลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้การเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก มีคำถามในแต่ละส่วนของเนื้อหาจำนวนละ 46 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ทดสอบความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีเกณฑ์แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 36.80 ขึ้นไป หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 32.20 - 36.79 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจดี

คะแนนเฉลี่ย 27.60 - 32.19 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจพอใช้

คะแนนเฉลี่ย 27.60 ลงมา หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจน้อย

5. แบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติโดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม โดยมีการสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพดังนี้

5.1 ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลและประเมินผลสำหรับการวิจัย

5.2 สร้างแบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยเป็นแบบทดสอบในแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับคือ ดี พอใจ ปรับปรุง ให้คะแนน 3 2 1 ตามลำดับ

5.3 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อประธานกรรมการควบคุมและกรรมการควบคุมเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

5.4 นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบจำนวน 5 คน มีคุณสมบัติดังนี้

5.4.1 มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโท ทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อย่างน้อย 4 ปี หรือ ด้านการฝึกอบรม อย่างน้อย 4 ปี

5.5 นำแบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรครอบบัค (Cronbach) โดยผลจากการทดลองในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน ส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน ส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน ส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องภายใน

5.6 ลักษณะของแบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตร มีลักษณะของแบบทดสอบที่เป็นแบบการสังเกตพฤติกรรมโดยการให้คะแนนเป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า โดยมีคำสั่งที่เป็นการให้ปฏิบัติในแต่ละส่วนของเนื้อหาจำนวนละ 7 ข้อ 7 ข้อ 5 ข้อและ 6 ข้อ โดยให้คะแนนเป็นแบบ 3 2 1 ตามลำดับ ทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีเกณฑ์แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ในส่วนที่ 1 มี 7 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	50.40 ขึ้นไป	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	44.10 - 50.39	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดี
คะแนนเฉลี่ย	37.80 - 44.09	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	37.80 ลงมา	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติน้อย

ในส่วนที่ 2 มี 7 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	50.40 ขึ้นไป	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	44.10 - 50.39	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดี
คะแนนเฉลี่ย	37.80 - 44.09	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	37.80 ลงมา	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติน้อย

ในส่วนที่ 3 มี 5 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	36.00 ขึ้นไป	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	31.50 - 35.99	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดี
คะแนนเฉลี่ย	27.00 - 31.49	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	27.00 ลงมา	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติน้อย

ในส่วนที่ 4 มี 6 ข้อ

คะแนนเฉลี่ย	43.20 ขึ้นไป	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	37.80 - 43.19	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติดี
คะแนนเฉลี่ย	32.40 - 37.79	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	32.40 ลงมา	หมายถึง	มีทักษะในการปฏิบัติน้อย

วิธีดำเนินการทดลอง

ได้ดำเนินการทดลองในการฝึกอบรมโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีดำเนินการทดลองได้ใช้แบบแผนการทดลอง ชนิด การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) แบบกลุ่มเดียวสอบหลัง (One-Group Posttest only Design)

E X T1 T2 T3 T4

E แทน กลุ่มทดลองในที่นี้เป็นผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

X แทน หลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

T1 แทน การสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมก่อนการฝึกอบรม

T2 แทน การทดสอบความรู้และทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติระหว่างฝึกอบรม

T3 แทน การทดสอบความรู้และทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังการฝึกอบรม

T4 แทน การสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังผ่านการฝึกอบรม

2. ขั้นตอนในการดำเนินการฝึกอบรมมีดังนี้

2.1 ลงทะเบียนผู้เข้ารับการฝึกอบรมทุกคน

2.2 ทำการฝึกอบรมโดยดำเนินการสอนในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ที่สร้างขึ้นโดยผู้วิจัยและผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ในการสอนใช้ระยะเวลา 3 วัน วันละ 6 ชั่วโมง

2.2.2 ในระหว่างการฝึกอบรม ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรม เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจและทักษะ โดยใช้ระยะเวลา 10 นาที ในแต่ละส่วนของเนื้อหาสำหรับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

2.3 ทำการทดสอบความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยใช้แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในวันที่ 9 เดือน กันยายน 2547

2.4 ทำการทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของผู้เข้ารับการฝึก

อบรมโดยใช้แบบทดสอบทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อวัดทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในวันที่ 9 เดือน กันยายน 2547

2.5 ทำการปิดการฝึกอบรม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การจัดกระทำข้อมูล

การตรวจสอบความถูกต้องของการตอบแบบทดสอบจากทั้งหมด 8 ฉบับ คัดเลือกที่มีความสมบูรณ์ไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ได้จำนวน 8 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 100

2. การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้จะนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS For Windows Version 10.0.7 ดังนี้

3. การศึกษาความรู้ความเข้าใจและทักษะของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.1 หาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค 80/80

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลมี ดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดด้านความรู้

1.1 หาค่าระดับความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ในแบบทดสอบวัดด้านความรู้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 129-130)

$$P = \frac{R}{N}$$

$$r = \frac{Ru - Re}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ข้อ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ

Ru แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง

Re แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

1.2 หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยใช้สูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสัน 20 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 123)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อ

p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = 1-p

S_2^1 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

1.3 หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยใช้สูตรของครอบบัค (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 125)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_1^2}\right]$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อ

S_1^2 แทน คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ

S_2^1 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

2. สถิติที่ใช้หาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม

$$E_1 = \frac{\sum X/N}{A} \times 100$$

$$E2 = \frac{\sum F/N}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมในระหว่างฝึกอบรมคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ได้จากการทำแบบทดสอบ

E_2 แทน ประสิทธิภาพของหลักสูตร (พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ได้จากการทำแบบทดสอบ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากแบบฝึกหัด

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากการทำแบบทดสอบวัดความรู้และทักษะในหลักสูตรฝึกอบรม

N แทน จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ .2540 :137)

3.1 หาค่าคะแนนเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน มัชฌิมเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนคนของกลุ่มตัวอย่าง

x แทน คะแนนแต่ละตัว

3.2 การคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 143)

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง (SD)

x แทน ข้อมูลแต่ละจำนวน

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่าง

f แทน ความถี่

3.3 หาค่าความแปรปรวนของคะแนน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 142)

$$S^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

เมื่อ S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละข้อยกกำลังสอง

n แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล การหลักสูตรฝึกอบรมการการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
2. การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมนั้น สร้างจากเอกสารที่เป็นมาตราฐานที่ว่าด้วยการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เอกสารที่เกี่ยวกับเนื้อหาการสอบเทียบ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการสอบเทียบ แล้วนำมาเรียบเรียงเป็นหลักสูตรฝึกอบรมสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีโครงสร้างของเนื้อหา ได้แก่ความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติและการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยในหลักการพัฒนาหลักสูตรอ้างอิงจากวิชัย ดิสสระ(2532:31) แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้ดังนี้

1. วิเคราะห์ภาระงาน ความรู้ ทักษะและคุณสมบัติของผู้ทำหน้าที่สอบเทียบ โดยศึกษาจากสภาพการทำงานในด้านการสอบเทียบ และจากเอกสารในหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งเจ้าที่สอบเทียบ
2. กำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ การศึกษาจากภาระงานความรู้ ทักษะ คุณสมบัติของผู้ที่ทำหน้าที่สอบเทียบนำมากำหนดเป็นวัตถุประสงค์ของหลักสูตร
3. กำหนดโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม โดยเป็นการนำเนื้อหาวิชาที่ต้องนำมาใช้ในการฝึกอบรมมาทำการจัดเป็นรายละเอียดของการฝึกอบรม ตามแต่ลำดับของเนื้อหาการฝึกอบรม และจำนวน วัน เวลา ที่จะต้องทำการฝึกอบรม
4. กำหนดรูปแบบการฝึกอบรมโดยเป็นการจัดการฝึกอบรม ให้เหมาะสมกับเนื้อหาการฝึกอบรม โดยเป็นการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
5. ออกแบบการฝึกอบรมการสอบเทียบ โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการดำเนินการในการจัดขั้นตอน ในการฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ 5.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม 5.2 จัดเนื้อหาการฝึกอบรม 5.3 จัดสื่อที่ใช้ในการฝึกอบรม 5.4 จัดการฝึกอบรมในทฤษฎีเชิงปฏิบัติ โดยให้มีการปฏิบัติจริงและ 5.5 ให้มีการประเมินผู้เข้ารับการฝึกอบรมในลักษณะของการประเมินก่อนและหลังการฝึกอบรม
6. ตรวจสอบหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ดังนี้ คือการสอบเทียบและการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม

7. เริ่มทำการฝึกอบรม

ผลของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้ทำการทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน โดย เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (KR-20) ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่าย (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 123) ของแบบทดสอบทางด้านความรู้ความเข้าใจในระหว่างทำการฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 4 และแบบทดสอบทางด้านความรู้ความเข้าใจหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม มีผลที่ได้จากการพัฒนาหลักสูตรดังนี้ คือ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบในส่วนที่1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แบบทดสอบในส่วนที่2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แบบทดสอบในส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 แบบทดสอบในส่วนที่4 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 และแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบทางด้านความรู้ความเข้าใจในระหว่างทำการฝึกอบรมในส่วนที่1-4 ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.33-0.67 ของแบบทดสอบทางด้านความรู้ความเข้าใจหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.33-0.67 และค่าความยากง่ายของแบบทดสอบทางด้านความรู้ความเข้าใจในระหว่างทำการฝึกอบรม ในส่วนที่1-4 ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.33-0.67 ของแบบทดสอบด้านความมีรู้ความเข้าใจหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.50-0.67 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเพื่อทำการประเมินด้านเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบ่งได้เป็น 29 ข้อ ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.0 จำนวน 25 ข้อ ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 0.6 จำนวน 4 ข้อ โดยมีเนื้อหาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม

ผลของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้ทำการทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรครอบบัค (Cronbach) ของแบบทดสอบทางด้านทักษะในระหว่างทำการฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 4 และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 4 มีผลที่ได้จากการพัฒนาหลักสูตรดังนี้คือ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทางด้านทักษะในระหว่างทำการฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แบบทดสอบทางด้านทักษะในระหว่างทำการฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 แบบทดสอบทางด้านทักษะในระหว่างทำการฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 แบบทดสอบทางด้านทักษะในระหว่างทำการฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 ในส่วนของแบบทดสอบทางด้านทักษะหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 แบบทดสอบทางด้านทักษะหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84 แบบทดสอบทางด้านทักษะหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 แบบทดสอบทางด้านทักษะภายหลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเพื่อทำการประเมินด้านเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบ่งได้เป็น 29 ข้อ ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.0 จำนวน 25 ข้อ ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 0.6 จำนวน 4 ข้อ โดยมีเนื้อหาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม

การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

จากการทดลองฝึกอบรม หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม กับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 8 คน โดยกลุ่มตัวอย่างต้องเป็นผู้ที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในด้านการสอบเทียบหรือเคยทำงานในด้านการสอบเทียบ กลุ่มตัวอย่างต้องมีความรู้ทางด้านฟิสิกส์หรือพื้นฐานทางวิศวกรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิต นักศึกษาหรือ บุคคลทั่วไปที่คุณสมบัติตามกล่าวมาข้างต้น มีผลการวิเคราะห์ในด้านความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติดังนี้

ตาราง 2 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 เรื่อง ความสำคัญของการสอบเทียบ

คะแนนรวม (64)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้ ความเข้าใจ
52	6.50	0.535	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่1)	81.25

จากตาราง 2 แสดงว่าระดับความรู้ ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในขณะฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 เรื่อง ความสำคัญของการสอบเทียบ อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 6.50) และค่าประสิทธิภาพ ของหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 เท่ากับ 81.25

ตาราง 3 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ

คะแนนรวม (96)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้ ความเข้าใจ
82	10.25	0.707	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 2)	85.42

จากตาราง 3 แสดงว่าระดับความรู้ ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 10.25) และค่าประสิทธิภาพ ของหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เท่ากับ 85.42

ตาราง 4 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

คะแนนรวม (112)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้ ความเข้าใจ
93	11.63	0.518	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 3)	83.04

จากตาราง 4 แสดงว่าระดับความรู้ ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 11.63) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 เท่ากับ 83.04

ตาราง 5 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับความรู้ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

คะแนนรวม (72)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้ ความเข้าใจ
58	7.25	0.707	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 4)	80.56

จากตาราง 5 แสดงว่าระดับความรู้ ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 7.25) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 เท่ากับ 80.56

ตาราง 6 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความรู้ ความเข้าใจการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ค่าประสิทธิภาพในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน (E_1) และค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม (E_2)

คะแนนรวม (344)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้ ความเข้าใจ
285	35.63	0.7440	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพในขณะฝึกอบรมจบในทุกส่วน (E_1)	82.85
คะแนนรวม (368)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้ ความเข้าใจ
300	37.50	0.9258	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม (E_2)	81.52

จากตาราง 6 แสดงว่าระดับความรู้ ความเข้าใจในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 35.63) และค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 82.85 และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมอยู่ในระดับ ดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 37.50) และค่าประสิทธิภาพ (E_2) เท่ากับ 81.52

ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ดังนี้ คือ ส่วนที่ 1 เรื่อง ความสำคัญของการสอบเทียบ ส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ส่วนที่ 4 วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เนื้อหาในหลักสูตรมีความเหมาะสม ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติเพิ่มมากขึ้น

จากการทดลองฝึกอบรม หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม กับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 8 คน มีผลการวิเคราะห์ ในด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติดังนี้

ตาราง 7 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

คะแนนรวม (576)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
473	59.13	0.354	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 1)	82.12

จากตาราง 7 แสดงว่าระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 59.13) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 เท่ากับ 82.12

ตาราง 8 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

คะแนนรวม (576)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
461	57.63	0.518	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 2)	80.03

จากตาราง 8 แสดงว่าระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 57.63) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เท่ากับ 80.03

ตาราง 9 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน

คะแนนรวม (432)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
347	43.38	0.518	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 3)	80.32

จากตาราง 9 แสดงว่าระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 43.38) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 เท่ากับ 80.32

ตาราง 10 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ

คะแนนรวม (504)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
418	52.25	0.463	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 4)	82.94

จากตาราง 10 แสดงว่าระดับทักษะปฏิบัติในระหว่างฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 52.25) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 เท่ากับ 82.94

ตาราง 11 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

คะแนนรวม (504)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
449	56.13	0.835	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 1)	89.09

จากตาราง11 แสดงว่าระดับทักษะปฏิบัติในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 56.13) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 เท่ากับ 89.09

ตาราง 12 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการสอบเทียบ ไมโครมิเตอร์วัดนอก

คะแนนรวม (504)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
443	55.38	0.518	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 2)	87.90

จากตาราง12 แสดงว่าระดับทักษะปฏิบัติในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม หลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรมจบในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 55.38) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เท่ากับ 87.90

ตาราง 13 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน

คะแนนรวม (360)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
300	37.50	0.926	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 3)	83.33

จากตาราง 13 แสดงว่าระดับทักษะปฏิบัติในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม หลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรมจบในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 37.50) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 3 เท่ากับ 83.33

ตาราง 14 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ และระดับทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมตามฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ

คะแนนรวม (432)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
366	45.75	0.7071	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 4)	84.72

จากตาราง 14 แสดงว่าระดับทักษะปฏิบัติในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมจบในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 45.75) และค่าประสิทธิภาพของ หลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 4 เท่ากับ 84.72

ตาราง 15 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับทักษะปฏิบัติในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ค่าประสิทธิภาพในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน (E_1) และค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม (E_2)

คะแนนรวม (2080)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
1699	212.38	1.3025	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพในระหว่างฝึกอบรมจบในทุกส่วน (E_1)	- 81.37
คะแนนรวม (1800)	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับทักษะ ความสามารถ
1558	194.75	0.8864	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม (E_2)	86.56

จากตาราง 15 แสดงว่า ระดับทักษะปฏิบัติในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 212.38) และค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 81.37 และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมอยู่ในระดับ ดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 194.75) และค่าประสิทธิภาพ (E_2) เท่ากับ 86.56

ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ดังนี้ คือ ส่วนที่ 1 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน ส่วนที่ 4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ เนื้อหาในหลักสูตรมีความเหมาะสม ทำให้เกิดทักษะความสามารถในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติเพิ่มมากขึ้น

จากการทดลองฝึกอบรม หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม กับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 8 คน มีผลการวิเคราะห์ ในด้านของทัศนะคติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ที่มีผลจากการฝึกอบรมในด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติดังนี้

ตาราง 16 คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับเกณฑ์ในด้านความคิดเห็นต่อความสามารถในด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติก่อนและหลังการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

เนื้อหาข้อมูลทางความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	ก่อนการฝึกอบรม			หลังการฝึกอบรม		
	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ด้านความรู้						
1. ความหมายของการสอบเทียบ , มาตรวิทยา	2.00	1.07	น้อย	3.38	0.52	ปานกลาง
2. ความสำคัญของการสอบเทียบเครื่องมือวัดในงานอุตสาหกรรม	3.00	1.07	ปานกลาง	4.25	0.89	มาก
3. ระบบมาตรฐานที่เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	2.13	1.13	น้อย	3.88	0.83	มาก
4. องค์ประกอบที่สำคัญในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	1.88	0.64	น้อย	3.75	0.71	มาก
5. การทราบถึงเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ให้สอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	2.00	0.76	น้อย	4.13	0.64	มาก
6. ความรู้ในการคำนวณค่าความผิดพลาดจากการวัด	2.00	0.76	น้อย	3.38	0.52	ปานกลาง
7. ความรู้ในด้านการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	2.25	0.89	น้อย	3.75	0.46	มาก
8. ความรู้ในด้านการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก	2.13	0.83	น้อย	3.50	0.53	ปานกลาง
9. ความรู้ในด้านการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน	1.88	0.64	น้อย	3.50	0.53	ปานกลาง
10.ความรู้ในการสอบเทียบไดอัลเกจ	1.75	0.71	น้อย	3.38	0.52	ปานกลาง
11.ความรู้ในด้านของการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัด	2.13	0.99	น้อย	4.13	0.64	มาก
12.ความรู้ในด้านการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด	2.00	0.76	น้อย	3.63	0.52	มาก
13.ความรู้และความเข้าใจในการเลือกใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานเพื่อการสอบเทียบ	2.38	1.06	น้อย	4.00	0.00	มาก
14.สามารถที่จะสรุปผลการสอบเทียบได้	2.00	0.93	น้อย	3.50	0.53	ปานกลาง

ตาราง 16 (ต่อ)

เนื้อหาข้อมูลทางด้านทักษะการปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	ก่อนการฝึกอบรม			หลังการฝึกอบรม		
	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ด้านทักษะการปฏิบัติ						
1.สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้ Gauge Block ได้อย่างถูกต้อง	1.50	0.76	น้อยที่สุด	3.71	0.71	มาก
2.สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้เครื่องสอบเทียบ ไดอัลเกจได้อย่างถูกต้อง	1.63	0.74	น้อย	3.86	0.83	มาก
3.สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้อย่างถูกต้อง	2.25	1.16	น้อย	4.29	0.74	มาก
4.สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอกได้อย่างถูกต้อง	2.00	0.76	น้อย	4.14	0.71	มาก
5.สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดในได้อย่างถูกต้อง	2.00	0.93	น้อย	4.14	0.71	มาก
6.สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาไดอัลเกจได้อย่างถูกต้อง	2.00	0.76	น้อย	4.00	0.83	มาก
7.สามารถที่จะปฏิบัติในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ได้อย่างถูกต้อง	2.25	0.89	น้อย	4.14	0.64	มาก
8.สามารถที่จะปฏิบัติในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้อย่างถูกต้อง	2.38	1.06	น้อย	4.00	0.83	มาก
9.สามารถที่จะปฏิบัติในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในได้อย่างถูกต้อง	2.00	0.76	น้อย	3.86	0.83	มาก
10.สามารถที่จะปฏิบัติในการสอบเทียบไดอัลเกจได้อย่างถูกต้อง	1.88	0.64	น้อย	3.71	0.89	มาก
รวม(ด้านความรู้)	2.11	0.87	น้อย	3.72	0.56	มาก
รวม(ทักษะการปฏิบัติ)	1.99	0.84	น้อย	3.99	0.77	มาก
รวมทั้ง 2 ด้าน	2.06	0.86	น้อย	3.83	0.65	มาก

จากตาราง16 แสดงว่า ก่อนเข้ารับการฝึกอบรมในด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจากการสอบถามจากแบบสอบถาม อยู่ในระดับน้อย (ค่าเฉลี่ย = 2.06 และ ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.86)

หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจากการสอบถามจากแบบสอบถาม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.83 และ ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.65)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสอบถามในแบบสอบถามนั้นมีความสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ผู้วิจัยคาดการไว้ว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะมีความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เพิ่มสูงขึ้นภายหลังจากการฝึกอบรม ในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้สรุปการอภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
2. การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

สมมติฐานของการวิจัย

หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมจะมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จำนวน 8 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และการรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจ ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในขณะฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนเนื้อหาของรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติและเครื่องมือวัดด้านมิติที่ใช้ในการฝึกอบรม และภายหลังเสร็จสิ้นจากการฝึกอบรม แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจและทักษะระหว่างการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจและทักษะหลังการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความคิดเห็นผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และแบบประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยในการรวบรวมข้อมูลนั้นกระทำโดยนำหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ไปดำเนินการจัดทำการฝึกอบรมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่เป็นกลุ่มทดลอง ทำการทดสอบความรู้ ความเข้าใจและทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในขณะฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนเนื้อหา และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมแล้วทำการประเมินประสิทธิภาพในการปฏิบัติตามหลักสูตรฝึกอบรม และสอบถามความคิดเห็น และข้อเสนอแนะในการปรับปรุง หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยทำการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความรู้ความเข้าใจและทักษะของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในหลักสูตรฝึกเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความสามารถในการปฏิบัติตามหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้มีการสร้างในรูปแบบของการพัฒนาหลักสูตรโดยได้นำเรื่องของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในภาคอุตสาหกรรมและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในคุณภาพของเครื่องมือวัดด้านมิติและการตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของภาคอุตสาหกรรม มากำหนดเป็นหัวข้อในเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรม โดยได้กำหนดส่วนของหัวข้อเนื้อหาไว้ 4 ส่วนคือ 1.ความสำคัญของการสอบเทียบ 2.วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ 3. วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ 4.วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด โดยการกำหนดเนื้อหาและรูปแบบของเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมนั้นได้พิจารณาไว้เป็นขั้นตอนดังนี้คือ 1.วิเคราะห์ภาระงาน ความรู้ทักษะและคุณสมบัติของผู้ทำหน้าที่สอบเทียบ 2. กำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม 3. กำหนดโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม 4. กำหนดรูปแบบการฝึกอบรมโดยเป็นการจัดการฝึกอบรม 5. ออกแบบการฝึกอบรมการสอบเทียบ 6. ตรวจสอบหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบ และ 7. การดำเนินการจัดฝึกอบรม การทดลองวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดสอบความรู้ความเข้าใจและทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในลักษณะของระหว่างการฝึกอบรมและหลังจากเสร็จสิ้นการฝึกอบรม โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความรู้ความเข้าใจเป็นแบบทดสอบ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกได้แก่แบบทดสอบในระหว่างฝึกอบรมจบทั้ง 4 ส่วนในหลักสูตร มีจำนวน 43 ข้อ แบ่งเป็นส่วนที่1 มี 8 ข้อ ส่วนที่2 มี 12 ข้อ ส่วนที่3 มี 14 ข้อ และส่วนที่4 มี 9 ข้อ แบบทดสอบหลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในหลักสูตรเป็น แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แบบทดสอบหลังการฝึกอบรมมีจำนวน 46 ข้อ โดยได้คอบคลุมเนื้อหาทั้ง 4 ส่วน แบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างฝึกอบรมเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติ มี 4 ส่วนในเนื้อหาวิธีการของเครื่องมือวัดด้านมิติ คือ ส่วนที่1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มี 8 ข้อของขั้นตอนการปฏิบัติ ส่วนที่2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก มี 8 ข้อของขั้นตอนการปฏิบัติ ส่วนที่3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน มี 6 ข้อของขั้นตอนการปฏิบัติ ส่วนที่4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ มี 7 ข้อของขั้นตอนการปฏิบัติ แบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังการฝึกอบรมเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติ มี 4 ส่วนในเนื้อหาวิธีการของเครื่องมือวัดด้านมิติ คือ ส่วนที่1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มี 7 ข้อของขั้นตอนการปฏิบัติ ส่วนที่2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก มี 7 ข้อของขั้นตอนการปฏิบัติ ส่วนที่3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน มี 5 ข้อของขั้นตอนการปฏิบัติ ส่วนที่4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ มี 6 ข้อของขั้นตอนการปฏิบัติ และแบบสอบถามความคิดเห็นก่อนและหลังการฝึกอบรมในด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยเป็นแบบสอบถามชนิดมาตรส่วนประมาณค่า 5 อันดับ จำนวนอย่างละ 14 ข้อ

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเพื่อทำการประเมินด้านเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบ่งได้เป็น 29 ข้อ ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

เท่ากับ 1.0 จำนวน 25 ข้อ ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 0.6 จำนวน 4 ข้อ โดยมีเนื้อหาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม

2. การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยทำการทดสอบความรู้ความเข้าใจ และทักษะในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนเนื้อหาดังนี้ คือ

ในด้านความรู้ความเข้าใจระหว่างฝึกอบรม

ในส่วนที่ 1 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 6.50 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.25
ในส่วนที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 10.25 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 85.42
ในส่วนที่ 3 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 11.63 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.04
ในส่วนที่ 4 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.25 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.56

ในด้านทักษะระหว่างฝึกอบรม

ในส่วนที่ 1 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 59.13 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.12
ในส่วนที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 57.63 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.03
ในส่วนที่ 3 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 43.38 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.32
ในส่วนที่ 4 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 52.25 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.94

โดยการทดสอบความรู้ความเข้าใจ หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม โดยในด้านความรู้ความเข้าใจได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 37.50 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.52 และเมื่อรวมคะแนนการทดสอบความรู้ความเข้าใจ ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาทั้งหมด 4 ส่วนแล้วได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 35.63 ได้ค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 82.85 และคะแนนการทดสอบความรู้ความเข้าใจหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 37.50 ได้ค่าประสิทธิภาพ (E_2) 81.52 โดยสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 โดยแสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แล้วสามารถนำไปดำเนินการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมได้

และโดยการทดสอบทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม โดยในด้านของทักษะปฏิบัติได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 194.75 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 86.56 และเมื่อรวมคะแนนการทดสอบทักษะปฏิบัติ ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาทั้งหมด 4 ส่วนแล้วได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 212.38 ได้ค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 81.37 และคะแนนการทดสอบทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 194.75 ได้ค่าประสิทธิภาพ (E_2) 86.56 โดยสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 โดยแสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แล้วสามารถนำไปดำเนินการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมได้

3. การศึกษาความคิดเห็นของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความคิดเห็นหลังจากผ่านการฝึกอบรมว่า หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาห

กรรม นั้นเป็นหลักสูตรฝึกอบรมที่ให้ความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติในด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติเป็นอย่างมาก ทั้งในเรื่องของความสำคัญของการสอบเทียบ การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด ตลอดจนสามารถที่จะเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง จึงสามารถสรุปได้ว่าหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นมานั้นมีประสิทธิภาพ

การอภิปรายผล

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ที่พัฒนาขึ้นมานั้นได้พัฒนามาจากการศึกษาในเอกสารและงานวิจัยทางด้านของการพัฒนาหลักสูตร เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการและเหตุผลของการพัฒนาหลักสูตร จึงได้นำมากำหนดเป็นหลักสูตรฝึกอบรม ที่ใช้รูปแบบการฝึกอบรมแบบทฤษฎีเชิงปฏิบัติ โดยมีขอบเขตของเนื้อหาในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ คือได้กำหนดหัวข้อของเนื้อหาในหลักสูตรไว้ทั้งหมด 4 ส่วน คือ 1. ความสำคัญของการสอบเทียบ 2. วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ 3. วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ 4. วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพราะว่าเนื้อหาทั้ง 4 ส่วนนั้นมีความสำคัญในด้านของความรู้ความเข้าใจและทักษะปฏิบัติต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในอันที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ความเข้าใจในระบบของการสอบเทียบ แล้วในเนื้อหาของหลักสูตรยังเน้นในด้านของการปฏิบัติในการสอบเทียบ โดยในเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมนั้นจะสอดคล้องกับองค์ประกอบของผู้ที่จะทำหน้าที่ในสายงานการสอบเทียบทางด้านมิติด้วย เนื่องจากในกระบวนการพัฒนาหลักสูตรได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของผู้ที่ปฏิบัติงานในสายงานการสอบเทียบ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน โดยจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน แสดงความเห็นสอดคล้องกันว่า หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม สามารถนำไปใช้ในการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในภาคอุตสาหกรรมได้

2. ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในขณะฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหามีรายละเอียดดังนี้

ในขณะฝึกอบรมทางด้านความรู้ความเข้าใจ

ในส่วนที่ 1 เรื่องความสำคัญของการสอบเทียบ ในระดับของความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 6.50) ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.25

ในส่วนที่ 2 เรื่องวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ ในระดับของความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 10.25) ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 85.42

ในส่วนที่ 3 เรื่องวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในระดับของความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 11.63) ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.04

ในส่วนที่ 4 เรื่องวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด ในระดับของความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 7.25) ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.56

ในขณะฝึกอบรมทางทักษะ

ในส่วนที่ 1 เรื่องวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ(วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์) ในระดับของทักษะการปฏิบัติอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 59.13) ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.12

ในส่วนที่ 2 เรื่องวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก) ในระดับของทักษะการปฏิบัติอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 57.63) ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.03

ในส่วนที่ 3 เรื่องวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน) ในระดับของทักษะการปฏิบัติอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 43.38) ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.32

ในส่วนที่ 4 เรื่องวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ) ในระดับของทักษะการปฏิบัติอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 52.25) ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.94

ค่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในขณะฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน ของเนื้อหาในด้านความรู้ความเข้าใจนั้น ค่าในส่วนที่ 1 จะมีค่าประสิทธิภาพที่สูงเนื่องจากเนื้อหาความสำคัญของการสอบเทียบมีรายละเอียดที่สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ในลักษณะของเหตุและผล ค่าในส่วนที่ 2 จะมีค่าประสิทธิภาพที่สูงเนื่องจากเนื้อหาวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติมีรายละเอียดที่อธิบายเป็นขั้นตอนได้พร้อมกับมีภาพประกอบให้เห็นและมีพื้นฐานในด้านของการใช้เครื่องมือวัดมาบ้างแล้ว ค่าในส่วนที่ 3 จะมีค่าประสิทธิภาพที่สูงเนื่องจากเนื้อหาวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติมีรายละเอียดที่อธิบายถึงเหตุและผลของการสอบเทียบ มีการให้ได้ลงมือปฏิบัติกับเครื่องมือวัดด้านมิติ พร้อมกับมีภาพประกอบแสดงในแต่ละส่วนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดทางด้านมิติ และค่าในส่วนที่ 4 จะมีค่าประสิทธิภาพที่สูงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้แต่จะมีค่าประสิทธิภาพที่ลดลงกว่าส่วนที่1 – ส่วนที่3 เนื่องจาก เนื้อหาในส่วนที่4 เป็นเนื้อหาที่ว่าด้วยวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด ที่จะมีลักษณะของเนื้อหาทางสถิติค่อนข้างมากและรายละเอียดจะมีแต่การคำนวณที่มีขั้นตอนค่อนข้างมาก การฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในขณะฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 35.63) และค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 82.85 ส่วนค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมได้ระดับความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับ ดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 37.50) และค่าประสิทธิภาพ (E_2) เท่ากับ 81.52

ค่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในขณะฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน ของเนื้อหาในด้านทักษะการปฏิบัตินั้น ค่าในส่วนที่ 1 จะมีค่าประสิทธิภาพที่สูงเนื่องจากวิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ นั้นเป็นขั้นตอนที่ไม่มีความสับซ้อนมาก และขั้นตอนที่มีการใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานในการตรวจสอบในกระบวนการสอบเทียบมีไม่มากและเข้าใจได้ไม่ยากใช้เวลาไม่ค่อยมาก ค่าในส่วนที่ 2 จะมีค่าประสิทธิภาพที่สูงตามเกณฑ์ที่กำหนดแต่จะมีประสิทธิภาพลดลงกว่าส่วนที่1 ส่วนที่3และส่วนที่4 เนื่องจากวิธีการสอบไมโครมิเตอร์วัดนอก นั้นเป็นขั้นตอนที่มีการใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานในการตรวจสอบในกระบวนการสอบเทียบมากและต้องใช้เวลานาน ค่าในส่วนที่ 3 จะมีค่าประสิทธิภาพที่สูงเนื่องจากวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน นั้นเป็นขั้นตอนที่ไม่มีความสับซ้อนมาก และขั้นตอนที่มีการใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานในการตรวจสอบในกระบวนการสอบเทียบมีไม่มากและเข้าใจได้ไม่ยากใช้เวลาไม่มาก ค่าในส่วนที่ 4 จะมีค่าประสิทธิภาพที่สูงเนื่องจากวิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ นั้นเป็นขั้นตอนที่ไม่มีความสับซ้อนมาก และขั้นตอนที่มีการใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานในการตรวจสอบในกระบวนการสอบเทียบมีไม่มากและเข้าใจได้ไม่ยากใช้เวลาไม่

มาก ตามหลักสูตรฝึกอบรม การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในขณะฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 212.38) และค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 81.37 ส่วนค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมได้ระดับทักษะการปฏิบัติอยู่ในระดับ ดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 194.75) และค่าประสิทธิภาพ (E_2) เท่ากับ 86.56

จากการทดสอบความรู้ความเข้าใจภายหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้ระดับความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 37.50) ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.52 โดยแสดงว่าค่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้ค่าประสิทธิภาพ 82.85/ 81.52 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพ E_1 เท่ากับ 82.85 แสดงถึงผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 35.63) และค่าประสิทธิภาพ E_2 เท่ากับ 81.52 แสดงถึงผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีความรู้ ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 37.50) และ การทดสอบทักษะการปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้ระดับทักษะการปฏิบัติอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 194.75) ได้ค่าประสิทธิภาพ 86.56 โดยแสดงว่าค่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.37/ 86.56 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพ E_1 เท่ากับ 81.37 แสดงถึงผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 212.38) และประสิทธิภาพ E_2 เท่ากับ 86.56 แสดงถึงผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 194.75) โดยสามารถให้ประโยชน์แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่เข้ารับการฝึกอบรม และทำให้การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมได้ผลสำเร็จออกมาดี โดยมีความสอดคล้องกับหลักการของสมเกียรติ พ่วงรอด (2544:132) ที่กล่าวว่าการฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่จัดขึ้นเพิ่มพูนความรู้ ความชำนาญ และเปลี่ยนแปลงทัศนคติในการปฏิบัติงานได้ดีขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มพูนประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานต่อไปทั้งในปัจจุบันและในอนาคตและสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุ พรพรหมประธาน (2545:115-119) ที่ได้สร้างหลักสูตรฝึกอบรมการควบคุม ตรวจซ่อมและบำรุงรักษา ระบบอาณัติสัญญาณและโทรคมนาคม เพื่อการเดินรถสำหรับพนักงานเทคนิคและนายตรวจสายบรรจุใหม่ ของการรถไฟแห่งประเทศไทย ที่ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตร โดยประเมินสมรรถภาพในการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรมและความคิดเห็นต่อการใช้หลักสูตรฝึกอบรม ซึ่งพนักงานเทคนิคและนายตรวจสายบรรจุใหม่ มีความรู้ความสามารถและด้านเทคนิควิธีการเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนก่อนการฝึกอบรม ในด้านของความคิดเห็นต่อการใช้หลักสูตรฝึกอบรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

3. ความคิดเห็นต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในขณะฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาของหลักสูตร โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความคิดเห็นว่า ในเนื้อหาและรายละเอียดของหลักสูตรฝึกอบรม ให้ความรู้ความข้าใจในด้านของความสำคัญของการสอบเทียบ การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ มากขึ้น และทักษะการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติมีทักษะการปฏิบัติมากขึ้นโดยมีความสอดคล้องกับหลักการของ ฐีระ ประวาลพฤกษ์ (2538:4) ที่กล่าวว่าการฝึกอบรมหมายถึงกระบวนการเสริมสร้างสมรรถภาพบุคคลให้มีความรู้ ความสามารถ ทักษะและทัศนะคติเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการทำงานในขอบเขตของการปฏิบัติงานเฉพาะด้าน อันมีผลต่อความสำเร็จขององค์การและสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุ พรพรหมประธาน (2545:115-119) ที่ได้สร้างหลักสูตรฝึกอบรมการควบคุม ตรวจซ่อม และบำรุงรักษา ระบบอาณัติสัญญาณและโทรคมนาคม เพื่อการเดินรถสำหรับพนักงานเทคนิคและนายตรวจสายบรรจุใหม่ ของการรถไฟแห่งประเทศไทย ที่ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตร โดยประเมินสมรรถภาพในการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรมและความคิดเห็นต่อการใช้หลักสูตรฝึกอบรม ซึ่งพนักงานเทคนิคและนายตรวจสายบรรจุใหม่ มีความรู้ความสามารถและด้านเทคนิควิธีการเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนก่อนการฝึกอบรม ในด้านของความคิดเห็นต่อการใช้หลักสูตรฝึกอบรมพบว่าทั้ง 4 ด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ดังนี้

1. หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ที่ได้สร้างขึ้นนั้น มีรายละเอียดของเนื้อหาที่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมได้ โดยสอดคล้องกับประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 แต่ควรมีการพัฒนาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยในด้านของความรู้ความเข้าใจควรมีการพัฒนาเนื้อหาในหลักสูตรให้มีความชัดเจนเพิ่มมากขึ้นในเนื้อหาของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดต่อไป

2. หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ที่ได้สร้างขึ้นนั้น มีรายละเอียดของเนื้อหาที่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมได้ โดยสอดคล้องกับประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 แต่ควรมีการพัฒนาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยในด้านของทักษะปฏิบัติควรมีการพัฒนาปรับปรุงในด้านของเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบให้มีจำนวนของเครื่องมือวัดสัมพันธ์กับจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมเพื่อทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้มีเวลาในการฝึกหัดมากขึ้นโดยจะทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นต่อไป

3. หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ที่ได้สร้างขึ้นนั้น มีรายละเอียดของเนื้อหาที่มีเหมาะสมสามารถนำไปใช้เป็นหลักสูตรฝึกอบรมให้กับบุคลากรในองค์กรที่จะจัดทำระบบมาตรฐาน ISO 900(2000)ในตำแหน่งเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพให้มีความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัด แต่ควรมีการปรับเพิ่ม-ลดเนื้อหาของหลักสูตรให้เหมาะสมกับประเภทของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

4. หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม สามารถนำไปใช้ฝึกอบรมให้กับบุคลากรในหน่วยงานของรัฐที่มีรูปแบบการปฏิบัติงานในด้านของการจัดฝึกอบรมทางภาคอุตสาหกรรมได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

ควรมีการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัด ให้มีเนื้อหาของหลักสูตรที่มีความชัดเจนเฉพาะในแต่ละเครื่องมือวัดของแต่ละสาขาการวัดให้ครอบคลุมต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2533). *เอกสารการอบรมทางวิชาการ เรื่อง มาตรวิทยาและห้องปฏิบัติการมาตรวิทยา* . กรุงเทพฯ : ม.ป.พ .

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2541). *การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง "Uncertainty of Measurement รุ่นที่2"* กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

เกศริน มนูญผล. (2544). *การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูเพื่อเสริมสมรรถภาพ ด้านการจัดทำหนังสือเสริมประสบการณ์ที่สอดคล้องกับท้องถิ่น* . ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

เฉลิมพล คงจันทร์. (2540). *การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์* . ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. .(อุตสาหกรรมศึกษา)กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ชูชัย สมิทธิไกร. (2540). *การฝึกอบรมบุคลากรในองค์กร*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

ฐีระ ประวาลพฤกษ์. (2538). *การพัฒนาบุคคลและการฝึกอบรม*. กรุงเทพฯ : สำนักงานสถาบันราชภัฏ .

ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์. (2543). *การประเมินผลงานฝึกอบรม:การตรวจสอบความสำเร็จของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์*. กรุงเทพฯ : บริษัท เอ็กเปอร์เน็ท จำกัด.

ทศพล สังข้อยุทธ์. (2542). *การวัดละเอียด*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ปากเพรียวการช่าง.

บุญพริ้ง สุขสบาย และ วชิระ มีทอง. (ม.ป.ป.). *วิศวกรรมการวัดละเอียด*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

บุรินทร์ ไตรชินธนโชติ. (2543). *เทคนิคและวิธีการในการสอบเทียบเครื่องมือวัด*. กรุงเทพฯ : ส่วนวารสารวิชาการสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* . พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

พัฒนา สุขประเสริฐ. (2540). *กลยุทธ์ในการฝึกอบรม*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2544). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* . พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

ภาณุ พรพรหมประธาน (2545).*สร้างหลักสูตรฝึกอบรมการควบคุม ตรวจซ่อม และบำรุงรักษา ระบบอาณัติสัญญาณและโทรคมนาคม เพื่อการเดินรถสำหรับพนักงานเทคนิคและนายตรวจสายบรรจุใหม่ ของการรถไฟแห่งประเทศไทย*.ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ภัทรา นิคมนนท์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ : มปท.

มาโนช โกมลลวนิช. (2541). *การพัฒนาฝึกอาชีพอบรมตามความต้องการเพิ่มความสามารถทางวิชาการของครูผู้สอนวิชาการงานพื้นฐานและอาชีพ รายวิชา ง013 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัด สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดชลบุรี*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. .(อุตสาหกรรมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ยงยุทธ เกษสาคร. (2544). *เทคนิคการฝึกอบรมและการประชุม*.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์เอส แอนด์จีกราฟฟิค.

รวีวรรณ ชินะตระกูล.(2535). *วิธีวิจัยการศึกษา*.กรุงเทพฯ:คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง.

รำไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย. (2545). *การฝึกอบรมในงานส่งเสริมการเกษตรการวางแผนและการจัดการ*. เชียงใหม่.: พี อาร์ คอมพิวเตอร์.

วิเชียร จันทะโชติ. (2540). *การพัฒนาหลักสูตรการป้องกันยาเสพติด สำหรับนักศึกษาอุดสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏอุดรธานี*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. .(อุตสาหกรรมศึกษา).กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สมเกียรติ พ่วงรอด. (2544). *การบริหารงานบุคคล*. ปัตตานี. โรงพิมพ์มิตรภาพปัตตานี.

สมคิด บางโม. (2540). *เทคนิคการฝึกอบรมและการประชุม*. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : บริษัทวิทยาพัฒน์ จำกัด.

สมชาย หิรัญกิตติ. (2542). *การบริหารทรัพย์มนุษย์ ฉบับสมบูรณ์*.. กรุงเทพฯ : บริษัทธีระฟิล์มและไซเท็กซ์ จำกัด.

สมชาติ กิจยรรยง. (2545). *เทคนิคการเป็นวิทยากรฝึกอบรม*. กรุงเทพฯ : มัลติอินฟอร์ซั่นเทคโนโลยี.

สมนึก ภัททิยธนี. (2541). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

สุมณ กล้าหาญ. (2543). *การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมิเดีย เรื่องโครงสร้างชิ้นส่วนและหลักการทำงานของเครื่องยนต์ วิชา ช.0252 ช่างซ่อมรถจักณยานยนต์ หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533)*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สันทัศน์ วงศ์มาก. (2541). *การพัฒนาหลักสูตรช่างเทนิคระบบการสื่อสารใยแก้วนำแสงขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา).กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

เสนาะ ติเยาว์. (2543). *การบริหารงานบุคคล*. พิมพ์ครั้งที่12. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ. (2542). *แผนแม่บทการพัฒนาระบบมาตรวิทยาแห่งชาติ*. กรุงเทพฯ : สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. (2544). *ผลกระทบทางเศรษฐกิจของการพัฒนาระบบมาตรวิทยา*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2533). *มาตรวิทยาและห้องปฏิบัติการมาตรวิทยา*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยฯ

สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. (2544). *เอกสารการอบรมเรื่องการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. (2541). *การสอบเทียบไมโครมิเตอร์และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ด้วยเกจบล็อก*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2537). *ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ*. กรุงเทพฯ : สำนักงานฯ.

สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (ม.ป.ป). *การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเครื่องมือวัดละเอียด*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก* . กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน* . กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ* . กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบสเกล*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบตัวเลข*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบตัวเลข*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบสเกล*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดในแบบตัวเลข*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดในแบบสเกล*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาไดอัลเกจแบบตัวเลข*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาไดอัลเกจแบบสเกล*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

องอาจ พงษ์พิสิทธ์บุปฝา. (2541). *การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมผู้นำทางการเกษตรสำหรับนักเรียนโครงการอาชีวศึกษา เพื่อพัฒนาชนบท (อศ.กช.)*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา).กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

อำพัน เมธนาวิน. (2544). *การวัดละเอียด*. กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Hiramatsu, M. An (1982, August). "Individualized Leaning Package Program in Beginning College Japanese Multi-media Approach ", *Dissertation Abstracts International*. 43:3864.

Japanese Standard Association.(1998). *JIS Hand Book Mechanical Instrumentation*. Japan.307-574.

Stranite and Malone. (1987, January). "Preservice Teachers Acquisition and Retextion of Intergrate Science Process Skills : A Comparison of Teacher Directed and Self-Instructional Strategies", *Journal of Research in Science Teaching*. 22 :53-60.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โครงการฝึกอบรม ในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

ชื่อโครงการ โครงการฝึกอบรมในหลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

1. หลักการของหลักสูตรฝึกอบรม

การจัดทำหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยหลักสูตรฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น เป็นการนำหลักการ รูปแบบและเทคนิคการฝึกอบรม มาจัดทำเป็นหลักสูตรฝึกอบรม และหลักสูตรที่จัดทำขึ้นจะประกอบไปด้วยเนื้อหาของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติทั้งหมด 4 เครื่องมือ ดังนี้คือ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์วัดนอก ไมโครมิเตอร์วัดใน ไดอัลเกจ และการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดเพื่อใช้ในเนื้อหาของการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม

2.1 เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจและทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติเพิ่มขึ้น

2.2 เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติอย่างเหมาะสมและถูกต้อง

3. หน่วยงานที่รับผิดชอบ

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

4. เนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรม

4.1 ความสำคัญของการสอบเทียบ

- 4.1.1 ความหมายของการสอบเทียบและมาตรวิทยา
- 4.1.2 ระบบการวัดมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ
- 4.1.3 องค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบ
- 4.1.4 มาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

4.2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ ดังนี้

- 4.2.1 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ
  - 4.2.1.1 การอ่านค่าการวัด
  - 4.2.1.2 การตรวจสภาพและใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ในการวัดงาน
  - 4.2.1.3 การบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

4.2.2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอก ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

4.2.2.1 การอ่านค่าการวัด

4.2.2.2 การตรวจสภาพและใช้ไมโครมิเตอร์วัดนอกในการวัดงาน

4.2.2.3 การบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอก

4.2.3 วิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดใน ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

4.2.3.1 การอ่านค่าการวัด

4.2.3.2 การตรวจสภาพและใช้ไมโครมิเตอร์วัดในในการวัดงาน

4.2.3.3 การบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดใน

4.2.4 วิธีการใช้และบำรุงรักษาไดอัลเกจ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

4.2.4.1 การอ่านค่าการวัด

4.2.4.2 การตรวจสภาพและใช้ไดอัลเกจในการวัดงาน

4.2.4.3 การบำรุงรักษาไดอัลเกจ

4.3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ดังนี้

4.3.1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

4.3.1.1 การตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัด

4.3.1.2 การตรวจสอบความเรียบ

4.3.1.3 การตรวจสภาพความขนาน

4.3.1.4 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

4.3.2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

4.3.2.1 การตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัด

4.3.2.2 การตรวจสอบความเรียบ

4.3.2.3 การตรวจสภาพความขนาน

4.3.2.4 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

4.3.3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

4.3.3.1 การตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัด

4.3.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

4.3.4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้คือ

4.3.4.1 การตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัด

4.3.4.2 การตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ

4.3.4.3 การตรวจสอบค่าAdjacent error

4.3.4.4 การตรวจสอบค่าRetrace error

4.3.4.5 การตรวจสอบค่าผิดพลาดจากการวัด

4.4 วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

5. คุณสมบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

5.1 เป็นบุคคลที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

5.2 เป็นบุคคลที่มีความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์หรือพื้นฐานทางวิศวกรรม

5.3 เป็นนิสิตนักศึกษาหรือบุคคลทั่วไปที่มีคุณสมบัติตามข้อที่ 5.1และ 5.2

6. ระยะเวลาในการดำเนินการฝึกอบรม

ระยะเวลาในการฝึกอบรม 3 วันแบ่งเป็นวันละ 6 ชั่วโมง

7. แผนจัดดำเนินการฝึกอบรม

7.1 ขั้นเตรียมการฝึกอบรม

7.1.1 จัดทำหลักสูตรฝึกอบรม

7.1.2 เสนอขออนุมัติจัดการฝึกอบรม

7.2 ขั้นดำเนินการฝึกอบรม

7.2.1 ติดต่อประสานงานกับฝ่ายฝึกอบรม

7.2.2 แจ้งหน่วยงานต่างๆที่จะเข้ารับการฝึกอบรม

7.2.3 จัดเตรียมเอกสาร เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในการฝึกอบรม

7.2.4 ดำเนินการฝึกอบรม

7.2.5 ประเมินการฝึกอบรม

ปฏิทินปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	กรกฎาคม 2547				สิงหาคม 2547				กันยายน 2547		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1. จัดทำหลักสูตรฝึกอบรม	◄	─	─	─	─	►					
2. เสนอขออนุมัติจัดการฝึกอบรม					◄	─	►				
3. ติดต่อประสานงานกับฝ่ายฝึกอบรม						◄	─	►			
4. แจ้งหน่วยงานต่างๆที่จะเข้ารับการฝึกอบรม							◄	─ ►			
5. จัดเตรียมเอกสารเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในการฝึกอบรม							◄	─ ►			
6. ดำเนินการฝึกอบรม										◄ ►	
7. ประเมินผลการฝึกอบรม										◄	─ ►

8. งบประมาณในการดำเนินการ

8.1 ค่าเอกสารในการจัดฝึกอบรม 1,000 บาท

8.2 ค่าสถานที่ในการจัดฝึกอบรม 15,000 บาท

8.3 ค่าเครื่องมือวัสดุประกอบการจัดฝึกอบรม 4,000 บาท

รวมทั้งสิ้น 20,000 บาท

9. วิธีการฝึกอบรม

ในการดำเนินการในการฝึกอบรมเป็นการฝึกอบรมในแบบทฤษฎีเชิงปฏิบัติ โดยมีทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ คือมีการบรรยาย และปฏิบัติจริงกับเครื่องมือวัดด้านมิติ

11. วิธีการประเมินผล

11.1 แบบทดสอบความรู้และทักษะหลังการฝึกอบรมตามเกณฑ์ 80/80

11.2 แบบทดสอบ (แบบฝึกหัด)ที่ประเมินความก้าวหน้าในด้านความรู้ความเข้าใจและทักษะระหว่างการฝึกอบรม

11.3 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรม

ตารางแสดงเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

วัน	เวลา	รูปแบบ	เนื้อหาวิชา	จำนวนชั่วโมง
7 ก.ย. 47	9.00-11.00	ทฤษฎี	ความสำคัญของการสอบเทียบ	2.00
	11.00-12.00	ทฤษฎี	การใช้เครื่องมือวัดด้านมิติ	1.00
	13.00-14.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	1.00
	14.00-15.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดนอก	1.00
	15.00-16.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดใน	1.00
8 ก.ย. 47	9.00-10.00	ทฤษฎี	ใช้เครื่องมือวัดด้านมิติ (ต่อ)	1.00
	10.00-11.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไดอัลเกจ	1.00
	10.00-12.00	ทฤษฎี	การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	1.00
	13.00-14.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	1.00
	14.00-15.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดนอก	1.00
	15.00-16.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไมโครมิเตอร์วัดใน	1.00
9 ก.ย. 47	9.00-10.00	ทฤษฎี	การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (ต่อ)	1.00
	10.00-11.00	ทฤษฎี/ปฏิบัติ	- ไดอัลเกจ	1.00
	11.00-12.00	ทฤษฎี	การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด	1.00
	13.00-14.00	ทฤษฎี	การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด(ต่อ)	1.00
	14.20-16.00	การทดสอบ	การทดสอบในด้านความรู้และทักษะของการสอบเทียบ (หลังการฝึกอบรม)	2.00

คำนำ

ในปัจจุบันระบบการผลิตทางด้านอุตสาหกรรมมีการพัฒนามากขึ้น โดยมีการนำเอาระบบมาตรฐานมาใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความถูกต้องมากขึ้น และลดความผิดพลาดในสายการผลิตให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยในระบบอุตสาหกรรมนั้นจะต้องมีสิ่งชี้วัดคุณลักษณะหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นก็คือ เครื่องมือวัด เพราะว่าครื่องมือวัดเป็นสิ่งที่จะบอกให้ทราบถึงคุณลักษณะหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาได้ตามความต้องการที่กำหนดไว้

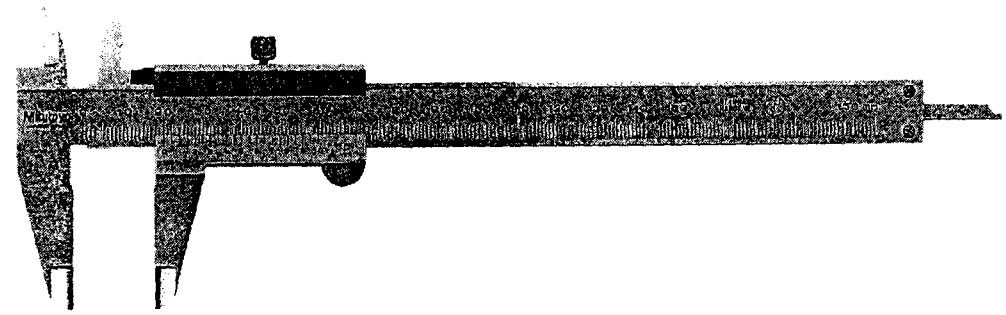
โดยในความสำคัญของเครื่องมือวัดที่เป็นสิ่งชี้วัดถึงคุณลักษณะหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา จึงได้มีการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขึ้นเนื่องจากเป็นเครื่องมือวัดที่นิยมใช้กันมากในระบบอุตสาหกรรม โดยในหลักสูตรมีเนื้อหาที่ประกอบด้วยเนื้อหาที่ว่าด้วยเรื่องของความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

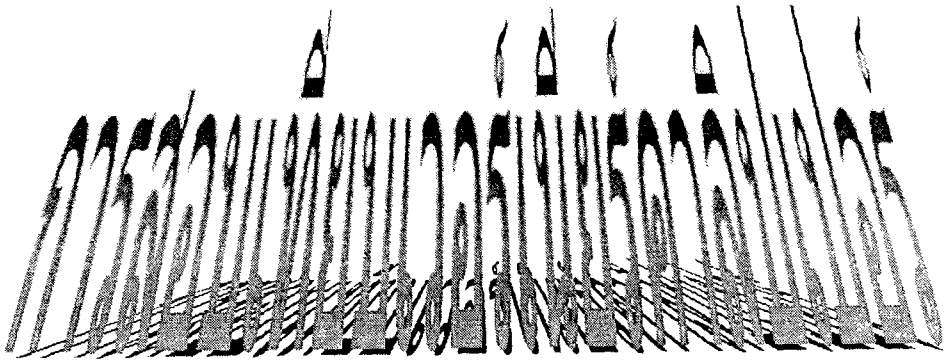
โดยความสำคัญของหลักสูตรเพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้รับความรู้ความเข้าใจและทักษะในการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหลักสูตรดังกล่าวนี้คงเป็นประโยชน์ต่อระบบคุณภาพของสายการผลิตทางอุตสาหกรรมต่อไป

กัมปนาท อ่วมกุล

สารบัญ

หลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	หน้า
1. การสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	129
2. การสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก	183
3. การสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน	240
4 การสอบเทียบไดอัลเกจ	290





การสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

1. ความสำคัญของการสอบเทียบ

ระบบงานอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยลักษณะของการพัฒนานั้น จะพัฒนาทั้งในด้านของระบบและกรรมวิธี โดยเพื่อเป็นการที่จะรักษาคุณภาพในความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ให้ได้ตามที่กำหนดไว้ โดยได้มีการนำระบบมาตรฐานต่างๆมาใช้ เพื่อเป็นการกำหนดถึงขั้นตอนและวิธีการในการที่จะควบคุมการปฏิบัติงานในงานอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจะเห็นว่ามีการนำเอาระบบมาตรฐานเข้ามาใช้ในการที่จะทำให้องค์กรอุตสาหกรรมมีความเป็นระบบมากขึ้น โดยลักษณะของการนำระบบมาใช้นั้นเป็นเพราะว่าในสภาพการณ์ก่อนนี้ดำเนินเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันนั้นเป็นผลอันเกิดจากอนุกรมทางการค้าซึ่งจะเป็นการกีดกันทางการค้าโดยถ้าธุรกิจอุตสาหกรรมไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่จะส่งออกนั้นเกิดปัญหาขึ้นได้ก็คือ บริษัทหรือองค์กรที่จะรับซื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่รับผลิตภัณฑ์จากบริษัทที่ไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานสากล โดยจากสภาพของธุรกิจอุตสาหกรรมที่ได้นำเอาระบบมาตรฐานสากลที่เป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วโลกมาใช้แล้วก็คือ ISO 9001 , ISO 14000 , ISO 18000 , HACCP และ ISO/TS16949 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทั่วโลกยอมรับกัน

เมื่อธุรกิจอุตสาหกรรมได้นำระบบมาตรฐาน ISO 9001 , ISO 14000 , ISO 18000 , HACCP และ ISO/TS16949 มาใช้เพื่อจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีการควบคุมคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์ที่ถูกกำหนดไว้จึงได้กำหนดกระบวนการในการตรวจสอบโดยในกระบวนการในการตรวจสอบนั้นจะมีการนำเครื่องมือมาใช้ร่วมในการตรวจสอบนั้นก็คือ เครื่องมือวัด เพราะโดยลักษณะของเครื่องมือวัดนั้นจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบ่งชี้ถึงขนาดของสิ่งที่ถูกวัดเพื่อจะให้ได้ค่าของสิ่งนั้นว่ามีค่าเป็นเท่าไร และโดยมาตรฐานทางด้านคุณภาพในงานอุตสาหกรรมและการปฏิบัติงานในงานอุตสาหกรรม จะต้องมีเครื่องมือวัดในการบ่งชี้ถึงรายละเอียดของคุณภาพ หรือเครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจสอบ

เครื่องมือวัดที่เป็นสิ่งสำคัญอันที่จะแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นั้น มีค่าหรือขนาดตามเกณฑ์ที่ถูกกำหนดไว้ ได้มีการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะต้องมีการตรวจสอบเพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดชนิดนั้นยังอยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้ จะเห็นได้ว่าถ้าเกิดความผิดพลาดอันเกิดจากเครื่องมือวัดจะมีผลเสียหายตามมาอย่างมาก คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาไม่ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาแล้วในความเป็นจริงได้มีขนาดตรงตามที่ขนาดระบุไว้แต่เครื่องมือวัดแสดงผลออกมาว่าไม่ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการผลิต ก็คือต้องผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้ออกมาใหม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลา ค่าใช้จ่ายและยังผลทำให้ขาดความน่าเชื่อถือกับบริษัทที่ทำธุรกิจร่วมด้วย

จากความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องมือวัด ระบบมาตรฐาน ISO 9001 , ISO 14000 , ISO18000 , HACCP และ ISO/TS16949จึงมีข้อกำหนดอยู่ว่าจะต้องมีการควบคุมเครื่องมือสำหรับการเฝ้าติดตามการวัดซึ่งก็คือการปฏิบัติในการควบคุมเครื่องมือวัดให้อยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้อยู่เสมอ ซึ่งก็คือการสอบเทียบ

การสอบเทียบเป็นกระบาวการหนึ่งที่จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงค่าความถูกต้องและค่าความผิดพลาดในตัวเครื่องมือวัดได้ โดยในการสอบเทียบนั้นเป็นกระบวนการทางวิทายาศาสตร์ในหลักการทางมาตรวิทยา ที่เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัดโดยในการสอบเทียบหรือที่เรียกว่า Calibration และการสอบเทียบเป็นขั้นตอนที่ทุกมาตรฐานทางด้านคุณภาพในงานอุตสาหกรรม ได้มีการกำหนดเป็นข้อกำหนดไว้อย่างชัดเจน ดังนั้นในความสำคัญของการสอบเทียบ ได้มีเนื้อหาที่เป็นหัวข้อหลักๆในการสอบเทียบดังนี้คือ

1.1 ความหมายของการสอบเทียบและมาตรวิทยา

โดยเบื้องต้นของความรู้ในการสอบเทียบควรจะต้องทราบ ในเรื่องของนิยาม ความหมาย ของการสอบเทียบก่อนเพื่อเป็นการให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นโดยได้มีนิยามความหมาย ของการสอบเทียบไว้ดังนี้

การสอบเทียบ หมายถึง หมายถึง ชุดของการดำเนินการทางมาตรวิทยาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชี้บอกโดยเครื่องวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดงโดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะที่บ่งไว้(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2541 : 3)

หมายเหตุ :

1. ผลการสอบเทียบ ทำให้สามารถประมาณค่าผิดพลาดของการชี้บอกของเครื่องวัด ระบบการวัดหรือเครื่องวัดที่เป็นวัสดุ หรือกำหนดค่า ทำเครื่องหมายบนสเกล ณ ที่ใดที่หนึ่ง
2. การสอบเทียบอาจหาสมบัติทางมาตรวิทยาอื่น ๆ ได้ด้วย
3. ผลการสอบเทียบอาจบันทึกไว้ในเอกสาร บางครั้งเรียกว่าใบรับรองการสอบเทียบ (Calibration Certificate) หรือรายงานการสอบเทียบ(Calibration Report)
4. ผลการสอบเทียบบางครั้งแสดงเป็นตัวประกอบการสอบเทียบหรือชุดของตัวประกอบการสอบเทียบ ในรูปแบบของเส้นสอบเทียบ

การสอบเทียบ หมายถึง การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือมาตรฐานหรือวัสดุอ้างอิงที่มีความถูกต้องสูงกว่าอย่างน้อย 4 เท่า และกระทำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ได้รับการควบคุม (สมาคมส่งเสริม ไทย-ญี่ปุ่น . 2543 :30)

จากความหมายดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า **การสอบเทียบ หมายถึง กรรมวิธีที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัด โดยสร้างความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดกับเครื่องมือมาตรฐานและมีการปฏิบัติภายใต้ภาวะที่กำหนดไว้**

โดยหลังจากทราบความหมายของการสอบเทียบแล้ว จะมีคำศัพท์อีกคำหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ในเรื่องของการสอบเทียบ นั้นคือคำว่า มาตรวิทยาโดยมีนิยามไว้ดังนี้

มาตรวิทยา นั้นเป็นศัพท์ที่ ประกอบด้วยคำ 2 คำ นั้นคือ คำว่า มาตร ที่หมายถึง การวัด การแสดงออกที่ให้เห็นผลซึ่งขนาด ทิศทาง น้ำหนัก เป็นต้น ส่วนอีกคำ คือคำว่า วิทยา ที่หมายถึง ศาสตร์หรือวิชาการที่ประกอบเป็นกระบวนการเรียนรู้ โดยเมื่อนำเอาคำ 2 คำมาประกอบกัน จึงเป็นคำว่า มาตรวิทยา โดยได้มีการให้นิยามของคำว่ามาตรวิทยาไว้ดังนี้ คือ

มาตรวิทยา หมายถึง ความรู้ที่เกี่ยวกับการวัด (ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมไทย-ญี่ปุ่น 2546 : 242)

หมายเหตุ : ,มาตรวิทยาครอบคลุมทุกเรื่อง ทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ ไม่ว่าจะมีความแม่นระดับใด และไม่ว่าจะอยู่ในสาขาวิทยาศาสตร์หรือสาขาเทคโนโลยีใด

มาตรวิทยา หมายถึง มาตรวิทยา หรือการวัดว่า เป็นศาสตร์หรือวิชาการเกี่ยวกับการวัดปริมาณต่าง ๆ เช่น ความยาว น้ำหนัก แรงปริมาตร แสง เสียง อุณหภูมิ ไฟฟ้า ฯลฯ เป็นต้น เพื่อให้เป็นที่แน่นอนว่าปริมาณต่าง ๆ ที่วัดได้นั้นมีความถูกต้องและเที่ยงตรง (อินทร พิชิตานนท์ (2543 : 83))

จากความหมายดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า มาตรวิทยา หมายถึง ศาสตร์ที่เป็นวิชาการที่ว่าด้วยกรรมวิธีในการวัดที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับ ปริมาณในด้านต่างๆเช่นความยาว น้ำหนัก อุณหภูมิ หรืออื่นๆ เป็นต้น พร้อมกับเป็นวิชาการที่อธิบายในเรื่องของการวัดที่ถูกต้อง เพื่อให้มาซึ่งการวัดที่ถูกต้อง

1.2 ระบบการวัดมาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

ในส่วนของหัวข้อที่กล่าวต่อไปนี้เป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับการวัด โดยในการสอบเทียบไม่ว่าจะเป็นในสายงานด้านไหนก็ตาม จะมีการวัดเข้าไปเกี่ยวข้องเสมอ และในการสอบเทียบนั้นจะมีการวัดที่มีการวัดที่เป็นระบบโดยการวัดที่เป็นระบบนั้น ได้กำหนดเป็นระดับ ในอันที่จะแสดงให้เห็นถึงการเป็นระบบ และเมื่อเกี่ยวกับการสอบเทียบ ยอมจะต้องเกี่ยวกับมาตรฐาน ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนั้น ได้มีการอธิบายถึงระบบการวัดมาตรฐานต่าง ๆโดยแยกเป็นส่วนต่าง ๆไว้ดังนี้ คือ

1.2.1 มาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

1.2.1.1 มาตรฐานของการวัด (Measurement Standard) หมายถึง ปริมาณทางฟิสิกส์ที่ สามารถที่จะนำมาแสดงในให้เห็นได้ สัมผัสได้ โดยมีการกำหนดค่าของปริมาณทางฟิสิกส์ได้ โดยสามารถที่จะอธิบายได้อันได้แก่ ขนาดของความยาวมาตรฐานที่ 1 เมตรมาตรฐาน หรืออาจจะสมมติว่า แท่งเหล็กขนาด 1 เมตรแท่งหนึ่ง มีการกำหนดให้แท่งเหล็กแท่งนี้ ถือว่าเป็นวัตถุที่แสดงถึง 1 เมตรมาตรฐานก็ได้

1.2.1.2 มาตรฐานสากล (International Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบที่มีการกำหนดขึ้น โดยความเห็นชอบของประเทศต่าง ๆที่มีข้อตกลงต่อกัน อันที่จะสามารถนำกระบวนการหรือวิธีการนั้นที่มีการกำหนดขึ้นนำไปใช้ต่อไป

1.2.1.3 มาตรฐานแห่งชาติ (National Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบที่ประเทศนั้น ๆได้มีการกำหนดขึ้น เพื่อใช้ภายในประเทศหรืออาจถูกใช้ไปทั่วโลกก็ได้

1.2.1.4 มาตรฐานขั้นปฐมภูมิ (Primary Standard) หมายถึง มาตรฐานของการวัดที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่ามีคุณภาพสูงสุดทางมาตรวิทยา และค่าของมันเป็นที่ยอมรับว่าถูกต้องโดยไม่ต้องสอบเทียบกับมาตรฐานอื่นใดในปริมาณเดียวกัน (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (2541:36))

1.3.1.5 มาตรฐานขั้นทุติยภูมิ (Secondary Standard) หมายถึง มาตรฐานของการวัดที่ได้มีการถูกถ่ายทอดของผลการวัดในระดับขั้นรองลงมา

1.2.1.6 มาตรฐานอ้างอิง (Reference Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบภายในประเทศนั้น ๆ โดยยังคงไว้ซึ่งหลักเกณฑ์ทางระบบการวัดทางมาตรวิทยา เพื่อจะได้ผลการวัดหรือผลการสอบเทียบที่มีความถูกต้องและมีคุณภาพ

1.2.1.7 มาตรฐานที่ใช้งาน (Working Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบ โดยที่ทางองค์กรหรือหน่วยงานมีการนำไปใช้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.2.2 มาตรฐานการวัดที่ 1 เมตร มาตรฐาน

ในระบบการวัดทางมาตรวิทยานั้นมีด้วยกันหลายสาขา โดยแบ่งตามรากฐานของหน่วยวัด ของแต่ละหน่วยวัด โดยรากฐานการวัดทางมาตรวิทยานั้นจะมีด้วยกัน 7 หน่วยการวัด คือ

- ปริมาณรากฐานทางความยาว มีหน่วยวัด คือ เมตร (Meter)
- ปริมาณรากฐานทางเวลา มีหน่วยวัด คือ วินาที (Second)
- ปริมาณรากฐานทางน้ำหนักหือมวล มีหน่วยวัด คือ กิโลกรัม (Kilogram)
- ปริมาณรากฐานทางกระแสไฟฟ้า มีหน่วยวัด คือ แอมแปร์ (Ampere)
- ปริมาณรากฐานทางอุณหภูมิ มีหน่วยวัด คือ เคลวิน (Kelvin)
- ปริมาณรากฐานของสาร มีหน่วยวัด คือ โมล (Mole)

- ปริมาณรากฐานทางความเข้มของแสงสว่างมีหน่วยวัดคือ แคนเดลา (Candela)

โดยทั้งหมดจะเป็นหน่วยของการวัดที่เป็นพื้นฐานของการวัด เพื่อจะได้เป็นสิ่งกำหนดค่าของสิ่งที่ถูกวัดและเป็นที่เข้าใจเหมือนกันของค่าที่ถูกวัดนั้นๆ

โดยในส่วนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น จะขอกล่าวในส่วนที่เป็นเรื่องของความสัมพันธ์ทางการวัดทางด้านความยาว (Length) ที่มีปริมาณรากฐานการวัดทางด้านความยาว มีหน่วยวัดคือเมตร(Meter) โดยได้อ้างอิงจากเอกสารสัมมนาเรื่องการเทียบมาตรฐานเชิงมิติโดยหลักการ Laser Interferometer (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม.2546:4-12)ดังต่อไปนี้คือ

1.2.2.1 ประวัติความยาวของเมตรมาตรฐาน

<u>ความเป็นมาของการใช้หน่วย "เมตร" เป็นหน่วยสากลในการวัดความยาว</u>

**** ปัจจุบันคำจำกัดความของ <u>1 เมตร</u> ที่ใช้เป็นหน่วยวัดความยาว ก็คือ "การกำหนดความยาว 1 เมตรได้จากระยะทางที่แสงเดินทางไปในสูญญากาศเป็นเวลา 1/299792458 วินาที" ****

คำจำกัดความของความยาว 1 เมตร ดังกล่าว มีพื้นฐานมาจากค่าคงที่สากลที่เป็นค่าธรรมชาติ 2 ค่า คือ ความเร็วของแสง (เมตร/วินาที) และเวลา (วินาที) ก่อนที่จะมาถึงจุดนี้ได้ก็มีความเป็นมาที่ยาวนานทีเดียว ในโลกซึ่งมีการใช้เทคนิคชั้นสูงของเรานั้นจำเป็นต้องมีระบบซึ่งมีความเที่ยงตรง และสมบูรณ์พร้อม ในแต่ละกิจกรรม งานหลายๆ ด้านต้องการการนิยามและควบคุมการปฏิบัติที่แม่นยำ ซึ่งจะทำให้เราสามารถใช้สำหรับยืนยันได้ว่าหน่วยของการวัดของเรานั้นคงที่เหมือนเดิมตลอดเวลา

ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบของหน่วยการวัดสากลนั้นเป็นสิ่งสำคัญมาก แต่มาถึงจุดนี้แล้วเราจะไม่บรรยายถึงเหตุผลว่าทำไมจึงสำคัญ แต่เราจะมุ่งความสนใจไปที่เรื่องของประวัติของมาตรวิทยาเชิงมิติ, วิทยาศาสตร์ของการวัด และเรื่องราวของหน่วยวัดสากลซึ่งสร้างขึ้นได้ไม่ยากคือหน่วยเมตรนั่นเอง ในที่นี้จะได้กล่าวรวมถึงการจัดตั้งและการนิยามหน่วยเมตรที่มีความเที่ยงตรงและความน่าสนใจมากขึ้น

<u>ย้อนหลังกลับไปเมื่อนานมาแล้ว</u>

การวัดในสาขาต่าง ๆ เกิดขึ้นมานานแล้ว เกือบจะเท่ากับประวัติศาสตร์มนุษย์เลยทีเดียว เมื่อมนุษย์มีการพัฒนาขึ้นก็จะมีการดัดแปลงเทคโนโลยี และพัฒนามาตรฐานของการวัดให้สูงขึ้นไปพร้อมๆกัน มาตรฐานของการวัดในสมัยแรกๆ มีพื้นฐานมาจากการใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ที่มีขนาดปานกลาง หรือขนาดสัดส่วนของผู้ปกครองท้องถิ่น เช่น การใช้ความหนาของนิ้ว, ความกว้างของมือ, ความยาวของข้อนิ้ว, แขน, เท้า, ระยะก้าวเดิน ฯลฯ การใช้มาตรฐานดังกล่าว คิดขึ้นมาตามยุคตามสมัย และมีความเที่ยงตรงพอเหมาะกับยุคนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ที่เมือง Chaldees บน แม่น้ำไนล์ได้มีนักโบราณคดีขุดค้นพบวัตถุโบราณ อายุประมาณ 4000 ปี ก่อนคริสตกาล ที่เรียกศอกพระราชา (King's Elbow) (ขนาด 463.3 mm) ถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานสามัญในสมัยนั้น โดยมีนิยามหน่วยไว้ว่า 1 elbow = 1.5 feel = 2 hand span = 6 hand width = 24 inch และหน่วยวัด "ศอกพระราชานี้" ไม่เกี่ยวข้องกับหน่วยอังกฤษ (หน่วยหลา) ที่บัญญัติขึ้นเมื่อปี คศ.1101 โดยพระเจ้าเฮนรี่ที่ 1 ผู้ซึ่งกำเนิดหน่วยการวัดใหม่ ใช้แทนของเดิมพระองค์กำหนดให้ความยาวจากปลายจมูกถึงปลายนิ้วหัวแม่มือของพระองค์เป็นหน่วยวัดความยาวมาตรฐานเรียกว่า 1 หลา (yard) และหน่วยนี้เราก็ยังคงใช้มาจนถึงทุกวันนี้

ความพยายามในการที่จะหาค่าคงที่มาตรฐานอ้างอิงในธรรมชาติ

ที่ยุโรปช่วงยุคกลาง ก็มีเมือง และรัฐต่าง ๆ เกิดขึ้นมากจนทำให้งานในสาขาของการวัดเกิดความวุ่นวาย แต่เดิมนั้นแต่ละอาณาจักร หรือแต่ละเมือง ที่ทำการค้าขายกันจะจัดตั้งระบบการวัดของตนเองขึ้นมาโดยถือเครื่องมือมาตรฐานที่ตนเองคิดค้นได้ เป็นสื่อกลางในการค้าของใครของมัน และก็เป็นธรรมดาที่ต่อมาได้เกิดความสับสนต่อเครื่องมือมาตรฐานที่ถือกันอยู่นั้น กล่าวคือหน่วยวัดชื่อเดียวกันอาจมีปริมาณไม่เท่ากันหรือหน่วยวัดที่ใช้ชื่อเรียกต่างกันอาจได้มาจากกรรมวิธีการวัดอย่างเดียวกันในแต่ละเมืองที่เป็นคู่ค้ากัน จึงเป็นเหตุให้มีแนวคิดริเริ่มที่จะใช้มาตรฐานที่สามารถอ้างอิงได้จากธรรมชาติ เป็นมาตรฐานสากล

ปี ค.ศ. 1528 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Jean Fernel มีแนวคิดที่จะใช้ขนาดของผิวโลกเป็นมาตรฐานสากลในการวัด เป็นผู้ผลักดันแนวคิดที่จะกำหนดให้ระยะทางระหว่างเมือง Paris และเมือง Amen ตามแนวเส้นแวง (Longitude) เป็นระยะทางมาตรฐานสากล ตรงนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดทำนองนี้ และในอีกหลาย ๆ ร้อยปีถัดมาก็ได้มีนักวิทยาศาสตร์หลาย ๆ ท่านได้เสนอแนวทางที่จะใช้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลากหลายแนวทางมาเป็นมาตรฐานอ้างอิงสากล ยกตัวอย่างเช่น การใช้ตัวแปรของความถี่และระยะการแกว่งของลูกตุ้มในลักษณะวงเวียนที่กางทำมุมต่างๆ มาเป็นมาตรฐาน

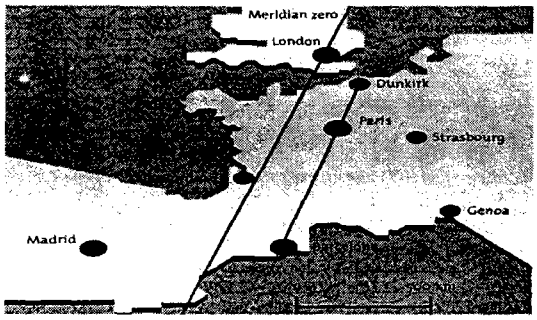
ครั้นเมื่อปี ค.ศ. 1670 นักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศสคือ Gabriel Mouton ได้ย้อนกลับไปสู่แนวคิดของ Fernel ที่คิดไว้เมื่อ 150 ปีก่อน (เกี่ยวกับการใช้ขนาดของผิวโลกเป็นระยะมาตรฐาน) แนวคิดของ Gabriel ในขณะนั้น กล่าวว่าระยะทางมาตรฐานน่าจะเป็นระยะที่ครอบคลุมความยาว ตามเส้นแวงขณะที่กางมุม 1 ลิปดาจากแกนโลก โดยสามารถใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงตามธรรมชาติได้ เรียกว่า "Milliare" ต่อมาได้มีการแบ่งย่อยมันเป็นสิบๆ ส่วน อย่างไรก็ตามหลักการของลูกตุ้มก็ยังคงมีใช้งานแพร่หลายมากขึ้น แต่หน่วยการวัดระยะทางก็ยังคงเป็นปัญหาอยู่ในขณะนั้น จนถึงช่วงปลายศตวรรษที่ 18 มีปัญหาอย่างมากในการเลือกใช้ระยะมาตรฐานสากล ทั้งในภาคอุตสาหกรรม, ภาควิทยาศาสตร์ และภาคการเมือง

จุดกำเนิด 1 เมตรมาตรฐานปี 1790

ช่วงปี 1790 เป็นช่วงที่มีการปฏิวัติในฝรั่งเศส เกิดการพิจารณาให้กำหนดนิยามของความยาวมาตรฐานขึ้นโดยมี *Charles de Talleyrand* เป็น *Bishop* แห่งโบสถ์ Autun ก่อนที่จะออกจากโบสถ์ได้สร้างการยอมรับระบบมาตรฐานใหม่ทางด้านน้ำหนัก และมีการจัดตั้งคณะกรรมการโดยวิทยาลัยวิทยาศาสตร์แห่งปารีส มีการเชิญผู้มีชื่อเสียงแต่ละด้านเข้าร่วมประชุม เช่น Jean Charles de Bordas, Joseph–Louis Lagrange, Pirre-Simon Marquess of Laplace, Gaspard Monge และ Marie – Jean Antoine de Caritat ผู้เป็นขุนนางแห่ง Condorcet ที่ประชุมได้ลงความเห็นว่าจำเป็นต้องมีการนิยามหน่วยวัดความยาวใหม่ โดยยึดถือจากความยาวของเส้นรอบวงของผิวโลก

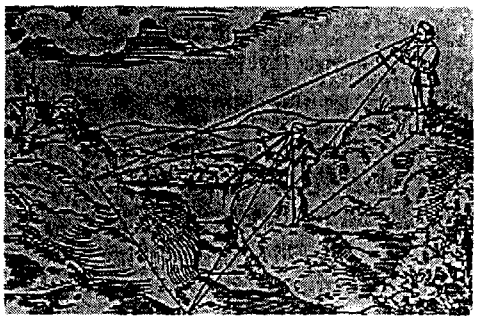
ในส่วนของความยาวมาตรฐานที่ได้มาจากมุมของลูกตุ้มก็ถูกยกเลิกไป เพราะเวลาสร้างใหม่แล้วไม่ค่อยจะเที่ยงตรง จึงมีข้อพิจารณาที่พอจะเป็นไปได้เหลืออยู่ 2 ข้อ คือ การใช้ระยะ Quadrant (1 ใน 4) ของเส้นรุ้ง (Equator) หรือเส้นแวง (Meridian) แต่การวัดตามเส้นรุ้ง (Equator) นั้นทำได้ยาก จึงทำการวัดระยะทางในแนวเส้นแวง (Meridian) โดยใช้ระยะทางตามเส้นแวงที่ผ่านเมือง Dunkirk และเมือง Barcelona (ดูรูปที่ 1) และมีความเปลี่ยนแปลงครั้งต่อมา เมื่อวันที่ 26 มี.ค 1791 โดย French National Assembly ได้นิยามมาตรฐานอ้างอิงทางความยาวเสียใหม่ โดยถือเอาระยะทาง 1 ในสิบล้านของความยาว 1 *Quadrant* ของเส้นแวงส่วนที่ลากผ่านเมืองปารีส และการตั้งชื่อหน่วยใหม่จำเป็นต้องให้เกิด

ความเป็นสากลไม่เข้ามาทางชาติฝรั่งเศสมากไปนักท่าน Jean Charles de Bordas จึงเสนอให้ใช้ภาษากรีกว่า "**Metron**" (μετρον) แปลว่า **Dimension** ที่จุดนี้จึงถือเป็นจุดกำเนิดของหน่วย Metre (เมตร)



ก)

รูปที่ 1 ก) เส้นทางที่กำหนดให้ใช้เป็นความยาวมาตรฐาน (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:7)



ข)

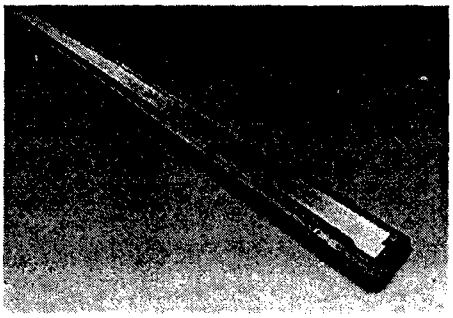
รูปที่ 1ข) การวัดระยะทางแบบ Trigonometrical (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:7)

ครั้นเมื่อ **25มิ.ย.1792** มีนักสำรวจ 2 ท่านชื่อ Jean-Baptise Joseph Delambre และ Pierre-Fancois Andre Mechain เริ่มทำการสำรวจโดยใช้วิธี Trigonometrical พวกเขาเดินทางขึ้นๆ ลงๆ ไปตามสภาพภูมิประเทศตามเส้นทางที่กำหนด โดยทำการสำรวจเป็นช่วงๆ พอเหมาะกับที่เครื่องมือสำรวจแบบ Optical สมัยนั้นจะสามารถทำได้ โดยที่ Delambre รับผิดชอบการสำรวจในทิศเหนือ ในขณะที่ Mechain ไปในทิศใต้ กรรมวิธีในการวัดที่จริงแล้วยาวนานมาก เริ่มจากปี 1792 ซึ่งเป็นปีที่สาธารณรัฐแรกประกาศตัว หลังจากการปฏิวัติในฝรั่งเศสในวันที่ **14 ก.ค.1789** และจบสิ้นการวัดลงเมื่อปี **1798** การทำงานสำรวจครั้งนั้นมีความเสี่ยงสูงต่อชีวิต เพราะบางครั้งก็ต้องทำการวัดระยะทางผ่านหอคอยสูง ๆ ของโบสถ์ หรือยอดเขาสูง ๆ โดยมีเครื่องมือประหลาดเป็นตัวช่วย ทำให้ดูเหมือนกับเป็นพวกจารชน จนต้องโดนจับกุมตามรัฐต่างๆ ที่เดินทางผ่านไปอยู่หลายครั้ง แต่ผลสุดท้ายงานก็จบลงได้ เป็นเพราะแรงกดดันของนักการเมืองในปารีส จากผลการปฏิบัติงาน ได้ค่าความผิดพลาดของระยะทางตามแนวเส้นแวง (Meridian) ระหว่างเมือง Dunkirk และเมือง Barcelona มีค่าเพียง 2,000 เมตรเท่านั้น

<u>การนำเสนอหน่วย "เมตร" ในทางฟิสิกส์เป็นครั้งแรก</u>

ในช่วงปี **1792** ถึง **1793** ขุนนางที่เป็นนักคณิตศาสตร์และนักปรัชญาแห่ง Condocet ได้เป็นประธานในการประชุมแห่งชาติฝรั่งเศส (French National Assembly) ณ เวลานั้นเขาได้เล็งเห็นว่า **"ระบบหน่วยการวัดสากลนั้นเป็นสิ่งจำเป็นลำดับต้นๆ ที่จะทำให้เกิดความเท่าเทียมกันในมวลมนุษย์"** ระหว่างที่คณะกรรมการศึกษาจะอนุมัติรายงานฉบับสุดท้ายในปี **1793** ที่ประชุมแห่งชาติได้ตัดสินให้สร้างอุปกรณ์ความยาวเมตรมาตรฐานชั่วคราว (Provisional Metre Standard) ซึ่งผู้สร้างคือวิศวกรชาวปารีสชื่อ Lenor

ต่อมาเมื่อผลการวัดครั้งสุดท้ายจบสิ้นลง ตัวเมตรชั่วคราวก็ถูกยกเลิก และจึงได้มีการนำมาตรฐานเมตรแท้ๆ ที่ได้จากนิยาม (True Definitive Metre) มาใช้แทนมีลักษณะเป็นแท่งพลาตินัมมีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 25 x 4.05 x 1000 มม. (ดูรูปที่ 2)



รูปที่ 2 มาตรฐาน "เมตร" ที่ได้จากนิยาม (True Definitive Metre)
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:8)

ในขณะนั้นเรื่องของหน่วยเมตรมาตรฐาน ได้เป็นงานในระดับนานาชาติไปเสียแล้ว ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมาธิการเรื่องการวัดสากล CGPM (Commision Generale des Poids et Measures) ประกอบด้วยคณะผู้แทนจาก 10 ประเทศในทวีปยุโรป และในเดือน **ก.ย. 1798** ได้มีการทวนสอบผลการวัดระยะทางตามแนวเส้นแวง ที่ทำการวัดบนพื้นฐานของการวัดเชิงมุมถึง 1800 มุม เป็นที่เรียบร้อย จึงทำให้เกิดการคำนวณจนได้นิยามว่า ความยาว 1 เมตรเกิดจาก เส้นปารีส (Paris line) หารด้วย 443,295,393 คณะกรรมมาธิการจึงได้สรุปนิยามความยาวของแท่งพลาตินั่มมาตรฐานที่สร้างมาขึ้นมาใหม่นั้นว่ามีความยาว 443.296 ของเส้นปารีส, และในกาลต่อมาการวัดสมัยใหม่ได้แสดงให้เห็นว่าความจริงแล้วสูตรดังกล่าวมีความผิดพลาดอยู่ –0.2 mm (2×10^{-4} m) คือสั้นกว่าขนาดจริง 0.2 mm นั่นเอง

"ผลของการที่ความยาว 1 เมตรมาตรฐานถูกเปลี่ยนมาเป็นแท่งพลาตินั่มในครั้งนั้น ทำให้น้ำหนัก 1 ก.ก. มาตรฐานเปลี่ยนจากการใช้น้ำ 1 ลิตรที่ 4 °C ไปเป็นตุ้มน้ำหนักที่ทำจากพลาตินั่มไปด้วย"

เมื่อ 22 มิย. 1799 สำนักงานสารบัญแห่งชาติของฝรั่งเศสได้มีการจัดระเบียบนิยามต่าง ๆ ให้เหมาะสมได้มีการเปลี่ยนให้ความยาวเมตรมาตรฐานและน้ำหนักกิโลกรัมมาตรฐานจะต้องทำจากพลาตินั่มไปพร้อมๆ กัน โดยวันที่ประกาศใช้นั้นถือเป็นวันเกิดของระบบเมตริก (Metric System) และในขณะเดียวกันสถาบันศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (Academy of Science) ได้นำเสนอแนวคิดที่จะเชื่อมโยงให้ความยาว 1 เมตร มีการแบ่งช่วงใช้ระบบเลขฐาน 10 ที่จุดนี้ ทำให้การที่จะเพิ่มหรือลดหน่วยวัดทำได้ง่ายๆ โดยการเติม "0" เข้าไป หรือตัด "0" ออกมา และพวก Dutch, Sweden ก็มีความเห็นสนับสนุนเรื่องนี้ จึงมีการพิจารณาตกลงให้ใช้คำนำหน้า (Prefix) ช่วยในการแปลงหน่วยวัดในระบบเมตริกให้ใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงได้ โดยการใช้คำ kilo-, deci-, centi-, และ milli- เพื่อจะใช้ในคำจำกัดความของหน่วยวัดทั้งหลายในระบบเมตริก กฎหมายนี้ผ่านความเห็นชอบเมื่อวันที่ **10 ธค. 1799** กำหนดให้แท่งพลาตินั่มที่ทำขึ้นรู้จักในนามของเมตรมาตรฐาน (Metre des Archives) หรือ "มาตรฐานอ้างอิงโดยกฎหมาย" และระบบเมตริกก็เป็นกฎหมายที่บังคับใช้ทุกสถานที่ในฝรั่งเศส แต่ก็ยังคงจะต้องใช้เวลาหลายปีอยู่เหมือนกันกว่าที่จะมีการยอมรับหน่วยเมตรเป็นมาตรฐานสากล ในปี **1837** สถาบัน Loi Relative aux Poids et Measures ได้ประกาศว่า หน่วยเมตรเป็นเพียงหน่วยเดียวที่ใช้วัดความยาว และในช่วงเวลา 30 ปีต่อมา รัฐบาลฝรั่งเศสได้ผลิต "Metre des Archive" โดยเลียนแบบจากของจริงแล้วส่งไปตามประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

อย่างไรก็ดีเมื่อเวลาผ่านไปนักวิทยาศาสตร์ และนักมาตรวิทยาทั้งหลายก็ได้ตระหนักถึงการที่จะทดแทนวิธีการวัดระยะทางเพื่อทวนสอบหาค่าความยาว 1 เมตรด้วยวิธีใหม่ เหตุจากมีผู้ให้ความเห็นว่าการจะอ้างอิงหน่วยมาตรฐานสากลโดยอาศัยหลักการวัดระยะทางไปตามผิวโลกแบบเดิมนั้นอาจไม่ใช่ความคิดที่ดีนักถึงแม้จะเป็นที่ทราบกันดีอยู่ว่าผิวโลกนั้นจะมีรูปทรงกลมที่สมบูรณ์และรูปร่างก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลามาก แต่นักฟิสิกส์ก็ยังมีแนวคิดว่าการผลิตแท่งความยาวมาตรฐานที่จะใช้ทั่วโลกน่าจะทำได้ด้วยระบบที่มีความกระทัดรัดกว่าการที่จะไปวัดระยะบนผิวโลก **เริ่มต้นใหม่อีกครั้ง**

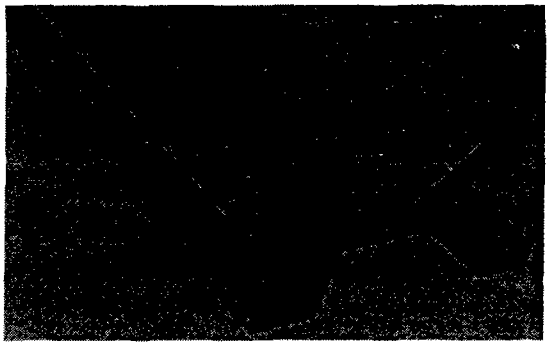
ต่อมาเสียงเรียกร้องจากทั่วโลกในเรื่องความยาวมาตรฐานสากลก็มีความจำเป็นขึ้นมาอีก เมื่อโรงงานจักรกลได้มีการขยายตัวมากขึ้น และเปิดรับแนวทางของอุตสาหกรรมการผลิตแบบใหม่ ได้มีการปฏิวัติรูปแบบของการผลิตชั้นนำที่แหวกแนว และมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตัวอย่างเช่น การคิดค้นเครื่องปั่นด้ายในอุตสาหกรรมทอผ้า,การปรับปรุงเครื่องจักรไอน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดจนถึงการขยายรางรถไฟ เป็นต้นคณะกรรมมาธิการจัดงานแสดงสินค้าที่กรุงปารีส (Paris Exposition) จัดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1867 มีจุดประสงค์ที่จะกำหนดระบบหน่วยการวัดสากลที่ใช้อย่างเป็นทางการและเป็นที่ยอมรับทั่วโลก เมื่อเดือน ส.ค. 1870 ได้มีการประชุมคณะกรรมมาธิการว่าด้วยเรื่องหน่วยเมตรระหว่างชาติ (International Metre Commission) ที่กรุงปารีสอีกครั้ง องค์ประชุมประกอบด้วยตัวแทนจากกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป 14 ประเทศ และตัวแทนจากรัฐต่างๆ ในอเมริกา 8 รัฐ ที่ประชุมได้ผ่านวาระการประชุมว่าด้วยเรื่องการเผยแพร่ระบบเมตริกให้ใช้เป็นระบบมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก และต่อมาเมื่อเดือน เม.ย.1872 คณะกรรมมาธิการดังกล่าวได้แต่งตั้งคณะกรรมการวิจัยขั้นเตรียมการ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 8 ท่าน มีหน้าที่พิจารณาผลิตต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติขึ้นมาใหม่ รวมทั้งมาตรฐานแห่งชาติที่จะทำจำลองนั้นจะทำด้วยโลหะผสม (Alloy) ที่มีความทนทานสูงทำจากพลาตินั่ม 90% และ อิริเดียม 10%

รูปที่ 3 ต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติ
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:9)

หลังจากนั้นไม่นานได้มีบริษัทในลอนดอนชื่อ บริษัท Johnson & Matthey ได้ผลิตแท่งความยาว 1 เมตรมาตรฐานขนาดเท่าๆ กัน และรูปร่างเหมือนๆ กันขึ้นมา 30 ชิ้น (รูปที่ 3) และเลือกมา 1 ชิ้น เพื่อกำหนดให้เป็น "**ต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติ**" หลังจากที่ได้มีการทดลองหลอมโลหะครั้งแรกถึง 6 ปี ส่วนแท่งความยาวมาตรฐานที่เหลือได้แจกจ่ายไปยังตัวแทนของ 17 ประเทศที่ร่วมลงนามในสนธิสัญญาเมื่อวันที่ 20 พ.ค.1875 การแจกจ่ายดำเนินไปจนถึงปี 1889 การลงนามเห็นชอบในสนธิสัญญาของที่ประชุมหน่วยมาตรฐาน (*Metre Convention*) ครั้งนั้นมีความสำคัญมากเพราะประกอบด้วยผู้ร่วมประชุม

จากประเทศต่าง ๆ ดังนี้ อาร์เจนตินา แอสโตร-ฮังการี, เบลเยี่ยม, บราซิล, เดนมาร์ค, ฝรั่งเศส, เยอรมันนี, อิตาลี, เปรู, โปรตุเกส, รัสเซีย, สเปน, สวีเดน – นอร์เวย์, สวิตเซอร์แลนด์, ตุรกี, USA และเวเนซูเอลา

เนื่องจากคุณภาพของพลาตินั่มที่ใช้ทำเกจบล็อคนั้นไม่ค่อยจะดีนัก พบว่าที่ผิวหน้าทั้ง 2 ด้านสึกกร่อนได้ง่าย จึงมีการเสนอให้ปรับปรุงต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติเสียใหม่ โดยออกแบบให้เป็นแท่งความยาวมาตรฐานที่มี พ.ท.หน้าตัดเป็นรูปตัว X ขนาด 20 x 20 mm (รูปที่4) เพื่อให้เกิดความแข็งแรงสูงสุด และมีน้ำหนักเบาที่สุด (ประมาณ 3.3 กก. เท่านั้น) มีการทำเครื่องหมายกำหนดระยะ 1 เมตรมาตรฐานไปตามผิวหน้าของด้านยาวเป็นขีด 3 คู่ ที่ปลายทั้ง 2 ด้าน โดยธรรมชาติของพื้นที่หน้าตัดแบบนี้จะสามารถรับแรงดึง และแรงกดอัดตามแนวยาวได้ดี อีกทั้งยังมีความคงทนต่อแรงบิดงอด้วย ระยะทางระหว่างรอยที่ทำเครื่องหมายไว้มีความยาวเทียบเท่ากับ 1 เมตร ที่อุณหภูมิ 0 °C ตั้งแต่ปี **1889** หน่วยงาน General Conference on weight and measures (Conference Generale des Poids et Measure (CGPM)) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับมาตรฐานทั่วๆ ไปในระบบ Metric ข้อพิจารณาต่าง ๆ ของ CGPM เกี่ยวกับระบบมาตรฐานนั้นจะมีผลบังคับใช้ทางกฎหมายในประเทศกลุ่มสมาชิกที่ร่วมประชุม International Metre Convention ซึ่งรวมถึงการประกาศใช้ระบบหน่วยสากล (International System of Unit) (SI) ก็อยู่ในความดูแลของ CGPM อีกทั้ง CGPM นี้ก็เป็นสำนักงานอย่างเป็นทางการของที่ประชุม International Metre Convention ด้วย บรรดาคณะกรรมการที่ร่วมเป็นสมาชิกของที่ประชุมดังกล่าวมีหน้าที่จัดการสถานที่ และเป็นธุระจัดเตรียมการประชุมสามัญในวาระต่างๆ ซึ่งได้ประสพผลสำเร็จในการจัดการประชุมครั้งแรกเรื่อง "นิยามของหน่วยเมตรต้นแบบ (Prototype definition of metre)"



รูปที่4 Prototype definition of metre
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:10)

<u>การปรับเปลี่ยนรูปแบบของตัวมาตรฐานในครั้งต่อมา</u>

สิ่งที่สำคัญในทางมาตรวิทยาของตัวต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาตินั้นก็คือความเชื่อถือได้เรื่องความยาวทางกายภาพของตัวมันนั่นเอง ซึ่งในกาลต่อมาก็ได้มีการพิสูจน์ถึงสาเหตุสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าตัวต้นแบบดังกล่าวไม่มีความเหมาะสมอีกต่อไป สาเหตุที่สำคัญก็คือความไม่แน่นอนของร่องบอกระยะเมตร (Marking) บนตัวมันเอง ได้มีนักมาตรวิทยาทำการวิเคราะห์รอยบากของร่อง โดยส่องกล้องขยายกำลังสูง พบว่ามันไม่ตรง (มองคล้ายๆ กับเส้นบิดงอ) ประกอบกับความหนาของร่องก็ไม่คงที่ และลายที่ขอบก็ไม่ตรงซึ่งสาเหตุดังกล่าว ได้มาจากข้อสรุปของสำนักงานมาตรฐานทางน้ำหนักและการวัดระหว่างชาติ (International Office of Weight and Measure) หรือภาษาฝรั่งเศสว่า Bureau International des Poids

Measure (BIPM)) ขณะทำการถ่ายค่ามาตรฐานจากตัวต้นแบบลงไปยังตัวมาตรฐานรอง (Secondary) การวัดครั้งนั้นได้ค่าความไม่แน่นอนที่พิสูจน์ได้ถึง +-0.2 UM. ซึ่งค่านี้จะถูกนำไปเป็นตัวประกอบในการหาความไม่แน่นอนของตัวมาตรฐานระดับรองลงไปที่จะต้องลอกแบบไปจากตัวต้นแบบนี้ ซึ่งหากคิดรวมกับค่าความไม่แน่นอนอันเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตด้วยแล้ว ก็นับว่าเป็นเรื่องที่ใหญ่โตพอสมควร

ในช่วงทศวรรษที่ **1890** ข้อกำหนดเกี่ยวกับความเที่ยงตรงทางด้านความยาวของแท่งมาตรฐานต้นแบบนั้นจำกัดไว้ไม่เกิน 1 um สำหรับต้นแบบที่ยาว 1 เมตร และ ผลิตภัณฑ์จากโรงงานอุตสาหกรรมทุกแห่งก็ยังคงมีการแข่งขันกันลดข้อผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดเสมอเพื่อผลทางการค้า ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นจุดที่ทำให้เกิดความรู้สึกว่าตัวมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้เป็นต้นแบบอยู่นั้นถึงเวลาที่จะต้องเปลี่ยนรูปแบบได้แล้ว มีคำถามเกี่ยวกับการใช้โลหะอัลลอยด์เป็นตัวมาตรฐานต้นแบบอยู่หลายเรื่อง เช่น ถ้าเกิดมีการชำรุดเสียหาย, ถ้ามีไฟไหม้ขึ้นมา, ถ้าเกิดสงคราม, หรือเกิด*ภัยธรรมชาติ* แล้วเราจะเหลืออะไรไว้ทำมาตรฐานอ้างอิงต่อไป จึงทำให้กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ได้มีแนวคิดในขั้นต่อมาว่า ความยาวมาตรฐานนี้น่าจะมาจากพื้นฐานของกฎธรรมชาติ หรือจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ อันจะสามารถใช้อ้างอิง และทำซ้ำขึ้นมาได้ตลอดเวลาที่ไหนก็ได้บนโลก ซึ่งก็เป็นที่แน่นอนว่าจะต้องมีการนำเสนอนิยามใหม่ของความยาว 1 เมตร โดยมีการแจ้งถึงความเที่ยงตรงจากนิยามนี้อย่างชัดเจน

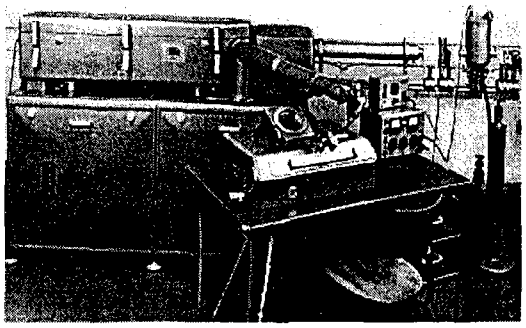
<u>ความก้าวหน้าครั้งยิ่งใหญ่ "นิยามของความยาวมาตรฐานจากความยาวคลื่นแสง"</u>

"นิยามความยาว 1 เมตร มีค่าเท่ากับความยาวคลื่นที่ได้จากการแผ่รังสีของแร่ Krypton (Kr^{86}) ซึ่งกำลังเปลี่ยนระดับพลังงานอยู่ในช่วง $5D_5$ และ $2P_{10}$ จำนวน 1650763.73 ช่วงคลื่น"

ย้อนกลับไปเมื่อปี ค.ศ.1827 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ J.Babinet ได้เสนอแนวคิดที่จะใช้ความยาวคลื่นของแสงเป็นมาตรฐานอ้างอิงในหน่วยของความยาว น่าเสียดายที่เขาไม่ได้อยู่ดูความสำเร็จของแนวคิดนี้ โดยในปี 1889 เป็นปีที่ตัวต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติยังคงอนุมัติใช้ได้อยู่ตามกฎหมาย และมีการเริ่มต้นที่จะหาสิ่งอื่นมาทดแทน จึงทำให้มีการริเริ่มที่จะวิจัยกันมากขึ้น ส่งผลให้กิจกรรมทางด้านมาตรวิทยาในช่วงนั้นกลับมาตื่นตัว ในปี 1892 ได้มีนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ **Albert Abraham Michaleson** ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการแผ่รังสีของแสงในย่านที่มองเห็น โดยเลือกที่จะวิจัยแถบความถี่ในย่านแสงสีแดง ซึ่งเปล่งแสงออกมาจาก หลอด Cadmium แล้วต่อมาช่วงปี **1905–0906** ก็มีทีมนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ **Benoit , Fabry** และ **Parrot** ได้ทำการทดลองตามแนวทางของ Michaleson แต่เขาได้พัฒนากระบวนการวิจัยให้ก้าวหน้าไปมาก ผลงานวิจัยของพวกเขาในครั้งนั้นได้ให้คำตอบกับนักมาตรวิทยาเกี่ยวกับพื้นฐานของความยาวคลื่นที่จะจัดหามามาทดแทนตัวต้นแบบตัวเดิม ซึ่งต่อมาก็ได้อนุมัติในการประชุม CGPM ครั้งที่ 7 ในปี **1927** ในยุคนั้นได้ให้คำนิยามของความยาว 1 เมตรว่ามีค่าเท่ากับ *"1552164.13 เท่าของความยาวคลื่นช่วงแสงสีแดงที่แพร่กระจายออกมาจากหลอด Cadmium ในอากาศปกติ"*

เนื่องจากกระบวนการวัดแถบความถี่แสงในสมัยนั้นยังไม่เป็นมาตรฐานสากล จึงยังคงกำหนดให้ใช้ตัวต้นแบบมาตรฐานระหว่างชาติเป็นตัวอ้างอิงหลักไปก่อนตามความจำเป็น จึงทำให้เกิดความคลุมเครืออยู่เรื่อยมาตลอดช่วงเวลา 30 ปีให้หลัง จนมาถึงเมื่อวันที่ 14 ตค. 1960 GCPM ได้จัดการประชุมครั้งที่ 11 ที่ประชุมลงความเห็นว่าการให้นิยามของเมตรมาตรฐานที่อ้างอิงไปถึงแท่งโลหะที่มีอายุ 80 ปีนั้น มีความเที่ยงตรงไม่เพียงพอ นิยามใหม่มาจากพื้นฐานของแถบความถี่ของคลื่นแสงสีส้ม ที่แผ่รังสีออกมาจากหลอด Krypton การตัดสินใจเปลี่ยนตัวมาตรฐานจากหลอด Cadmium ที่ผลิตแสงสีแดงมาเป็นหลอดแก๊ส Krypton (เป็นแก๊สเฉื่อยมีเลขมวล 86) เป็นผลมาจากการร่วมวิจัยของห้องปฏิบัติการแห่งชาติหลายประเทศ ผลของการเปลี่ยนตัวมาตรฐานนี้ทำให้เกิดนิยามของเมตรมาตรฐานที่เด่นชัดขึ้น

ลองมองที่ยุคปัจจุบัน แม้ว่าความยาวที่แท้จริงของระยะ 1 เมตร จะได้มาจากกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเที่ยงตรงสูง และยังต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมอย่างแน่นหนา แต่มันเป็นสิ่งจำเป็นต่อทุกคนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการจะเข้าถึงได้จึงต้องมีการฝึกฝนความชำนาญอยู่ในโลกของช่างเทคนิค และวิศวกร และต่อมาเมื่อมีการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญขึ้นก็ได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ในทางมาตรวิทยาขึ้นมาหลายๆ วิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีหนึ่งที่มีความเที่ยงตรงสูง และเป็นไปได้นั้นก็คือการอาศัยปรากฏการณ์การแทรกสอด (Interference) ทางแสง หรือการเปรียบเทียบตำแหน่งของความยาวคลื่นแสง และได้มีการสร้างอุปกรณ์เปรียบเทียบความยาวโดยหลักการแทรกสอด (Interference Comparator)



รูปที่5 Interference Comparator
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:12)

หลอดกำเนิดความยาวคลื่นแสงมาตรฐานที่บรรจุแก๊ส Kr^{86} นี้ ได้รับการพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการมาตรฐานทางฟิสิกส์และเทคโนโลยี (Laboratory of Physics & Technology) หรือชื่อภาษาเยอรมันว่า Physikalisch – Technische Bundesanstalt (PTB) แห่งสาธารณรัฐเยอรมันนี โดย Dr.R.Engelhard ซึ่งยังคงเป็นหลอดกำเนิดแสงที่มีความสำคัญในปัจจุบัน และใช้งานอยู่เฉพาะในกรณีพิเศษเท่านั้น จากความยาวคลื่นที่ได้หากนำไปใช้เป็นมาตรฐานทางความยาวแล้ว จะมีค่าความไม่แน่นอนในการวัดอยู่ที่ประมาณ $\pm$ 4 x 10^{-9} เมตร หรือ $\pm$ 0.004 um หรือ $\pm$ 4 nm. เท่านั้น หากจะเปรียบเทียบกันให้เห็นชัดๆ ก็คือ ถ้าเราจะทำการสอบเทียบความยาว 1000 กม. จะมีความไม่เที่ยงตรงเพียง $\pm$ 4 มม.

หลังจากที่วงการมาตรวิทยาได้มีการยอมรับนิยามเกี่ยวกับความยาวมาตรฐานตัวใหม่ในปี 1889 ซึ่งได้มาจากกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีความแม่นยำสูงขึ้นได้ไม่นานนัก ต่อมาในปี 1960 ได้มีการประกาศการค้นพบปรากฏการณ์ LASER ในอเมริกา โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Theodore H. Maiman (ในขณะที่ได้มีการประกาศใช้มาตรฐานที่เกิดจากแถบคลื่นของหลอด Krypton อยู่นั้นเอง) การประกาศใช้ตัวมาตรฐานอ้างอิงตัวใหม่นี้ให้ความเที่ยงตรงในการวัดสูงกว่าของเดิม ทั้งยังสามารถใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงได้สำหรับงานทุกวงการอีกด้วย

1.2.2.2 เครื่องมือวัดที่จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดในการถ่ายทอดค่าการวัดมาตรฐาน

โดยหลังจากได้ทราบที่มาของความยาว เมตรมาตรฐานแล้ว ก็ได้มีการคิดค้นสร้างเครื่องมือวัดขึ้นมา เพื่อจะได้นำไปใช้งานในทุกๆด้านที่มีการวัดทางด้านความยาว ในส่วนของเครื่องมือ

วัดที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะขอยกตัวอย่างเครื่องมือวัดที่จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดในระดับเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐาน ดังนี้คือ

- เกจบล็อก (Gauge Block) โดยเกจบล็อกจัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่มีลักษณะเป็นวัตถุที่ทราบค่าแน่นอน ใช้ในการถ่ายทอดค่าการวัดโดยการนำเครื่องมือวัดมาวัดเทียบกับเกบล็อก

- สเกลมาตรฐาน (Standard Scale) โดยสเกลมาตรฐาน จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่มีลักษณะเป็นวัตถุที่ทราบค่าแน่นอน โดยมีขีดสเกลระบุพิสัยของระยะทางที่แน่นอนใช้ในการถ่ายทอดค่าการวัดโดยการนำเครื่องมือวัดมาวัดเทียบกับสเกล

- เลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์ (Laser Interferometer) โดยเลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์ จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่เป็นเครื่องมือวัดทางด้านความยาว ที่มีความถูกต้องมากที่สุด โดยหลักการของการแทรกสอดลำแสงมาใช้ในการกำหนดพิสัย ของความยาวมาตรฐาน โดยจะใช้เลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัด ที่กำหนดสเกลให้กับเครื่องมือวัดต่างลองลงมา เพื่อจะได้นำไปใช้ในการวัดพิสัยในการวัดต่อไป

1.3 องค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นถือว่าเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีขั้นตอนต่าง ๆ ในอันที่จะพิสูจน์หาค่าความถูกต้องและความผิดพลาดของเครื่องมือวัด เพื่อที่จะให้ได้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยในหัวข้อที่ว่าด้วยองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบนั้น จะขอกล่าวในส่วนที่เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีเนื้อหาและรายละเอียดต่าง ๆดังนี้คือ

1.3.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

1.3.2 ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบ

1.3.3 การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy)

1.3.4 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบ

1.3.5 ความผิดพลาดในลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสอบทียบ

โดยเนื้อหาในองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับการสอบเทียบ จะขอกล่าวเป็นหัวข้อที่ได้ระบุเป็นหัวข้อดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นดังนี้คือ

1.3.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งเครื่องมือวัดที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบให้กับเครื่องมือวัดที่ใช้งาน และเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ โดยจะมีคำศัพท์ที่สำคัญที่ต้องควรทราบ เพื่อที่จะทำให้การสอบเทียบมีประสิทธิภาพและคุณภาพมากขึ้น โดยจะขอกล่าวเป็นนิยามของคำศัพท์ต่าง ๆดังต่อไปนี้คือ

1.3.1.1 ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดค่าความสามารถของเครื่องมือวัดชนิดนั้น ๆ ว่าจะมีโอกาสคลาดเคลื่อนไปได้ในระดับที่ผู้ผลิตกำหนดขึ้น โดยจะยกตัวอย่าง เช่น Outside-Mireometer Range 0-25 mm มีค่าความถูกต้อง $\pm$ 0.01 mm นั้นแสดงให้เห็นว่า Outside-Mireometer ชนิดนี้ มีค่าความถูกต้อง $\pm$ 0.01 mm โดยมีแต่ละตำแหน่งที่มีการวัดนั้นมีโอกาสที่จะคลาดเคลื่อนไปได้ $\pm$ 0.01 mm

1.3.1.2 ความละเอียด (Resolution) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆที่จะแบ่งแยกค่าการวัดได้ในระดับต่างๆที่แต่ละเครื่องมือวัดกำหนดขึ้น โดยมีค่าขนาดของสเกลที่ย่อยละเอียดลงไปเป็นไปในหลักของจุดทศนิยม ตั้งแต่ 1 หลัก 2 หลัก 3 หลัก ต่อไปเรื่อยๆ ที่เครื่องมือวัดได้กำหนดไว้

1.3.1.3 ค่าความผิดพลาด (Error) หมายถึง ค่าที่เกิดจากการวัดโดยการแสดงผลการวัดจากเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัด แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ระบุไว้ โดยผลที่ได้จะนำมาหักล้างกันโดยเป็นไปในลักษณะของการนำค่าที่วัดได้ตั้งลบกับค่าที่ระบุ (Actual – Nominal)

1.3.1.4 ค่าการวัดซ้ำ (Repeatability) หมายถึง ปริมาณของการวัดในค่าของการวัดที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยที่ทำการวัดที่ตำแหน่งเดียวกันหลายๆครั้ง อันเป็นผลที่ใช้อธิบายถึงความสามารถของการวัดซ้ำๆกันในเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ

1.3.2 ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบ

ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบนั้น จะแสดงออกในลักษณะของข้อมูลและรายละเอียดตามหัวข้อต่างๆได้ดังนี้ คือ

1.3.3.1 ความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1.3.3.2 เครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่นั้นมีคุณสมบัติตรงตามลักษณะ ที่ผู้ผลิตกำหนดหรืออยู่ในมาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น

1.3.3.3 เพื่อเป็นการรับรองยืนยันถึงคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

1.3.3.1 ความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ในการสอบเทียบนั้น ที่กล่าวมาแล้วในนิยามของการสอบเทียบ จะเห็นว่าการสอบเทียบ เป็นกระบวนการที่จะตรวจสอบเพื่อหาความผิดพลาดและความถูกต้องของการวัด ในการที่จะได้ทราบถึงความสามารถของเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่ ผลของการวัดจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา และระบบคุณภาพในการควบคุมกระบวนการในการตรวจสอบ โดยเนื้อหาที่กล่าวมานั้นจะเกี่ยวข้องกับความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นั้นก็คือ การทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเป็นการที่จะทำให้ปริมาณของของเสียมีจำนวนน้อยลง พร้อมกับทำให้คุณภาพองค์กรมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3.3.2 เครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่มีคุณสมบัติตรงตามลักษณะที่ผู้ผลิตกำหนดหรือไม่หรืออยู่ในมาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น

การที่นำเครื่องมือวัดไปใช้งาน ก็เพื่อที่จะต้องการทราบว่าชิ้นงานที่ผลิตออกมาแล้วนำไปวัดกับเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่นั้นมีความถูกต้องแค่ไหน ซึ่งจริง ๆ แล้ว ถ้ามองอีกอย่างก็คือ เครื่องมือวัดที่ใช้ไปเป็นเวลานาน ๆ เครื่องมือวัดชนิดนั้นยังอยู่ในคุณสมบัติที่ถูกกำหนดจากผู้ผลิตหรือไม่ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำเครื่องมือวัดไปทำการสอบเทียบ โดยรายละเอียดในการสอบเทียบจะมีการตรวจสอบลักษณะในการใช้งานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น ๆ เพื่อจะหาว่าเครื่องมือวัดชนิดนั้นมีค่าความผิดพลาดและค่าความไม่แน่นอนในการวัดเป็นเท่าไร

โดยการที่จะทำให้คุณภาพของเครื่องมือวัด ที่ใช้งานอยู่นั้นมีความสามารถลดน้อยลงอาจเกิดจากการใช้และการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไม่ถูกต้อง ซึ่งในส่วนนี้อาจจะส่งผลทำให้ความสามารถของเครื่องมือวัดเกิดความผิดพลาดไปจากความสามารถเดิมได้ ซึ่งถ้าอธิบายกันอย่างง่าย ๆ ถึงความสัมพันธ์กันในหัวข้อที่ 1.3.3.2 คือถ้ามีเครื่องมือวัดชนิดหนึ่ง โดยสมมติให้เป็นเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ขนาด 0 –

100 mm ความละเอียดในการอ่านค่าการวัดเท่ากับ 0.05 mm และความถูกต้องในการวัดเท่ากับ 0.02 mm โดยนำเวอร์เนียร์เครื่องนี้ไปวัดงานและผลกการวัดออกมาค่าหนึ่งแล้วได้นำเวอร์เนียร์รุ่นเดียวกับเวอร์เนียนที่ได้กล่าวมาแล้วมาวัดงาน โดยเป็นชิ้นงานเดียวกัน และเป็นเจ้าหน้าที่วัดคนเดียวกันด้วย แต่ปรากฏว่าค่าที่ออกมากลับไม่เหมือนกัน (ค่าที่วัดต่างกันระหว่างเวอร์เนียร์สองเครื่อง)

จากส่วนที่ยกตัวอย่างมานี้เพื่อจะอธิบายว่าอาจเกิดจากการนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปใช้งานเป็นเวลานาน ๆ และอาจจะใช้งานและบำรุงรักษาไม่ถูกต้อง และรายละเอียดตรงนี้อาจจะตรวจสอบได้จากการสอบเทียบ เพื่อจะได้ทราบว่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ใช้งานอยู่นั้นยังอยู่ในมาตรฐานของเวอร์เนียร์ชนิดนั้นอยู่หรือไม่ หรืออยู่ในคุณสมบัติของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

1.3.3.3 เพื่อเป็นการรับรองยืนยันถึงคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

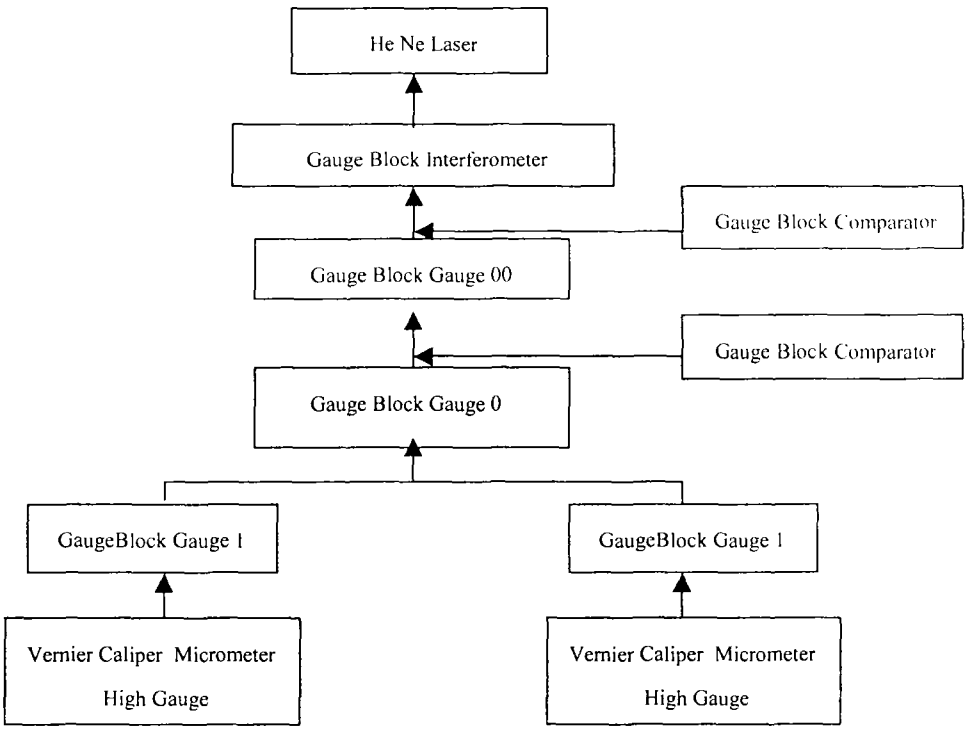
เมื่อได้ทำการสอบเทียบแล้ว ต่อมาจะเป็นการรับรองถึงการสอบเทียบของเครื่องมือวัดที่ได้ถูกสอบเทียบแล้วว่ามีคุณสมบัติอยู่ในขอบเขตที่มาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น ๆ กำหนดไว้หรืออยู่ในขอบเขตที่ผู้ผลิตกำหนดคุณสมบัติไว้ ซึ่งในรายละเอียดในข้อที่นี้ ทางหน่วยที่ถูกจัดตั้งให้ทำหน้าที่ในการสอบเทียบ หรือเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือวัดจะเป็นหน่วยงานที่ให้การรับรองถึงผลการสอบเทียบของเครื่องมือวัด

1.3.3 การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy)

การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy) หมายถึง คุณสมบัติของผลการวัดที่สามารถหาความสัมพันธ์กับมาตรฐานที่เหมาะสมซึ่งโดยทั่วไปได้แก่มาตรฐานระหว่างประเทศหรือมาตรฐานแห่งชาติ โดยการเปรียบเทียบอย่างต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1300-2537 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ) หรือจะกล่าวว่าการสอบกลับได้นั้นเป็นการแสดงถึงความสามารถของกรรมวิธีของการวัด (สอบเทียบ) ว่ามีการเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องและเหมาะสม ซึ่งเป็นรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบดังตัวอย่างนี้

เมื่อนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปสอบเทียบ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์จะถูกสอบเทียบโดยเกจบล็อก (เกรด 1, 2) และเกจบล็อกจะถูกสอบเทียบโดยเกจบล็อก (เกรด 0) และใช้ Gauge Block Comparator รวมในการสอบเทียบด้วย และเกจบล็อก (เกรด 0) จะถูกสอบเทียบ โดยเกจบล็อก (เกรด 00) และจะใช้ Gauge Block Comparator รวมในการสอบเทียบด้วย

โดยในการสอบกลับได้ของการวัดในรายละเอียดของการสอบเทียบนั้น จะเป็นขั้นๆเรื่อยไปจนถึงเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน โดยส่วนนี้จะอธิบายให้ทราบว่าเครื่องมือวัด (เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์) ได้สอบเทียบจากเครื่องมือวัดหรือวัสดุอ้างอิงอะไรบ้างและสามารถสอบกลับได้หรือไม่ ดังรูปแสดงการสอบกลับได้ของเครื่องมือวัด ดังนี้



1.3.4 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด ทุกสาขาทางด้านมาตรวิทยานั้นจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะแวดล้อม ในอันที่จะส่งผลกระทบต่อการสอบเทียบได้ และในเรื่องของสภาวะและสถานที่นั้นได้มีการกำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ที่ว่าด้วยข้อกำหนดทั่วไปของความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ด้วยเหตุนี้จะเห็นว่าสภาวะและสถานที่นั้นจะย่อมมีส่วนสำคัญเพราะว่าในกระบวนการของการสอบเทียบนั้นได้มีการกำหนดคุณสมบัติของสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบไว้ตามแต่จะทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น เพราะว่าเครื่องมือวัดหรือวัสดุอ้างอิงที่ใช้ประกอบในกรรมวิธีการสอบเทียบจะมีคุณสมบัติของเครื่องมือวัดหรือวัสดุว่ามีค่าถูกต้องคงที่ หรือมีค่าที่ระบุที่ติดมา (ค่าประจำตัว) กับเครื่องมือวัดหรือวัสดุที่อุณหภูมิที่เท่าไร

ด้วยเหตุผลในลักษณะนี้จึงได้มีการกำหนดถึงสภาพแวดล้อม ที่จะทำการควบคุมในกรรมวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ๆ ซึ่งได้มีการจัดทำห้องปฏิบัติการให้เหมาะสมกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ๆ โดยจะยกตัวอย่างประเภทห้องปฏิบัติการสอบเทียบดังนี้

เช่น 1. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางไฟฟ้า
2. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางมิติ(ความยาว)
3. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางอุณหภูมิ
4. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางความถี่

โดยในหัวข้อนี้จะขออธิบายในสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบทางด้านมิติ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุณหภูมิ
2. ความชื้น
3. ความสว่าง
4. ความสั่นสะเทือน

1.3.4.1 อุณหภูมิ

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดทางด้านรูปทรง ขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงของวัตถุ โดยได้ถูกออกแบบ และสร้างจากวัตถุที่เป็นโลหะ โดยลักษณะของโลหะนั้นยอมจะมีผลต่ออุณหภูมิ ที่เป็นองค์ประกอบที่ส่งผลกระทำให้โลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงในการยืดตัวและหดตัวได้ (ตามหลักวัสดุวิศวกรรม)

นั้นจะส่งผลทำให้เครื่องมือวัดที่มีองค์ประกอบ ที่เป็นโลหะเปลี่ยนแปลงด้วยในด้านของการยืดและขยายตัว และนั้นจะเป็นผลต่อมาที่ทำให้การวัดของเครื่องมือวัดเกิดการผิดพลาดในการวัด ได้ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้ในการวัดในกระบวนการสอบเทียบขึ้น โดยการจัดสร้างห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดขึ้น เพื่อใช้ในการควบคุมสภาวะแวดล้อมทางด้านอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่มีการกำหนดขึ้นนั้นจะมีค่าของอุณหภูมิอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 20 ^{o}C เนื่องจากที่ระดับของอุณหภูมิที่ 20 ^{o}C เป็นระดับที่ไม่มีผลต่อการยืดและหดตัวของโลหะ จึงทำให้ถูกกำหนดที่ระดับอุณหภูมิดังกล่าว แต่การที่จะควบคุมให้อุณหภูมิมีค่าที่ 20 ^{o}C คงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดพิกัดค่าเผื่อที่เป็นค่า $\pm$ ไว้ โดยได้กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานไว้ 2 ระดับของค่าพิกัดค่าเผื่อ คือที่ 20 C $\pm$ 1 ^{o}C และ 20 C $\pm$ 2 ^{o}C เพื่อไว้เป็นขอบเขตที่ยอมรับได้ ในการที่จะใช้ดำเนินการเป็นอุณหภูมิควบคุมในการจัดการสอบเทียบ

1.3.4.2 ความชื้น

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่ทำมาจากวัสดุ ที่เป็นโลหะ หรือ ทำจากเหล็ก ซึ่งนั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญประการหนึ่ง โดยเนื่องจากความชื้นจะผลต่อวัสดุที่มีองค์ประกอบที่ทำจากโลหะหรือเหล็ก นั้นก็คือ จะทำให้เกิดสนิมขึ้นบนตัวเครื่องมือวัดได้และจะส่งผลเสียหายมากต่อเครื่องมือวัด ต้องทำให้ต้องยกเลิกเครื่องมือวัดที่เป็นสนิมนั้นเสียและต้องจัดหาเครื่องมือวัดเครื่องใหม่มาใช้ ย่อมจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นด้วย จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความชื้นในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความชื้นทางห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางด้านมิตินั้นได้กำหนดไว้ว่าให้อยู่ในช่วง 35%-55%เพื่อป้องกันการเกิดสนิม ป้องกันการเกิดละอองน้ำจับบนผิวเครื่องมือวัด และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.4.3 ความสว่าง

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่มีการใช้สเกล เป็นสิ่งชี้วัดถึงขนาด ระยะทาง ของสิ่งถูกวัด โดยในการแสดงค่าการวัดของเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะมีตัวเลขกำกับบนขีดสเกลของเครื่องมือวัด หรือไม่ก็เป็นตัวเลขที่เป็นดิจิตอล ซึ่งจะเห็นว่าสิ่งชี้วัดนั้นจะสัมพันธ์กับการมองเห็น โดยการมองเห็นจะต้องใช้แสงสว่างเพื่อให้การมองเห็นเกิดความชัดเจนมากที่สุด เพราะว่า การให้แสงสว่างไม่เพียงพอจะส่งผลให้การวัดเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ และเมื่อให้แสงสว่างมากเกินไปจะส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดการมองเห็นที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากแสงสว่างมากเกินไปทำให้

ตาพล่า หรือตาลาย จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความสว่างภายในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความชื้นทางห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางด้านมิตินั้น ได้กำหนดไว้ว่าให้อยู่ในช่วง 100 ฟุตแคนเดลลา(Foot Candles) เพื่อป้องกันการมองเห็นมีความชัดเจนและถูกต้อง และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.4.4 ความสั่นสะเทือน

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่จะขาดไม่ได้เลยนั้นก็คือ ความสั่นสะเทือน เพราะว่าการสอบเทียบทางด้านมิติจะต้องกระทำภายใต้สภาพที่คงที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวของความสั่นสะเทือนในบริเวณที่ทำการสอบเทียบ โดยจะทำให้ผลการวัดเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ นั้นคือเมื่อได้ทำการสอบเทียบขึ้นแล้วปรากฏว่าระหว่างการสอบเทียบมีความสั่นสะเทือนเกิดขึ้น โดยเครื่องวัดที่ได้ทำการสอบเทียบนั้นจะให้ค่าที่ไม่ถูกต้องจากความเป็นจริงที่ควรจะเป็น โดยจากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความสั่นสะเทือนภายในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความสั่นสะเทือนภายใน 0.001 gmax เพื่อป้องกันให้การสอบเทียบมีความเที่ยงตรงและทำให้การมองเห็นมีความชัดเจนและถูกต้อง และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.5 ความผิดพลาดและผลกระทบในลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสอบทียบ

การปฏิบัติในการทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น จะมีองค์ประกอบต่างๆที่ส่งผลให้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น เกิดความผิดพลาด และความถูกต้องได้ โดยที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อต่างๆ ล้วนแล้วเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติทั้งสิ้น โดยในหัวข้อที่กล่าวต่อไปนี้จะเป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับความผิดพลาดและผลกระทบในลักษณะต่างๆที่มีผลต่อการสอบทียบ โดยจะมีรายละเอียดของความผิดพลาดและผลกระทบที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ดังต่อไปนี้ คือ

1.3.5.1 ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)

1.3.5.2 ผลกระทบทางอุณหภูมิ (Thermal Effect)

1.3.5.3 ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

1.3.5.4 ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)

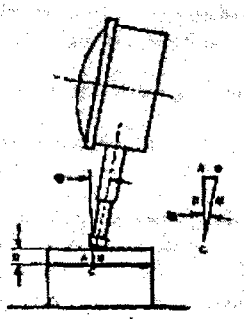
1.3.5.5 ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง

1.3.5.6 ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression)

โดยจะขอกล่าวในหัวข้อของความผิดพลาดที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติดังนี้

1.3.5.1 ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)

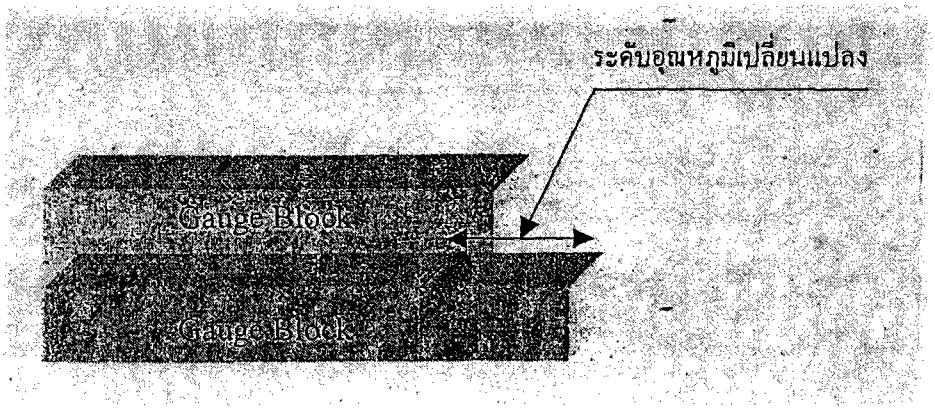
ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการติดตั้งเครื่องมือวัดในการสอบเทียบ ไม่อยู่ในแนวแกนวัดเดียวกัน โดยกล่าวคือ การที่นำเครื่องมือวัดที่จะถูกสอบเทียบไปทำการติดตั้งกับเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ แล้วไม่จัดเกาการติดตั้งให้เครื่องมือวัดทั้งสองอยู่ในแนวแกนวัดเดียวกัน อันจะส่งผลให้ผลของการสอบเทียบที่แสดงออกมาได้ค่าความผิดพลาด ที่ผิดจากความเป็นจริง โดยมีรูปภาพแสดงความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error) ดังนี้



รูปที่6.ภาพแสดงความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)
(บุญพริ้ง สุขสบาย และวชิระ มีทอง. มปป. : 3)

1.3.5.2 ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Effect)

ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Effect) เป็นผลกระทบอันที่เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมจากภายนอกมากระทำกับวัตถุนั้นก็คือ เครื่องมือวัดโดยผลที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นไปในลักษณะของการหดตัวและขยายตัวของขนาดเครื่องมือวัด ที่เป็นไปตามหลักการของวัสดุวิศวกรรมนั้นคือ เมื่อมีอุณหภูมิภายนอกมากระทำโดยเป็นอุณหภูมิที่สูงวัตถุจะยืดตัวออก และเมื่อมีอุณหภูมิภายนอกมากระทำโดยเป็นอุณหภูมิที่ลดลงวัตถุจะหดตัวเข้า นั้นจะมีผลกระทบทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้ โดยเมื่อทำการสอบเทียบที่ไม่อยู่ในสภาพที่ควบคุมตามมาตรฐาน ผลที่ได้จากการสอบเทียบจะผิดพลาดไปได้ โดยมีรูปภาพแสดงลักษณะของผลกระทบทางอุณหภูมิ (Thermal Effect) ดังนี้



รูปที่7.ภาพแสดงความผิดพลาดทางอุณหภูมิ (Thermal Effect)

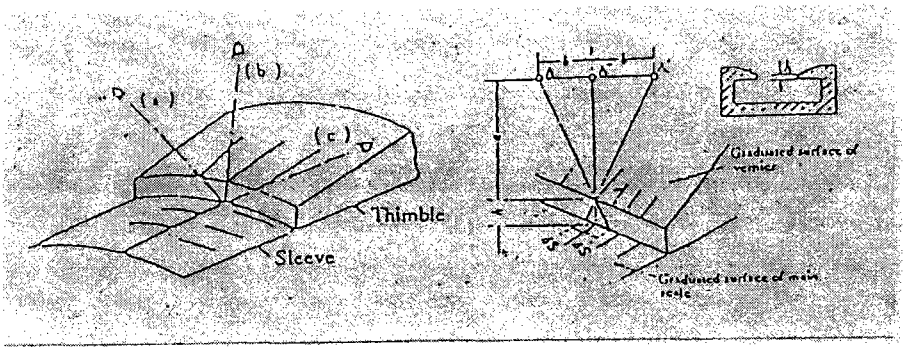
1.3.5.3 ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

เป็นผลกระทบอันเนื่องมาจากความสามารถในการแบ่งแยกของค่าการวัดในแต่ละช่วงของการวัด และผลการวัดในแต่ละเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดไม่เท่ากัน โดยความผิดพลาดด้านนี้จะเป็นไปในลักษณะของปริมาณวัดไม่พอดี ช่องสเกลหรือค่าที่กำหนด จึงทำให้เกิดการปัดค่าการวัด (Resolution round off) จะส่งผลให้ผลการวัดมีความคลาดเคลื่อนได้จากการอ่านค่าการวัด จากเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบและเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ

1.3.5.4 ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)

ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการอ่านค่าการวัด จากเครื่องมือวัดที่มีการแสดงค่าการวัดเป็นสเกล เนื่องจากความผิดพลาดในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นโดยการที่ผู้ปฏิบัติงานได้ดำเนินการนำเครื่องมือวัดที่เป็นสเกล อันได้แก่ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ บรรทัดเหล็ก ไมโครมิเตอร์ ไดอัลเกจ เป็นต้น ไปใช้ในการวัดงานโดยจะอ่านค่าการวัดจากสเกลของเครื่องมือวัดนั้นแต่เมื่อมีการมองไปที่สเกลของเครื่องมือวัดแล้วเกิดการมองที่ผิดมุม (มองเอียงซ้ายหรือมองเอียงขวา) แล้วเมื่อทำการสอบเทียบจะส่งผลให้ค่าจากการสอบเทียบเกดความผิดพลาดขึ้นได้ โดยมีรูปภาพแสดงลักษณะของความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error) ดังนี้



รูปที่8.ภาพแสดงความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)
(สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2541. :95)

1.3.5.5 ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง (Geometric Error)

ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง (Geometric Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ที่มีผลมาจากลักษณะของวัตถุที่ไม่มีความตรง ความขนาน ความเรียบหรือโค้ง โดยจากความผิดพลาดในลักษณะนี้ จะส่งผลให้การสอบเทียบที่มีการใช้เครื่องมือวัด อันที่จะต้องทำการสอบเทียบเกิดค่าการสอบเทียบที่ผิดจากความจริงที่จะได้จากการสอบเทียบ

1.3.5.6 ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression)

ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการกระทำในการทำการสอบเทียบ ในลักษณะของการกด แตะ คีบ หรือการกระทำใดที่ทำให้เกิดแรงในการวัดขึ้น โดยจะส่งผลให้เกิดการหดตัวและขยายตัวในวัตถุหรือเครื่องมือวัด ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้โดยถ้าออกแรงกดมากไปหรือน้อยไปค่าที่ได้ก็จะผิดพลาดได้

1.4 มาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นเป็นกระบวนการหรือขั้นตอนในการดำเนินงาน ที่ใช้ในการตรวจสอบหรือขั้นตอนในการเฝ้าระวังในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ โดยการสอบเทียบได้เป็นขั้นตอนหนึ่งในระบบมาตรฐานทางคุณภาพ ที่เป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมโดยในหัวข้อของมาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ นั้นจะขอยกตัวอย่างดังต่อไปนี้คือ

1.4.1 ระบบมาตรฐาน ISO 9000

1.4.2 ระบบมาตรฐาน QS9000 (TSI/16949)

1.4.3 ระบบมาตรฐาน ISO 14000

1.4.4 ระบบมาตรฐาน HACCP

1.4.5 ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

โดยในรายละเอียดของแต่ละมาตรฐานจะอธิบายดังต่อไปนี้

1.4.1 ระบบมาตรฐาน ISO 9000

ระบบมาตรฐานISO 9000 เป็นระบบมาตรฐานที่จัดทำขึ้นเพื่อให้กระบวนการหรือขั้นตอนของการปฏิบัติ มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบและถูกต้อง โดยในมาตรฐาน ISO 9000 นั้นจะเข้าไปอยู่ในทุกระบบของทุกอุตสาหกรรมทั้งทางด้านการบริการและทางผลิต โดยทุกขั้นตอนจะมีขั้นตอนการดำเนินงานในการเฝ้าระวัง ที่จะให้มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ แล้วกระบวนการสอบเทียบนั้นเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานในระบบมาตรฐาน เพื่อที่จะตรวจสอบและระวังไม่ให้เกิดความเสียหายกับการผลิต เนื่องจากจะทุกขั้นตอนของการผลิตจะต้องมีการวัด นั้นก็คือต้องมีการใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบหรือวัดผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ซึ่งถ้าเครื่องมือวัดเกิดความเสียหายขึ้น แต่ไม่ทราบยังนำเครื่องมือวัดที่เป็นเครื่องมือวัดที่มีเสียไปใช้ ย่อมจะเกิดความเสียหายตาม จึงต้องมีการสอบเทียบขึ้นเพื่อจะได้แน่ใจในเครื่องมือวัดที่ใช้งานและเพื่อที่จะให้งานออกมามีคุณภาพ

1.4.2 ระบบมาตรฐาน QS9000 (TSI/16949)

ระบบมาตรฐาน QS9000 (ISO/TS 16949) เป็นระบบมาตรฐานทางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยระบบมาตรฐาน QS 9000 เป็นระบบคุณภาพที่กลุ่มบริษัทรถยนต์ยักษ์ใหญ่ของสหรัฐสามรายคือฟอร์ด (Ford) เจเนรัล มอเตอรส์ (General Motors) และไครสเลอร์ (Chrysler) ร่วมกันกำหนดขึ้นในปี 2537 โดยได้นำระบบคุณภาพของตนมาผสมผสานกัน เพื่อใช้เป็นมาตรฐานร่วมสำหรับซัพพลายเออร์ของบริษัททั้งสามนอกเหนือไปจากข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละบริษัท ระบบดังกล่าวมีเป้าหมายหลักเพื่อลดการสูญเสียในสายการผลิตทุกขั้นตอนในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนล่าสุดได้มีการผสมผสานระหว่างระบบมาตรฐาน ISO 9001:2000 และระบบมาตรฐาน QS 9000 ขึ้นเป็นระบบมาตรฐาน ISO/TS 16949 ซึ่งได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนทั้งในสหรัฐอเมริกาและยุโรป (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.2544 : 7)โดยในระบบ ระบบมาตรฐาน QS9000 (ISO/TS 16949) ได้มีการกำหนดขั้นตอนในการสอบเทียบเครื่องมือวัดขึ้นเพื่อต้องการความถูกต้องและคุณภาพสูงเพื่อที่จะลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต

1.4.3 ระบบมาตรฐาน ISO 14000

ระบบมาตรฐาน ISO 14000 เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยคณะกรรมการเทคนิคของ ISO เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการจัดการธุรกิจที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นให้องค์กรมีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมในการควบคุม และปรับปรุงผลการปฏิบัติงานของกระบวนการ ผลิต

ภัณฑ์และบริการ เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเช่น ผลกระทบที่เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ผลกระทบต่อสุขอนามัย และผลกระทบต่อนิเวศน์วิทยา นับตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ การวิจัยและพัฒนา การผลิต การส่งมอบ การนำไปใช้งาน การนำกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดขั้นสุดท้าย ระบบดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางไม่น้อยไปกว่าระบบมาตรฐาน ISO 9000 เนื่องจากเกิดความตื่นตัวในด้านการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมในประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศพัฒนาแล้ว ในปัจจุบันธุรกิจไม่น้อยได้เข้าสู่ระบบดังกล่าวเพื่อป้องกันการถูกกีดกันทางการค้าด้วยเหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัย

ระบบมาตรฐาน ISO 14000 เกี่ยวข้องกับระบบมาตรวิทยาเนื่องจากการเฝ้าติดตามและการวัดผลการรักษาสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องอาศัยการวัดค่าตัวแปรต่าง เช่น อัตราการปล่อยของเสียและสารต่าง ๆ โดยข้อกำหนดที่ 4.4.1 ของระบบ ISO 14000 กำหนดให้องค์กรที่ต้องการได้รับการรับรองต้องสอบเทียบและรักษาเครื่องมือวัดและเครื่องทดสอบ ตลอดจนให้บันทึกการสอบเทียบและการบำรุงรักษาเพื่อให้มั่นใจได้ว่าค่าที่วัดได้มีความน่าเชื่อถือ (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.2544 : 8)

1.4.4 ระบบมาตรฐาน HACCP

ระบบมาตรฐานHACCP เป็นระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤติที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Points หรือ HACCP) เป็นระบบมาตรฐานเพื่อป้องกันอันตรายในอาหารซึ่งกำหนดขึ้นโดย FAO/WHO Codex Alimentarius Commission (CODEX) ระบบมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดแนวทางการควบคุมความปลอดภัยในขั้นตอนที่สำคัญในการจัดหาอาหารเพื่อให้มั่นใจได้ว่า อาหารดังกล่าวปราศจากสิ่งปนเปื้อนทางชีวภาพ สิ่งปนเปื้อนทางเคมี และสิ่งปนเปื้อนทางกายภาพ

เมื่อปี 2538 องค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration) แห่งสหรัฐอเมริกาได้นำข้อกำหนดของระบบดังกล่าวมาออกกฎหมายบังคับใช้ในการผลิตอาหารทะเล และเมื่อปี 2539 กระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (FSIS – USDA) ได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์เนื้อและสัตว์ปีกต้องใช้ระบบดังกล่าวในการผลิตด้วย นอกจากนี้หน่วยงานระหว่างประเทศ เช่น องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAD) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ยังให้การยอมรับระบบดังกล่าวด้วย ล่าสุดเมื่อเดือนมกราคม 2543 คณะกรรมาธิการของสหภาพยุโรป (Commission of European Communities) ได้ออกประกาศสมุดปกขาวเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร (White Paper on Food Safety) ซึ่งกำหนดให้ผู้ผลิตอาหารและสัตว์ต้องใช้มาตรฐาน HACCP อย่างเป็นระบบในปัจจุบันผู้ประกอบการผลิตอาหารในประเทศไทยที่ส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปต้องเริ่มปรับตัวในการจัดทกระบบดังกล่าวขึ้นเป็นแนวางในการผลิตอาหารกระป๋องทั้งประเภทที่มีความเป็นกรดต่ำ และอาหารปรับกรด อาหารทะเลและผลิตภัณฑ์จากอาหารทะเล อาหารประเภทเนื้อสัตว์ และสัตว์ปี ตลอดจนน้ำผลไม้

HACCP ทำให้เกิดความต้องการระบบมาตรวิทยาที่ได้มาตรฐานมากขึ้น เช่นเดียวกับระบบมาตรฐานอื่น ๆ แม้ว่า HACCP จะไม่มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับมาตรวิทยาโดยตรงก็ตาม เนื่องจากกิจกรรมที่ผู้ประกอบการจะต้องจัดทำขึ้นก่อนเข้าสู่ระบบ HACCP รวมถึง โปรแกรมพื้นฐานทั่วไป (Common Pre-requisite Programs) ซึ่งกำหนดให้การวัดต่าง ๆ ในการผลิต ไม่ว่าจะเป็นวัดวัตถุดิบทางเคมีเพื่อหาสารพิษ วัตถุเจือปนและสารปนเปื้อน หรือการวัดทางจุลชีววิทยาเพื่อตรวจหาโคลิฟอร์ม หรือ อี โคไล (E colli) หรือการวัดปริมาณต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตเช่น เวลา อุณหภูมิและ pH ต้องได้รับการดูและและสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ และต้องจัดทำเอกสารที่ เกี่ยวข้องในอนาคตอันใกล้นี้ การเข้าสู่ระบบมาตรฐานสากลโดยเฉพาะมาตรฐาน ISO 9000 จะเป็นภารกิจที่มีความสำคัญเร่งด่วนสำหรับธุรกิจไทยในการพัฒนาความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ ระบบมาตรวิทยาทั้งในระดับชาติและในระดับห้องปฏิบัติการที่ได้มาตร

ฐานจะเป็นปัจจัยเกื้อหนุนที่สำคัญที่ช่วยให้ธุรกิจของไทยสามารถเข้าสู่ระบบมาตรฐานสากลและผลิตสินค้าส่งออกไปยังตลาดโลกได้อย่างมีประสิทธภาพ ในทางตรงกันข้าม หากระบบมาตรวิทยาของประเทศไทยเป็นระบบที่ไม่ได้มาตรฐานหรือไม่สามารถให้บริการได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการแล้ว ระบบมาตรวิทยาก็จะกลายเป็นภาระแก่ธุรกิจไทยในการเข้าสู่มาตรฐานสากล (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2544 : 10)

1.4.5 ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เป็นระบบมาตรฐานที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นการจัดการและควบคุมให้กับห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ในอันที่จะทำให้ห้องปฏิบัติการมีการควบคุมคุณภาพและรักษาไว้ซึ่งความถูกต้อง อันจะส่งผลให้การสอบเทียบมีประสิทธิภาพ โดยแต่เดิมระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 มีชื่อว่าระบบมาตรฐาน ISO/IEC Guide25 แต่ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว และในระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ได้มีข้อกำหนดที่เข้มงวดกับความสามารถของบุคคลที่จะทำหน้าที่ต่าง ๆในห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ทั้งในด้านของทักษะและความรู้ของผู้ที่จะปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ความสามารถ โดยเมื่อได้รับการรับรองในระบบมาตรฐานดังกล่าวแล้ว สามารถที่จะให้การรับรองในเครื่องมือวัดที่สอบเทียบได้ตามที่ระบุในขอบข่ายที่ระบุไว้ในเอกสารและใบรับรอง และเป็นมาตรฐานที่สำคัญต่อการสอบเทียบโดยตรง พร้อมกับได้รับการยอมรับจากทุกมาตรฐานในระบบอุตสาหกรรม

2. วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ ของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ควรจะต้องทราบและมีความเข้าใจในเรื่องของวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติเพื่อจะทำให้การสอบเทียบมีความถูกต้อง เนื่องจากการที่ไม่มีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดด้านมิติจะส่งผลต่อการปฏิบัติงาน และเป็นองค์ประกอบแรกในการที่จะทำการสอบเทียบ นั้นหมายถึงว่าควรที่จะใช้เครื่องมือวัดให้เป็นหรือมีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดเสียก่อน ที่จะตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องมือวัดชนิดนั้น การที่ไม่มีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดย่อมไม่ทำให้การสอบเทียบเครื่องมือวัดแสดงผลที่มีความถูกต้องออกมา พร้อมกันนั้นเมื่อใช้เป็นใช้ได้แล้วควรที่จะรู้จักการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อเป็นการรักษาให้เครื่องมือวัดด้านมิติมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และคงไว้ซึ่งสภาพการใช้งานตามลักษณะของครื่องมือวัดด้านมิติชนิดนั้น โดยในรายละเอียดที่กล่าวต่อไปนี้จะว่าด้วยเรื่อง ของวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติที่เป็นพื้นฐานของการสอบเทียบเวร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) โดยมีรายละเอียดเป็นหัวข้อดังนี้

2.1 การใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อก (Gauge Block)

2.2 การใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Pate)

2.3 การใช้และบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

โดยจะเริ่มจากข้อที่ 2.1 ดังนี้

2.1 การใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อก (Gauge Block)

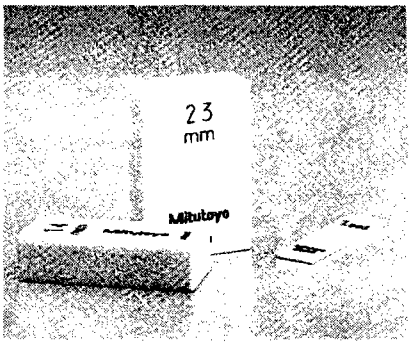
2.1.1 เกจบล็อก (Gauge Block) หมายถึง วัสดุหรือเครื่องมือวัดที่มีขนาดของค่าที่ระบุไว้ที่แน่นอน และถือเป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบเครื่องมือวัดประเภทความยาว ดังเช่น เวอร์เนียร์, ไมโครมิเตอร์, ไฮเกจ และอื่น ๆ

โดยรูปลักษณ์ของเกจบล็อก (Gauge Block) มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมดังเช่น

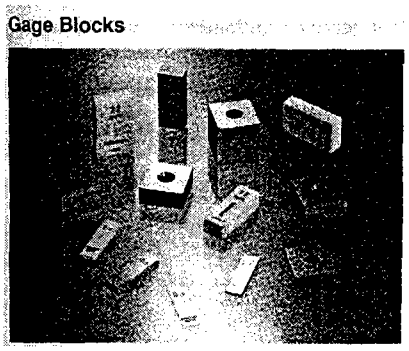
- รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular gauge block)
- รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square gauge block)

และเกจบล็อก (Gauge block) ได้มีการทำมาจากวัสดุดังเช่น

- เหล็ก (Steel)
- เซรามิก



รูปที่9.แสดงลักษณะของเกจบล็อก (Gauge block)
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)

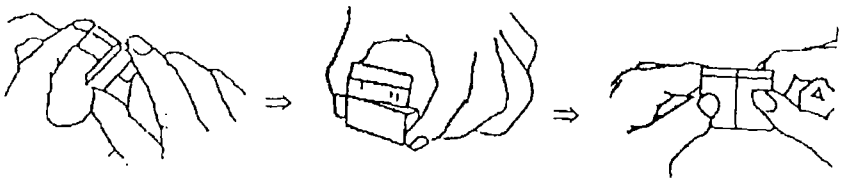


รูปที่10.แสดงลักษณะของเกจบล็อก (Gauge block)ที่มีขนาดต่าง ๆ บอกค่าต่าง ๆ
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)

2.2.2 วิธีการใช้เกจบล็อกมีรายละเอียดดังนี้

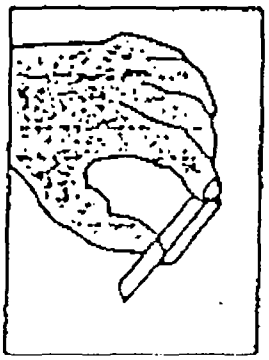
- ทำความสะอาดเกจบล็อก โดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์95%-100% เช็ดทำความสะอาดก่อนการใช้งาน
- นำเกจบล็อกที่เช็ดคราบวาสลีนหรือคราบน้ำมันที่เคลือบออกแล้ว นำมาวางบนผ้าที่เป็นชนิดที่มีความอ่อนนุ่มหรือผ้าหนังชามัวร์
- ให้เช็ดทำความสะอาดเกจบล็อกอีกครั้ง โดยใช้กระดาษทิชชูชุบหรือผ้าหนังชามัวร์เช็ดทำความสะอาด ให้แท่งเกจบล็อกมีความเงา
- เมื่อจะทำการประกบเกจบล็อกมีขั้นตอนดังนี้ โดยมีการประกบเกจบล็อกอยู่ 3 รูปแบบ โดยมีดังนี้คือ

- **การประกบเกจบล็อกที่มีความหนา 2 ชิ้นเข้าด้วยกันมีรายละเอียดดังนี้**
  - นำเกจบล็อกมาประกบกันให้เป็นรูปกากบาท
  - ให้ออกแรงกดเบา ๆและคอยเลื่อนแท่งเกจบล็อกให้เลื่อนสัมผัสกันจะรู้สึกฝืด
  - เลื่อนแท่งเกจบล็อกให้เท่าเสมอกัน



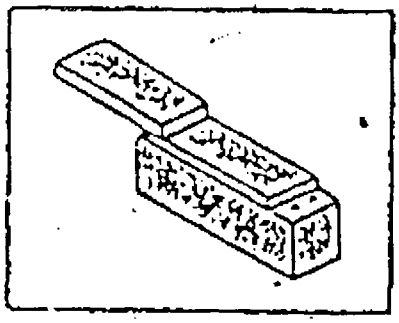
รูปที่11. แสดงการประกบเกจบล็อกที่มีความหนา 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :2)

- **การประกบเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าบนชิ้นที่หนากว่ามีรายละเอียดดังนี้**
  - นำเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าวางปลายเกจบล็อกชิ้นที่หนากว่า
  - ออกแรงกดเบา ๆ และเลื่อนชิ้นที่บางกว่าไปบนชิ้นที่หนากว่าจนแท่งเกจบล็อกเลื่อนเสมอกันสนิท



รูปที่12. แสดงการประกบเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าบนชิ้นที่หนากว่า
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :2)

- **การประกบเกจบล็อกชิ้นที่บาง ๆ เข้าด้วยกันมีรายละเอียดดังนี้**
  - นำเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าประกบเข้ากับชิ้นที่หนากว่า
  - นำเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าประกบเข้ากับเกจบล็อกชิ้นบางที่ได้ประกบบนชิ้นที่หนาก่อนหน้านี้
  - ทำการเลื่อนชิ้นที่หนาออก



รูปที่ 13. แสดงการประกบเกจบล็อกชิ้นบาง ๆเข้าด้วยกัน
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :3)

- ภายหลังจากการใช้เกจบล็อกแล้วนำไปทำความสะอาดโดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาดแล้วใช้ผ้าเป็นชนิดที่อ่อนนุ่มหรือกระดาษชิชชูเช็ดซ้ำอีกครั้ง
- นำเกจบล็อกที่ทำความสะอาดแล้ว นำไปทาวาสลีนเคลือบผิวบาง ๆที่แท่งเกจบล็อก
- นำไปใส่ในกล่องบรรจุและเก็บเข้าที่

2.2.3 วิธีการบำรุงรักษาเกจบล็อกมีดังนี้

- ก่อนนำเกจบล็อกไปใช้งานควรทำความสะอาดทุกครั้ง เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อผิวเกจบล็อก
- เมื่อนำเกจบล็อกไปใช้งานควรระมัดระวังอย่าให้ผิวเกจบล็อกเป็นรอยขีดข่วนจนสัมผัสได้เพราะจะทำให้ผิวของเกจบล็อกเสียหายได้
- เมื่อนำเกจบล็อกไปใช้งานโดยการประกบเกจบล็อกหลังจากเลิกใช้งานแล้วให้แยกเกจบล็อกออกจากกันเพื่อป้องกันไม่ให้ผิวเกจบล็อกเกิดความเสียหาย
- หลังจากเลิกใช้งานแล้วควรที่จะเช็ดทำความสะอาดเหมือนกับตอนที่นำออกมาใช้งาน เมื่อเช็ดทำความสะอาดแล้วให้ทาวาสลีนเคลือบที่เกจบล็อกให้ทั่วทั้งแท่งเกจบล็อก และนำใส่กล่องบรรจุที่เตรียมไว้หรือกล่องบรรจุเฉพาะใส่เกจบล็อก

2.5 การใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Pate)

2.5.1 โต๊ะระดับ (Surface Pate) คือ เครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้เป็นฐานในการอ้างอิงในการวัดชิ้นงานและเป็นฐานสำหรับการว่างเครื่องมือวัดในการทำการสอบเทียบ โดยลักษณะของโต๊ะระดับนั้นมีคุณสมบัติในด้านของความเรียบที่มีความถูกต้องทางด้านความเรียบสูงมากและสร้างขึ้นมาโดยทำมาจากเหล็กหรือหินแกรนิต

2.5.2 วิธีการโต๊ะระดับ (Surface Pate) มีรายละเอียดดังนี้

- ในการเริ่มใช้งานของโต๊ะระดับนั้น ควรเริ่มจากการทำความสะอาดที่พื้นผิวโต๊ะระดับก่อนโดยการใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาด ให้ทั่วที่พื้นผิวโต๊ะระดับ
- ให้ใช้ผ้าที่เป็นชนิดที่อ่อนนุ่มเช็ดทำความสะอาดอีกครั้งแล้วจึงเริ่มนำไปใช้งาน

- เมื่อเริ่มใช้งานโดยการนำชิ้นงานหรือเครื่องมือวัด ที่มีน้ำหนักมากมาว่างบนโต๊ะระดับ นั้นควรที่จะนำชิ้นงานหรือเครื่องมือวัดขึ้นด้านข้างของโต๊ะระดับ เพื่อไม่ให้ผิวของโต๊ะระดับเกิดความเสียหายได้

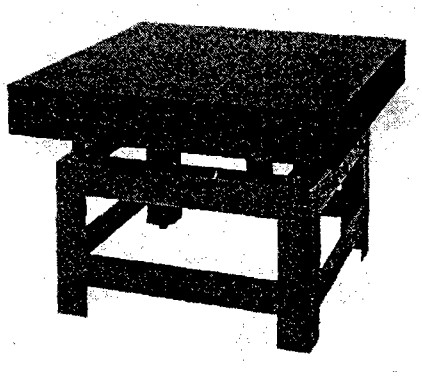
- ภายหลังจากการเลิกใช้งาน ให้ทำการเช็ดทำความสะอาดโต๊ะระดับโดยการใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาด ให้ทั่วที่พื้นผิวโต๊ะระดับและเช็ดซ้ำอีกครั้งด้วยใช้ผ้าที่เป็นชนิดที่อ่อนนุ่มเช็ดทำความสะอาดอีกครั้งแล้วนำผ้ามาคลุมไว้

2.5.3 วิธีการบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Pate) มีรายละเอียดดังนี้

- ไม่ควรนำวัตถุหรือชิ้นงานที่มีความคมหรือผิวไม่เรียบมาว่างบนพื้นผิวโต๊ะระดับ เพราะจะทำให้เกิดรอยขึ้นบนพื้นผิวโต๊ะระดับ

- ก่อนและหลังการใช้งานควรเช็ดทำความสะอาดอยู่เสมอ และมีผ้าคลุมโต๊ะระดับไว้เสมอ

- ไม่ควรนำวัตถุหรือชิ้นงานที่มีน้ำหนักมากเกินกว่าพิกัดของโต๊ะระดับ มาวางเพราะจะทำให้เกิดการยุบตัวขึ้นบนพื้นผิวโต๊ะระดับ

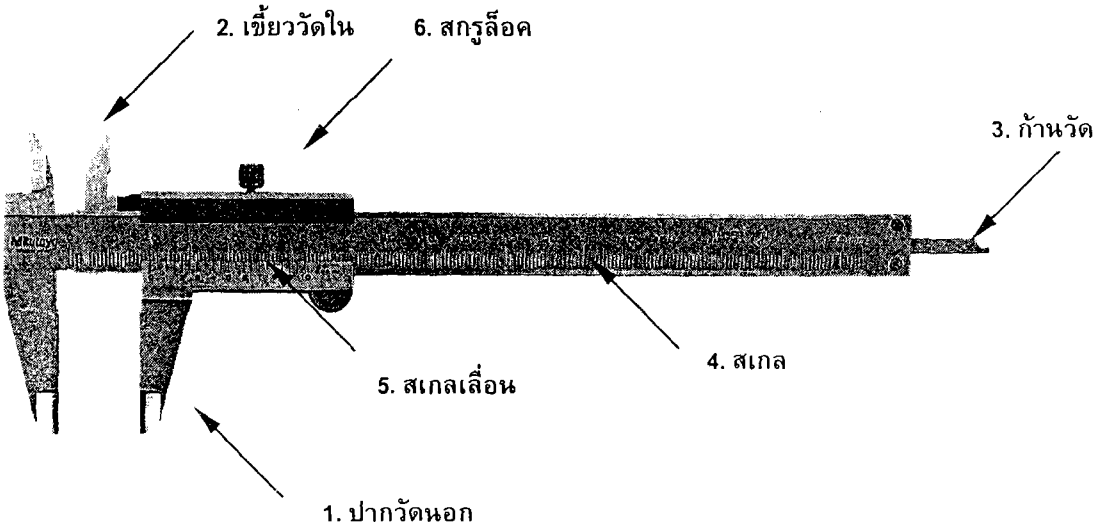


รูปที่14แสดงลักษณะของ โต๊ะระดับ (Surface Pate)
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :8)

2.6 การใช้และบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

2.6.1 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) คือเครื่องมือวัดละเอียดชิ้นหนึ่งซึ่งเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับวัดขนาดรูปทรงของชิ้นงานในลักษณะตามความยาวหรือความหนา โดยเป็นเครื่องมือวัดที่มีการแสดงค่าการวัดเป็นสเกล ที่มีตัวเลขกำกับ หรือเป็นแบบดิจิตอล ที่แสดงผลออกมาเป็นตัวเลข โดยมีรายละเอียดของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) ดังนี้

2.6.2 ส่วนประกอบ



รูปที่ 15 แสดงส่วนประกอบของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :2)

1. ปากวัดนอก (External Jaw) จะเลื่อนเข้า - ออกได้ เพื่อวัดขนาดภายนอกของชิ้นงาน
2. เขี้ยววัดใน (Internal Jaw) จะเลื่อนเข้า – ออกได้ เพื่อวัดขนาดภายในของชิ้นงาน
3. ก้านวัดลึก (Depth gauge) เป็นส่วนท้ายของเวอร์เนียร์ใช้วัดความลึกของชิ้นงาน
4. สเกลหลัก (Main Scale) เป็นสเกลหยาบที่อยู่บนลำตัวของเวอร์เนียร์ใช้สำหรับอ่านค่าจำนวนเต็มของการวัด
5. สเกลเลื่อน (Vernier Scale) เป็นสเกลปากเลื่อนของเวอร์เนียร์ใช้สำหรับอ่านค่าความละเอียด
6. สกรูล็อค (Lock Nut) ใช้ล็อคตำแหน่งให้คงที่เมื่อวัดขนาดได้ตามต้องการแล้ว ขันสกรูล็อคเพื่อกันปากวัดเลื่อนไป – มา

2.6.3 หลักการแบ่งสเกลและการอ่านค่า

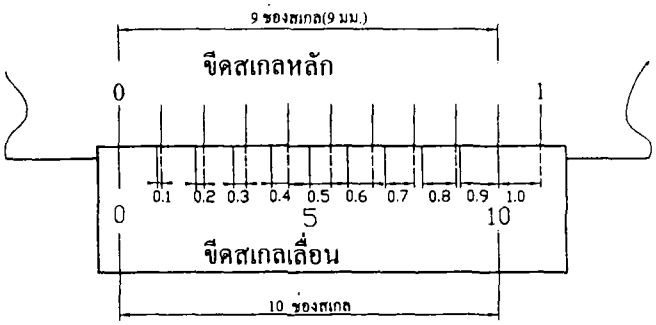
2.6.3.1 วิธีแบ่งสเกลค่าความละเอียด 0.1 มิลลิเมตร

- ช่องสเกลหลักมีค่าเท่ากับ 1 *mm*
- วิธีการสร้างสเกลเลื่อน

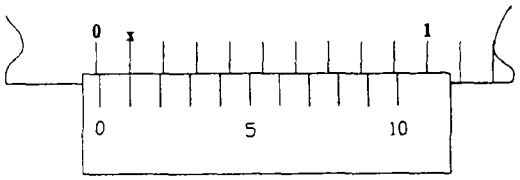
  ทำได้โดยแบ่งออกเป็น 10 ส่วน เท่า ๆ กัน โดยให้ขีดที่ 10 ของสเกลเลื่อนตรงกับขีดที่ 9 ของ สเกลหลัก

  10 ช่องสเกลเลื่อน = 9 ช่องสเกลหลัก = 9 mm

1 ช่องสเกลเลื่อน = $\frac{9}{10}$ ช่องสเกลหลัก = 0.9 mm

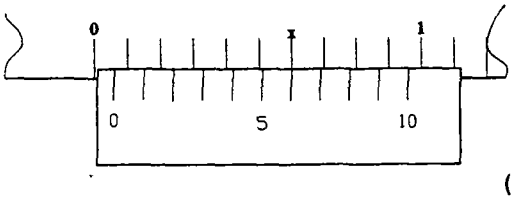


รูปที่ 16ก. แสดงขีดสเกลเลื่อนและสเกลหลักของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :3)



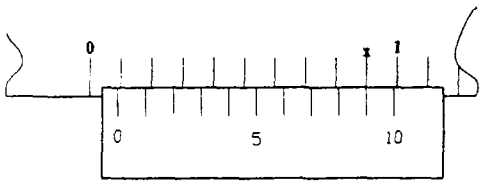
ขีดที่ 1 สเกลเลื่อน ตรงกับ ขีดที่ 1 สเกลหลัก
ขีดสเกล 0 เยื้องกัน 0.1 mm

รูปที่ 16ข. แสดงขีดสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :3)



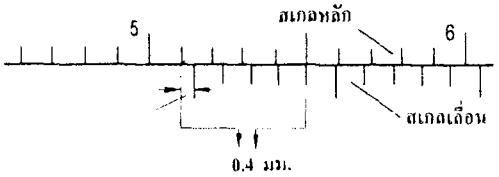
ขีดที่ 6 สเกลเลื่อน ตรงกับ ขีดที่ 6 สเกลหลัก
ขีดสเกล 0 เยื้องกัน 0.6

รูปที่ 16ค. แสดงขีดสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :3)



ขีดที่ 9 สเกลเลื่อน ตรงกับ ขีดที่ 9 สเกลหลัก
ขีดสเกล 0 เยื้องกัน 0.9 mm

รูปที่ 16ง. แสดงขีดสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. : 4)



รูปที่ 16จ. การอ่านค่าสเกลได้ 51.4 mm
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. : 4)

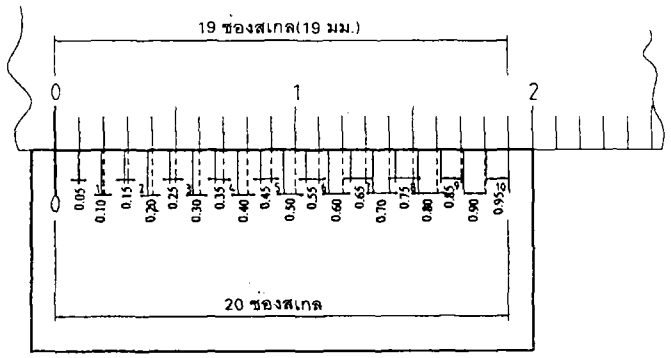
จากรูป 17 อ่านค่าตามลำดับดังนี้

1) ค่าที่เป็นจำนวนเต็ม → ขีดแรกสเกลเลื่อนอยู่เลยขีดที่ 51 สเกลหลักเล็กน้อยอ่านค่าได้ 51 mm

2) ค่าที่เป็นทศนิยม → ขีดที่ 4 สเกลเลื่อนตรงกับขีดที่ 4 สเกลหลักอ่านค่าได้ 0.4 mm

3) นำค่ามารวมกัน → 51 + 0.4 = 51.4 mm

2.6.3.2 วิธีแบ่งสเกลค่าความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร



รูปที่ 17ก. สเกลค่าความละเอียด 0.05 mm

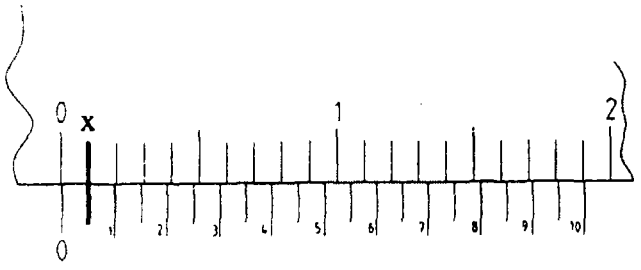
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :4)

- 1 ช่องสเกลหลักมีค่าเท่ากับ 1 mm
- วิธีการสร้างสเกลเลื่อน

ทำได้โดยแบ่งออกเป็น 20 ช่อง เท่าๆ กัน โดยให้ขีดที่ 20 ของสเกลเลื่อนตรงกับขีดที่ 19 ของสเกลหลัก

20 ช่องสเกลเลื่อน = 19 ช่องสเกลหลัก = 19 mm

1 ช่องสเกลเลื่อน = $\frac{19}{20}$ ช่องสเกลหลัก = 0.95 mm

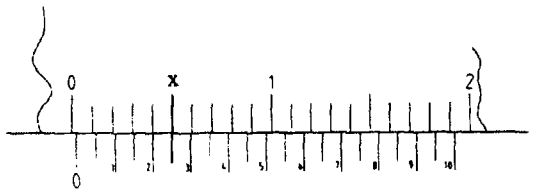


ขีดที่ 1 สเกลเลื่อน ตรงกับขีดที่ 1 สเกลหลัก

ขีดสเกล 0 เยื้องกัน 0.05 mm

รูปที่ 17ข.แสดงขีดสเกล

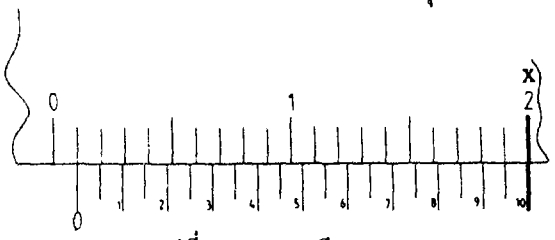
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :5)



ขีดที่ 5 สเกลเลื่อน ตรงกับ
ขีดที่ 5 สเกลหลัก
ขีดสเกล 0 เยื้องกัน 0.25 mm

รูปที่ 17ค.แสดงขีดสเกล

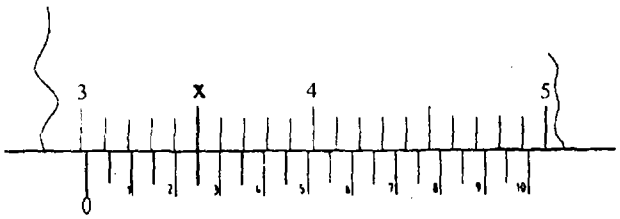
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :5)



ขีดที่ 20 สเกลเลื่อน ตรงกับขีด
ที่ 20 สเกลหลัก
ขีดสเกล 0 เยื้องกัน 1 mm

รูปที่ 17ง. แสดงขีดสเกล

(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :5)



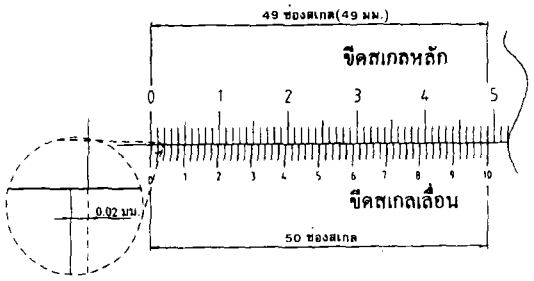
รูปที่ 17จ. แสดงขีดสเกล

(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :6)

จากรูป 18. อ่านค่าตามลำดับดังนี้

1) ค่าที่เป็นจำนวนเต็ม → ขีดแรกสเกลเลื่อนอยู่เลยขีดที่ 30 สเกลหลักเล็กน้อยอ่านค่าได้ 30 mm
2) ค่าที่เป็นทศนิยม → ขีดที่ 5 สเกลเลื่อนตรงกับขีดที่ 5 สเกลหลักอ่านค่าได้ 0.25 mm
3) นำค่ามารวมกัน → 30 + 0.25 = 30.25 mm

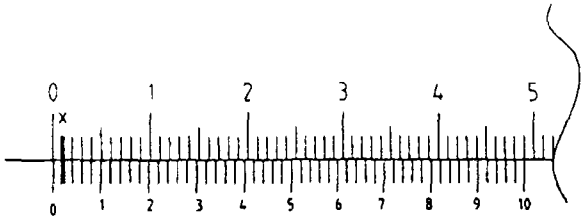
2.6.3.3 วิธีแบ่งค่าความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร



รูปที่ 18ก. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ค่าความละเอียด 0.02 mm

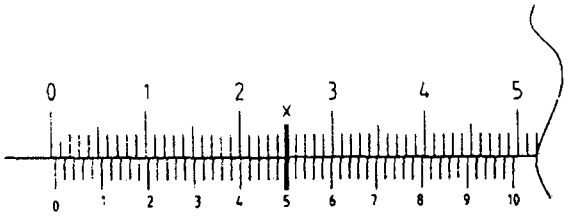
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :6)

- 1 ช่องสเกลหลัก มีค่าเท่ากับ 1 mm
- วิธีการสร้างสเกลเลื่อน
  ทำได้โดยแบ่งออกเป็น 50 ช่อง เท่า ๆ กัน โดยให้ขีดที่ 50 ของสเกลเลื่อนตรงกับขีดที่ 49 ของสเกลหลัก
  50 ช่องสเกลเลื่อน = 49 ช่อง สเกลหลัก = 49 mm
  1 ช่องสเกลเลื่อน = $\frac{49}{50}$ ช่อง สเกลหลัก = 0.98 mm



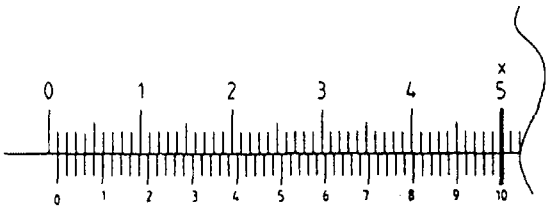
ขีดที่ 1 สเกลเลื่อน ตรงกับ
ขีดที่ 1 สเกลหลัก
ขีดสเกล 0 เยื้องกัน 0.02 mm

รูปที่ 18ข. แสดงขีดสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)



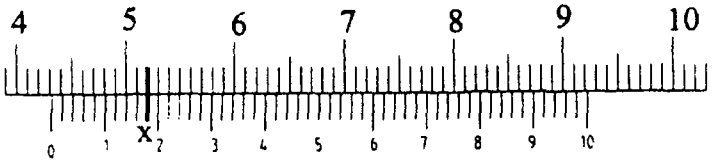
ขีดที่ 25 สเกลเลื่อน ตรงกับขีดที่ 25 สเกลหลัก
ขีดสเกล 0 เยื้องกัน 0.50 mm

รูปที่ 18ค. แสดงขีดสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)



ขีดที่ 50 สเกลเลื่อน ตรงกับขีดที่ 50 สเกลหลัก
ขีดสเกล 0 เยื้องกัน 1.00 mm

รูปที่ 18ง. แสดงขีดสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)



รูปที่ 18จ. แสดงขีดสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)

จากรูป 18จ. อ่านค่าได้ ตามลำดับดังนี้

1) ค่าที่เป็นจำนวนเต็ม → ขีดแรกสเกลเลื่อนอยู่ระหว่าง 43 และ 44 อ่านค่าได้ 43 mm

2) ค่าที่เป็นทศนิยม → ขีดที่ 9 สเกลเลื่อนตรงขีดสเกลหลักพอดี (9 × 0.02) อ่านค่าได้ 0.18 mm

3) นำค่ามารวมกัน → 43 + 0.18 = 43.18 mm

2.6.4 การตรวจสภาพของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ก่อนการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดชิ้นงานจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์เสียก่อนว่ามีสภาพพร้อมใช้งาน มีรายละเอียดดังนี้

ในรูปแบบของ Vernier Caliper แบบสเกล มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

- ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาด ทุกชิ้นส่วนของเวอร์เนียร์
- เส้นสเกลหรือขีดสเกลในการอ่านค่าจะต้องอยู่ในสภาพที่ขีดสเกลอ่านได้ชัดเจนไม่เลือนลาง
- ระบบ Mechanic ของเครื่องมือวัดไม่เกิดการติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้
- ผิวสัมผัสของปากวัดนอกของ Vernier Caliper แบบสเกลจะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหักจนผิดรูปของปากวัด
- ผิวสัมผัสของปากวัดนอกเมื่อชิดกัน เมื่อส่องกับแสงต้องมีแสงลอดผ่านได้ไม่เกิน Resolution ของตัวเวอร์เนียร์
- ขีดสเกลหลักและขีดสเกล Vernier จะต้องตรงกันที่ตำแหน่งศูนย์ ในขณะที่เลื่อนปากวัดนอกมาสัมผัสกับสนิท

ในรูปแบบ Vernier Caliper ตัวเลข มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

- ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาด ทุกชิ้นส่วนของเวอร์เนียร์
- ผิวสัมผัสของปากวัดนอกของ Vernier Caliper แบบตัวเลขจะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก
- ผิวสัมผัสของปากวัดนอกเมื่อชิดกัน ส่องกับแสงต้องมีแสงลอดผ่านได้ไม่เกิน Resolution ของตัวเวอร์เนียร์
- ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้
- ตัวเลขบนหน้าปัดแสดงค่าการวัด จะต้องอ่านค่าได้ชัดเจน
- ให้เคลื่อนที่ของชุดการวัดที่ปากวันอกไปมา 2-3 ครั้งเพื่อตรวจเช็คสภาพการแสดงค่าการวัดโดยตัวเลขจะต้องหยุดเมื่อหยุดการเคลื่อนที่

ในรูปแบบ Dial Caliper มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

- ตรวจสอบเหมือนตัวเลขและสเกล แต่เพิ่มการตรวจสอบหน้าปัด dial โดยตรวจสอบ ZERO ที่หน้าปัด Dial และลองเลื่อนไป-มา สังเกตดูว่ามีทิศทางการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้าเคลื่อนที่ สัมพันธ์กัน คือ เลื่อนที่ Vernier ออกแล้ว เข็มที่หน้าปัด Dial จะหมุนตามเข็มนาฬิกา แสดงว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้

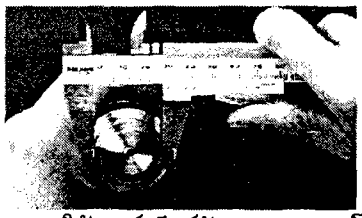
2.6.5 การใช้งานของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบสเกล แบบตัวเลขและแบบ Dial Gauge มีรายละเอียดดังนี้

- ทำความสะอาดปากวัดนอกของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบสเกล แบบตัวเลขและแบบ

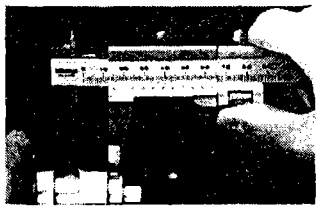
Dial Gauge โดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาดที่บริเวณปากวัด

- ทำการเลื่อนปากวัดนอกให้ปากวัดนอกมาแตะสัมผัสกันสนิท
- ยกขึ้นส่องกับแสงสว่างเพื่อตรวจสอบความเรียบที่บริเวณปากวัดนอก จะต้องไม่เห็นแสงลอดผ่านที่บริเวณผิวหน้าสัมผัส
- ให้ทำการ SET ZERO โดยกดปุ่ม ZERO ที่บริเวณหน้าปัดบอกค่าการวัด ให้เลื่อนปากวัดออกมาเล็กน้อยและเลื่อนกลับไปที่ตำแหน่งเดิมเพื่อเช็คตำแหน่งศูนย์ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(ในแบบตัวเลข)
- ให้ทำการ SET ZERO โดยให้เลื่อนปากวัดมาสัมผัสกันสนิทแล้ว ให้ดูที่ขีดสเกลหลักและสเกลเลื่อนที่ตำแหน่งศูนย์จะต้องตรงกันเพื่อเช็คตำแหน่งศูนย์ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (ในแบบสเกล)
- ให้ทำการ SET ZERO โดยให้เลื่อนปากวัดมาสัมผัสกันสนิทแล้ว ให้ดูที่เข็มชี้สเกลยาว โดยเมื่อปรับหน้าปัดให้สเกลศูนย์ตรงกับกับเข็มชี้สเกลยาวแล้วเลื่อนปากวัดออกจากกันแล้วเลื่อนกลับมาที่ตำแหน่งศูนย์ โดยจะต้องตรงกันเพื่อเช็คตำแหน่งศูนย์ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (ในแบบ Dial Gauge)
- เมื่อเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มนำไปใช้งาน

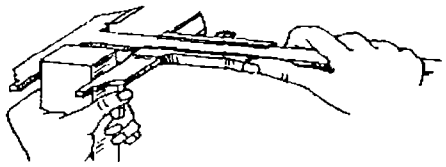
การใช้ Vernier Caliper วัดขนาดภายนอกของชิ้นงาน



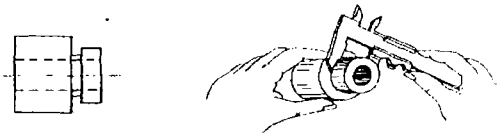
รูปที่ 19ก. การใช้เวอร์เนียร์วัดขนาดความโตของเพลา



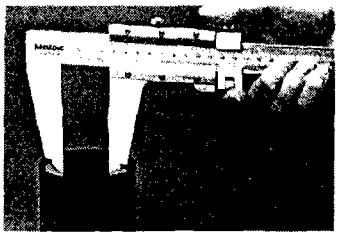
รูปที่ 19ข. การใช้เวอร์เนียร์วัดระยะภายนอก



รูปที่ 19ค. แสดงการวัดและอ่านค่า



รูปที่ 19ง. การใช้เวอร์เนียร์วัดชิ้นงานตกร่อง



รูปที่ 19จ. แสดงการวัดงานภายชิ้นงาน

รูปที่ 19ฉ. การใช้เวอร์เนียร์แบบพิเศษวัดงาน

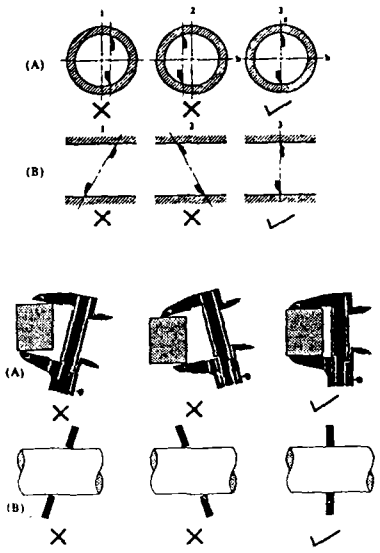
(รูปที่ 19ก-19ฉ. อ้างอิงจาก สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :10-11)

ขั้นตอนการวัดขนาดของงาน

1) ตรวจสอบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
2) ทำความสะอาดบริเวณผิวงานที่ต้องการวัด
3) เลือกใช้ปากวัดให้เหมาะสมกับลักษณะที่ต้องการ
   3.1) ถ้าต้องการวัดขนาดภายนอก เลือกใช้ปากวัดนอก
   3.2) ถ้าต้องการวัดขนาดภายใน เลือกใช้ปากวัดใน
   3.3) ถ้าต้องการวัดงานที่เป็นช่อง เล็ก ๆ ใช้บริเวณส่วนปลายของปากวัดนอก
4) เลื่อนเวอร์เนียร์สเกลให้ปากเวอร์เนียร์สัมผัสชิ้นงาน ใช้แรงกดให้พอดี
5) ขณะอ่านค่าวัดสายตาต้องมองตรงตั้งฉากกับ ตำแหน่งที่อ่าน แล้วจึงอ่านค่า

2.6.6 การบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มีรายละเอียดดังนี้

- ทำความสะอาดและลบคมชิ้นงานก่อนใช้เวอร์เนียร์วัด
- อย่าวัดชิ้นงานขณะกำลังหมุน
- อย่าวัดชิ้นงานขณะร้อน
- อย่าใช้ปากวัดนอก หรือปากวัดในขีดขนาดงานเวลาร่างแบบ หรือขณะวัดงาน
- อย่าลากปากวัดไปมาบนชิ้นงาน
- ทำความสะอาดและทาวาสลีนทุกหลังการใช้งาน
- เก็บไว้ในกล่องบรรจุหรือวางไว้บนผ้า ห้ามเก็บวางรวมกับเครื่องมือมีคม
- อย่าเก็บเวอร์เนียร์ในที่ร้อนหรือเย็นจัด
- อย่าล็อคสกรูก่อนเก็บเวอร์เนียร์ และให้ปากวัดนอกห่างกันเล็กน้อย



รูปที่ 21. แสดงลักษณะการวัดจากการใช้เวอร์เนียร์วัดงาน
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :13)

3. วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

ในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)นั้น ได้มีการอธิบายในกรรมวิธีของการสอบเทียบ ไว้เป็นขั้นตอน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(VernierCaliper) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

3.1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

ในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) มีรายละเอียดในการสอบเทียบดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนของการตรวจสอบสภาพของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

3.1.2 ขั้นตอนของการตรวจสอบความเรียบของปากวัดของเวอร์เนียรคาลิปเปอร์

3.1.3 ขั้นตอนของการตรวจสอบความขนานของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

3.1.4 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์จะทำการเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3.3.1 เป็นเริ่มแรก โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนของการตรวจสอบสภาพของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีดังนี้

ในรูปแบบของ Vernier Caliper แบบสเกล มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.1.1.1 เส้นสเกลหรือขีดสเกลในการอ่านค่าจะต้องอยู่ในสภาพที่ขีดสเกลอ่านได้ชัดเจน ไม่เลือนลาง

3.1.1.2 ระบบ Mechanic ของเครื่องมือวัดไม่เกิดการติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้

3.1.1.3 ผิวสัมผัสของปากวัดนอกของ Vernier Caliper แบบสเกลจะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหักจนผิดรูปของปากวัด

3.1.1.4 ผิวสัมผัสของปากวัดนอกเมื่อชิดกัน เมื่อส่องกับแสงต้องมีแสงลอดผ่านได้ไม่เกิน Resolution ของตัวเวอร์เนียร์

3.1.1.5 ขีดสเกลหลักและขีดสเกล Vernier จะต้องตรงกันที่ตำแหน่งศูนย์ ในขณะที่เลื่อนปากวัดนอกมาสัมผัสกับสนิท

ในรูปแบบ Vernier Caliper ตัวเลข มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.1.1.6 ผิวสัมผัสของปากวัดนอกของ Vernier Caliper แบบตัวเลขจะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก

3.1.1.7 ผิวสัมผัสของปากวัดนอกเมื่อชิดกัน ส่องกับแสงต้องมีแสงลอดผ่านได้ไม่เกิน Resolution ของตัวเวอร์เนียร์

3.1.1.8 ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้

3.1.1.9 ตัวเลขบนหน้าปัดแสดงค่าการวัด จะต้องอ่านค่าได้ชัดเจน

3.1.1.10 ให้เคลื่อนที่ของชุดการวัดที่ปากวันอกไปมา 2-3 ครั้งเพื่อตรวจเช็คสภาพการแสดงค่าการวัดโดยตัวเลขจะต้องหยุดเมื่อหยุดการดคลื่อนที่

ในรูปแบบ Dial Caliper มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.1.1.11 ตรวจสอบเหมือนตัวเลขและสเกล แต่เพิ่มการตรวจสอบหน้าปัด dial โดยตรวจสอบ ZERO ที่หน้าปัด Dial และลองเลื่อนไป-มา สังเกตดูว่ามีทิศทางการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้าเคลื่อนที่ สัมพันธ์กัน คือ เลื่อนที่ Vernier ออกแล้ว เข็มที่หน้าปัด Dial จะหมุนตามเข็มนาฬิกา แสดงว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้

3.1.2 ขั้นตอนของการตรวจสอบความเรียบของปากวัดของเวอร์เนียรคาลิปเปอร์

ในการตรวจสอบความเรียบจะทำการตรวจสอบที่ปากวัดนอก ดังมีรายละเอียดดังนี้

3.1.2.1 ตรวจสอบที่ปากวัดนอก โดยตรวจสอบความเรียบที่ปากวัดนอก คือในการตรวจสอบจะทำการเลื่อนปากวัดนอกทั้งสองให้มาสัมผัสกันสนิท และนำไปส่องกับแสดงสว่าง เพื่อดูว่ามีแสดงลอดผ่านหรือไม่โดยจะเป็นการตรวจสอบสภาพที่ปากวัดนอก

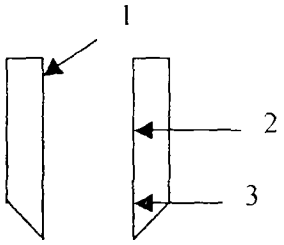
3.1.3 ขั้นตอนของการตรวจสอบความขนานของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ในการตรวจสอบความขนานจะทำการตรวจสอบที่ปากวัดนอก มีรายละเอียดดังนี้

3.1.3.1 ตรวจสอบความขนานที่ปากวัดนอก โดยการตรวจสอบความขนานจะใช้เกจบล็อกประกอบในการตรวจสอบ กล่าวคือนำเกจบล็อกที่เลือกขนาดไว้แล้วนำมาวางระหว่างปากวัดนอกและเลื่อนให้ปากวัดนอกทั้งสองข้างให้แต่สัมผัสที่ผิวเกจบล็อกและบันทึกค่าที่วัดได้ เพื่อจะนำค่าที่วัดได้ไปหาผลของความขนานโดยมีรายละเอียดดังนี้

การตรวจสอบความขนานของเวอร์เนียร์ โดยใช้เกจบล็อกนั้นจะทำการตรวจสอบความขนานที่ปากวัดนอก โดยได้มีการแบ่งพื้นที่การตรวจสอบความขนานเป็น 3 ส่วนดังนี้คือ

ส่วน 1 ตรงบริเวณส่วนบนของปากวัดนอก
ส่วน 2 ตรงบริเวณส่วนกลางของปากวัดนอก
ส่วน 3 ตรงบริเวณส่วนปลายของปากวัดนอก



Range (mm)	10%	50%	100%
100	10	50	100
150	15	75	150
200	20	100	200

และในการตรวจสอบความขนานจะแบ่งช่วงตำแหน่งในการตรวจสอบความขนานเป็น 10 % 50 % และ 100 % ของพิสัยการวัดของเวอร์เนียร์ ในแต่ละตำแหน่งของพิสัยการวัดจะตรวจสอบความขนานของปาก วัดนอกทั้ง 3 ส่วน (ส่วน 1, 2 และ 3) จนครบทุกเปอร์เซ็นต์การแบ่งพิสัยการวัดความขนานของเวอร์เนียร์

3.1.4 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ในรายละเอียดของการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของเวอร์เนียรคาลิปเปอร์จะใช้เกจบล็อกเป็นวัสดุหรือเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบดังมีวิธีดังนี้

ตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลโดยตรวจสอบที่ปากวัดนอก

3.1.4.1 นำเกจบล็อกที่ได้เลือกขนาดที่ใช้ในการตรวจสอบไปทำความสะอาด

3.1.4.2 นำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ที่ต้องการจะสอบเทียบไปทำความสะอาด

3.1.4.3 เช็คค่าตำแหน่งศูนย์โดยจะต้องให้ขีดสเกลหลักและขีดสเกลย่อย (ขีดสเกลเวอร์เนียร์) อยู่ตรงกันเสมอเมื่อเลื่อนปากวัดนอกให้มาสัมผัสกัน

3.1.4.4 ในกรณีเป็นแบบตัวเลข ให้เช็คค่าตำแหน่งศูนย์โดยเลื่อนปากวัดนอกมาสัมผัสกันสนิทแล้ว ทำการ SET ZERO ต่อมาให้เลื่อนปากวัดนอกออกจากกันแล้วเลื่อนปากวัดนอกให้มาสัมผัสกันใหม่อีกครั้ง เพื่อเช็คค่าตำแหน่งศูนย์

3.1.4.5 นำเกจบล็อกที่ได้เลือกขนาดไว้แล้ว นำมาวางระหว่างปากวัดนอก แล้วเลื่อนปากวัดนอกให้แตะสัมผัสกับผิวของเกจบล็อกโดยจะต้องออกแรงกดหรือแรงดันให้พอดี เพราะจะทำให้ค่าที่วัดนั้นมีความผิดพลาด

3.1.4.6 บันทึกค่าที่วัดได้ลงในเอกสารบันทึกเพื่อไว้หาค่าแก้และค่าความไม่แน่นอนการของวัด

3.1.4.7 เปลี่ยนขนาดเกจบล็อกและทำการตรวจสอบในลักษณะขั้นตอนที่3.1.4.5–3.1.4.6 จนครบทุกขนาดที่เลือกไว้

หมายเหตุ

- ในการใช้เกจบล็อกเพื่อการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของเวอร์เนียร์ไม่ควรเลื่อเกจบล็อกออกจากปากวัดขณะที่มีการสัมผันกันระหว่างผิวสัมผัสที่ปากวัดนอกกับผิวสัมผัสของเกจบล็อก เพราะจะทำให้ผิวสัมผัสเกจบล็อกเสียหายได้
- ในการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลที่ปากวัดในจะใช้วิธีเดียวกับการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลที่ปากวัดนอก และการประกบเกจบล็อกจะทำในลักษณะเหมือนกับการตรวจสอบความขนาน
- ในวิธีการคำนวณค่าความขนานในการตรวจสอบความขนานมีวิธีดังนี้
- แบ่งพื้นที่ตรงบริเวณปากวัดออกเป็น 3 ส่วน
- ทำการวัดโดยวัดขนาดเกจบล็อกเดียวกันแต่วัดที่พื้นที่ของหากวัดที่ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนต่อหนึ่งค่าการวัด
- หลังจากที่ได้ค่าวัด 3 ค่าต่อหนึ่งขนาดการวัด ให้ทำผลจากการวัดที่ได้ค่ามากที่สุดหักลบกับผลการวัดที่ได้ค่าน้อยที่สุด (Max-Min)
- ผลที่ได้จะเป็นผลของความขนานที่ตำแหน่งขนาดช่วงการวัดนั้น

หลังจากที่ได้ทราบถึงรายละเอียดวิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แล้วต่อไปเป็นการนำเอาข้อมูลหรือผลการตรวจสอบไปใช้งาน โดยมีดังนี้

เครื่องมือวัด : เวอร์เนียรคาลิปเปอร์
เครื่องมือมาตรฐาน : เกจบล็อก
การตรวจสอบความเรียบ : ไม่มีแสดงลอดผ่านระหว่างปากวัดนอ
การตรวจสอบความขนาน : มีรายละเอียดในการคำนวณค่าความขนานดังนี้

- นำค่าจากการตรวจสอบความขนาน โดยให้เลือกค่าที่มากที่สุดและน้อยที่สุด ในหนึ่งช่วงการที่ได้เลือกไว้ และนำมาลบกัน (Max-Min) เช่น ตรวจสอบความขนานที่ 50 mm.
- แบ่งการวัดออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนตอนต้นของปากวัดนอก, ส่วนตอนกลางของปากวัดนอก, ส่วนตอนปลายของปากวัดนอกค่าการวัดมีดังนี้

ค่าที่ระบุ (mm)	ค่าที่ตรวจสอบความขนาน (mm)			ค่าความขนาน (Max-Min) (mm)
	ส่วนตอนต้นของปากวัดนอก	ส่วนตอนกลางของปากวัดนอก	ส่วนตอนปลายของปากวัดนอก	
50	50.00	50.01	50.00	0.01

การตรวจสอบ (สอบเทียบ) ค่าความถูกต้องของสเกลของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยมีวิธีการหาค่าแก้ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ดังนี้

- ค่าที่ระบุ (Nominal) หรือค่าที่กำหนดไว้เพื่อจะทำการตรวจสอบ (สอบเทียบ)
- ค่าแก้ (Correction) เป็นค่าแก้ของเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด (ในที่นี้คือเกจบล็อก)
- ค่าถูกต้อง (N+CS) เป็นค่าที่นำเอาค่าที่ระบุบวกเข้ากับค่าของเครื่องมือมาตรฐาน
- ค่าที่วัดได้ หรือค่าที่อ่านได้ (Read – Out) เป็นค่าที่ได้จากการวัดของเครื่องมือวัด (เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์)
- ค่ากลางหรือค่าเฉลี่ยเลขคณิต(Mean)เป็นค่าที่ได้มากจากค่าการวัดแล้วมาทำการหาค่าเฉลี่ย
- ค่าแก้ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (N+CS)- $\overline{X}$ เป็นค่าที่บอกถึงความผิดพลาดที่ตำแหน่งนั้นๆ ที่ถูกตรวจสอบของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ตัวอย่างการหาค่าความถูกต้องของสเกลของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ค่าที่ถูกตรวจสอบขนาด 50 mm ขนาดของเกจบล็อกที่ใช้ตรวจสอบคือขนาดที่ 50 mm และค่าแก้ของเกจบล็อกที่มีค่าเท่ากับ 0.00002 mm

ค่าที่ระบุ (mm)	ค่าแก้ (CS) Gauge Block (mm)	ค่าที่ถูกต้อง N + CS (mm)	ค่าที่วัดได้ (Read – Out)				ค่ากลาง Mean (mm)	ค่าแก้ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (N + CS) - $\overline{X}$ (mm)
			1	2	3	4		
50	+0.00002	50.00002	50.00	50.01	50.00	50.01	50.005	-0.00498

4. วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในกระบวนการของการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น จะไม่สามารถอธิบายถึงผลการสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง ถ้ายังไม่ทำการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด ดังนั้นจำเป็นจะต้องรู้ในเรื่องของวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อจะทำให้การสอบเทียบมีความถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น โดยในรายละเอียดของวิธีการประเมินค่าความไม่ในแน่นอนในการวัด จะประกอบไปด้วยหัวข้อต่างๆดังนี้คือ

4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

โดยจะเริ่มในหัวข้อของหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ได้นำหลักการทางสถิติ ทางวิทยาศาสตร์และทางวิศวกรรมศาสตร์ เข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากในทุกขั้นตอนของการสอบเทียบเป็นการปฏิบัติทางด้านวิทยาศาสตร์ ที่ต้องสามารถพิสูจน์ได้ และสามารถที่จะควบคุมตัวแปรต่างๆที่จะส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาดได้ และโดยหลักของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ได้มีการแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ดังนี้คือ

4.1.1 การแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในการแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้นได้มีการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

4.1.1.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A

4.1.1.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B

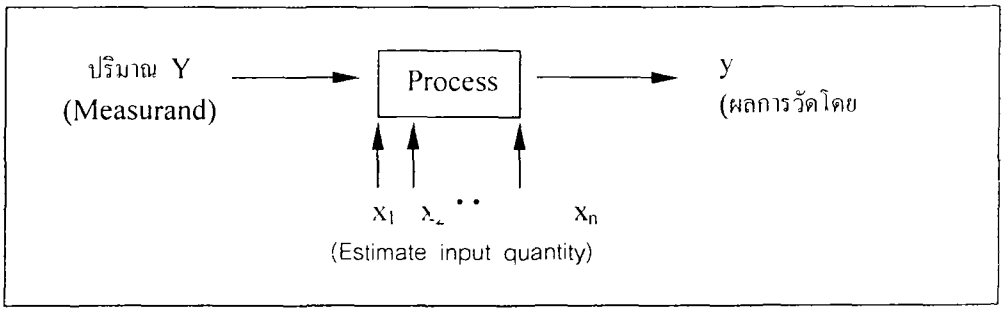
4.1.1.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A หมายถึง กระบวนการในการประเมินผลการวัด ในทางสถิติ โดยเป็นขั้นตอนในรูปแบบของการทดลอง เพื่อนำผลจากการปฏิบัติจริงมาทำการประเมิน และผลที่ได้จะเป็นผลจากการคำนวณทางหลักสถิติ

4.1.1.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B หมายถึง กระบวนการในการประเมินผลการวัดที่ กระทำนอกเหนือจากทางสถิติ โดยเป็นผลที่มีการกำหนดไว้แล้วหรือจากการทดลองไว้ แล้วนำมาใช้ เช่น ค่าความละเอียดในการอ่านค่าการวัดของเครื่องมือวัด หรือ ค่าสัมประสทธิ์การขยายตัวของวัสดุ เป็นต้น

4.1.2 องค์ประกอบของความไม่แน่นอนในการวัดจะประกอบไปด้วยปัจจัย (Factor) ต่าง ๆ



เพราะฉะนั้น ปริมาณ y ที่ได้จะแปรผันตามฟังก์ชั่นของ x

$y = f(x_1, x_2, \ldots x_n)$

; x คือ Source of uncertainty

4.1.3 การแบ่งประเภทความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัด

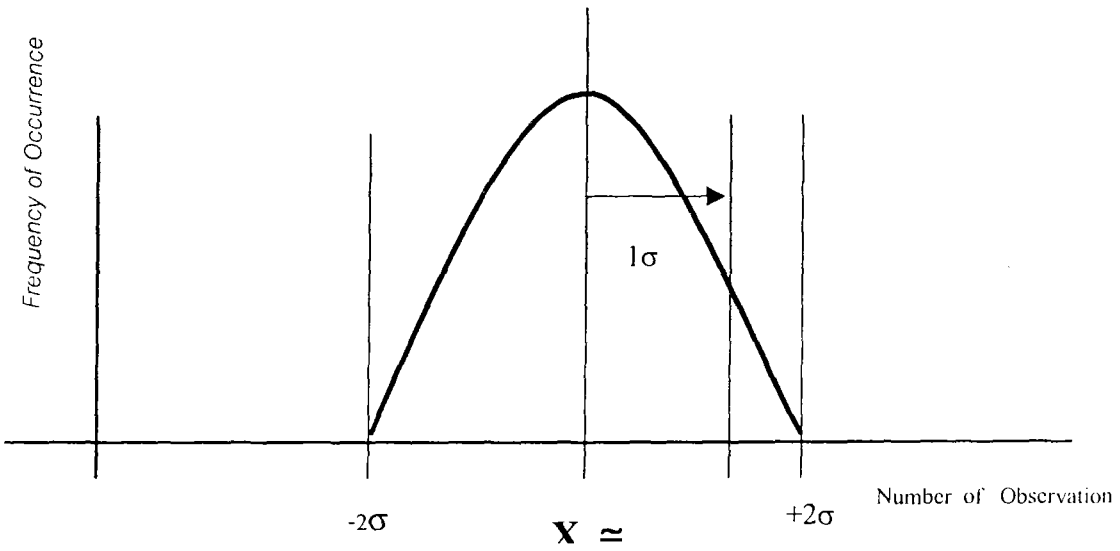
Random Error (ความผิดพลาดสุ่ม) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากการคาดเดาไม่ได้ในการวัดซ้ำ ๆ ซึ่งทำการประมาณค่าความผิดพลาดทางสถิติ สามารถลดผลความผิดพลาดได้ โดยการวัดซ้ำ ๆ จำนวนหลายครั้ง ๆ เรียกความผิดพลาดชนิดนี้ว่า "Type A Uncertainty" , "Repeatability" หรือ " Random Error"

Systematic Error (ความผิดพลาดจากระบบการวัด) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจาก สิ่งที่ไม่ต้องการวัด แต่ทำให้การวัดผิด ขนาดของความผิดพลาดมีค่าคงที่ไม่ว่าจะวัดซ้ำ ๆ มากเท่าไรก็ตาม สามารถลดผลความผิดพลาดได้โดยใช้วิธีปรับแก้ เรียกว่าความผิดพลาด Type B หรือ "Systematic Error

4.1.4 การกระจายของความน่าจะเป็นของโอกาสในการเกิดความผิดพลาด

4.1.4.1 Normal Distribution

- เป็นการกระจายที่มี Curve เป็นรูประฆังคว่ำ (Symmetrical - belted -- shape)
- มีค่ากลาง (μ) อยู่ตรงกลาง Curve และแบ่งพื้นที่ Curve ให้เป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน
- มี Estimated standard deviation $S_x = \sqrt{\frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$
- มี Standard error of mean $\sigma = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$

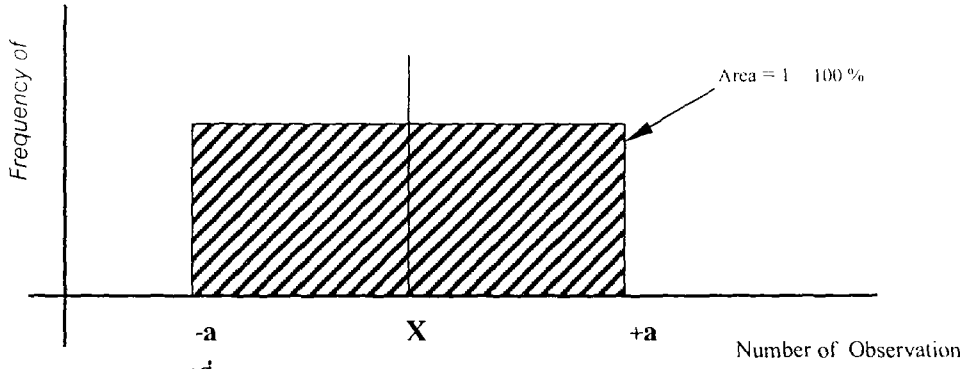


รูปที่ 22. แสดงการกระจายแบบ Normal distribution

(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545 : 2)

4.1.4.2 Rectangular Distribution

- มีความแปรปรวนของค่า x, อยู่ในช่วง +a และ -a
- มี Standard deviation ; $\sigma = \frac{a}{\sqrt{3}}$



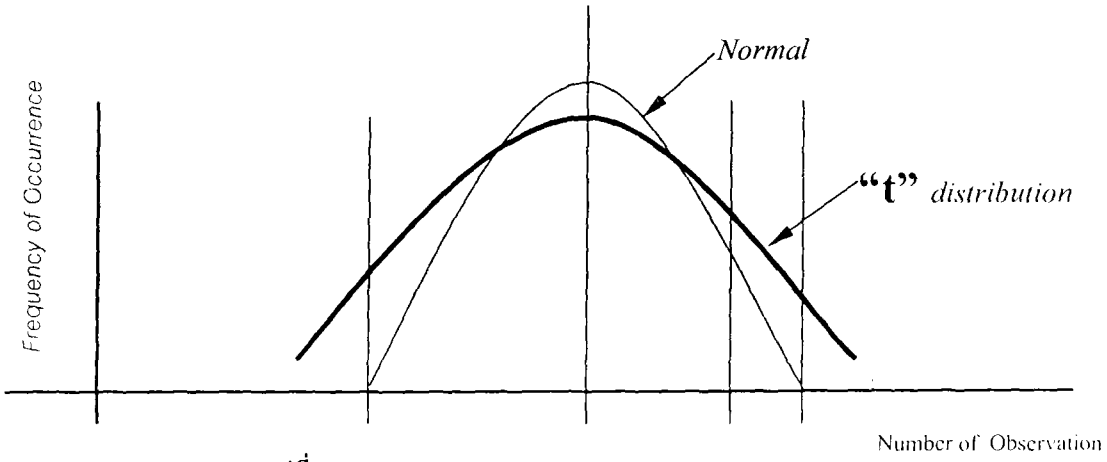
รูปที่ 23. แสดงการกระจายแบบ Rectangular

(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545. : 3)

4.1.4.4 "t" Distribution

- มีลักษณะของ Curve แบนราบกว่า Normal เนื่องจากเก็บค่าการทดลอง ; n น้อยครั้ง
- เทียบพื้นที่และ 1σ กับ Normal ได้ดังนี้

Normal	=	68.28% ที่	$\pm 1\sigma$
t	$\cong$	68%	$\pm 1\sigma$
พ.ท. 68.28%	n = 1	มีค่าอยู่ที่	$\pm 1.83\sigma$
	n = 2	มีค่าอยู่ที่	$\pm 1.32\sigma$
	n = 3	มีค่าอยู่ที่	$\pm 1.20\sigma$



รูปที่ 24. แสดงการกระจายแบบ "t" distribution

(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545. : 3)

4.1.5 แหล่งที่มาความไม่แน่นอน (Source of uncertainty)

แหล่งที่มาความไม่แน่นอน (Source of uncertainty) หมายถึง แหล่งที่มาของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลทำให้การวัดผิดพลาด (Systematic Error)

4.1.5.1 Import Calibration หรือ import uncertainty หมายถึง ค่าความไม่แน่นอนที่ติดมากับตัวเครื่องมือในใบ Certificate ที่เกิดจากการสอบเทียบมีการกระจายแบบ Normal

4.1.5.2 Secular Stability หมายถึง ความเสถียรของค่า uncertainty ในการสอบเทียบในแต่ละครั้ง เป็นการเลื่อนค่า uncertainty หรือ "**Drift rate since last calibration**" มีการกระจายแบบ Rectangular

4.1.5.3 Resolution Effect หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากความละเอียดของเครื่องมือ คือการที่เครื่องมือไม่สามารถแยกชัดได้มากไปกว่าค่าความละเอียดที่ Spec เครื่องมือกำหนด ทำให้เกิดการปัดค่า (Resolution round off) ในกรณีที่ปริมาณวัดไม่พอดี ช่องสเกลหรือค่าที่กำหนด

4.1.5.4 Uncorrected Error หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการไม่ได้ใช้ค่าแก้ [ค่าแก้ คือ negative sign ของ error : **Corrected = -(Error)**] สามารถตัดแหล่งของความไม่แน่นอนนี้ได้โดยการใช้ค่าแก้

4.1.5.5 Interpolation Effect หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการ interpolate ของค่าวัดที่จุดที่ไม่ได้ทำการสอบเทียบ ซึ่งต้องคำนวณประมาณการ ทำให้เกิดการผิดพลาดได้หลีกเลี่ยงปัจจัยนี้ได้โดยการสอบเทียบให้ตรงจุดใช้งาน

4.1.5.6 Environment Condition หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของภาวะแวดล้อมในระบบการวัดแล้วทำให้ค่าวัดผิดพลาด เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง ฝุ่น การสั่นสะเทือน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น สามารถลดปัจจัยนี้ได้โดยควบคุมสภาวะให้อยู่ในช่วงที่ทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงมีผลต่อระบบการวัดน้อยที่สุด

4.1.5.7 Cosine Error หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการวัดผิดมุม หรือเครื่องมือกับ measurand ไม่ตั้งฉากหรืออยู่ในแนวแนวตรง

4.1.5.8 Geometric Error หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากลักษณะของ measurand มีลักษณะไม่ตรง โค้ง (curve) เว้า (concurve) หรือ เป็นรูปกรวย (Cone) เป็นต้น

4.1.5.9 Elastic Compression หมายถึง การออกแรงกระทำในการกดหรืออัดต่อตัวเครื่องมือ หรือ measurand โดยอาจจะทำให้วัสดุหรือเครื่องมือวัดมีการขยาย – หดตัว ทำให้ค่าการวัดผิดพลาด

4.1.5.10 Repeatability หมายถึง การวัดซ้ำๆในกิจกรรมการวัดหนึ่งๆ โดยค่าที่ได้ในการวัดแต่ละครั้งมีโอกาสเกิดการผิดพลาด สามารถลดปัจจัยของการผิดพลาดนี้ได้ โดยการวัดซ้ำ ๆ จำนวนมากครั้ง (4-10 ค่า ณ. จุดวัดหนึ่ง ๆ)

4.1.6 ตาราง Uncertainty Budget หมายถึง ตารางที่แสดง Parameter ในการคำนวณค่าความไม่แน่นอน

(worksheet for uncertainty calculations)

Symbol	Source of uncertainty	Value ±	Probability Distribution	Divisor	Sensitivity coefficient C_i	U_i = ± Value / Divisor	Effective Degree of freedom V_{eff}
$U_{C(68\%)}$	Combine Uncertainty		Normal				
$U_{exp(95\%)}$	Expanded Uncertainty		Normal k = 2				

อธิบายความหมายของแต่ละ Column ในตาราง Uncertainty budget ได้ดังนี้

1. Symbol คือ สัญลักษณ์แทน Uncertainty แต่ละตัวแล้วแต่จะกำหนด
2. Source of uncertainty คือ แหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอน
3. ± Value คือ ค่าของตัวเลขจาก แหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอน
4. Probability Distribution คือรูปแบบการกระจายของ Uncertainty แต่ละตัว
5. Divisor คือ ตัวหารที่ต้องใช้เมื่อต้องทำให้อยู่ในฐานเดียวกัน **(1 - Standard uncertainty)** เช่น
   - Normal 95% k = 2 ทำให้เป็น 1-Standard Uncertainty โดย ± Value / Divisor = ± Value / 2
   - Rectangular 95% ทำให้เป็น 1 Standard Uncertainty โดย ± Value / Divisor = ± Value / $\sqrt{3}$

เพื่อที่จะทำให้ Uncertainty แต่ละตัว Combined กันได้ ในที่นี้ใช้ ในการ Combined ที่ **1-Standard uncertainty** หรือ **1σ** หรือที่ **Confidence Level 68%**

6. C_i คือ Sensitivity Coefficient ตัวคูณหรือสัมประสิทธิ์สำหรับ Uncertainty ที่ Correlated กับ Uncertainty ตัวอื่น ทำให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน เช่น mm กับ ^{o}C ถ้ากำลังรวมกันในหน่วย ของ mm ก็ทำ ^{o}C เป็น mm
7. U_i คือ ค่า ± Value / Divisor เช่นค่า Uncertainty ของแต่ละปัจจัย

8. V_{eff} คือ Effective degree of freedom
normal distribution มีค่าเท่ากับ n-1
rectangular distribution มีค่าเท่ากับ (U^4_c)x(n-1)/ U^4_A

9. U_C คือ Combine Uncertainty หรือ การนำUncertainty แต่ละตัวที่อยู่ในฐานเดียวกันแล้ว (68% หรือ 1σ) มารวมกันโดยวิธี RSS. (Root Sum – Square)
$\sqrt{(U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2)}$

10. U_{exp} คือ Expanded Uncertainty หรือค่า Uncertainty ที่ขยายจาก 1- standard uncertainty หรือ 1σ (68%) ให้เป็น 2σ ที่ความเชื่อมั่น 95% (k=2)

หมายเหตุ การเปรียบเทียบอัตราส่วน U_A กับ U_C คือ การเทียบอัตราส่วนตามที่มาตรฐาน guideline

ถ้า $U_A \geq \frac{1}{2} U_C$ แสดงว่า $k \neq 2$

ต้องทำการหาค่า V_{eff} หรือ Effective degree of freedom

จาก $$V_{eff} = \frac{\frac{U_C^4}{n-1}}{\frac{U_A^4}{}} = \frac{U_C^4 (n-1)}{U^4{}_A}$$

แล้วนำค่า V_{eff} ไปเปิด (ตาราง t) เพื่อหาค่า k [อ้างอิงจาก UKAS : LAB12]

t-distribution table

V_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
k_{95}	13.97	4.53	3.31	2.37	2.56	2.52	2.43	2.37	2.28	2.23	2.20	2.17

V_{eff}	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	α
k_{95}	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.06	2.05	2.04	2.03	2.02	2.01	2.00

เช่น คำนวณค่า V_{eff} = 12 → ได้ค่า ค่า k_{95} = 2.23
V_{eff} = 41 → ได้ค่า ค่า k_{95} = 2.06
V_{eff} = 215 → ได้ค่า ค่า k_{95} = 2.00

4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

โดยที่ได้ทราบในหลักการของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดแล้ว ต่อไปจะเป็นการอธิบายในขั้นตอนของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อที่จะสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 นำค่าที่ทำการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง (n ≥ 4) ไปคำนวณหาค่า $\overline{X}$

จากสูตร $\overline{X} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots x_n}{n}$

เช่น $n_1 = 25.00$, $n_2 = 25.01$, $n_3 = 25.01$, $n_4 = 25.01$

$$\bar{x} = \frac{25.00 + 25.01 + 25.01 + 25.01}{4}$$

$\therefore \bar{x} = 25.0075 = 25.01$

4.2.2 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบน Estimate standard deviation ; $S_{(x)}$

จากสูตร $S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{4}(x_i - \bar{x})^2}$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}(x_i - 25.0075)^2}$$

$\therefore S_x = 0.005$

4.2.3 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย Standard deviation of mean $= S_{(\bar{x})} = \sigma = U_A$

$$\sigma = S_{(\bar{x})} = \frac{S_{\bar{x}}}{\sqrt{n}} = \frac{0.005}{\sqrt{4}} = 0.0025$$

$\therefore \sigma = 0.0025$ mm = **1- standard uncertainty**

หรือ = 1 standard deviation

หรือ = random uncertainty

หรือ = Type A uncertainty

4.2.4 คำนวณค่า systematic uncertainty ของระบบการวัด (โดยเป็นการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B) มีดังนี้

4.2.4.1 Uncertainty หรือ import calibration ; U_{B1} โดยเปิดดูใบ Certificate ของ Gauge block (ตัวมาตรฐาน)

ขนาด 25 mm ได้ค่า uncertainty = 0.00012 mm

มีการกระจายแบบ Normal k=2

$\therefore$ Import uncertainty ; $U_{B1} = \frac{0.00012}{2} = 0.00006$ mm

$\therefore$ **U_{B1} = 0.00006 mm**

4.2.4.2 Secular Stability หรือ Drift rate since last calibration ; U_{B2} โดยการเปิดดูประวัติการสอบเทียบของ Gauge block (หรือตัวมาตรฐาน) ค่าที่เลื่อน (drift) กับครั้งล่าสุด นำค่า Error ครั้งที่ 1 และค่า Error ครั้งที่ 2 มาหักลบกัน ตามขนาด Gauge block ที่ระบุค่าเดียวกัน

เช่น Gauge block ขนาด 25 mm.

Error ครั้งที่ 1 = 0.01 μm

Error ครั้งที่ 2 = 0.08 μm

Drift Rate = $|0.01 - 0.08|$ = 0.07 μm

ค่า Drift Rate = 0.07 μm และเป็นค่าที่มีการกระจายแบบ Rectangular (Divisor = $\sqrt{3}$)

$\therefore$ Drift Rate Since last cal. U_{B2} = $0.00007/\sqrt{3}$

$\therefore$ **U_{B2} = 0.00004 mm**

4.2.4.3 Resolution Effect ; U_{B3}

ทำการหาโดย นำค่า Resolution ของเครื่องมือ (Vernier Calliper) มาหารด้วย $\sqrt{3}$ เนื่องจากมีการกระจายแบบ Rectangular (ในกรณีของ Digital หารด้วย $2\sqrt{3}$: Resolution round off)

Resolution Effect ; $U_{B3} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.00577$ mm

$\therefore$ **U_{B3} = 0.00577 mm**

4.2.4.4 Environment Effect or Temperature coefficient ; U_{B4}

Temperature coefficient ; $U_{B4} = \frac{L_o \alpha \Delta t}{\sqrt{3}}$

$\therefore$ ที่ขนาด 25 mm จะได้ $U_{B4} = \frac{25 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 1}{\sqrt{3}}$;

$\alpha = 11.5 \times 10^{-6}$ mm/^{o}C

$\therefore$ **U_{B4} = 0.000166 mm**

4.2.4.5 Combind uncertainty ; $U_{C(68\%)}$

$$U_{C(68\%)} = \sqrt{(U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2)}$$

$$= \sqrt{(0.0025^2 + 0.00006^2 + 0.00004^2 + 0.00577^2 + 0.000166^2)}$$

$$U_{C(68\%)} = 0.00629 \text{ mm}$$

4.2.4.6 Expanded Uncertainty ;U_{exp}

$$U_{exp(95\%)} = k \times U_c$$

$$= 2 \times 0.00629$$

$$= 0.0126$$

$$U_{exp(95\%)} \cong \pm 0.013 \text{ mm}$$

4.2.4.7 ทำตาราง Uncertainty Budget หรือ (worksheet for uncertainty calculation)

Symbol	Source of Uncertainty	Value ± mm	Probability distribution	Divisor	Sensitivity coefficient C_i	U_i = value/divisor	V_{eff}
U_A	Repeatability of measurement	0.0025	Normal	1	1	0.0025	n-1
U_{B1}	Import calibration of gauge block	0.00012	Normal	2	1	0.00006	α
U_{B2}	Stability of gauge block (Drift rate since last cal.)	0.00007	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.00004	α
U_{B3}	Resolution of vernier calliper	0.01	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.00577	α
U_{B4}	Temperature coefficient	0.000288	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.000166	α
$U_{C(68\%)}$	Combined Uncertainty		**Normal**			0.00629	α
$U_{exp(95\%)}$	Expanded Uncertainty		**Normal k=2**			**0.0126**	α

$$\therefore U_{exp(95\%)} \cong \pm 0.0126 \cong \pm 0.013 \text{ mm}$$

4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในขั้นตอนของการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น เป็นขั้นตอนสุดท้ายและเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในอันที่จะอธิบายให้ทราบว่า สิ่งที่ได้ปฏิบัตินั้นก็คือ การสอบเทียบนั้น ได้ค่าหรือผลการสอบเทียบเป็นอย่างไร โดยรายละเอียดที่จะอยู่ในส่วนของการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น จะมีอยู่หลักๆ 4 ส่วนคือ

- **ค่าในตำแหน่งที่ตรวจสอบหรือสอบเทียบ (Nominal Value)** เช่น ตำแหน่งที่ต้องการสอบเทียบ คือที่ 1 มม, 5 มม, 10 มม, 15 มม เป็นต้น

- **ค่าความผิดพลาดของการวัด (Error Value)** เป็นค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า Error 0.01 มม) เป็นต้น
- **ค่าแก้ความผิดพลาดของการวัด (Correction Value)** เป็นค่าที่แก้กลับจากค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า Error 0.01 มม) โดยค่าแก้ความผิดพลาดของการวัดมีค่าคือ – 0.01 มม เป็นต้น
- **ค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncerttainty of Measurement)** เป็นค่าที่จะอธิบายให้ทราบว่า กระบวนการในการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ที่ได้ผลการวัดออกมาและได้ค่าค่าความผิดพลาดของการวัด (ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ) นั้นยังมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยอยู่ในระดับความเชื่อมั่น ที่ได้กำหนดไว้ โดยผลของค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น จะต้องเป็นค่า +/- เสมอ เช่น เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า Error 0.01 มม) โดยในค่าความไม่แน่นอนในการวัด(ค่าความคลาดเคลื่อน) ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ค่าความไม่แน่นอนในการวัดมีค่าคือ +/- 0.01 มม เป็นต้น

บรรณานุกรม

กิตติศักดิ์ นักคิ้ม.(2547).*เอกสารสัมมนาเรื่อง"การเทียบมาตรฐานเชิงมิติโดยหลักการ Laser Interferometer".* กรุงเทพฯ.ม.ป.พ.

บุญพริ้ง สุขสบาย และ วชิระ มีทอง. (ม.ป.ป.). *วิศวกรรมการวัดละเอียด*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

บุรินทร์ ไตรชินธนโชติ.(2543).*เทคนิคและวิธีการในงานสอบเทียบเครื่องมือวัด*. กรุงเทพฯ. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริม(ไทย-ญี่ปุ่น).(2546).*คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม*. กรุงเทพมหานคร. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.(ม.ป.ป.).*เอกสารประกอบการสอนในวิชา Metrology*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.(ม.ป.ป.).*เอกสารประกอบการฝึกอบรมการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์วัดนอก*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. (2541). *การสอบเทียบไมโครมิเตอร์และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ด้วยเกจบล็อก*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ. (2544).*ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ ผลกระทบทางเศรษฐกิจของการพัฒนาระบบมาตรวิทยา*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2541). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 1300-2537 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ*.กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่4. ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2543). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อก*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

อินทร พิชิตานนท์. (2543). *บทบาทมาตรวิทยาต่อการพัฒนาคุณภาพสู่สหัสวรรษใหม่*. กรุงเทพฯ. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐาน JIS B 7507-1993
มาตรฐานการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty of Measurement) M3003

แบบฝึกหัด

วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

แบบฝึกหัดที่1

ให้ทำการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) โดยให้เลือกตำแหน่งของการสอบเทียบขึ้นมา แล้วนำมากรอกในรายละเอียดในข้อที่ 1-2 โดยให้ลงมือปฏิบัติและพร้อมทำการคำนวณค่าของการสอบเทียบ

1. กำหนดให้ (เครื่องมือที่ถูกสอบเทียบ)

เครื่องมือวัด : _____ S/N : _____

ความละเอียดของเครื่องมือวัด : _____mm

พิกัดของเครื่องมือวัด (Range) : _____mm

ตำแหน่งของเครื่องมือวัดที่จะสอบเทียบ : _____mm

2. กำหนดให้ (เครื่องมือวัดหรือวัสดุที่ใช้สอบเทียบ) เครื่องมือวัดมาตรฐานหรือวัสดุมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ

: _____

: _____

3. รายละเอียดที่ทำการสอบเทียบ Vernier Caliper

3.1 ตรวจสอบความเรียบที่ปากวัดนอก : _____

3.2 ตรวจสอบความขนานที่ปากวัดนอก

ค่าที่ระบุ (mm)	ค่าที่ตรวจสอบความขนาน (mm)			ค่าความขนาน Max-Min (mm)
	ส่วนต้นของปากวัดนอก	ส่วนกลางของปากวัดนอก	ส่วนปลายของปากวัดนอก	

3.3 ตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

เครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ ขนาด _____ หน่วยเป็น mm

ค่าแก้ของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm

ค่าความไม่แน่นอนของการวัดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm

เครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ ขนาด _____ หน่วยเป็น mm

ค่าแก้ของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm

ค่าความไม่แน่นอนของการวัดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm

ตารางการบันทึกค่าการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์								
Nominal Value	Correction Value	Accuracy Value	Read-Out (mm)				Mean $\overline{X}$	Correction Value (CS)
(N) (mm)	(CS) Gauge Block (mm)	N+CS (mm)	Item1	Item2	Item3	Item4	(mm)	Vernier Caliper (mm) (N+CS) - $\overline{X}$

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด(The Estimated Uncertainty of measurement)

ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดจะเป็นการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีรายละเอียดที่ต้องใช้ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดดังนี้

1. ค่าความไม่แน่นอนในการวัด Type A (UA)

$\overline{X}$ = _____ mm

SD. = _____ mm

U_A = _____ mm

2. ค่าความไม่แน่นอนในการวัด Type B (UB)

2.1 ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ คือ ; U_{B1} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.2 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการถดถอยของเครื่องมือวัดมาตรฐาน(Drift rate since last calibration) ; U_{B2} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.3 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดในการอ่านค่าการวัดของเครื่องมือวัด U_{B3} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.4 Environment Effect or Temperature expansion Coefficient ; U_{B4} มีค่าเท่ากับ

ที่มา L = ความยาว ณ ช่วงนั้น ๆ ที่ใช้ในการสอบเทียบ

α= สัมประสิทธิ์ในการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปจากวัสดุ

Δt= อุณหภูมิที่ใช้ในการสอบเทียบ

_____ mm

3. การประกอบของค่าความไม่แน่นอน (Combined Uncertainty) ; Uc มีค่าเท่ากับ

_____ mm

4. การคำนวณค่า Effective degree of freedom หรือ Veff เพื่อต้องการหาค่า k ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ มาทำการคูณเข้ากับ Uc ในการหาค่าความไม่แน่นอนขยาย

หมายเหตุ เมื่อได้ค่า Veff แล้ว นำไปเปิดตาราง t. distribution โดยให้เทียบกับการกำหนดระดับความเชื่อมั่น

5. การคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded uncertainty) ; Uexpand มีค่าเท่ากับ

_____ mm

ตารางแสดง Uncertainty budget ของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

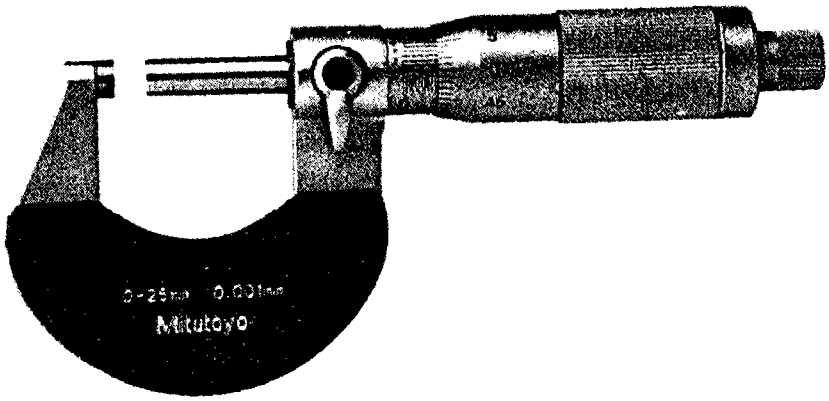
สรุปจากการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มีผลสอบเทียบดังนี้

1. การตรวจสอบความเรียบที่ปากวัดนอก : _____
2. การตรวจสอบความขนานที่ปากวัดนอก

ค่าที่ระบุ (mm.)	ค่าความขนาน (mm.)

3. การตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ค่าที่ระบุ (mm.)	ค่าแก้ (mm.)	ค่าความไม่แน่นอน (mm.)



การสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

1. ความสำคัญของการสอบเทียบ

ระบบงานอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยลักษณะของการพัฒนานั้น จะพัฒนาทั้งในด้านของระบบและกรรมวิธี โดยเพื่อเป็นการที่จะรักษาคุณภาพในความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ให้ได้ตามที่กำหนดไว้ โดยได้มีการนำระบบมาตรฐานต่าง ๆมาใช้ เพื่อเป็นการกำหนดถึงขั้นตอนและวิธีการในการที่จะควบคุมการปฏิบัติงานในงานอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจะเห็นว่ามีการนำเอาระบบมาตรฐานเข้ามาใช้ในการที่จะทำให้องค์กรอุตสาหกรรมมีความเป็นระบบมากขึ้น โดยลักษณะของการนำระบบมาใช้นั้นเป็นเพราะว่าในสภาพการณ์ก่อนนี้ดำเนินเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันนั้นเป็นผลอันเกิดจากอนุกรมทางการค้าซึ่งจะเป็นการกีดกันทางการค้าโดยถ้าธุรกิจอุตสาหกรรมไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่จะส่งออกนั้นเกิดปัญหาขึ้นได้ก็คือ บริษัทหรือองค์กรที่จะรับซื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่รับผลิตภัณฑ์จากบริษัทที่ไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานสากล โดยจากสภาพของธุรกิจอุตสาหกรรมที่ได้นำเอาระบบมาตรฐานสากลที่เป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วโลกมาใช้แล้วก็คือ ISO 9001 , ISO 14000 , ISO 18000 , HACCP และ ISO/TS16949 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทั่วโลกยอมรับกัน

เมื่อธุรกิจอุตสาหกรรมได้นำระบบมาตรฐาน ISO 9001 , ISO 14000 , ISO 18000 , HACCP และ ISO/TS16949 มาใช้เพื่อจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีการควบคุมคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์ที่ถูกกำหนดไว้จึงได้กำหนดกระบวนการในการตรวจสอบโดยในกระบวนการในการตรวจสอบนั้นจะมีการนำเครื่องมือมาใช้ร่วมในการตรวจสอบนั้นก็คือ เครื่องมือวัด เพราะโดยลักษณะของเครื่องมือวัดนั้นจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบ่งชี้ถึงขนาดของสิ่งที่ถูกวัดเพื่อจะให้ได้ค่าของสิ่งนั้นว่ามีค่าเป็นเท่าไร และโดยมาตรฐานทางด้านคุณภาพในงานอุตสาหกรรมและการปฏิบัติงานในงานอุตสาหกรรม จะต้องมีเครื่องมือวัดในการบ่งชี้ถึงรายละเอียดของคุณภาพ หรือเครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจสอบ

เครื่องมือวัดที่เป็นสิ่งสำคัญอันที่จะแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นั้น มีค่าหรือขนาดตามเกณฑ์ที่ถูกกำหนดไว้ ได้มีการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะต้องมีการตรวจสอบเพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดชนิดนั้นยังอยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้ จะเห็นได้ว่าถ้าเกิดความผิดพลาดอันเกิดจากเครื่องมือวัดจะมีผลเสียหายตามมาอย่างมาก คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาไม่ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาแล้วในความเป็นจริงได้มีขนาดตรงตามที่ขนาดระบุไว้แต่เครื่องมือวัดแสดงผลออกมาว่าไม่ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการผลิต ก็คือต้องผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้ออกมาใหม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลา ค่าใช้จ่ายและยังผลทำให้ขาดความน่าเชื่อถือกับบริษัทที่ทำธุรกิจร่วมด้วย

จากความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องมือวัด ระบบมาตรฐาน ISO 9001 , ISO 14000 , ISO18000 , HACCP และ ISO/TS16949 จึงมีข้อกำหนดอยู่ว่าจะต้องมีการควบคุมเครื่องมือสำหรับการเฝ้าติดตามการวัด ซึ่งก็คือการปฏิบัติในการควบคุมเครื่องมือวัดให้อยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้อยู่เสมอ ซึ่งก็คือการสอบเทียบ

การสอบเทียบเป็นกระบาวการหนึ่งที่จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงค่าความถูกต้องและค่าความผิดพลาดในตัวเครื่องมือวัดได้ โดยในการสอบเทียบนั้นเป็นกระบวนการทางวิทายาศาสตร์ในหลักการทางมาตรวิทยา ที่เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัดโดยในการสอบเทียบหรือที่เรียกว่า Calibration และการสอบเทียบเป็นขั้นตอนที่ทุกมาตรฐานทางด้านคุณภาพในงานอุตสาหกรรม ได้มีการกำหนดเป็นข้อกำหนดไว้อย่างชัดเจน ดังนั้นในความสำคัญของการสอบเทียบ ได้มีเนื้อหาที่เป็นหัวข้อหลัก ๆในการสอบเทียบดังนี้คือ

1.1 ความหมายของการสอบเทียบและมาตรวิทยา

โดยเบื้องต้นของความรู้ในการสอบเทียบควรจะต้องทราบ ในเรื่องของนิยาม ความหมาย ของการสอบเทียบก่อนเพื่อเป็นการให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นโดยได้มีนิยามความหมาย ของการสอบเทียบไว้ดังนี้

การสอบเทียบ หมายถึง หมายถึง ชุดของการดำเนินการทางมาตรวิทยาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชี้บอกโดยเครื่องวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดงโดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะที่บ่งไว้(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2541 : 3)

หมายเหตุ :

1. ผลการสอบเทียบ ทำให้สามารถประมาณค่าผิดพลาดของการชี้บอกของเครื่องวัด ระบบการวัดหรือเครื่องวัดที่เป็นวัสดุ หรือกำหนดค่า ทำเครื่องหมายบนสเกล ณ ที่ใดที่หนึ่ง
2. การสอบเทียบอาจหาสมบัติทางมาตรวิทยาอื่น ๆ ได้ด้วย
3. ผลการสอบเทียบอาจบันทึกไว้ในเอกสาร บางครั้งเรียกว่าใบรับรองการสอบเทียบ (Calibration Certificate) หรือรายงานการสอบเทียบ(Calibration Report)
4. ผลการสอบเทียบบางครั้งแสดงเป็นตัวประกอบการสอบเทียบหรือชุดของตัวประกอบการสอบเทียบ ในรูปแบบของเส้นสอบเทียบ

การสอบเทียบ หมายถึง การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือมาตรฐานหรือวัสดุอ้างอิงที่มีความถูกต้องสูงกว่าอย่างน้อย 4 เท่า และกระทำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ได้รับการควบคุม (สมาคมส่งเสริม ไทย-ญี่ปุ่น . 2543 :30)

จากความหมายดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า การสอบเทียบ หมายถึง กรรมวิธีที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัด โดยสร้างความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดกับเครื่องมือมาตรฐานและมีการปฏิบัติภายใต้ภาวะที่กำหนดไว้

โดยหลังจากทราบความหมายของการสอบเทียบแล้ว จะมีคำศัพท์อีกคำหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ในเรื่องของการสอบเทียบ นั้นคือคำว่า มาตรวิทยาโดยมีนิยามไว้ดังนี้

มาตรวิทยา นั้นเป็นศัพท์ที่ ประกอบด้วยคำ 2 คำ นั้นคือ คำว่า มาตร ที่หมายถึง การวัด การแสดงออกที่ให้เห็นผลซึ่งขนาด ทิศทาง น้ำหนัก เป็นต้น ส่วนอีกคำ คือคำว่า วิทยา ที่หมายถึง ศาสตร์หรือวิชาการที่ประกอบเป็นกระบวนการเรียนรู้ โดยเมื่อนำเอาคำ 2 คำมาประกอบกัน จึงเป็นคำว่า มาตรวิทยา โดยได้มีการให้นิยามของคำว่ามาตรวิทยาไว้ดังนี้ คือ

มาตรวิทยา หมายถึง ความรู้ที่เกี่ยวกับการวัด (ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมไทย-ญี่ปุ่น 2546 : 242)

หมายเหตุ : ,มาตรวิทยาครอบคลุมทุกเรื่อง ทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ ไม่ว่าจะมีความแม่นระดับใด และไม่ว่าจะอยู่ในสาขาวิทยาศาสตร์หรือสาขาเทคโนโลยีใด

มาตรวิทยา หมายถึง มาตรวิทยา หรือการวัดว่า เป็นศาสตร์หรือวิชาการเกี่ยวกับการวัดปริมาณต่าง ๆ เช่น ความยาว น้ำหนัก แรงปริมาตร แสง เสียง อุณหภูมิ ไฟฟ้า ฯลฯ เป็นต้น เพื่อให้เป็นที่แน่นอนว่าปริมาณต่าง ๆ ที่วัดได้นั้นมีความถูกต้องและเที่ยงตรง (อินทร พิชิตานนท์ (2543 : 83))

จากความหมายดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า มาตรวิทยา หมายถึง ศาสตร์ที่ปีนวิชาการที่ว่าด้วยกรรมวิธีในการวัดที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับ ปริมาณในด้านต่างๆเช่นความยาว น้ำหนัก อุณหภูมิ หรืออื่นๆ เป็นต้น พร้อมกับเป็นวิชาการที่อธิบายในเรื่องของการวัดที่ถูกต้อง เพื่อให้มาซึ่งการวัดที่ถูกต้อง

1.2 ระบบการวัดมาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

ในส่วนของหัวข้อที่กล่าวต่อไปนี้เป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับการวัด โดยในการสอบเทียบไม่ว่าจะเป็นในสายงานด้านไหนก็ตาม จะมีการวัดเข้าไปเกี่ยวข้องเสมอ และในการสอบเทียบนั้นจะมีการวัดที่มีการวัดที่เป็นระบบโดยการวัดที่เป็นระบบนั้น ได้กำหนดเป็นระดับ ในอันที่จะแสดงให้เห็นถึงการเป็นระบบ และเมื่อเกี่ยวกับการสอบเทียบ ยอมจะต้องเกี่ยวกับมาตรฐาน ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนั้น ได้มีการอธิบายถึงระบบการวัดมาตรฐานต่างๆโดยแยกเป็นส่วนต่างๆไว้ดังนี้ คือ

1.2.1 มาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

1.2.1.1 มาตรฐานของการวัด (Measurement Standard) หมายถึง ปริมาณทางฟิสิกส์ที่ สามารถที่จะนำมาแสดงในให้เห็นได้ สัมผัสได้ โดยมีการกำหนดค่าของปริมาณทางฟิสิกส์ได้ โดยสามารถที่จะอธิบายได้อันได้แก่ ขนาดของความยาวมาตรฐานที่ 1 เมตรมาตรฐาน หรืออาจจะสมมติว่า แท่งเหล็กขนาด 1 เมตรแท่งหนึ่ง มีการกำหนดให้แท่งเหล็กแท่งนี้ ถือว่าเป็นวัตถุที่แสดงถึง 1 เมตรมาตรฐานก็ได้

1.2.1.2 มาตรฐานสากล (International Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบที่มีการกำหนดขึ้น โดยความเห็นชอบของประเทศต่างๆที่มีข้อตกลงต่อกัน อันที่จะสามารถนำกระบวนการหรือวิธีการนั้นที่มีการกำหนดขึ้นนำไปใช้ต่อไป

1.2.1.3 มาตรฐานแห่งชาติ (National Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบที่ประเทศนั้นๆได้มีการกำหนดขึ้น เพื่อใช้ภายในประเทศหรืออาจถูกใช้ไปทั่วโลกก็ได้

1.2.1.4 มาตรฐานขั้นปฐมภูมิ (Primary Standard) หมายถึง มาตรฐานของการวัดที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่ามีคุณภาพสูงสุดทางมาตรวิทยา และค่าของมันเป็นที่ยอมรับว่าถูกต้องโดยไม่ต้องสอบเทียบกับมาตรฐานอื่นใดในปริมาณเดียวกัน (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (2541:36))

1.3.1.5 มาตรฐานขั้นทุติยภูมิ (Secondary Standard) หมายถึง มาตรฐานของการวัดที่ได้มีการถูกถ่ายทอดของผลการวัดในระดับขั้นรองลงมา

1.2.1.6 มาตรฐานอ้างอิง (Reference Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบภายในประเทศนั้นๆ โดยยังคงไว้ซึ่งหลักเกณฑ์ทางระบบการวัดทางมาตรวิทยา เพื่อจะได้ผลการวัดหรือผลการสอบเทียบที่มีความถูกต้องและมีคุณภาพ

1.2.1.7 มาตรฐานที่ใช้งาน (Working Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบ โดยที่ทางองค์กรหรือหน่วยงานมีการนำไปใช้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.2.2 มาตรฐานการวัดที่ 1 เมตร มาตรฐาน

ในระบบการวัดทางมาตรวิทยานั้นมีด้วยกันหลายสาขา โดยแบ่งตามรากฐานของหน่วยวัด ของแต่ละหน่วยวัด โดยรากฐานการวัดทางมาตรวิทยานั้นจะมีด้วยกัน 7 หน่วยการวัด คือ

- ปริมาณรากฐานทางความยาว มีหน่วยวัด คือ เมตร (Meter)
- ปริมาณรากฐานทางเวลา มีหน่วยวัด คือ วินาที (Second)
- ปริมาณรากฐานทางน้ำหนักหือมวล มีหน่วยวัด คือ กิโลกรัม (Kilogram)
- ปริมาณรากฐานทางกระแสไฟฟ้า มีหน่วยวัด คือ แอมแปร์ (Ampere)
- ปริมาณรากฐานทางอุณหภูมิ มีหน่วยวัด คือ เคลวิน (Kelvin)
- ปริมาณรากฐานของสาร มีหน่วยวัด คือ โมล (Mole)

- ปริมาณรากฐานทางความเข้มของแสงสว่างมีหน่วยวัดคือ แคนเดลา (Candela)

โดยทั้งหมดจะเป็นหน่วยของการวัดที่เป็นพื้นฐานของการวัด เพื่อจะได้เป็นสิ่งกำหนดค่าของสิ่งที่ถูกวัดและเป็นที่เข้าใจเหมือนกันของค่าที่ถูกวัดนั้นๆ

โดยในส่วนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น จะขอกล่าวในส่วนที่เป็นเรื่องของความสัมพันธ์ทางการวัดทางด้านความยาว (Length) ที่มีปริมาณรากฐานการวัดทางด้านความยาว มีหน่วยวัดคือเมตร(Meter) โดยได้อ้างอิงจากเอกสารสัมมนาเรื่องการเทียบมาตรฐานเชิงมิติโดยหลักการ Laser Interferometer (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม.2546:4-12)ดังต่อไปนี้คือ

1.2.2.1 ประวัติความยาวของเมตรมาตรฐาน

ความเป็นมาของการใช้หน่วย "เมตร" เป็นหน่วยสากลในการวัดความยาว

**** ปัจจุบันคำจำกัดความของ 1 เมตร ที่ใช้เป็นหน่วยวัดความยาว ก็คือ "การกำหนดความยาว 1 เมตรได้จากระยะทางที่แสงเดินทางไปในสูญญากาศเป็นเวลา 1/299792458 วินาที" ****

คำจำกัดความของความยาว 1 เมตร ดังกล่าว มีพื้นฐานมาจากค่าคงที่สากลที่เป็นค่าธรรมชาติ 2 ค่า คือ ความเร็วของแสง (เมตร/วินาที) และเวลา (วินาที) ก่อนที่จะมาถึงจุดนี้ได้ก็มีความเป็นมาที่ยาวนานทีเดียว ในโลกซึ่งมีการใช้เทคนิคชั้นสูงของเรานั้นจำเป็นต้องมีระบบซึ่งมีความเที่ยงตรง และสมบูรณ์พร้อม ในแต่ละกิจกรรม งานหลายๆ ด้านต้องการการนิยามและควบคุมการปฏิบัติที่แม่นยำ ซึ่งจะทำให้เราสามารถใช้สำหรับยืนยันได้ว่าหน่วยของการวัดของเรานั้นคงที่เหมือนเดิมตลอดเวลา

ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบของหน่วยการวัดสากลนั้นเป็นสิ่งสำคัญมาก แต่มาถึงจุดนี้แล้วเราจะไม่บรรยายถึงเหตุผลว่าทำไมจึงสำคัญ แต่เราจะมุ่งความสนใจไปที่เรื่องของประวัติของมาตรวิทยาเชิงมิติ, วิทยาศาสตร์ของการวัด และเรื่องราวของหน่วยวัดสากลซึ่งสร้างขึ้นได้ไม่ยากคือหน่วยเมตรนั่นเอง ในที่นี้จะได้กล่าวรวมถึงการจัดตั้งและการนิยามหน่วยเมตรที่มีความเที่ยงตรงและความน่าสนใจมากขึ้น

ย้อนหลังกลับไปเมื่อนานมาแล้ว

การวัดในสาขาต่าง ๆ เกิดขึ้นมานานแล้ว เกือบจะเท่ากับประวัติศาสตร์มนุษย์เลยทีเดียว เมื่อมนุษย์มีการพัฒนาขึ้นก็จะมีการดัดแปลงเทคโนโลยี และพัฒนามาตรฐานของการวัดให้สูงขึ้นไปพร้อมๆกัน มาตรฐานของการวัดในสมัยแรกๆ มีพื้นฐานมาจากการใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ที่มีขนาดปานกลาง หรือขนาดสัดส่วนของผู้ปกครองท้องถิ่น เช่น การใช้ความหนาของนิ้ว, ความกว้างของมือ, ความยาวของข้อนิ้ว, แขน, เท้า, ระยะก้าวเดิน ฯลฯ การใช้มาตรฐานดังกล่าว คิดขึ้นมาตามยุคตามสมัย และมีความเที่ยงตรงพอเหมาะกับยุคนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ที่เมือง Chaldees บน แม่น้ำไนล์ได้มีนักโบราณคดีขุดค้นพบวัตถุโบราณ อายุประมาณ 4000 ปี ก่อนคริสตกาล ที่เรียกศอกพระราชา (King's Elbow) (ขนาด 463.3 mm) ถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานสามัญในสมัยนั้น โดยมีนิยามหน่วยไว้ว่า 1 elbow = 1.5 feel = 2 hand span = 6 hand width = 24 inch และหน่วยวัด "ศอกพระราชานี้" ไม่เกี่ยวข้องกับหน่วยอังกฤษ (หน่วยหลา) ที่บัญญัติขึ้นเมื่อปี คศ.1101 โดยพระเจ้าเฮนรี่ที่ 1 ผู้ซึ่งกำเนิดหน่วยการวัดใหม่ ใช้แทนของเดิมพระองค์กำหนดให้ความยาวจากปลายจมูกถึงปลายนิ้วหัวแม่มือของพระองค์เป็นหน่วยวัดความยาวมาตรฐานเรียกว่า 1 หลา (yard) และหน่วยนี้เราก็ยังคงใช้มาจนถึงทุกวันนี้

ความพยายามในการที่จะหาค่าคงที่มาตรฐานอ้างอิงในธรรมชาติ

ที่ยุโรปช่วงยุคกลาง ก็มีเมือง และรัฐต่าง ๆ เกิดขึ้นมากจนทำให้งานในสาขาของการวัดเกิดความวุ่นวาย แต่เดิมนั้นแต่ละอาณาจักร หรือแต่ละเมือง ที่ทำการค้าขายกันจะจัดตั้งระบบการวัดของตนเองขึ้นมาโดยถือเครื่องมือมาตรฐานที่ตนเองคิดค้นได้ เป็นสื่อกลางในการค้าของใครของมัน และก็เป็นธรรมดาที่ต่อมาได้เกิดความสับสนต่อเครื่องมือมาตรฐานที่ถือกันอยู่นั้น กล่าวคือหน่วยวัดชื่อเดียวกันอาจมีปริมาณไม่เท่ากันหรือหน่วยวัดที่ใช้ชื่อเรียกต่างกันอาจได้มาจากกรรมวิธีการวัดอย่างเดียวกันในแต่ละเมืองที่เป็นคู่ค้ากัน จึงเป็นเหตุให้มีแนวคิดริเริ่มที่จะใช้มาตรฐานที่สามารถอ้างอิงได้จากธรรมชาติ เป็นมาตรฐานสากล

ปี ค.ศ. 1528 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Jean Fernel มีแนวคิดที่จะใช้ขนาดของผิวโลกเป็นมาตรฐานสากลในการวัด เป็นผู้ผลักดันแนวคิดที่จะกำหนดให้ระยะทางระหว่างเมือง Paris และเมือง Amen ตามแนวเส้นแวง (Longitude) เป็นระยะทางมาตรฐานสากล ตรงนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดทำนองนี้ และในอีกหลาย ๆ ร้อยปีถัดมาก็ได้มีนักวิทยาศาสตร์หลาย ๆ ท่านได้เสนอแนวทางที่จะใช้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลากหลายแนวทางมาเป็นมาตรฐานอ้างอิงสากล ยกตัวอย่างเช่น การใช้ตัวแปรของความถี่และระยะการแกว่งของลูกตุ้มในลักษณะวงเวียนที่กางทำมุมต่างๆ มาเป็นมาตรฐาน

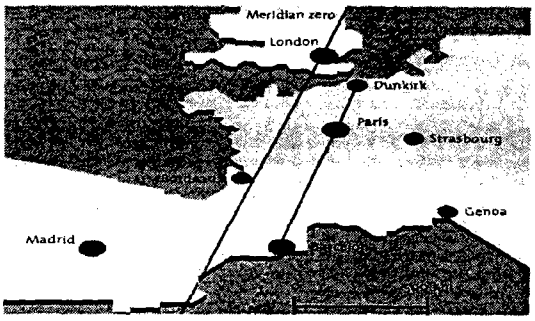
ครั้นเมื่อปี ค.ศ. 1670 นักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศสคือ Gabriel Mouton ได้ย้อนกลับไปสู่แนวคิดของ Fernel ที่คิดไว้เมื่อ 150 ปีก่อน (เกี่ยวกับการใช้ขนาดของผิวโลกเป็นระยะมาตรฐาน) แนวคิดของ Gabriel ในขณะนั้น กล่าวว่าระยะทางมาตรฐานน่าจะเป็นระยะที่ครอบคลุมความยาว ตามเส้นแวงขณะที่กางมุม 1 ลิปดาจากแกนโลก โดยสามารถใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงตามธรรมชาติได้ เรียกว่า "Milliare" ต่อมาได้มีการแบ่งย่อยมันเป็นสิบๆ ส่วน อย่างไรก็ตามหลักการของลูกตุ้มก็ยังคงมีใช้งานแพร่หลายมากขึ้น แต่หน่วยการวัดระยะทางก็ยังคงเป็นปัญหาอยู่ในขณะนั้น จนถึงช่วงปลายศตวรรษที่ 18 มีปัญหาอย่างมากในการเลือกใช้ระยะมาตรฐานสากล ทั้งในภาคอุตสาหกรรม, ภาควิทยาศาสตร์ และภาคการเมือง

จุดกำเนิด 1 เมตรมาตรฐานปี 1790

ช่วงปี 1790 เป็นช่วงที่มีการปฏิวัติในฝรั่งเศส เกิดการพิจารณาให้กำหนดนิยามของความยาวมาตรฐานขึ้นโดยมี Charles de Talleyrand เป็น Bishop แห่งโบสถ์ Autun ก่อนที่จะออกจากโบสถ์ได้สร้างการยอมรับระบบมาตรฐานใหม่ทางด้านน้ำหนัก และมีการจัดตั้งคณะกรรมการโดยวิทยาลัยวิทยาศาสตร์แห่งปารีส มีการเชิญผู้มีชื่อเสียงแต่ละด้านเข้าร่วมประชุม เช่น Jean Charles de Bordas, Joseph–Louis Lagrange, Pirre-Simon Marquess of Laplace, Gaspard Monge และ Marie – Jean Antoine de Caritat ผู้เป็นขุนนางแห่ง Condorcet ที่ประชุมได้ลงความเห็นว่าจำเป็นต้องมีการนิยามหน่วยวัดความยาวใหม่ โดยยึดถือจากความยาวของเส้นรอบวงของผิวโลก

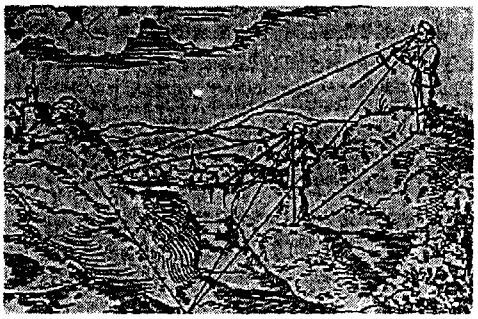
ในส่วนของความยาวมาตรฐานที่ได้มาจากมุมของลูกตุ้มก็ถูกยกเลิกไป เพราะเวลาสร้างใหม่แล้วไม่ค่อยจะเที่ยงตรง จึงมีข้อพิจารณาที่พอจะเป็นไปได้เหลืออยู่ 2 ข้อ คือ การใช้ระยะ Quadrant (1 ใน 4) ของเส้นรุ้ง (Equator) หรือเส้นแวง (Meridian) แต่การวัดตามเส้นรุ้ง (Equator) นั้นทำได้ยาก จึงทำการวัดระยะทางในแนวเส้นแวง (Meridian) โดยใช้ระยะทางตามเส้นแวงที่ผ่านเมือง Dunkirk และเมือง Barcelona (ดูรูปที่ 1) และมีความเปลี่ยนแปลงครั้งต่อมา เมื่อวันที่ 26 มี.ค 1791 โดย French National Assembly ได้นิยามมาตรฐานอ้างอิงทางความยาวเสียใหม่ โดยถือเอาระยะทาง 1 ในสิบล้านของความยาว 1 Quadrant ของเส้นแวงส่วนที่ลากผ่านเมืองปารีส และการตั้งชื่อหน่วยใหม่จำเป็นต้องให้เกิด

ความเป็นสากลไม่เข้ามาทางชาติฝรั่งเศสมากไปนักท่าน Jean Charles de Bordas จึงเสนอให้ใช้ภาษากรีกว่า **"Metron"** (μετρον) แปลว่า **Dimension** ที่จุดนี้จึงถือเป็นจุดกำเนิดของหน่วย Metre (เมตร)



ก)

รูปที่ 1 ก) เส้นทางที่กำหนดให้ใช้เป็นความยาวมาตรฐาน (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:7)



ข)

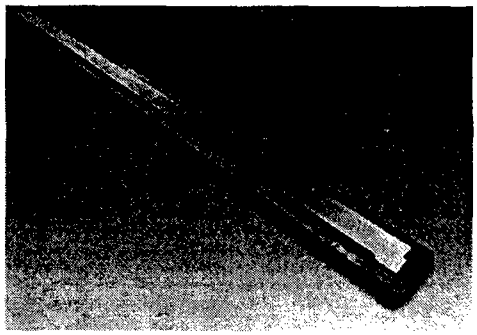
รูปที่ 1ข) การวัดระยะทางแบบ Trigonometrical (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:7)

ครั้นเมื่อ **25มิ.ย.1792** มีนักสำรวจ 2 ท่านชื่อ Jean-Baptise Joseph Delambre และ Pierre-Fancois Andre Mechain เริ่มทำการสำรวจโดยใช้วิธี Trigonometrical พวกเขาเดินทางขึ้นๆ ลงๆ ไปตามสภาพภูมิประเทศตามเส้นทางที่กำหนด โดยทำการสำรวจเป็นช่วงๆ พอเหมาะกับที่เครื่องมือสำรวจแบบ Optical สมัยนั้นจะสามารถทำได้ โดยที่ Delambre รับผิดชอบการสำรวจในทิศเหนือ ในขณะที่ Mechain ไปในทิศใต้ กรรมวิธีในการวัดที่จริงแล้วยาวนานมาก เริ่มจากปี 1792 ซึ่งเป็นปีที่สาธารณรัฐแรกประกาศตัว หลังจากการปฏิวัติในฝรั่งเศสในวันที่ **14 ก.ค.1789** และจบสิ้นการวัดลงเมื่อปี **1798** การทำงานสำรวจครั้งนั้นมีความเสี่ยงสูงต่อชีวิต เพราะบางครั้งก็ต้องทำการวัดระยะทางผ่านหอคอยสูง ๆ ของโบสถ์ หรือยอดเขาสูง ๆ โดยมีเครื่องมือประหลาดเป็นตัวช่วย ทำให้ดูเหมือนกับเป็นพวกจารชน จนต้องโดนจับกุมตามรัฐต่างๆ ที่เดินทางผ่านไปอยู่หลายครั้ง แต่ผลสุดท้ายงานก็จบลงได้ เป็นเพราะแรงกดดันของนักการเมืองในปารีส จากผลการปฏิบัติงาน ได้ค่าความผิดพลาดของระยะทางตามแนวเส้นแวง (Meridian) ระหว่างเมือง Dunkirk และเมือง Barcelona มีค่าเพียง 2,000 เมตรเท่านั้น

<u>การนำเสนอหน่วย "เมตร" ในทางฟิสิกส์เป็นครั้งแรก</u>

ในช่วงปี **1792** ถึง **1793** ขุนนางที่เป็นนักคณิตศาสตร์และนักปรัชญาแห่ง Condocet ได้เป็นประธานในการประชุมแห่งชาติฝรั่งเศส (French National Assembly) ณ เวลานั้นเขาได้เล็งเห็นว่า **"ระบบหน่วยการวัดสากลนั้นเป็นสิ่งจำเป็นลำดับต้นๆ ที่จะทำให้เกิดความเท่าเทียมกันในมวลมนุษย์"** ระหว่างที่คณะกรรมการศึกษาจะอนุมัติรายงานฉบับสุดท้ายในปี **1793** ที่ประชุมแห่งชาติได้ตัดสินให้สร้างอุปกรณ์ความยาวเมตรมาตรฐานชั่วคราว (Provisional Metre Standard) ซึ่งผู้สร้างคือวิศวกรชาวปารีสชื่อ Lenor

ต่อมาเมื่อผลการวัดครั้งสุดท้ายจบสิ้นลง ตัวเมตรชั่วคราวก็ถูกยกเลิก และจึงได้มีการนำมาตรฐานเมตรแท้ๆ ที่ได้จากนิยาม (True Definitive Metre) มาใช้แทนมีลักษณะเป็นแท่งพลาตินั่มมีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 25 x 4.05 x 1000 มม. (ดูรูปที่ 2)



รูปที่ 2 มาตรฐาน "เมตร" ที่ได้จากนิยาม (True Definitive Metre)
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:8)

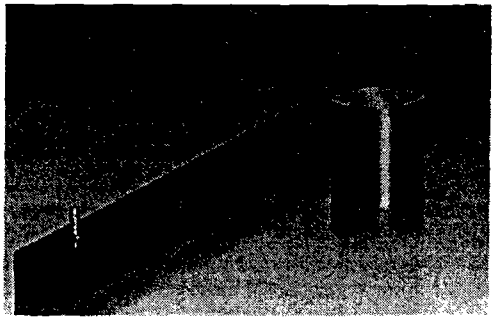
ในขณะนั้นเรื่องของหน่วยเมตรมาตรฐาน ได้เป็นงานในระดับนานาชาติไปเสียแล้ว ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมาธิการเรื่องการวัดสากล CGPM (Commision Generale des Poids et Measures) ประกอบด้วยคณะผู้แทนจาก 10 ประเทศในทวีปยุโรป และในเดือน **ก.ย. 1798** ได้มีการทวนสอบผลการวัดระยะทางตามแนวเส้นแวง ที่ทำการวัดบนพื้นฐานของการวัดเชิงมุมถึง 1800 มุม เป็นที่เรียบร้อย จึงทำให้เกิดการคำนวณจนได้นิยามว่า ความยาว 1 เมตรเกิดจาก เส้นปารีส (Paris line) หารด้วย 443,295,393 คณะกรรมมาธิการจึงได้สรุปนิยามความยาวของแท่งพลาตินั่มมาตรฐานที่สร้างมาขึ้นมาใหม่นั้นว่ามีความยาว 443.296 ของเส้นปารีส, และในกาลต่อมาการวัดสมัยใหม่ได้แสดงให้เห็นว่าความจริงแล้วสูตรดังกล่าวมีความผิดพลาดอยู่ –0.2 mm (2×10^{-4} m) คือสั้นกว่าขนาดจริง 0.2 mm นั่นเอง

"ผลของการที่ความยาว 1 เมตรมาตรฐานถูกเปลี่ยนมาเป็นแท่งพลาตินั่มในครั้งนั้น ทำให้น้ำหนัก 1 ก.ก. มาตรฐานเปลี่ยนจากการใช้น้ำ 1 ลิตรที่ 4 °C ไปเป็นตุ้มน้ำหนักที่ทำจากพลาตินั่มไปด้วย"

เมื่อ **22 มิย. 1799** สำนักงานสารบัญแห่งชาติของฝรั่งเศสได้มีการจัดระเบียบนิยามต่าง ๆ ให้เหมาะสมได้มีการเปลี่ยนให้ความยาวเมตรมาตรฐานและน้ำหนักกิโลกรัมมาตรฐานจะต้องทำจากพลาตินั่มไปพร้อม ๆ กัน โดยวันที่ประกาศใช้นั้นถือเป็นวันเกิดของระบบเมตริก (Metric System) และในขณะเดียวกันสถาบันศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (Academy of Science) ได้นำเสนอแนวคิดที่จะเชื่อมโยงให้ความยาว 1 เมตร มีการแบ่งช่วงใช้ระบบเลขฐาน 10 ที่จุดนี้ ทำให้การที่จะเพิ่มหรือลดหน่วยวัดทำได้ง่าย ๆ โดยการเติม "0" เข้าไป หรือตัด "0" ออกมา และพวก Dutch, Sweden ก็มีความเห็นสนับสนุนเรื่องนี้ จึงมีการพิจารณาตกลงให้ใช้คำนำหน้า (Prefix) ช่วยในการแปลงหน่วยวัดในระบบเมตริกให้ใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงได้ โดยการใช้คำ kilo-, deci-, centi-, และ milli- เพื่อจะใช้ในคำจำกัดความของหน่วยวัดทั้งหลายในระบบเมตริก กฎหมายนี้ผ่านความเห็นชอบเมื่อวันที่ **10 ธค. 1799** กำหนดให้แท่งพลาตินั่มที่ทำขึ้นรู้จักในนามของเมตรมาตรฐาน (Metre des Archives) หรือ "มาตรฐานอ้างอิงโดยกฎหมาย" และระบบเมตริกก็เป็นกฎหมายที่บังคับใช้ทุกสถานที่ในฝรั่งเศส แต่ก็ยังคงจะต้องใช้เวลาหลายปีอยู่เหมือนกันกว่าที่จะมีการยอมรับหน่วยเมตรเป็นมาตรฐานสากล ในปี **1837** สถาบัน Loi Relative aux Poids et Measures ได้ประกาศว่าหน่วยเมตรเป็นเพียงหน่วยเดียวที่ใช้วัดความยาว และในช่วงเวลา 30 ปีต่อมา รัฐบาลฝรั่งเศสได้ผลิต "Metre des Archive" โดยเลียนแบบจากของจริงแล้วส่งไปตามประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

อย่างไรก็ดีเมื่อเวลาผ่านไปนักวิทยาศาสตร์ และนักมาตรวิทยาทั้งหลายก็ได้ตระหนักถึงการที่จะทดแทนวิธีการวัดระยะทางเพื่อทวนสอบหาค่าความยาว 1 เมตรด้วยวิธีใหม่ เหตุจากมีผู้ให้ความเห็นว่าการจะอ้างอิงหน่วยมาตรฐานสากลโดยอาศัยหลักการวัดระยะทางไปตามผิวโลกแบบเดิมนั้นอาจไม่ใช่ความคิดที่ดีนักถึงแม้จะเป็นที่ทราบกันดีอยู่ว่าผิวโลกนั้นจะมีรูปทรงกลมที่สมบูรณ์และรูปร่างก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลามาก แต่นักฟิสิกส์ก็ยังมีแนวคิดว่าการผลิตแท่งความยาวมาตรฐานที่จะใช้ทั่วโลกน่าจะทำได้ด้วยระบบที่มีความกระทัดรัดกว่าการที่จะไปวัดระยะบนผิวโลก **เริ่มต้นใหม่อีกครั้ง**

ต่อมาเสียงเรียกร้องจากทั่วโลกในเรื่องความยาวมาตรฐานสากลก็มีความจำเป็นขึ้นมาอีก เมื่อโรงงานจักรกลได้มีการขยายตัวมากขึ้น และเปิดรับแนวทางของอุตสาหกรรมการผลิตแบบใหม่ ได้มีการปฏิวัติรูปแบบของการผลิตชั้นนำที่แหวกแนว และมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตัวอย่างเช่น การคิดค้นเครื่องปั่นด้ายในอุตสาหกรรมทอผ้า,การปรับปรุงเครื่องจักรไอน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดจนถึงการขยายรางรถไฟ เป็นต้นคณะกรรมมาธิการจัดงานแสดงสินค้าที่กรุงปารีส (Paris Exposition) จัดขึ้นเมื่อปี **ค.ศ. 1867** มีจุดประสงค์ที่จะกำหนดระบบหน่วยการวัดสากลที่ใช้อย่างเป็นทางการและเป็นที่ยอมรับทั่วโลก เมื่อเดือน **ส.ค. 1870** ได้มีการประชุมคณะกรรมมาธิการว่าด้วยเรื่องหน่วยเมตรระหว่างชาติ (International Metre Commission) ที่กรุงปารีสอีกครั้ง องค์ประชุมประกอบด้วยตัวแทนจากกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป 14 ประเทศ และตัวแทนจากรัฐต่างๆ ในอเมริกา 8 รัฐ ที่ประชุมได้ผ่านวาระการประชุมว่าด้วยเรื่องการเผยแพร่ระบบเมตริกให้ใช้เป็นระบบมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก และต่อมาเมื่อเดือน **เม.ย.1872** คณะกรรมมาธิการดังกล่าวได้แต่งตั้งคณะกรรมการวิจัยขั้นเตรียมการ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 8 ท่าน มีหน้าที่พิจารณาผลิตต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติขึ้นมาใหม่ รวมทั้งมาตรฐานแห่งชาติที่จะทำจำลองนั้นจะทำด้วยโลหะผสม (Alloy) ที่มีความทนทานสูงทำจากพลาตินั่ม 90% และ อิริเดียม 10%

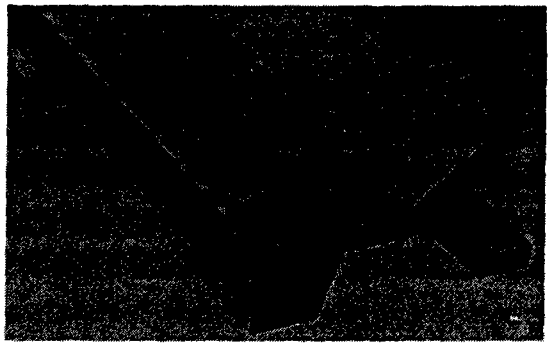


รูปที่ 3 ต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติ
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:9)

หลังจากนั้นไม่นานได้มีบริษัทในลอนดอนชื่อ บริษัท Johnson & Matthey ได้ผลิตแท่งความยาว 1 เมตรมาตรฐานขนาดเท่าๆ กัน และรูปร่างเหมือนๆ กันขึ้นมา 30 ชิ้น (รูปที่ 3) และเลือกมา 1 ชิ้น เพื่อกำหนดให้เป็น **"ต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติ"** หลังจากที่ได้มีการทดลองหลอมโลหะครั้งแรกถึง 6 ปี ส่วนแท่งความยาวมาตรฐานที่เหลือได้แจกจ่ายไปยังตัวแทนของ 17 ประเทศที่ร่วมลงนามในสนธิสัญญาเมื่อวันที่ 20 พ.ค.1875 การแจกจ่ายดำเนินไปจนถึงปี 1889 การลงนามเห็นชอบในสนธิสัญญาของที่ประชุมหน่วยมาตรฐาน (Metre Convention) ครั้งนั้นมีความสำคัญมากเพราะประกอบด้วยผู้ร่วมประชุม

จากประเทศต่าง ๆ ดังนี้ อาร์เจนตินา แอสโตร-ฮังการี, เบลเยี่ยม, บราซิล, เดนมาร์ค, ฝรั่งเศส, เยอรมันนี, อิตาลี, เปรู, โปรตุเกส, รัสเซีย, สเปน, สวีเดน – นอร์เวย์, สวิตเซอร์แลนด์, ตุรกี, USA และเวเนซูเอลา

เนื่องจากคุณภาพของพลาตินั่มที่ใช้ทำเกจบล็อคนั้นไม่ค่อยจะดีนัก พบว่าที่ผิวหน้าทั้ง 2 ด้านสึกกร่อนได้ง่าย จึงมีการเสนอให้ปรับปรุงต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติเสียใหม่ โดยออกแบบให้เป็นแท่งความยาวมาตรฐานที่มี พ.ท.หน้าตัดเป็นรูปตัว X ขนาด 20 x 20 mm (รูปที่4) เพื่อให้เกิดความแข็งแรงสูงสุด และมีน้ำหนักเบาที่สุด (ประมาณ 3.3 กก. เท่านั้น) มีการทำเครื่องหมายกำหนดระยะ 1 เมตรมาตรฐานไปตามผิวหน้าของด้านยาวเป็นขีด 3 คู่ ที่ปลายทั้ง 2 ด้าน โดยธรรมชาติของพื้นที่หน้าตัดแบบนี้จะสามารถรับแรงดึง และแรงกดอัดตามแนวยาวได้ดี อีกทั้งยังมีความคงทนต่อแรงบิดงอด้วย ระยะทางระหว่างรอยที่ทำเครื่องหมายไว้มีความยาวเทียบเท่ากับ 1 เมตร ที่อุณหภูมิ 0 ^{o}C ตั้งแต่ปี **1889** หน่วยงาน General Conference on weight and measures (Conference Generale des Poids et Measure (CGPM)) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับมาตรฐานทั่วๆ ไปในระบบ Metric ข้อพิจารณาต่าง ๆ ของ CGPM เกี่ยวกับระบบมาตรฐานนั้นจะมีผลบังคับใช้ทางกฎหมายในประเทศกลุ่มสมาชิกที่ร่วมประชุม International Metre Convention ซึ่งรวมถึงการประกาศใช้ระบบหน่วยสากล (International System of Unit) (SI) ก็อยู่ในความดูแลของ CGPM อีกทั้ง CGPM นี้ก็เป็นสำนักงานอย่างเป็นทางการของที่ประชุม International Metre Convention ด้วย บรรดาคณะกรรมการที่ร่วมเป็นสมาชิกของที่ประชุมดังกล่าวมีหน้าที่จัดการสถานที่ และเป็นธุระจัดเตรียมการประชุมสามัญในวาระต่างๆ ซึ่งได้ประสพผลสำเร็จในการจัดการประชุมครั้งแรกเรื่อง "นิยามของหน่วยเมตรต้นแบบ (Prototype definition of metre)"



รูปที่4 Prototype definition of metre
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:10)

<u>การปรับเปลี่ยนรูปแบบของตัวมาตรฐานในครั้งต่อมา</u>

สิ่งที่สำคัญในทางมาตรวิทยาของตัวต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาตินั้นก็คือความเชื่อถือได้เรื่องความยาวทางกายภาพของตัวมันนั่นเอง ซึ่งในกาลต่อมาก็ได้มีการพิสูจน์ถึงสาเหตุสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าตัวต้นแบบดังกล่าวไม่มีความเหมาะสมอีกต่อไป สาเหตุที่สำคัญก็คือความไม่แน่นอนของร่องบอกระยะเมตร (Marking) บนตัวมันเอง ได้มีนักมาตรวิทยาทำการวิเคราะห์รอยบากของร่อง โดยส่องกล้องขยายกำลังสูง พบว่ามันไม่ตรง (มองคล้ายๆ กับเส้นบิดงอ) ประกอบกับความหนาของร่องก็ไม่คงที่ และลายที่ขอบก็ไม่ตรงซึ่งสาเหตุดังกล่าว ได้มาจากข้อสรุปของสำนักงานมาตรฐานทางน้ำหนักและการวัดระหว่างชาติ (International Office of Weight and Measure) หรือภาษาฝรั่งเศสว่า Bureau International des Poids

Measure (BIPM)) ขณะทำการถ่ายค่ามาตรฐานจากตัวต้นแบบลงไปยังตัวมาตรฐานรอง (Secondary) การวัดครั้งนั้นได้ค่าความไม่แน่นอนที่พิสูจน์ได้ถึง +-0.2 UM. ซึ่งค่านี้จะถูกนำไปเป็นตัวประกอบในการหาความไม่แน่นอนของตัวมาตรฐานระดับรองลงไปที่จะต้องลอกแบบไปจากตัวต้นแบบนี้ ซึ่งหากคิดรวมกับค่าความไม่แน่นอนอันเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตด้วยแล้ว ก็นับว่าเป็นเรื่องที่ใหญ่โตพอสมควร

ในช่วงทศวรรษที่ **1890** ข้อกำหนดเกี่ยวกับความเที่ยงตรงทางด้านความยาวของแท่งมาตรฐานต้นแบบนั้นจำกัดไว้ไม่เกิน 1 um สำหรับต้นแบบที่ยาว 1 เมตร และ ผลิตภัณฑ์จากโรงงานอุตสาหกรรมทุกแห่งก็ยังคงมีการแข่งขันกันลดข้อผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดเสมอเพื่อผลทางการค้า ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นจุดที่ทำให้เกิดความรู้สึกว่าตัวมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้เป็นต้นแบบอยู่นั้นถึงเวลาที่จะต้องเปลี่ยนรูปแบบได้แล้ว มีคำถามเกี่ยวกับการใช้โลหะอัลลอยด์เป็นตัวมาตรฐานต้นแบบอยู่หลายเรื่อง เช่น ถ้าเกิดมีการชำรุดเสียหาย, ถ้ามีไฟไหม้ขึ้นมา, ถ้าเกิดสงคราม, หรือเกิดภัยธรรมชาติ แล้วเราจะเหลืออะไรไว้ทำมาตรฐานอ้างอิงต่อไป จึงทำให้กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ได้มีแนวคิดในขั้นต่อมาว่า ความยาวมาตรฐานนี้น่าจะมาจากพื้นฐานของกฎธรรมชาติ หรือจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ อันจะสามารถใช้อ้างอิง และทำซ้ำขึ้นมาได้ตลอดเวลาที่ไหนก็ได้บนโลก ซึ่งก็เป็นที่แน่นอนว่าจะต้องมีการนำเสนอนิยามใหม่ของความยาว 1 เมตร โดยมีการแจ้งถึงความเที่ยงตรงจากนิยามนี้อย่างชัดเจน

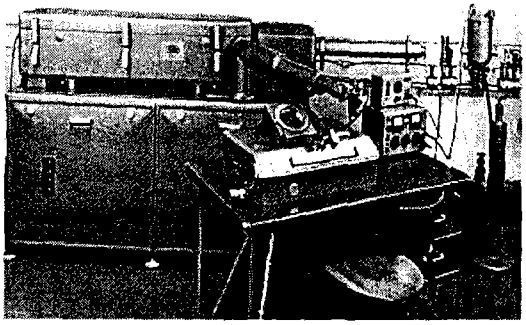
<u>ความก้าวหน้าครั้งยิ่งใหญ่ "นิยามของความยาวมาตรฐานจากความยาวคลื่นแสง"</u>

"นิยามความยาว 1 เมตร มีค่าเท่ากับความยาวคลื่นที่ได้จากการแผ่รังสีของแร่ Krypton (Kr^{86}) ซึ่งกำลังเปลี่ยนระดับพลังงานอยู่ในช่วง $5D_5$ และ $2P_{10}$ จำนวน 1650763.73 ช่วงคลื่น"

ย้อนกลับไปเมื่อปี ค.ศ.1827 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ J.Babinet ได้เสนอแนวคิดที่จะใช้ความยาวคลื่นของแสงเป็นมาตรฐานอ้างอิงในหน่วยของความยาว น่าเสียดายที่เขาไม่ได้อยู่ดูความสำเร็จของแนวคิดนี้ โดยในปี 1889 เป็นปีที่ตัวต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติยังคงอนุมัติใช้ได้อยู่ตามกฎหมาย และมีการเริ่มต้นที่จะหาสิ่งอื่นมาทดแทน จึงทำให้มีการริเริ่มที่จะวิจัยกันมากขึ้น ส่งผลให้กิจกรรมทางด้านมาตรวิทยาในช่วงนั้นกลับมาตื่นตัว ในปี 1892 ได้มีนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ **Albert Abraham Michaleson** ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการแผ่รังสีของแสงในย่านที่มองเห็น โดยเลือกที่จะวิจัยแถบความถี่ในย่านแสงสีแดง ซึ่งเปล่งแสงออกมาจาก หลอด Cadmium แล้วต่อมาช่วงปี **1905–0906** ก็มีทีมนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ **Benoit , Fabry** และ **Parrot** ได้ทำการทดลองตามแนวทางของ *Michaleson* แต่เขาได้พัฒนากระบวนการวิจัยให้ก้าวหน้าไปมาก ผลงานวิจัยของพวกเขาในครั้งนั้นได้ให้คำตอบกับนักมาตรวิทยาเกี่ยวกับพื้นฐานของความยาวคลื่นที่จะจัดหามาทดแทนตัวต้นแบบตัวเดิม ซึ่งต่อมาก็ได้อนุมัติในการประชุม CGPM ครั้งที่ 7 ในปี **1927** ในยุคนั้นได้ให้คำนิยามของความยาว 1 เมตรว่ามีค่าเท่ากับ *"1552164.13 เท่าของความยาวคลื่นช่วงแสงสีแดงที่แพร่กระจายออกมาจากหลอด Cadmium ในอากาศปกติ"*

เนื่องจากกระบวนการวัดแถบความถี่แสงในสมัยนั้นยังไม่เป็นมาตรฐานสากล จึงยังคงกำหนดให้ใช้ตัวต้นแบบมาตรฐานระหว่างชาติเป็นตัวอ้างอิงหลักไปก่อนตามความจำเป็น จึงทำให้เกิดความคลุมเครืออยู่เรื่อยมาตลอดช่วงเวลา 30 ปีให้หลัง จนมาถึงเมื่อวันที่ 14 ตค. 1960 GCPM ได้จัดการประชุมครั้งที่ 11 ที่ประชุมลงความเห็นว่าการให้นิยามของเมตรมาตรฐานที่อ้างอิงไปถึงแท่งโลหะที่มีอายุ 80 ปีนั้น มีความเที่ยงตรงไม่เพียงพอ นิยามใหม่มาจากพื้นฐานของแถบความถี่ของคลื่นแสงสีส้ม ที่แผ่รังสีออกมาจากหลอด Krypton การตัดสินใจเปลี่ยนตัวมาตรฐานจากหลอด Cadmium ที่ผลิตแสงสีแดงมาเป็นหลอดแก๊ส Krypton (เป็นแก๊สเฉื่อยมีเลขมวล 86) เป็นผลมาจากการร่วมวิจัยของห้องปฏิบัติการแห่งชาติหลายประเทศ ผลของการเปลี่ยนตัวมาตรฐานนี้ทำให้เกิดนิยามของเมตรมาตรฐานที่เด่นชัดขึ้น

ลองมองที่ยุคปัจจุบัน แม้ว่าความยาวที่แท้จริงของระยะ 1 เมตร จะได้มาจากกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเที่ยงตรงสูง และยังต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมอย่างแน่นหนา แต่มันเป็นสิ่งจำเป็นต่อทุกคนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการจะเข้าถึงได้จึงต้องมีการฝึกฝนความชำนาญอยู่ในโลกของช่างเทคนิค และวิศวกร และต่อมาเมื่อมีการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญขึ้นก็ได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ในทางมาตรวิทยาขึ้นมาหลายๆ วิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีหนึ่งที่มีความเที่ยงตรงสูง และเป็นไปได้นั้นก็คือการอาศัยปรากฏการณ์การแทรกสอด (Interference) ทางแสง หรือการเปรียบเทียบตำแหน่งของความยาวคลื่นแสง และได้มีการสร้างอุปกรณ์เปรียบเทียบความยาวโดยหลักการแทรกสอด (Interference Comparator)



รูปที่5 Interference Comparator
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:12)

หลอดกำเนิดความยาวคลื่นแสงมาตรฐานที่บรรจุแก๊ส Kr^{86} นี้ ได้รับการพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการมาตรฐานทางฟิสิกส์และเทคโนโลยี (Laboratory of Physics & Technology) หรือชื่อภาษาเยอรมันว่า Physikalisch – Technische Bundesanstalt (PTB) แห่งสาธารณรัฐเยอรมันนี โดย Dr.R.Engelhard ซึ่งยังคงเป็นหลอดกำเนิดแสงที่มีความสำคัญในปัจจุบัน และใช้งานอยู่เฉพาะในกรณีพิเศษเท่านั้น จากความยาวคลื่นที่ได้หากนำไปใช้เป็นมาตรฐานทางความยาวแล้ว จะมีค่าความไม่แน่นอนในการวัดอยู่ที่ประมาณ $\pm$ 4 x 10^{-9} เมตร หรือ $\pm$ 0.004 um หรือ $\pm$ 4 nm. เท่านั้น หากจะเปรียบเทียบกันให้เห็นชัดๆ ก็คือ ถ้าเราจะทำการสอบเทียบความยาว 1000 กม. จะมีความไม่เที่ยงตรงเพียง $\pm$ 4 มม.

หลังจากที่วงการมาตรวิทยาได้มีการยอมรับนิยามเกี่ยวกับความยาวมาตรฐานตัวใหม่ในปี 1889 ซึ่งได้มาจากกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีความแม่นยำสูงขึ้นได้ไม่นานนัก ต่อมาในปี 1960 ได้มีการประกาศการค้นพบปรากฏการณ์ LASER ในอเมริกา โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Theodore H. Maiman (ในขณะที่ได้มีการประกาศใช้มาตรฐานที่เกิดจากแถบคลื่นของหลอด Krypton อยู่นั้นเอง) การประกาศใช้ตัวมาตรฐานอ้างอิงตัวใหม่นี้ให้ความเที่ยงตรงในการวัดสูงกว่าของเดิม ทั้งยังสามารถใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงได้สำหรับงานทุกวงการอีกด้วย

1.2.2.2 เครื่องมือวัดที่จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดในการถ่ายทอดค่าการวัดมาตรฐาน

โดยหลังจากได้ทราบที่มาของความยาว เมตรมาตรฐานแล้ว ก็ได้มีการคิดค้นสร้างเครื่องมือวัดขึ้นมา เพื่อจะได้นำไปใช้งานในทุกๆด้านที่มีการวัดทางด้านความยาว ในส่วนของเครื่องมือ

วัดที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะขอยกตัวอย่างเครื่องมือวัดที่จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดในระดับเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐาน ดังนี้คือ

- เกจบล็อก (Gauge Block) โดยเกจบล็อกจัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่มีลักษณะเป็นวัตถุที่ทราบค่าแน่นอน ใช้ในการถ่ายทอดค่าการวัดโดยการนำเครื่องมือวัดมาวัดเทียบกับเกบล็อก

- สเกลมาตรฐาน (Standard Scale) โดยสเกลมาตรฐาน จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่มีลักษณะเป็นวัตถุที่ทราบค่าแน่นอน โดยมีขีดสเกลระบุพิสัยของระยะทางที่แน่นอนใช้ในการถ่ายทอดค่าการวัดโดยการนำเครื่องมือวัดมาวัดเทียบกับสเกล

- เลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์ (Laser Interferometer) โดยเลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์ จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่เป็นเครื่องมือวัดทางด้านความยาว ที่มีความถูกต้องมากที่สุด โดยหลักการของการแทรกสอดลำแสงมาใช้ในการกำหนดพิสัย ของความยาวมาตรฐาน โดยจะใช้เลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัด ที่กำหนดสเกลให้กับเครื่องมือวัดต่างลองลงมา เพื่อจะได้นำไปใช้ในการวัดพิสัยในการวัดต่อไป

1.3 องค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นถือว่าเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีขั้นตอนต่าง ๆ ในอันที่จะพิสูจน์หาค่าความถูกต้องและความผิดพลาดของเครื่องมือวัด เพื่อที่จะให้ได้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยในหัวข้อที่ว่าด้วยองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบนั้น จะขอกล่าวในส่วนที่เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีเนื้อหาและรายละเอียดต่าง ๆดังนี้คือ

1.3.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

1.3.2 ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบ

1.3.3 การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy)

1.3.4 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบ

1.3.5 ความผิดพลาดในลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสอบทียบ

โดยเนื้อหาในองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับการสอบเทียบ จะขอกล่าวเป็นหัวข้อที่ได้ระบุเป็นหัวข้อดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นดังนี้คือ

1.3.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งเครื่องมือวัดที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบให้กับเครื่องมือวัดที่ใช้งาน และเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ โดยจะมีคำศัพท์ที่สำคัญที่ต้องควรทราบ เพื่อที่จะทำให้การสอบเทียบมีประสิทธิภาพและคุณภาพมากขึ้น โดยจะขอกล่าวเป็นนิยามของคำศัพท์ต่าง ๆดังต่อไปนี้คือ

1.3.1.1 ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดค่าความสามารถของเครื่องมือวัดชนิดนั้น ๆ ว่าจะมีโอกาสคลาดเคลื่อนไปได้ในระดับที่ผู้ผลิตกำหนดขึ้น โดยจะยกตัวอย่าง เช่น Outside-Mireometer Range 0-25 mm มีค่าความถูกต้อง $\pm$ 0.01 mm นั้นแสดงให้เห็นว่า Outside-Mireometer ชนิดนี้ มีค่าความถูกต้อง $\pm$ 0.01 mm โดยมีแต่ละตำแหน่งที่มีการวัดนั้นมีโอกาสที่จะคลาดเคลื่อนไปได้ $\pm$ 0.01 mm

1.3.1.2 ความละเอียด (Resolution) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆที่จะแบ่งแยกค่าการวัดได้ในระดับต่างๆที่แต่ละเครื่องมือวัดกำหนดขึ้น โดยมีค่าขนาดของสเกลที่ย่อยละเอียดลงไปเป็นไปในหลักของจุดทศนิยม ตั้งแต่ 1 หลัก 2 หลัก 3 หลัก ต่อไปเรื่อยๆ ที่เครื่องมือวัดได้กำหนดไว้

1.3.1.3 ค่าความผิดพลาด (Error) หมายถึง ค่าที่เกิดจากการวัดโดยการแสดงผลการวัดจากเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัด แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ระบุไว้ โดยผลที่ได้จะนำมาหักล้างกันโดยเป็นไปในลักษณะของการนำค่าที่วัดได้ตั้งลบกับค่าที่ระบุ (Actual – Nominal)

1.3.1.4 ค่าการวัดซ้ำ (Repeatability) หมายถึง ปริมาณของการวัดในค่าของการวัดที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยที่ทำการวัดที่ตำแหน่งเดียวกันหลายๆครั้ง อันเป็นผลที่ใช้อธิบายถึงความสามารถของการวัดซ้ำๆกันในเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ

1.3.2 ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบ

ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบนั้น จะแสดงออกในลักษณะของข้อมูลและรายละเอียดตามหัวข้อต่างๆได้ดังนี้ คือ

1.3.3.1 ความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1.3.3.2 เครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่นั้นมีคุณสมบัติตรงตามลักษณะ ที่ผู้ผลิตกำหนดหรืออยู่ในมาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น

1.3.3.3 เพื่อเป็นการรับรองยืนยันถึงคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

1.3.3.1 ความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ในการสอบเทียบนั้น ที่กล่าวมาแล้วในนิยามของการสอบเทียบ จะเห็นว่าการสอบเทียบ เป็นกระบวนการที่จะตรวจสอบเพื่อหาความผิดพลาดและความถูกต้องของการวัด ในการที่จะได้ทราบถึงความสามารถของเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่ ผลของการวัดจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา และระบบคุณภาพในการควบคุมกระบวนการในการตรวจสอบ โดยเนื้อหาที่กล่าวมานั้นจะเกี่ยวข้องกับความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นั้นก็คือ การทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเป็นการที่จะทำให้ปริมาณของของเสียมีจำนวนน้อยลง พร้อมกับทำให้คุณภาพองค์กรมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3.3.2 เครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่มีคุณสมบัติตรงตามลักษณะที่ผู้ผลิตกำหนดหรือไม่หรืออยู่ในมาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น

การที่นำเครื่องมือวัดไปใช้งาน ก็เพื่อที่จะต้องการทราบว่าชิ้นงานที่ผลิตออกมาแล้วนำไปวัดกับเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่นั้นมีความถูกต้องแค่ไหน ซึ่งจริง ๆ แล้ว ถ้ามองอีกอย่างก็คือ เครื่องมือวัดที่ใช้ไปเป็นเวลานาน ๆ เครื่องมือวัดชนิดนั้นยังอยู่ในคุณสมบัติที่ถูกกำหนดจากผู้ผลิตหรือไม่ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำเครื่องมือวัดไปทำการสอบเทียบ โดยรายละเอียดในการสอบเทียบจะมีการตรวจสอบลักษณะในการใช้งานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น ๆ เพื่อจะหาว่าเครื่องมือวัดชนิดนั้นมีค่าความผิดพลาดและค่าความไม่แน่นอนในการวัดเป็นเท่าไร

โดยการที่จะทำให้คุณภาพของเครื่องมือวัด ที่ใช้งานอยู่นั้นมีความสามารถลดน้อยลงอาจเกิดจากการใช้และการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไม่ถูกต้อง ซึ่งในส่วนนี้อาจจะส่งผลทำให้ความสามารถของเครื่องมือวัดเกิดความผิดพลาดไปจากความสามารถเดิมได้ ซึ่งถ้าอธิบายกันอย่างง่าย ๆ ถึงความสัมพันธ์กันในหัวข้อที่ 1.3.3.2 คือถ้ามีเครื่องมือวัดชนิดหนึ่ง โดยสมมติให้เป็นเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ขนาด 0 –

100 mm ความละเอียดในการอ่านค่าการวัดเท่ากับ 0.05 mm และความถูกต้องในการวัดเท่ากับ 0.02 mm โดยนำเวอร์เนียร์เครื่องนี้ไปวัดงานและผลการวัดออกมาค่าหนึ่งแล้วได้นำเวอร์เนียร์รุ่นเดียวกับเวอร์เนียนที่ได้กล่าวมาแล้วมาวัดงาน โดยเป็นชิ้นงานเดียวกัน และเป็นเจ้าหน้าที่วัดคนเดียวกันด้วย แต่ปรากฏว่าค่าที่ออกมากลับไม่เหมือนกัน (ค่าที่วัดต่างกันระหว่างเวอร์เนียร์สองเครื่อง)

จากส่วนที่ยกตัวอย่างมานี้เพื่อจะอธิบายว่าอาจเกิดจากการนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปใช้งานเป็นเวลานาน ๆ และอาจจะใช้งานและบำรุงรักษาไม่ถูกต้อง และรายละเอียดตรงนี้อาจจะตรวจสอบได้จากการสอบเทียบ เพื่อจะได้ทราบว่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ใช้งานอยู่นั้นยังอยู่ในมาตรฐานของเวอร์เนียร์ชนิดนั้นอยู่หรือไม่ หรืออยู่ในคุณสมบัติของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

1.3.3.3 เพื่อเป็นการรับรองยืนยันถึงคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

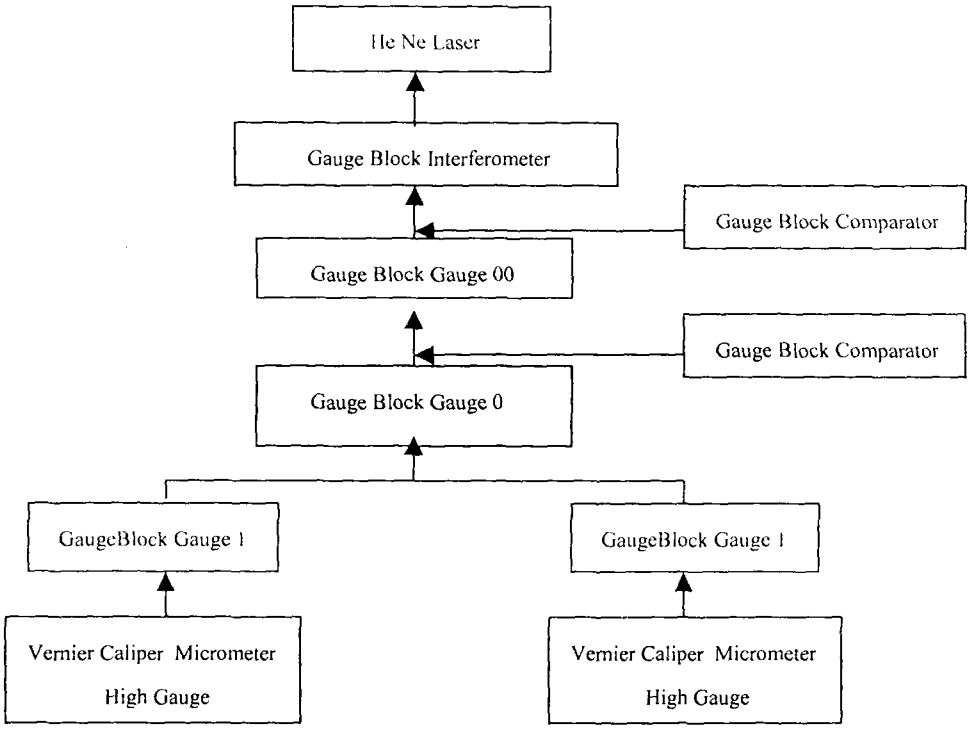
เมื่อได้ทำการสอบเทียบแล้ว ต่อมาจะเป็นการรับรองถึงการสอบเทียบของเครื่องมือวัดที่ได้ถูกสอบเทียบแล้วว่ามีคุณสมบัติอยู่ในขอบเขตที่มาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ กำหนดไว้หรืออยู่ในขอบเขตที่ผู้ผลิตกำหนดคุณสมบัติไว้ ซึ่งในรายละเอียดในข้อที่นี้ ทางหน่วยที่ถูกจัดตั้งให้ทำหน้าที่ในการสอบเทียบ หรือเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือวัดจะเป็นหน่วยงานที่ให้การรับรองถึงผลการสอบเทียบของเครื่องมือวัด

1.3.3 การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy)

การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy) หมายถึง คุณสมบัติของผลการวัดที่สามารถหาความสัมพันธ์กับมาตรฐานที่เหมาะสมซึ่งโดยทั่วไปได้แก่มาตรฐานระหว่างประเทศหรือมาตรฐานแห่งชาติ โดยการเปรียบเทียบอย่างต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1300-2537 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ) หรือจะกล่าวว่าการสอบกลับได้นั้นเป็นการแสดงถึงความสามารถของกรรมวิธีของการวัด (สอบเทียบ) ว่ามีการเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องและเหมาะสม ซึ่งเป็นรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบดังตัวอย่างนี้

เมื่อนำไมโครมิเตอร์วัดนอกไปสอบเทียบ ไมโครมิเตอร์วัดนอกจะถูกสอบเทียบโดยเกจบล็อก (เกรด 1, 2) และเกจบล็อกจะถูกสอบเทียบโดยเกจบล็อก (เกรด 0) และใช้ Gauge Block Comparator รวมในการสอบเทียบด้วย และเกจบล็อก (เกรด 0) จะถูกสอบเทียบ โดยเกจบล็อก (เกรด 00) และจะใช้ Gauge Block Comparator รวมในการสอบเทียบด้วย

โดยในการสอบกลับได้ของการวัดในรายละเอียดของการสอบเทียบนั้น จะเป็นขั้นๆเรื่อยไปจนถึงเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน โดยส่วนนี้จะอธิบายให้ทราบว่าเครื่องมือวัด (ไมโครมิเตอร์วัดนอก) ได้สอบเทียบจากเครื่องมือวัดหรือวัสดุอ้างอิงอะไรบ้างและสามารถสอบกลับได้หรือไม่ ดังรูปแสดงการสอบกลับได้ของเครื่องมือวัด ดังนี้



1.3.4 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด ทุกสาขาทางด้านมาตรวิทยานั้นจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะแวดล้อม ในอันที่จะส่งผลกระทบต่อการสอบเทียบได้ และในเรื่องของสภาวะและสถานที่นั้นได้มีการกำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ที่ว่าด้วยข้อกำหนดทั่วไปของความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ด้วยเหตุนี้จะเห็นว่าสภาวะและสถานที่นั้นจะย่อมมีส่วนสำคัญเพราะว่าในกระบวนการของการสอบเทียบนั้นได้มีการกำหนดคุณสมบัติของสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบไว้ตามแต่จะทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น เพราะว่าเครื่องมือวัดหรือวัสดุอ้างอิงที่ใช้ประกอบในกรรมวิธีการสอบเทียบจะมีคุณสมบัติของเครื่องมือวัดหรือวัสดุว่ามีค่าถูกต้องคงที่ หรือมีค่าที่ระบุที่ติดมา (ค่าประจำตัว) กับเครื่องมือวัดหรือวัสดุที่อุณหภูมิที่เท่าไร

ด้วยเหตุผลในลักษณะนี้จึงได้มีการกำหนดถึงสภาพแวดล้อม ที่จะทำการควบคุมในกรรมวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ๆ ซึ่งได้มีการจัดทำห้องปฏิบัติการให้เหมาะสมกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ๆ โดยจะยกตัวอย่างประเภทห้องปฏิบัติการสอบเทียบดังนี้

เช่น 1. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางไฟฟ้า
2. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางมิติ(ความยาว)
3. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางอุณหภูมิ
4. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางความถี่

โดยในหัวข้อนี้จะขออธิบายในสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบทางด้านมิติ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุณหภูมิ
2. ความชื้น
3. ความสว่าง
4. ความสั่นสะเทือน

1.3.4.1 อุณหภูมิ

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดทางด้านรูปทรง ขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงของวัตถุ โดยได้ถูกออกแบบ และสร้างจากวัตถุที่เป็นโลหะ โดยลักษณะของโลหะนั้นยอมจะมีผลต่ออุณหภูมิ ที่เป็นองค์ประกอบที่ส่งผลกระทำให้โลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงในการยืดตัวและหดตัวได้ (ตามหลักวัสดุวิศวกรรม)

นั้นจะส่งผลทำให้เครื่องมือวัดที่มีองค์ประกอบ ที่เป็นโลหะเปลี่ยนแปลงด้วยในด้านของการยืดและขยายตัว และนั้นจะเป็นผลต่อมาที่ทำให้การวัดของเครื่องมือวัดเกิดการผิดพลาดในการวัดได้ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้ในการวัดในกระบวนการสอบเทียบขึ้น โดยการจัดสร้างห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดขึ้น เพื่อใช้ในการควบคุมสภาวะแวดล้อมทางด้านอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่มีการกำหนดขึ้นนั้นจะมีค่าของอุณหภูมิอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 20 °C เนื่องจากที่ระดับของอุณหภูมิที่ 20 °C เป็นระดับที่ไม่มีผลต่อการยืดและหดตัวของโลหะ จึงทำให้ถูกกำหนดที่ระดับอุณหภูมิดังกล่าว แต่การที่จะควบคุมให้อุณหภูมิมีค่าที่ 20 °C คงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดพิกัดค่าเผื่อที่เป็นค่า ± ไว้ โดยได้กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานไว้ 2 ระดับของค่าพิกัดค่าเผื่อ คือที่ 20 C ± 1 °C และ 20 C ± 2 °C เพื่อไว้เป็นขอบเขตที่ยอมรับได้ ในการที่จะใช้ดำเนินการเป็นอุณหภูมิควบคุมในการจัดการสอบเทียบ

1.3.4.2 ความชื้น

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่ทำมาจากวัสดุ ที่เป็นโลหะ หรือ ทำจากเหล็ก ซึ่งนั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญประการหนึ่งโดยเนื่องจากความชื้นจะผลต่อวัสดุที่มีองค์ประกอบที่ทำจากโลหะหรือเหล็ก นั้นก็คือ จะทำให้เกิดสนิมขึ้นบนตัวเครื่องมือวัดได้และจะส่งผลเสียหายมากต่อเครื่องมือวัด ต้องทำให้ต้องยกเลิกเครื่องมือวัดที่เป็นสนิมนั้นเสียและต้องจัดหาเครื่องมือวัดเครื่องใหม่มาใช้ ย่อมจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นด้วย จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความชื้นในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความชื้นทางห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางด้านมิตินั้นได้กำหนดไว้ว่าให้อยู่ในช่วง 35%-55%เพื่อป้องกันการเกิดสนิม ป้องกันการเกิดละอองน้ำจับบนผิวเครื่องมือวัด และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.4.3 ความสว่าง

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่มีการใช้สเกล เป็นสิ่งชี้วัดถึงขนาด ระยะทาง ของสิ่งถูกวัด โดยในการแสดงค่าการวัดของเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะมีตัวเลขกำกับบนขีดสเกลของเครื่องมือวัด หรือไม่ก็เป็นตัวเลขที่เป็นดิจิตอล ซึ่งจะเห็นว่าสิ่งชี้วัดนั้นจะสัมพันธ์กับการมองเห็น โดยการมองเห็นจะต้องใช้แสงสว่างเพื่อให้การมองเห็นเกิดความชัดเจนมากที่สุด เพราะว่า การให้แสงสว่างไม่เพียงพอจะส่งผลให้การวัดเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ และเมื่อให้แสงสว่างมากเกินไปจะส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดการมองเห็นที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากแสงสว่างมากเกินไปทำให้

ตาพล่า หรือตาลาย จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความสว่างภายในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความชื้นทางห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางด้านมิตินั้น ได้กำหนดไว้ว่าให้อยู่ในช่วง 100 ฟุตแคนเดลลา(Foot Candles) เพื่อป้องกันการมองเห็นมีความชัดเจนและถูกต้อง และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.4.4 ความสั่นสะเทือน

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่จะขาดไม่ได้เลยนั้นก็คือ ความสั่นสะเทือน เพราะว่าการสอบเทียบทางด้านมิติจะต้องกระทำภายใต้สภาพที่คงที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวของความสั่นสะเทือนในบริเวณที่ทำการสอบเทียบ โดยจะทำให้ผลการวัดเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ นั้นคือเมื่อได้ทำการสอบเทียบขึ้นแล้วปรากฏว่าระหว่างการสอบเทียบมีความสั่นสะเทือนเกิดขึ้น โดยเครื่องวัดที่ได้ทำการสอบเทียบนั้นจะให้ค่าที่ไม่ถูกต้องจากความเป็นจริงที่ควรจะเป็น โดยจากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความสั่นสะเทือนภายในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความสั่นสะเทือนภายใน 0.001 gmax เพื่อป้องกันให้การสอบเทียบมีความเที่ยงตรงและทำให้การมองเห็นมีความชัดเจนและถูกต้อง และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.5 ความผิดพลาดและผลกระทบในลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสอบทียบ

การปฏิบัติในการทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น จะมีองค์ประกอบต่าง ๆที่ส่งผลให้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น เกิดความผิดพลาด และความถูกต้องได้ โดยที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อต่าง ๆ ล้วนแล้วเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติทั้งสิ้น โดยในหัวข้อที่กล่าวต่อไปนี้จะเป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับความผิดพลาดและผลกระทบในลักษณะต่าง ๆที่มีผลต่อการสอบทียบ โดยจะมีรายละเอียดของความผิดพลาดและผลกระทบที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ดังต่อไปนี้คือ

1.3.5.1 ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)

1.3.5.2 ผลกระทบทางอุณหภูมิ (Thermal Effect)

1.3.5.3 ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

1.3.5.4 ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)

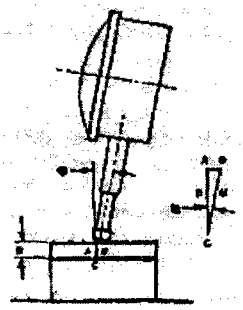
1.3.5.5 ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง

1.3.5.6 ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression)

โดยจะขอกล่าวในหัวข้อของความผิดพลาดที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติดังนี้

1.3.5.1 ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)

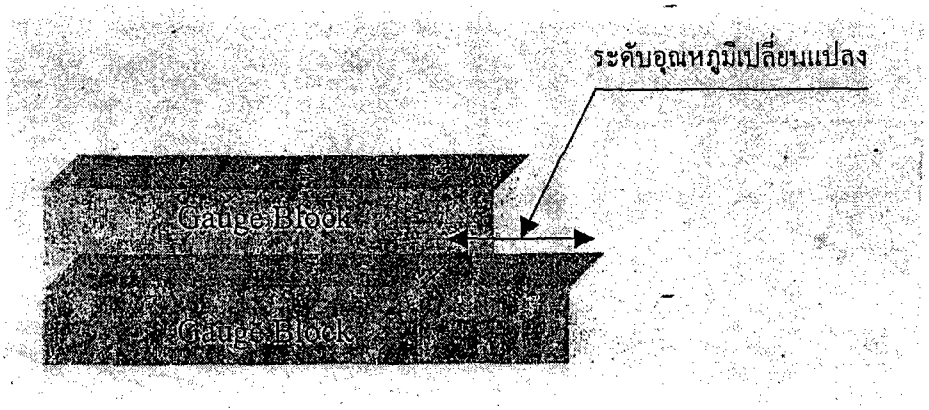
ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการติดตั้งเครื่องมือวัดในการสอบเทียบ ไม่อยู่ในแนวแกนวัดเดียวกัน โดยกล่าวคือ การที่นำเครื่องมือวัดที่จะถูกสอบเทียบไปทำการติดตั้งกับเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ แล้วไม่จัดเการติดตั้งให้เครื่องมือวัดทั้งสองอยู่ในแนวแกนวัดเดียวกัน อันจะส่งผลให้ผลของการสอบเทียบที่แสดงออกมาได้ค่าความผิดพลาด ที่ผิดจากความเป็นจริง โดยมีรูปภาพแสดงความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error) ดังนี้



รูปที่6.ภาพแสดงความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)
(บุญพริ้ง สุขสบาย และวชิระ มีทอง. มปป. : 3)

1.3.5.2 ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Effect)

ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Effect) เป็นผลกระทบอันที่เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมจากภายนอกมากระทำกับวัตถุนั้นก็คือ เครื่องมือวัดโดยผลที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นไปในลักษณะของการหดตัวและขยายตัวของขนาดเครื่องมือวัด ที่เป็นไปตามหลักการของวัสดุวิศวกรรมนั้นคือ เมื่อมีอุณหภูมิภายนอกมากระทำโดยเป็นอุณหภูมิที่สูงวัตถุจะยืดตัวออก และเมื่อมีอุณหภูมิภายนอกมากระทำโดยเป็นอุณหภูมิที่ลดลงวัตถุจะหดตัวเข้า นั้นจะมีผลกระทบทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้ โดยเมื่อทำการสอบเทียบที่ไม่อยู่ในสภาพที่ควบคุมตามมาตรฐาน ผลที่ได้จากการสอบเทียบจะผิดพลาดไปได้ โดยมีรูปภาพแสดงลักษณะของผลกระทบทางอุณหภูมิ (Thermal Effect) ดังนี้



รูปที่7.ภาพแสดงความผิดพลาดทางอุณหภูมิ (Thermal Effect)

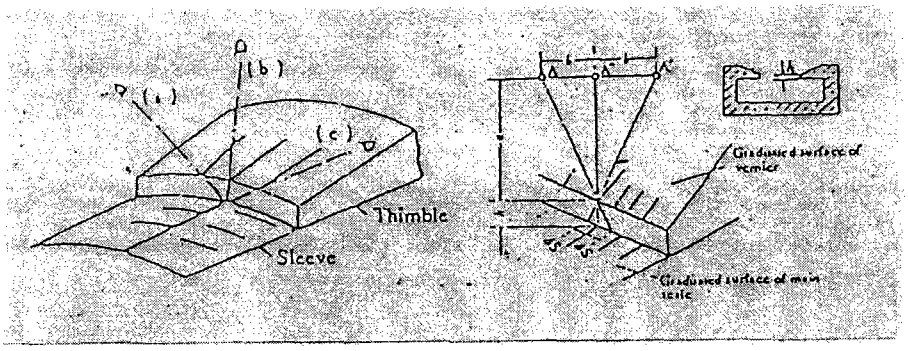
1.3.5.3 ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

เป็นผลกระทบอันเนื่องมาจากความสามารถในการแบ่งแยกของค่าการวัดในแต่ละช่วงของการวัด และผลการวัดในแต่ละเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดไม่เท่ากัน โดยความผิดพลาดด้านนี้จะเป็นไปในลักษณะของปริมาณวัดไม่พอดี ช่องสเกลหรือค่าที่กำหนด จึงทำให้เกิดการปัดค่าการวัด (Resolution round off) จะส่งผลให้ผลการวัดมีความคลาดเคลื่อนได้จากการอ่านค่าการวัด จากเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบและเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ

1.3.5.4 ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)

ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการอ่านค่าการวัด จากเครื่องมือวัดที่มีการแสดงค่าการวัดเป็นสเกล เนื่องจากความผิดพลาดในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นโดยการที่ผู้ปฏิบัติงานได้ดำเนินการนำเครื่องมือวัดที่เป็นสเกล อันได้แก่ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ บรรทัดเหล็ก ไมโครมิเตอร์ ไดอัลเกจ เป็นต้น ไปใช้ในการวัดงานโดยจะอ่านค่าการวัดจากสเกลของเครื่องมือวัดนั้นแต่เมื่อมีการมองไปที่สเกลของเครื่องมือวัดแล้วเกิดการมองที่ผิดมุม (มองเอียงซ้ายหรือมองเอียงขวา) แล้วเมื่อทำการสอบเทียบจะส่งผลให้ค่าจากการสอบเทียบเกดความผิดพลาดขึ้นได้ โดยมีรูปภาพแสดงลักษณะของความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error) ดังนี้



รูปที่8.ภาพแสดงความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)
(สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2541. :95)

1.3.5.5 ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง (Geometric Error)

ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง (Geometric Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ที่มีผลมาจากลักษณะของวัตถุที่ไม่มีความตรง ความขนาน ความเรียบหรือโค้ง โดยจากความผิดพลาดในลักษณะนี้ จะส่งผลให้การสอบเทียบที่มีการใช้เครื่องมือวัด อันที่จะต้องทำการสอบเทียบเกิดค่าการสอบเทียบที่ผิดจากความจริงที่จะได้จากการสอบเทียบ

1.3.5.6 ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression)

ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการกระทำในการทำการสอบเทียบ ในลักษณะของการกด แตะ คีบ หรือการกระทำใดที่ทำให้เกิดแรงในการวัดขึ้น โดยจะส่งผลให้เกิดการหดตัวและขยายตัวในวัตถุหรือเครื่องมือวัด ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้โดยถ้าออกแรงกดมากไปหรือน้อยไปค่าที่ได้ก็จะผิดพลาดได้

1.4 มาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นเป็นกระบวนการหรือขั้นตอนในการดำเนินงาน ที่ใช้ในการตรวจสอบหรือขั้นตอนในการเฝ้าระวังในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ โดยการสอบเทียบได้เป็นขั้นตอนหนึ่งในระบบมาตรฐานทางคุณภาพ ที่เป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมโดยในหัวข้อของมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ นั้นจะขอยกตัวอย่างดังต่อไปนี้คือ

1.4.1 ระบบมาตรฐาน ISO 9000

1.4.2 ระบบมาตรฐาน QS9000 (TSI/16949)

1.4.3 ระบบมาตรฐาน ISO 14000

1.4.4 ระบบมาตรฐาน HACCP

1.4.5 ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

โดยในรายละเอียดของแต่ละมาตรฐานจะอธิบายดังต่อไปนี้

1.4.1 ระบบมาตรฐาน ISO 9000

ระบบมาตรฐานISO 9000 เป็นระบบมาตรฐานที่จัดทำขึ้นเพื่อให้กระบวนการหรือขั้นตอนของการปฏิบัติ มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบและถูกต้อง โดยในมาตรฐาน ISO 9000 นั้นจะเข้าไปอยู่ในทุกระบบของทุกอุตสาหกรรมทั้งทางด้านการบริการและทางผลิต โดยทุกขั้นตอนจะมีขั้นตอนการดำเนินงานในการเฝ้าระวัง ที่จะให้มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ แล้วกระบวนการสอบเทียบนั้นเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานในระบบมาตรฐาน เพื่อที่จะตรวจสอบและระวังไม่ให้เกิดความเสียหายกับการผลิต เนื่องจากจะทุกขั้นตอนของการผลิตจะต้องมีการวัด นั้นก็คือต้องมีการใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบหรือวัดผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ซึ่งถ้าเครื่องมือวัดเกิดความเสียหายขึ้น แต่ไม่ทราบยังนำเครื่องมือวัดที่เป็นเครื่องมือวัดที่มีเสียไปใช้ ย่อมจะเกิดความเสียหายตาม จึงต้องมีการสอบเทียบขึ้นเพื่อจะได้แน่ใจในเครื่องมือวัดที่ใช้งานและเพื่อที่จะให้งานออกมามีคุณภาพ

1.4.2 ระบบมาตรฐาน QS9000 (TSI/16949)

ระบบมาตรฐาน QS9000 (ISO/TS 16949) เป็นระบบมาตรฐานทางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยระบบมาตรฐาน QS 9000 เป็นระบบคุณภาพที่กลุ่มบริษัทรถยนต์ยักษ์ใหญ่ของสหรัฐสามรายคือฟอร์ด (Ford) เจเนรัล มอเตอรส์ (General Motors) และไครสเลอร์ (Chrysler) ร่วมกันกำหนดขึ้นในปี 2537 โดยได้นำระบบคุณภาพของตนมาผสมผสานกัน เพื่อใช้เป็นมาตรฐานร่วมสำหรับซัพพลายเออร์ของบริษัททั้งสามนอกเหนือไปจากข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละบริษัท ระบบดังกล่าวมีเป้าหมายหลักเพื่อลดการสูญเสียในสายการผลิตทุกขั้นตอนในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนล่าสุดได้มีการผสมผสานระหว่างระบบมาตรฐาน ISO 9001:2000 และระบบมาตรฐาน QS 9000 ขึ้นเป็นระบบมาตรฐาน ISO/TS 16949 ซึ่งได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนทั้งในสหรัฐอเมริกาและยุโรป (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.2544 : 7)โดยในระบบ ระบบมาตรฐาน QS9000 (ISO/TS 16949) ได้มีการกำหนดขั้นตอนในการสอบเทียบเครื่องมือวัดขึ้นเพื่อต้องการความถูกต้องและคุณภาพสูงเพื่อที่จะลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต

1.4.3 ระบบมาตรฐาน ISO 14000

ระบบมาตรฐาน ISO 14000 เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยคณะกรรมการเทคนิคของ ISO เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการจัดการธุรกิจที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นให้องค์กรมีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมในการควบคุม และปรับปรุงผลการปฏิบัติงานของกระบวนการ ผลิต

ภัณฑ์และบริการ เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเช่น ผลกระทบที่เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ผลกระทบต่อสุขอนามัย และผลกระทบต่อนิเวศน์วิทยา นับตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ การวิจัยและพัฒนา การผลิต การส่งมอบ การนำไปใช้งาน การนำกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดขั้นสุดท้าย ระบบดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางไม่น้อยไปกว่าระบบมาตรฐาน ISO 9000 เนื่องจากเกิดความตื่นตัวในด้านการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมในประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศพัฒนาแล้ว ในปัจจุบันธุรกิจไม่น้อยได้เข้าสู่ระบบดังกล่าวเพื่อป้องกันการถูกกีดกันทางการค้าด้วยเหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัย

ระบบมาตรฐาน ISO 14000 เกี่ยวข้องกับระบบมาตรวิทยาเนื่องจากการเฝ้าติดตามและการวัดผลการรักษาสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องอาศัยการวัดค่าตัวแปรต่าง เช่น อัตราการปล่อยของเสียและสารต่าง ๆ โดยข้อกำหนดที่ 4.4.1 ของระบบ ISO 14000 กำหนดให้องค์กรที่ต้องการได้รับการรับรองต้องสอบเทียบและรักษาเครื่องมือวัดและเครื่องทดสอบ ตลอดจนให้บันทึกการสอบเทียบและการบำรุงรักษาเพื่อให้มั่นใจได้ว่าค่าที่วัดได้มีความน่าเชื่อถือ (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.2544 : 8)

1.4.4 ระบบมาตรฐาน HACCP

ระบบมาตรฐานHACCP เป็นระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤติที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Points หรือ HACCP) เป็นระบบมาตรฐานเพื่อป้องกันอันตรายในอาหารซึ่งกำหนดขึ้นโดย FAO/WHO Codex Alimentarius Commission (CODEX) ระบบมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดแนวทางการควบคุมความปลอดภัยในขั้นตอนที่สำคัญในการจัดหาอาหารเพื่อให้มั่นใจได้ว่า อาหารดังกล่าวปราศจากสิ่งปนเปื้อนทางชีวภาพ สิ่งปนเปื้อนทางเคมี และสิ่งปนเปื้อนทางกายภาพ

เมื่อปี 2538 องค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration) แห่งสหรัฐอเมริกาได้นำข้อกำหนดของระบบดังกล่าวมาออกกฎหมายบังคับใช้ในการผลิตอาหารทะเล และเมื่อปี 2539 กระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (FSIS – USDA) ได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์เนื้อและสัตว์ปีกต้องใช้ระบบดังกล่าวในการผลิตด้วย นอกจากนี้หน่วยงานระหว่างประเทศ เช่น องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAD) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ยังให้การยอมรับระบบดังกล่าวด้วย ล่าสุดเมื่อเดือนมกราคม 2543 คณะกรรมาธิการของสหภาพยุโรป (Commission of European Communities) ได้ออกประกาศสมุดปกขาวเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร (White Paper on Food Safety) ซึ่งกำหนดให้ผู้ผลิตอาหารและสัตว์ต้องใช้มาตรฐาน HACCP อย่างเป็นระบบในปัจจุบันผู้ประกอบการผลิตอาหารในประเทศไทยที่ส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปต้องเริ่มปรับตัวในการจัดทกระบบดังกล่าวขึ้นเป็นแนวางในการผลิตอาหารกระป๋องทั้งประเภทที่มีความเป็นกรดต่ำ และอาหารปรับกรด อาหารทะเลและผลิตภัณฑ์จากอาหารทะเล อาหารประเภทเนื้อสัตว์ และสัตว์ปี ตลอดจนน้ำผลไม้

HACCP ทำให้เกิดความต้องการระบบมาตรวิทยาที่ได้มาตรฐานมากขึ้น เช่นเดียวกับระบบมาตรฐานอื่น ๆ แม้ว่า HACCP จะไม่มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับมาตรวิทยาโดยตรงก็ตาม เนื่องจากกิจกรรมที่ผู้ประกอบการจะต้องจัดทำขึ้นก่อนเข้าสู่ระบบ HACCP รวมถึง โปรแกรมพื้นฐานทั่วไป (Common Pre-requisite Programs) ซึ่งกำหนดให้การวัดต่าง ๆ ในการผลิต ไม่ว่าจะเป็นวัดวัตถุดิบทางเคมีเพื่อหาสารพิษ วัตถุเจือปนและสารปนเปื้อน หรือการวัดทางจุลชีววิทยาเพื่อตรวจหาโคลิฟอร์ม หรือ อี โคไล (E colli) หรือการวัดปริมาณต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตเช่น เวลา อุณหภูมิและ pH ต้องได้รับการดูและและสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ และต้องจัดทำเอกสารที่ เกี่ยวข้องในอนาคตอันใกล้นี้ การเข้าสู่ระบบมาตรฐานสากลโดยเฉพาะมาตรฐาน ISO 9000 จะเป็นภารกิจที่มีความสำคัญเร่งด่วนสำหรับธุรกิจไทยในการพัฒนาความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ ระบบมาตรวิทยาทั้งในระดับชาติและในระดับห้องปฏิบัติการที่ได้มาตร

ฐานจะเป็นปัจจัยเกื้อหนุนที่สำคัญที่ช่วยให้ธุรกิจของไทยสามารถเข้าสู่ระบบมาตรฐานสากลและผลิตสินค้าส่งออกไปยังตลาดโลกได้อย่างมีประสิทธภาพ ในทางตรงกันข้าม หากระบบมาตรวิทยาของประเทศไทยเป็นระบบที่ไม่ได้มาตรฐานหรือไม่สามารถให้บริการได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการแล้ว ระบบมาตรวิทยาก็จะกลายเป็นภาระแก่ธุรกิจไทยในการเข้าสู่มาตรฐานสากล (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2544 : 10)

1.4.5 ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เป็นระบบมาตรฐานที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นการจัดการและควบคุมให้กับห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ในอันที่จะทำให้ห้องปฏิบัติการมีการควบคุมคุณภาพและรักษาไว้ซึ่งความถูกต้อง อันจะส่งผลให้การสอบเทียบมีประสิทธิภาพ โดยแต่เดิมระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 มีชื่อว่าระบบมาตรฐาน ISO/IEC Guide25 แต่ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว และในระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ได้มีข้อกำหนดที่เข้มงวดกับความสามารถของบุคคลที่จะทำหน้าที่ต่างๆในห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ทั้งในด้านของทักษะและความรู้ของผู้ที่จะปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ความสามารถ โดยเมื่อได้รับการรับรองในระบบมาตรฐานดังกล่าวแล้ว สามารถที่จะให้การรับรองในเครื่องมือวัดที่สอบเทียบได้ตามที่ระบุในขอบข่ายที่ระบุไว้ในเอกสารและใบรับรอง และเป็นมาตรฐานที่สำคัญต่อการสอบเทียบโดยตรง พร้อมกับได้รับการยอมรับจากทุกมาตรฐานในระบบอุตสาหกรรม

2. วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ควรจะต้องทราบและมีความเข้าใจในเรื่องของวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติเพื่อจะทำให้การสอบเทียบมีความถูกต้อง เนื่องจากการที่ไม่มีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดด้านมิติจะส่งผลต่อการปฏิบัติงาน และเป็นองค์ประกอบแรกในการที่จะทำการสอบเทียบ นั้นหมายถึงว่าควรที่จะใช้เครื่องมือวัดให้เป็นหรือมีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดเสียก่อน ที่จะตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องมือวัดชนิดนั้น การที่ไม่มีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดย่อมไม่ทำให้การสอบเทียบเครื่องมือวัดแสดงผลที่มีความถูกต้องออกมา พร้อมกันนั้นเมื่อใช้เป็นใช้ได้แล้วควรที่จะรู้จักการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อเป็นการรักษาให้เครื่องมือวัดด้านมิติมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และคงไว้ซึ่งสภาพการใช้งานตามลักษณะของครื่องมือวัดด้านมิติชนิดนั้น โดยในรายละเอียดที่กล่าวต่อไปนี้จะว่าด้วยเรื่อง ของวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติที่เป็นพื้นฐานของการสอบเทียบเวร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) โดยมีรายละเอียดเป็นหัวข้อดังนี้

2.1 การใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อก (Gauge Block)

2.2 การใช้และบำรุงรักษาออปติคอลแฟลต (Optical Flat)

2.3 การใช้และบำรุงรักษาออปติคอลพาลาแลล (Optical Parallel)

2.4 การใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Plate)

2.5 การใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอก (Outside- Mircometer)

โดยจะเริ่มจากข้อที่ 2.1 ดังนี้

2.1 การใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อก (Gauge Block)

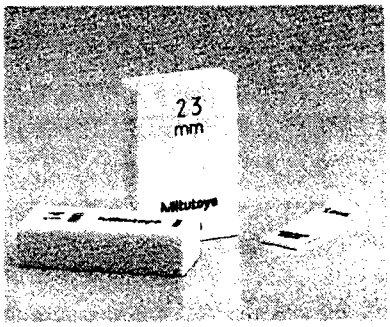
2.1.1 เกจบล็อก (Gauge Block) หมายถึง วัสดุหรือเครื่องมือวัดที่มีขนาดของค่าที่ระบุไว้ที่แน่นอน และถือเป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบเครื่องมือวัดประเภทความยาว ดังเช่น เวอร์เนียร์, ไมโครมิเตอร์, ไฮเกจ และอื่น ๆ

โดยรูปลักษณ์ของเกจบล็อก (Gauge Block) มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมดังเช่น

- รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular gauge block)
- รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square gauge block)

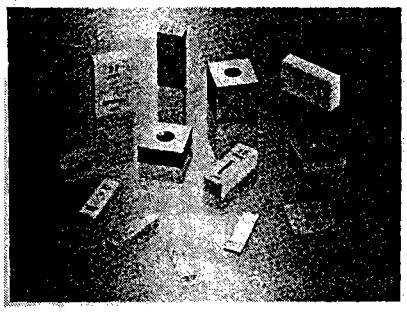
และเกจบล็อก (Gauge block) ได้มีการทำมาจากวัสดุดังเช่น

- เหล็ก (Steel)
- เซรามิก



รูปที่9.แสดงลักษณะของเกจบล็อก (Gauge block)
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)

Gage Blocks



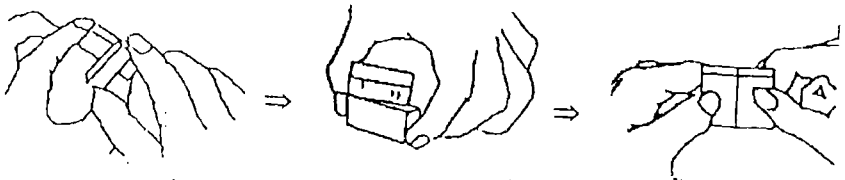
รูปที่10.แสดงลักษณะของเกจบล็อก (Gauge block)ที่มีขนาดต่าง ๆ บอกค่าต่าง ๆ
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)

2.1.2 วิธีการใช้เกจบล็อกมีรายละเอียดดังนี้

- ทำความสะอาดเกจบล็อก โดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์95%-100% เช็ดทำความสะอาดก่อนการใช้งาน
- นำเกจบล็อกที่เช็ดคราบวาสลีนหรือคราบน้ำมันที่เคลือบออกแล้ว นำมาวางบนผ้าที่เป็นชนิดที่มีความอ่อนนุ่มหรือผ้าหนังชามัวร์
- ให้เช็ดทำความสะอาดเกจบล็อกอีกครั้ง โดยใช้กระดาษทิชชูชุบหรือผ้าหนังชามัวร์เช็ดทำความสะอาด ให้แห่งเกจบล็อกมีความเงา
- เมื่อจะทำการประกบเกจบล็อกมีขั้นตอนดังนี้ โดยมีการประกบเกจบล็อกอยู่ 3 รูปแบบ โดยมีดังนี้คือ

- การประกบเกจบล็อกที่มีความหนา 2 ชิ้นเข้าด้วยกันมีรายละเอียดดังนี้

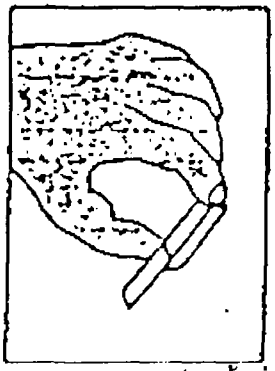
- นำเกจบล็อกมาประกบกันให้เป็นรูปกากบาท
- ให้ออกแรงกดเบาๆและคอยเลื่อนแท่งเกจบล็อกให้เลื่อนสัมผัสกันจะรู้สึกฝืด
- เลื่อนแท่งเกจบล็อกให้เท่าเสมอกัน



รูปที่11. แสดงการประกบเกจบล็อกที่มีความหนา 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :2)

- การประกบเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าบนชิ้นที่หนากว่ามีรายละเอียดดังนี้

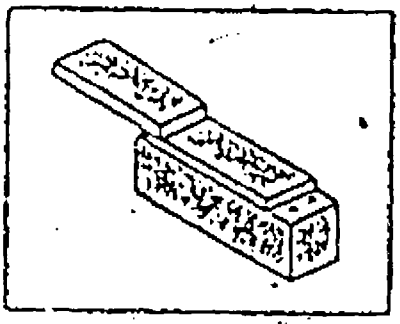
- นำเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าวางปลายเกจบล็อกชิ้นที่หนากว่า
- ออกแรงกดเบา ๆ และเลื่อนชิ้นที่บางกว่าไปบนชิ้นที่หนากว่าจนแท่งเกจบล็อก เลื่อนเสมอกันสนิท



รูปที่12. แสดงการประกบเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าบนชิ้นที่หนากว่า
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :2)

- การประกบเกจบล็อกชิ้นที่บาง ๆ เข้าด้วยกันมีรายละเอียดดังนี้

- นำเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าประกบเข้ากับชิ้นที่หนากว่า
- นำเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าประกบเข้ากับเกจบล็อกชิ้นบางที่ได้ประกบบนชิ้นที่หนาก่อนหน้านี้
- ทำการเลื่อนชิ้นที่หนาออก



รูปที่ 13. แสดงการประกบเกจบล็อกชิ้นบาง ๆเข้าด้วยกัน
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :3)

- ภายหลังจากการใช้เกจบล็อกแล้วนำไปทำความสะอาดโดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาดแล้วใช้ผ้าเป็นชนิดที่อ่อนนุ่มหรือกระดาษซิชชูเช็ดซ้ำอีกครั้ง
- นำเกจบล็อกที่ทำความสะอาดแล้ว นำไปทาวาสลีนเคลือบผิวบาง ๆที่แท่งเกจบล็อก
- นำไปใส่ในกล่องบรรจุและเก็บเข้าที่

2.1.3 วิธีการบำรุงรักษาเกจบล็อกมีดังนี้

- ก่อนนำเกจบล็อกไปใช้งานควรทำความสะอาดทุกครั้ง เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อผิวเกจบล็อก
- เมื่อนำเกจบล็อกไปใช้งานควรระมัดระวังอย่าให้ผิวเกจบล็อกเป็นรอยขีดข่วนจนสัมผัสได้เพราะจะทำให้ผิวของเกจบล็อกเสียหายได้
- เมื่อนำเกจบล็อกไปใช้งานโดยการประกบเกจบล็อกหลังจากเลิกใช้งานแล้วให้แยกเกจบล็อกออกจากกันเพื่อป้องกันไม่ให้ผิวเกจบล็อกเกิดความเสียหาย
- หลังจากเลิกใช้งานแล้วควรที่จะเช็ดทำความสะอาดเหมือนกับตอนที่นำออกมาใช้งาน เมื่อเช็ดทำความสะอาดแล้วให้ทาวาสลีนเคลือบที่เกจบล็อกให้ทั่วทั้งแท่งเกจบล็อก และนำใส่กล่องบรรจุที่เตรียมไว้หรือกล่องบรรจุเฉพาะใส่เกจบล็อก

2.2 การใช้และบำรุงรักษาออปติคอลแฟลต (Optical Flat)

2.2.1 ออปติคอลแฟลต (Optical Flat) คือ เครื่องมือหรือวัสดุอ้างอิงที่ใช้ในการตรวจสอบความเรียบผิวหน้าสัมผัสของเครื่องวัด เช่น ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out Side Micrometer) , Micrometer Head, เกจบล็อก (Gauge Block)

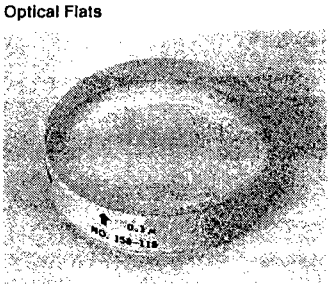
2.2.2 ในการใช้งานออปติคอลแฟลต (Optical Flat) มีรายละเอียดดังนี้

- ใช้สำหรับตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอก โดยมีขั้นตอนดังนี้
- ทำความสะอาดผิวหน้าสัมผัสของ Optical Flats โดยใช้กระดาษเฉพาะที่ใช้สำหรับเช็ดเลนส์
- ทำความสะอาดผิวหน้าสัมผัสของไมโครมิเตอร์วัดนอกทั้งสองข้าง โดยโดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์95%-100% เช็ดทำความสะอาดก่อนการใช้งาน
- นำ Optical Flats มาวางลงบนผิวหน้าสัมผัสแกนของไมโครมิเตอร์คือ แกนวัดด้าน

Anvil และ Spindle โดยทำทีละแกนของไมโครมิเตอร์วัดนอก

- นับจำนวน Fring (แถบแสงสีแดง) บนผิวหน้าสัมผัสของ Optical Flats

ในส่วนการนำไปใช้งาน คือ นำ Optical Flat ไปวางบนผิวหน้าสัมผัสของเครื่องมือวัดที่ต้องการตรวจสอบ โดยให้นำผิวหน้าที่มีความเรียบของ Optical Flat วางลงที่ผิวสัมผัสของเครื่องมือวัดนั้น จากนั้นถ้าผิวหน้าสัมผัสของ Optical Flat กับหน้าสัมผัสของเครื่องมือวัดทำมุมกันในระยะห่างกันเล็กน้อย จะทำให้เกิดแถบแสง (มืดสว่างสลับกัน) บนผิวสัมผัสของเครื่องมือวัดที่ถูกตรวจสอบ แต่ถ้ามุมนั้นใหญ่โตเกินไปแถบสว่างที่พบเห็นจะมีลักษระเล็กและรูปลักษณ์ที่พบเห็นจะมีแถบแสงสว่างที่เยบกันไปจนอาจแยกกันไม่ออก ถ้าหากการวาง Optical Flat บนผิวสัมผัสของเครื่องมือวัดนั้นแนบสนิทกันพอดี ผลที่ได้จะไม่เห็นแถบมืดเลย จากตรงนี้จะขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติที่จะนำไปใช้งนต้องพยายามเรียนรู้ในกรรมวิธีในการปรับมุมที่เกิดจากการวาง Optical Flat บนผิวหน้าสัมผัสของเครื่องมือวัดนั้น ซึ่งการที่จะปรับให้มุมที่เกิดขึ้นให้พอดีนั้นจะเกิดขึ้นในเวลาที่ทำการหมุนปรับให้ผิวสัมผัสของ Optical Flat กับเครื่องมือวัดแนบสนิทกัน



รูปที่14.แสดงลักษณะของ Optical Flat
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :12)

2.2.3 วิธีการบำรุงรักษา Optical Flats มีรายละเอียดดังนี้

- ควรสวมถุงมือผ้าทุกครั้งที่จับต้อง Optical Flats
- ควรใช้ผ้าที่ใช้เช็ดเลนส์หรือผ้าเฉพาะที่ได้ระบุให้เช็ด Optical Flats
- ทำความสะอาดผิวหน้าสัมผัสของแกนวัดไมโครมิเตอร์วัดนอกทุกครั้งที่จะใช้รวมกับ Optical Flats
- เมื่อใช้ Optical Flats เสร็จแล้วทำความสะอาดทุกครั้งก่อนการเก็บ

2.3 การใช้และบำรุงรักษาออปติคอลพาลาแลล (Optical Parallel)

2.3.1 ออปติคอลพาลาแลล (Optical Parallel) คือเครื่องมือวัสดุอ้างอิงที่ใช้ในการตรวจสอบความขนานระหว่างผิวหน้าสัมผัสของเครื่องมือวัดกับผิวหน้าสัมผัสของ Optical Parallel เช่นการตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out-side Micrometer)

ในส่วนของการนำไปใช้งาน จะใช้ในลักษณะเดียวกับการใช้ Optical Flat แต่ Optical Parallel จะมีขนาดต่าง ๆ กัน เพื่อใช้ในการตรวจสอบความขนานของเครื่องมือวัดที่ถูกตรวจสอบ

2.3.2 การใช้งาน Optical Parallels มีรายละเอียดดังนี้

ใช้สำหรับตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอก โดยมีขั้นตอนดังนี้

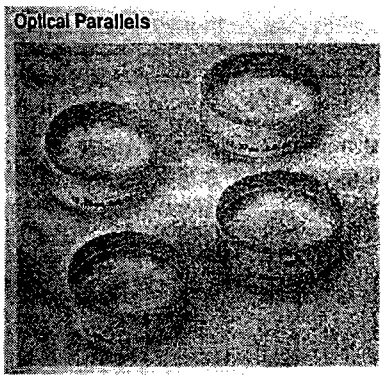
- ทำความสะอาดผิวหน้าสัมผัสของ Optical Parallels โดยใช้กระดาษเฉพาะที่ใช้สำหรับเช็ดเลนส์

- ทำความสะอาดผิวหน้าสัมผัสของไมโครมิเตอร์วัดนอกทั้งสองข้าง โดยโดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์95%-100% เช็ดทำความสะอาดก่อนการใช้งาน

- นำ Optical Parallels มาวางลงบนผิวหน้าสัมผัสแกนของไมโครมิเตอร์คือ แกนวัดด้าน Anvil แล้วหมุนแกนด้านวัดด้าน Spindle ให้มาสัมผัสกับผิวสัมผัสของ Optical Parallels เพื่อใช้ในการตรวจสอบความขนาน

2.3.3 วิธีการบำรุงรักษา Optical Parallel มีรายละเอียดดังนี้

- ควรสวมถุงมือผ้าทุกครั้งที่จับต้อง Optical Parallels
- ควรใช้ผ้าที่ใช้เช็ดเลนส์หรือผ้าเฉพาะที่ได้ระบุให้เช็ด Optical Parallels
- ทำความสะอาดผิวหน้าสัมผัสของแกนวัดไมโครมิเตอร์วัดนอกทุกครั้งที่จะใช้รวมกับ Optical Parallels
- เมื่อใช้ Optical Parallels เสร็จแล้วทำความสะอาดทุกครั้งก่อนการเก็บ



รูปที่15.แสดงลักษณะของ *Optical Parallel*
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :14)

2.4 *การใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Pate)*

2.4.1 โต๊ะระดับ (Surface Pate) คือ เครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้เป็นฐานในการอ้างอิงในการวัดชิ้นงานและเป็นฐานสำหรับการว่างเครื่องมือวัดในการทำการสอบเทียบ โดยลักษณะของโต๊ะระดับนั้นมีคุณสมบัติในด้านของความเรียบที่มีความถูกต้องทางด้านความเรียบสูงมากและสร้างขึ้นมาโดยทำมาจากเหล็กหรือหินแกรนิต

2.4.2 วิธีการโต๊ะระดับ (Surface Pate) มีรายละเอียดดังนี้

- ในการเริ่มใช้งานของโต๊ะระดับนั้น ควรเริ่มจากการทำความสะอาดที่พื้นผิวโต๊ะระดับก่อนโดยการใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาด ให้ทั่วที่พื้นผิวโต๊ะระดับ
- ให้ใช้ผ้าที่เป็นชนิดที่อ่อนนุ่มเช็ดทำความสะอาดอีกครั้งแล้วจึงเริ่มนำไปใช้งาน
- เมื่อเริ่มใช้งานโดยการนำชิ้นงานหรือเครื่องมือวัด ที่มีน้ำหนักมากมาว่างบนโต๊ะระดับนั้นควรที่จะนำชิ้นงานหรือเครื่องมือวัดขึ้นด้านข้างของโต๊ะระดับ เพื่อไม่ให้ผิวของโต๊ะระดับเกิดความเสีย

หายได้

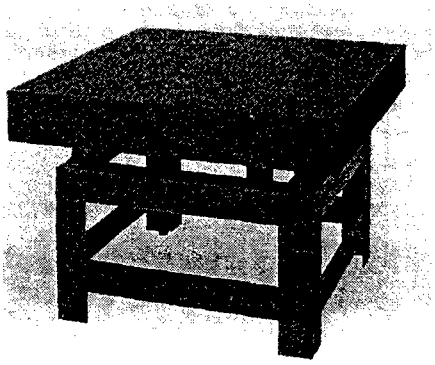
- ภายหลังจากการเลิกใช้งาน ให้ทำการเช็ดทำความสะอาดโต๊ะระดับโดยการใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาด ให้ทั่วที่พื้นผิวโต๊ะระดับและเช็ดซ้ำอีกครั้งด้วยใช้ผ้าที่เป็นชนิดที่อ่อนนุ่มเช็ดทำความสะอาดอีกครั้งแล้วนำผ้ามาคลุมไว้

2.4.3 วิธีการบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Pate) มีรายละเอียดดังนี้

- ไม่ควรนำวัตถุหรือชิ้นงานที่มีความคมหรือผิวไม่เรียบมาว่างบนพื้นผิวโต๊ะระดับ เพราะจะทำให้เกิดรอยขึ้นบนพื้นผิวโต๊ะระดับ

- ก่อนและหลังการใช้งานควรเช็ดทำความสะอาดอยู่เสมอ และมีผ้าคลุมโต๊ะระดับไว้เสมอ

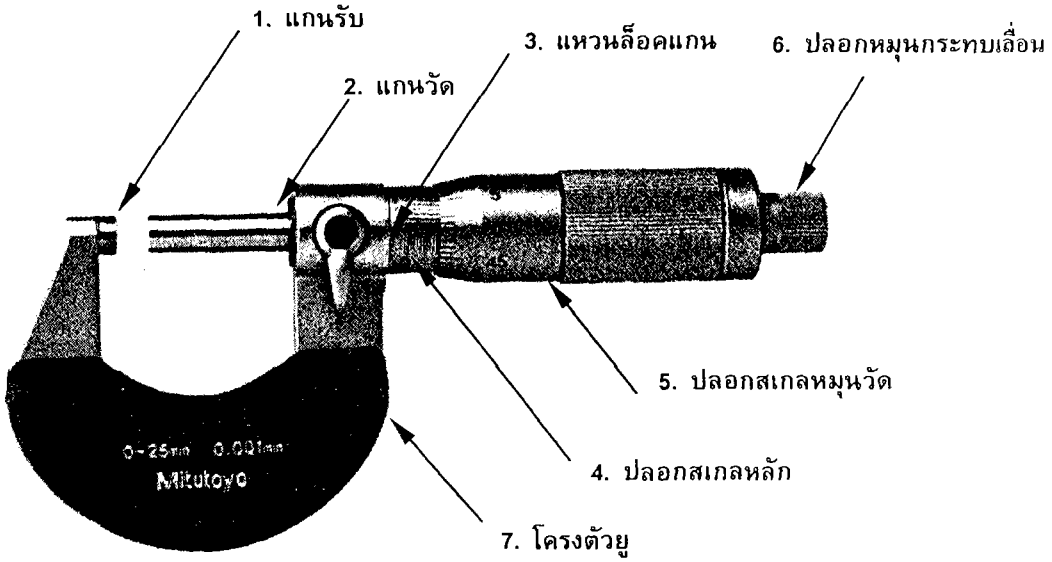
- ไม่ควรนำวัตถุหรือชิ้นงานที่มีน้ำหนักมากเกินกว่าพิกัดของโต๊ะระดับ มาวางเพราะจะทำให้เกิดการยุบตัวขึ้นบนพื้นผิวโต๊ะระดับ



รูปที่16แสดงลักษณะของ โต๊ะระดับ (Surface Pate)
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :8)

2.5 การใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer)

2.5.1 ไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer) คือ เครื่องมือวัดทางด้านมิติชนิดหนึ่งที่มีลักษณะของการใช้งานในหลักการของการเคลื่อนที่ของเกลียวที่ถูกหมุน โดยเมื่อเคลื่อนที่ไปหนึ่งรอบของเกลียวปากเดียว การเคลื่อนที่ของเส้นขอบเกลียว 1 รอบ จะเท่ากับ 1 ระยะพิตช์ โดยเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดขนาดชิ้นงานภายนอก และมีความละเอียดในหลักของ 0.01 มม ขึ้นไป

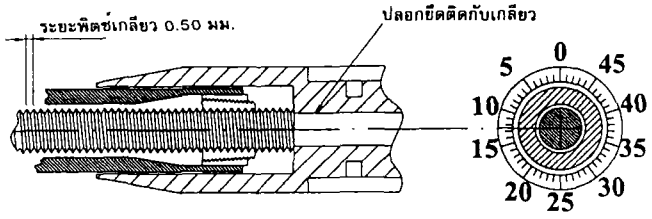


รูปที่ 17. แสดงส่วนประกอบไมโครมิเตอร์วัดนอก
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :2)

2.5.2 ส่วนประกอบ

1. แกนรับ (Anvil) มีหน้าที่รองรับการวัด ที่ผิวสัมผัสชุบแข็ง
2. แกนวัด (Spindle) มีหน้าที่เลื่อนสัมผัสวัดชิ้นงาน ที่ผิวสัมผัสชุบแข็งและมีขนาดเท่าแกนรับ
3. แหวนล็อคแกนวัด (Locknut) มีหน้าที่ล็อคแกนวัดไม่ให้เคลื่อนที่และคลายออกเมื่อต้องการให้แกนวัดเคลื่อนที
4. ปลอกสเกลหลัก (Sleeve or Barrel) ปลอกแบ่งสเกลตามแนวยาว
5. ปลอกสเกลหมุนวัด (Thimble) หมุนเลื่อนให้แกนวัดสัมผัสชิ้นงาน
6. ปลอกหมุนกระทบเลื่อน (Ratchet Stop) มีหน้าที่ป้องกันแกนวัดในการเลื่อนสัมผัสผิวงานไม่ให้ เกิดแรงกดสูงเกินไป
7. โครงตัวยู (Frame) เป็นตัวรองรับส่วนต่าง ๆของไมโครมิเตอร์ และเป็นตัวที่มือใช้จับประคองไมโครมิเตอร์ขณะวัดงาน

2.5.3 หลักการแบ่งสเกลและการอ่านค่า



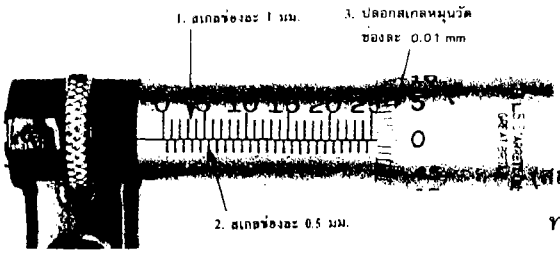
รูปที่ 18. ลักษณะของการแบ่งสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :3)

การแบ่งสเกลไมโครมิเตอร์ ค่าความละเอียด 0.01 mm

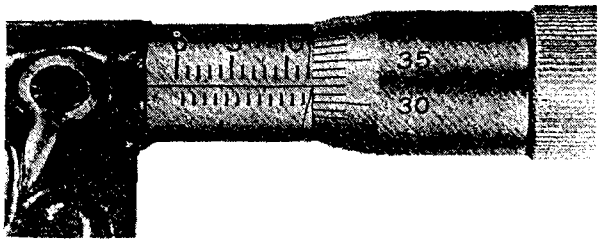
- จะต้องใช้แกนวัด (Spindle) ที่มีชุดเกลียวระยะพิตช์ 0.5 mm
  เกลียวหมุนไป 1 รอบ = 1 ระยะพิตช์ = แกนวัดจะเคลื่อนที่ไปเท่ากับ 0.5 mm
  ปลอกสเกลหลัก 1 ช่อง = 1 mm
- ปลอกหมุนวัด (Thimble) จะแบ่งออกเป็น 50 ช่อง เท่า ๆ กัน
  ปลอกหมุนวัดหมุน 1 รอบ = แกนวัดจะเคลื่อนที่ไป 0.5 mm = 50 ช่อง
  หมุนปลอกหมุนวัด 50 ช่อง = แกนวัดเคลื่อนที่ 0.5 mm
  หมุนปลอกหมุนวัด 1 ช่อง = แกนวัดเคลื่อนที่ $\frac{0.5}{50}$ = 0.01 mm

การอ่านค่าไมโครมิเตอร์ ค่าความละเอียด 0.01 mm

- ชื่อเรียกสเกล
  1. สเกล 1 mm
  2. สเกล 0.5 mm
  3. สเกล 0.01 mm
- ลำดับการอ่านค่า
  1) อ่านค่าที่ปลอกสเกลหลัก (สเกล 1 mm)
  2) อ่านค่าที่ปลอกสเกลหลัก (สเกล 0.5 mm)
  3) อ่านค่าที่ปลอกหมุนวัด (สเกล 0.01 mm)



รูปที่ 19. ชื่อเรียกสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมเสริมเทคโนโลยี. ม.ป.ป. :3)



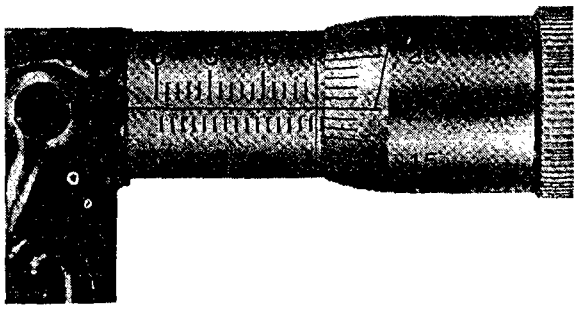
รูปที่20. แสดงค่าจากสเกล

(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :4)

จากรูป20. อ่านค่าได้ตามลำดับดังนี้

1) สเกล 1 mm อ่านค่าได้ = 12 mm
2) สเกล 0.5 mm อ่านค่าได้ = - mm
3) สเกล 0.01 mm อ่านค่าได้ = 0.32 mm
4) นำค่ามารวมกัน 12 + 0.32 = 12.32 mm

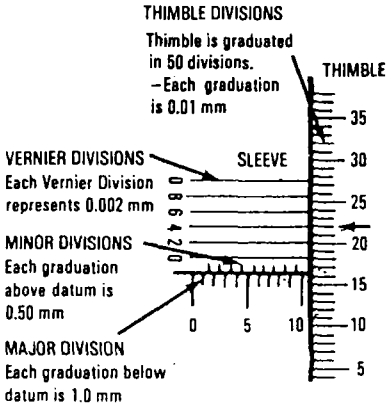
รูปที่21.แสดงค่าจากสเกล



(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :4)

จากรูป21. อ่านค่าได้ตามลำดับดังนี้

1) สเกล 1 mm อ่านค่าได้ = 15 *mm*
2) สเกล 0.5 mm อ่านค่าได้ = 0.5 *mm*
3) สเกล 0.01 mm อ่านค่าได้ = 0.20 mm
4) นำค่ามารวมกัน 15 + 0.5 + 0.20 = 15.70 mm



รูปที่22.แสดงค่าจากสเกล

(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :5)

จากรูป 22.อ่านค่าได้ตามลำดับดังนี้

1) สเกล 1 mm อ่านค่าได้ = 10 mm
2) สเกล 0.5 mm อ่านค่าได้ = 0.50 mm
3) สเกล 0.01 mm อ่านค่าได้ = 0.16 mm
4) สเกล 0.001 mm (Vernier Scale)
   ข้อที่ 4 ตรงขีดปลอกหมุนวัดพอดี อ่านค่าได้ = 0.004 mm
5) นำค่ามารวมกัน 10 + 0.5 + 0.16 + 0.004 = 10.664 mm

2.5.4 การตรวจสภาพของไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบสเกลและแบบตัวเลขมีรายละเอียดดังนี้

ในรูปแบบของ Out side-Mircometer แบบสเกล Range 0-25 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

- ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาด ทุกชิ้นส่วนของไมโครมิเตอร์
- เส้นสเกลหรือขีดสเกลในการอ่านค่าอยู่ในสภาพที่ขีดสเกลอ่านได้ชัดเจนไม่เลือนลาง
- ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้
- ผิวสัมผัสของแกนวัดด้าน Anvil และ ด้าน Spindle จะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก
- ผิวสัมผัสของแกนวัดด้าน Anvil และ ด้าน Spindleเมื่อเคลื่อนที่มาสัมผัสกันสนิทแล้วจะต้องไม่มีแสงลอดผ่าน
- ขีดสเกลหลักและขีดสเกลย่อย จะต้องให้ตำแหน่งศูนย์ตรงกันเสมอในขณะที่เคลื่อนแกนวัดมาสัมผัสกันสนิท

ในรูปแบบของ Out side-Mircometer แบบตัวเลข Range 0-25 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

- ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาด ทุกชิ้นส่วนของไมโครมิเตอร์
- ตัวเลขที่แสดงค่าที่หน้าปัดจะต้องอ่านได้ชัดเจน

- ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้
- ผิวสัมผัสของแกนวัดด้าน Anvil และ ด้าน Spindle จะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก
- ผิวสัมผัสของแกนวัดด้าน Anvil และ ด้าน Spindle เมื่อเคลื่อนที่มาสัมผัสกันสนิทแล้ว จะต้องไม่มีแสงลอดผ่าน
- เมื่อทำการ SET ZERO เพื่อให้เริ่มต้นที่ค่าศูนย์แล้ว หมุนให้แกนวัดเคลื่อนที่ออกจากกัน แล้วหมุนกับมาที่ตำแหน่งศูนย์อีกครั้ง เพื่อเป็นการเช็คค่าตำแหน่งศูนย์
- ให้เคลื่อนที่ของแกนวัดโดยหมุนไปมา 2-3 ครั้งเพื่อตรวจเช็คสภาพการแสดงค่าการวัดโดยตัวเลขจะต้องหยุดเมื่อหยุดการเคลื่อนที่

2.5.5 การใช้งานของไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบสเกลและแบบตัวเลขมีรายละเอียดดังนี้

- ทำความสะอาดผิวสัมผัสแกนวัดด้วยกระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100 %และใช้ผ้าชนิดที่อ่อนนุ่มและไม่มีขนเช็ดที่ผิวหน้าแกนวัดและบริเวณแกนวัดทั้งสองด้านคือ ด้าน Anvil และ Spindle
- ตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยปรับหมุนแกน Spindle ให้ผิวหน้าสัมผัสของแกน Spindle แตะสัมผัสกับผิวหน้าสัมผัสของด้าน Anvil
- เมื่อผิวหน้าทั้งสองแตะสัมผัสกันแล้วให้หมุนปรับที่ Ratchet Stop (ชุดหมุนปรับละเอียด) ไป 1 – 2 คลิก
- ถ้าไม่มีค่าเป็นศูนย์ให้ทำการหมุน Spindle Clamp ที่อยู่เหนือบริเวณแกนวัดให้ล็อคเพื่อไม่ให้แกน Spindle เคลื่อนที่
- แล้วทำการนำประแจที่ติดมากับชุดไมโครมิเตอร์วัดนอก ขันปรับให้ค่าที่ตำแหน่งศูนย์ตรงกัน (ในแบบที่เป็นสเกล)
- ในแบบของไมโครมิเตอร์แบบตัวเลข ถ้าไม่มีค่าเป็นศูนย์ให้ทำการหมุน Spindle Clamp ที่อยู่เหนือหน้าปัดบอกค่าวัดให้ล็อค เพื่อไม่ให้แกน Spindle เคลื่อนที่
- ดูที่ตัวเลขบนหน้าปัดแสดงค่าการวัดว่ามีค่าเป็นศูนย์หรือไม่
- ทำการกดปุ่ม Set Zero ที่ตรงบริเวณหน้าปัดบอกค่าการวัด เพื่อทำการตั้งค่าศูนย์สเกลก่อนการใช้งาน
- ทำการคลาย Spindle Clamp ออกและหมุนแกน Spindle ออก และหมุนปรับให้แตะสัมผัสที่ตำแหน่งเดิมและดูว่าขีดสเกลหรือตัวเลขบนหน้าปัดเป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าไม่ให้กลับไปทำในขั้นตอนที่เริ่ม แรกอีกครั้ง
- เมื่อตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบสเกลและแบบตัวเลขแล้ว จึงนำไปใช้งานได้

ขั้นตอนการวัดขนาดงาน

1) ตรวจสอบไมโครมิเตอร์
2) ทำความสะอาดไมโครมิเตอร์
3) หมุนคลายไมโครมิเตอร์ให้ปากวัดใหญ่กว่าขนาดงาน
4) หมุนเลื่อนสเกลเลื่อนให้แกนวัดหมุนเข้าใกล้งาน หลังจากนั้นหมุนปลอกกระทบเลื่อน

(Ratchet Stop) ให้สัมผัสงาน (จนรู้สึกเสียงดังแต่อย่าให้หมุนฟรี) เพื่อป้องกันการใช้แรงหมุนไมโครมิเตอร์มากไป จะทำให้ขนาดวัดผิดพลาดไป

5) ขณะวัดแกนต้องตั้งฉากกับงาน

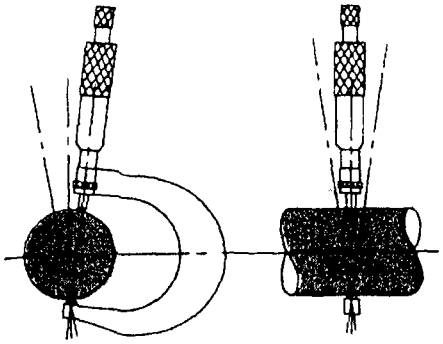
6) อ่านค่า ถ้าอ่านค่าไม่ได้ขณะวัด ให้ล็อคตำแหน่งแล้วค่อยนำออกมาอ่าน

เทคนิคการใช้ไมโครมิเตอร์

1) การปรับตำแหน่งไมโครมิเตอร์ให้ตรงศูนย์กลางของชิ้นงาน

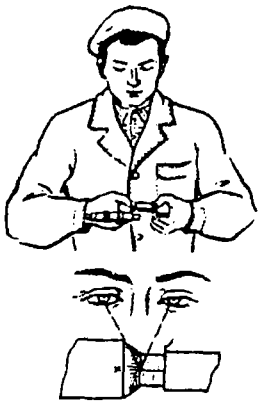
2) การวัดทุกครั้งควรใช้ปลอกหมุนกระทบเลื่อน (Ratchet Stop)

3) การอ่านตัวเลขบนสเกลจะต้องถือไมโครมิเตอร์ในตั้งฉากกับแนวสายตา



รูปที่ 23. การปรับตำแหน่งไมโครมิเตอร์ให้ตรงศูนย์กลางของชิ้น

(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :9)

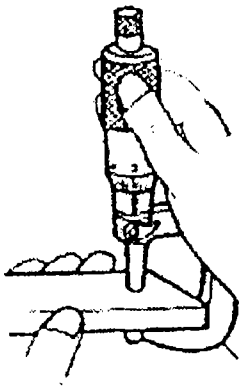


รูปที่ 24. การอ่านค่าสเกล

(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :10)

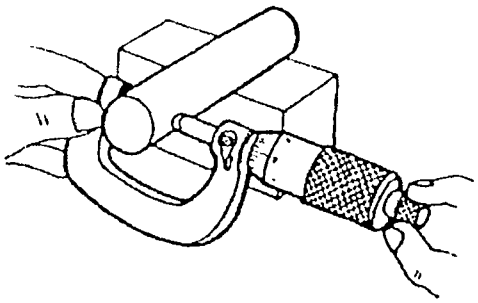
ลักษณะการจับไมโครมิเตอร์วัดงานแบบต่าง ๆ

1) การวัดความหนาของชิ้นงาน



รูปที่ 25.การวัดความหนาของชิ้นงาน
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมเสริมเทคโนโลยี. ม.ป.ป. :10)

2) การวัดงานทรงกระบอกหรือเพลากลม



รูปที่ 26.การวัดงานทรงกระบอกหรือเพลากลม
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :11)

2.5.6 การบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอกแบบสเกลและแบบตัวเลขมีรายละเอียดดังนี้

- ใช้วัดงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วไม่ควรใช้วัดผิวงานดิบ
- งานที่ใช้ไมโครมิเตอร์วัดขนาดงานควรมีผิวเรียบ
- ขณะทำการวัดงานไม่ควรเลื่อนไมโครมิเตอร์ไป – มา เพราะจะทำให้แกนวัดสึก
- ใช้ไมโครมิเตอร์วัดและอ่านค่าชิ้นงานทันที ไม่ควรยกไมโครมิเตอร์ออกจากชิ้นงานเพื่ออ่านเพราะจะทำให้ค่าที่ได้จากการวัดผิดพลาด
- ห้ามวัดงานในขณะที่กำลังหมุนหรือเคลื่อนที่
- ควรตรวจสอบความเที่ยงตรงของไมโครมิเตอร์ก่อนใช้งาน
- ไมโครมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงสูง ไม่ควรทำให้ตกลงพื้น
- ควรวางไมโครมิเตอร์บนผ้านุ่ม และแยกออกจากเครื่องมืออื่น ๆ
- การตรวจซ่อมไมโครมิเตอร์ควรศึกษารายละเอียดจากคู่มือให้ชัดเจนก่อน
- ภายหลังการใช้งานแล้วควรทำความสะอาดแล้วใช้วาสลีนทาแกนวัดทั้งสองด้าน

ในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Mircometer)นั้น ได้มีการอธิบายในกรรมวิธีของการสอบเทียบ ไว้เป็นขั้นตอน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Mircometer) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

3.1 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer)

ในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer) มีรายละเอียดในการสอบเทียบดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนของการตรวจสอบสภาพของไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer)

3.1.2 ขั้นตอนของการตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer)

3.1.3 ขั้นตอนของการตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer)

3.1.4 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Mircometer)

3.1.1 ขั้นตอนของการตรวจสอบสภาพของไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer) มีดังนี้

ในรูปแบบของ Out side-Mircometer แบบสเกล Range 0-25 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.1.1.1 เส้นสเกลหรือขีดสเกลในการอ่านค่าอยู่ในสภาพที่ขีดสเกลอ่านได้ชัดเจนไม่เลือนลาง

3.1.1.2 ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้

3.1.1.3 ผิวสัมผัสของแกนวัดด้าน Anvil และ ด้าน Spindle จะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก

3.1.1.4 ผิวสัมผัสของแกนวัดด้าน Anvil และ ด้าน Spindle เมื่อเคลื่อนที่มาสัมผัสกันสนิทแล้วจะต้องไม่มีแสงลอดผ่าน

3.1.1.5 ขีดสเกลหลักและขีดสเกลย่อย จะต้องให้ตำแหน่งศูนย์ตรงกันเสมอในขณะที่เคลื่อนแกนวัดมาสัมผัสกันสนิท

ในรูปแบบของ Out side-Mircometer แบบตัวเลข Range 0-25 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.1.1.6 ตัวเลขที่แสดงค่าที่หน้าปัดจะต้องอ่านได้ชัดเจน

3.1.1.7 ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้

3.1.1.8 ผิวสัมผัสของแกนวัดด้าน Anvil และ ด้าน Spindle จะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก

3.1.1.9 ผิวสัมผัสของแกนวัดด้าน Anvil และ ด้าน Spindle เมื่อเคลื่อนที่มาสัมผัสกันสนิทแล้วจะต้องไม่มีแสงลอดผ่าน

3.1.1.10 เมื่อทำการ SET ZERO เพื่อให้เริ่มต้นที่ค่าศูนย์แล้ว หมุนให้แกนวัดเคลื่อนที่ออกจากกัน แล้วหมุนกับมาที่ตำแหน่งศูนย์อีกครั้ง เพื่อเป็นการเช็คค่าตำแหน่งศูนย์

3.1.1.11 ให้เคลื่อนที่ของแกนวัดโดยหมุนไปมา 2-3 ครั้งเพื่อตรวจเช็คสภาพการแสดงค่าการวัดโดยตัวเลขจะต้องหยุดเมื่อหยุดการเคลื่อนที่

3.1.2 ขั้นตอนของการตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer)

ในรูปแบบของ Out side-Mircometer แบบสเกลและแบบตัวเลข Range 0-25 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

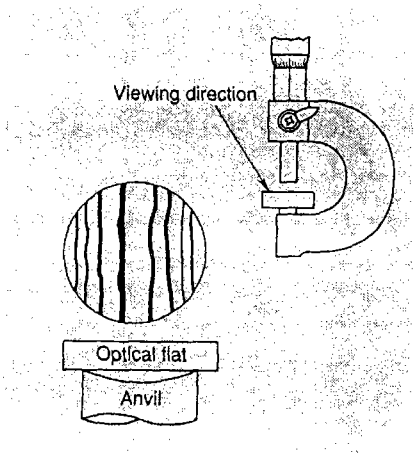
3.1.2.1 การตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอกนั้น จะทำการตรวจสอบความเรียบที่ผิวสัมผัสของแกนวัดด้านAnvil และ Spindle ของไมโครมิเตอร์วัดนอก ซึ่งจะต้องมีการทำความสะอาดผิวสัมผัสของไมโครมิเตอร์วัดนอกและทำความสะอาดที่ผิวสัมผัสของ Optical Flat ก่อนนำไปใช้

3.1.2.2 นำ Optical Flat มาวางบนที่ผิวสัมผัสแกนวัดด้านใดด้านหนึ่งก่อนก็ได้และทำการปรับ Optical Flat ให้มีการเกิดแถบแทรกสอดน้อยที่สุด (จำนวนและรูปร่างของแถบแทรกสอดที่เกิดขึ้นจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเรียบของผิวสัมผัสของแกนวัดด้านนั้น)

หมายเหตุ ในการปรับแถบแทรกสอดจะต้องปรับให้เกิดแถบแทรกสอดไม่เกินมากกว่า 4 แถบ โดยให้นับแถบสีที่เป็นสีเดียวกัน

3.1.2.3 เมื่อได้จำนวนค่าแถบแทรกสอดแล้วให้บันทึกไว้เพื่อจะนำไปคำนวณค่าความเรียบผิวของแกนวัดด้านนั้น และจึงทำการตรวจสอบความเรียบอีกด้านหนึ่ง โดยใช้วิธีการเดียวกับขั้นตอนที่ 3.1.2.2

3.1.2.4 ตรวจสอบที่ปากวัดนอก โดยตรวจสอบความเรียบที่ปากวัดนอก คือในการตรวจสอบจะทำการเลื่อนปากวัดนอกทั้งสองให้มาสัมผัสกันสนิท และนำไปส่องกับแสดงสว่าง เพื่อดูว่ามีแสดงลอดผ่านหรือไม่โดยจะเป็นการตรวจสอบสภาพที่ปากวัดนอก



รูปที่27. แสดงลักษณะการตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอกด้วย Optical Flat (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :12)

3.2.3 ขั้นตอนของการตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอก (Out side-Mircometer)

ในรูปแบบของ Out side-Mircometer แบบสเกลและแบบตัวเลข Range 0-25 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

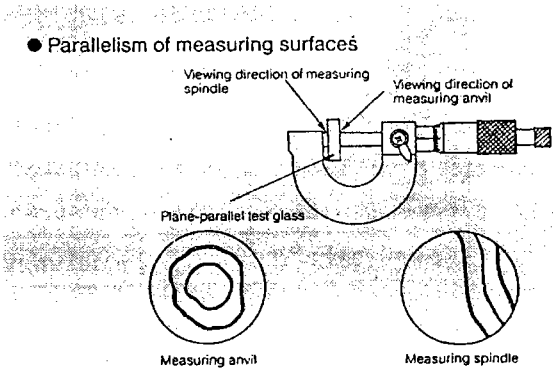
3.1.3.1 การตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอก จะทำการการตรวจสอบความขนานที่ผิวสัมผัสของแกนวัดด้าน Anvil และ Spindle ของไมโครมิเตอร์วัดนอกซึ่งจะต้องมีการทำความสะอาดผิวสัมผัสของไมโครมิเตอร์วัดนอกและทำความสะอาดที่ผิวสัมผัสของ Optical Parallel

3.1.3.2 นำ Optical Parallel มาวางบนที่ผิวสัมผัสแกนวัดด้าน Anvil และทำการปรับ Optical Parallel ให้มีการเกิดแถบแทรกสอดน้อยที่สุด (จำนวนและรูปร่างของแถบแทรกสอดที่เกิดขึ้นจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความขนานของผิวสัมผัสของแกนวัดด้านนั้น ๆ)

หมายเหตุ ในการปรับแถบแทรกสอดจะต้องปรับให้เกิดแถบแทรกสอดไม่เกินมากกว่า 4 แถบ โดยให้นับแถบสีที่เป็นสีเดียวกันต่อหนึ่งด้านแกนวัดและเมื่อนำแถบสีที่เป็นสีเดียวกันทั้งสองด้านของแกนวัดมารวมกันต้องไม่เกิน 8 แถบ

3.1.3.3 ให้ทำการหมุนแกนวัดด้าน Spindleให้มาแตะสัมผัสที่ผิวสัมผัสของOptical Parallel โดยให้หมุนที่แรงกดสุดท้ายที่ชุดปรับละเอียด จะได้ค่าการวัดความขนานทั้ง 2 ด้าน

3.1.3.4 เมื่อได้จำนวนค่าแถบแทรกสอดทั้งสองด้านแล้ว ให้บันทึกไว้เพื่อนำไปคำนวณค่าความขนานของผิวแกนวัดด้านนั้น



รูปที่28. แสดงลักษณะการตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอกด้วย Optical Parallel (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :13)

3.1.4 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดนอก (Outside-Mircometer)

ในรูปแบบของ Out side-Mircometer แบบสเกลและแบบตัวเลข Range 0-25 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.1.4.1 นำเกจบล็อกที่ได้เลือกขนาดที่ใช้ในการตรวจสอบไปทำความสะอาด

3.1.4.2 ทำความสะอาดไมโครมิเตอร์วัดนอกให้เรียบร้อย

3.1.4.3 ทำการปรับค่าตำแหน่งศูนย์ของไมโครมิเตอร์วัดนอก (Set Zero)

3.1.4.4 นำเกจบล็อกที่เลือกขนาดไว้แล้ว มาวางระหว่างแกนวัด (Anvil และ Spindle) และทำการหมุนแกนวัดให้เคลื่อนที่มาแตะสัมผัสที่ผิวสัมผัสของเกจบล็อก

3.1.4.5 บันทึกค่าที่วัดได้ลงในเอกสารบันทึกเพื่อไว้หาค่าผิดพลาด ค่าแก้และค่าความ

ไม่แน่นอนของการวัดของไมโครมิเตอร์วัดนอกเครื่องที่ถูกตรวจสอบ และทำการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลโดยใช้เกจบล็อกขนาดต่าง ๆ ที่ได้เลือกไว้ โดยทำตามวิธีการตรวจสอบตามขั้นตอนที่ 3.2.4.4 จนครบทุกขนาดที่ได้เลือกกำหนดไว้

หลังจากที่ได้ทราบถึงรายละเอียดวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกแล้วต่อไปเป็นการนำเอาข้อมูลหรือผลการตรวจสอบไปใช้งาน โดยมีวิธีดังนี้

เครื่องมือวัด : ไมโครมิเตอร์วัดนอก

เครื่องมือมาตรฐาน : Optical Parallel, Optical Flat และ เกจบล็อก

1. การตรวจสอบความเรียบ

1.1 ความเรียบผิวสัมผัสด้าน Anvil = หน่วยเป็นμm

แทนตัวเลขลงในสูตร n x (λ/2) = หน่วยเป็นμm, λ = 0.64 หน่วยเป็น μm

n = จำนวน Fring

เมื่อแทน n = 2 (สำหรับแถบแสงสีแดง)

ความเรียบ ผิวสัมผัสด้าน Anvil = 2 x (0.64/2) = 0.64หน่วยเป็นμm

1.2 ความเรียบผิวสัมผัสด้าน Spindle = หน่วยเป็น μm

ความเรียบผิวสัมผัสด้าน Spindle = หน่วยเป็นμm

แทนตัวเลขลงในสูตร n x (λ/2) = หน่วยเป็น μm, λ = 0.64 หน่วยเป็น μm

n = จำนวน Fring

เมื่อแทน n = 2 (สำหรับแถบแสงสีแดง)

ความเรียบของผิวสัมผัสด้านด้าน Spindle = 2 x (0.64/2) = 0.64หน่วยเป็นμm

2. ตรวจสอบความขนาน

ในการตรวจสอบความขนานใช้ Optical Parallel ขนาดความหนา 12.00 mm.

2.1 ความขนานของผิวสัมผัสด้าน Anvil = หน่วยเป็นμm

แทนตัวเลขลงในสูตร n x (λ/2) = หน่วยเป็นμm, λ = 0.64 หน่วยเป็น μm

n = จำนวน Fring

เมื่อแทน n = 2 (สำหรับแถบแสงสีแดง)

ความขนานของ ผิวสัมผัสด้าน Anvil = 2 x (0.64/2) = 0.64หน่วยเป็นμm

2.2 ความขนานของผิวสัมผัสด้าน Spindle = หน่วยเป็น μm

ความขนานของผิวสัมผัสด้าน Spindle = หน่วยเป็นμm

แทนตัวเลขลงในสูตร n x (λ/2) = หน่วยเป็นμm, λ = 0.64 หน่วยเป็น μm

n = จำนวน Fring

เมื่อแทน n = 2 (สำหรับแถบแสงสีแดง)

ความขนานของผิวสัมผัสด้านด้าน Spindle = 2 x (0.64/2) = 0.64หน่วยเป็นμm

ความขนานของผิวสัมผัสด้าน Anvil + Spindle = 0.64+0.64 = 1.24หน่วยเป็นμm

หมายเหตุ ในการตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้มีการใช้ Optical Parallel หลายขนาด เช่น ขนาดความหนา 12.00, 12.12, 12.25, 12.37 หน่วยเป็น mm. ได้มีการยกตัวอย่างในการใช้ Optical Parallel ขนาด 12.00 mm.

สรุปผลการตรวจสอบความเรียบมีดังนี้

Measuring Faces	Flatness หน่วยเป็นμm
Anvil	0.64
Spindle	0.64

สรุปผลการตรวจสอบความขนาน โดยใช้ Optical Parallel ขนาดความหนา 12.00 mm. มีดังนี้

Size of Optical Parallel หน่วยเป็น mm.	Parallelism หน่วยเป็น μm
12.00	1.24

การตรวจสอบ (สอบเทียบ) ค่าความถูกต้องของสเกลไมโครมิเตอร์ โดยมีวิธีการหาค่าแก้ของไมโครมิเตอร์วัดนอกดังนี้

- ค่าที่ระบุ (Nominal Value) หรือค่าที่กำหนดไว้เพื่อจะทำการตรวจสอบ (สอบเทียบ)
- ค่าแก้ (Correction) เป็นค่าแก้ของเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด (ในที่นี้คือเกจบล็อก)
- ค่าถูกต้อง (N+CS) เป็นค่าที่นำเอาค่าที่ระบุบวกเข้ากับค่าของเครื่องมือมาตรฐาน
- ค่าที่วัดได้ หรือค่าที่อ่านได้ (Read – Out) เป็นค่าที่ได้จากการวัดของเครื่องมือวัด (ไมโครมิเตอร์วัดนอก)
- ค่ากลางหรือค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) เป็นค่าที่ได้มากจากค่าการวัดแล้วมาทำการหาค่าเฉลี่ย
- ค่าแก้ของไมโครมิเตอร์วัดนอก (N+CS)- $\overline{X}$ เป็นค่าที่บอกถึงความผิดพลาด ณ ตำแหน่งนั้น ๆ ที่ถูกตรวจสอบของไมโครมิเตอร์วัดนอก

ตัวอย่างการหาค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดนอกค่าที่ถูกตรวจสอบขนาด 20 mm

ขนาดของเกจบล็อกที่ใช้ตรวจสอบคือขนาดที่ 20 mm และค่าแก้ของเกจบล็อกที่มีค่าเท่ากับ 0.00009 mm

ค่าที่ระบุ	ค่าแก้ (CS) Gauge Block	ค่าที่ถูกต้อง N + CS	ค่าที่วัดได้ (Read – Out)				ค่ากลาง Mean	ค่าแก้ของไมโครมิเตอร์วัดนอก (N + CS) - $\overline{X}$
(mm)	(mm)	(mm)	1	2	3	4	(mm)	(mm)
20	+0.00009	20.00009	20.01	20.00	20.00	20.00	20.0025	-0.00241

4. วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในกระบวนการของการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น จะไม่สามารถอธิบายถึงผลการสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง ถ้ายังไม่ทำการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด ดังนั้นจำเป็นจะต้องรู้ในเรื่องของวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อจะทำให้การสอบเทียบมีความถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น โดยในรายละเอียดของวิธีการประเมินค่าความไม่ในแน่นอนในการวัด จะประกอบไปด้วยหัวข้อต่างๆดังนี้คือ

4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

โดยจะเริ่มในหัวข้อของหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ได้นำหลักการทางสถิติ ทางวิทยาศาสตร์และทางวิศวกรรมศาสตร์ เข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากในทุกขั้นตอนของการสอบเทียบเป็นการปฏิบัติทางด้านวิทยาศาสตร์ ที่ต้องสามารถพิสูจน์ได้ และสามารถที่จะควบคุมตัวแปรต่างๆที่จะส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาดได้ และโดยหลักของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ได้มีการแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ดังนี้คือ

4.1.1 การแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในการแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้นได้มีการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

4.1.1.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A

4.1.1.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B

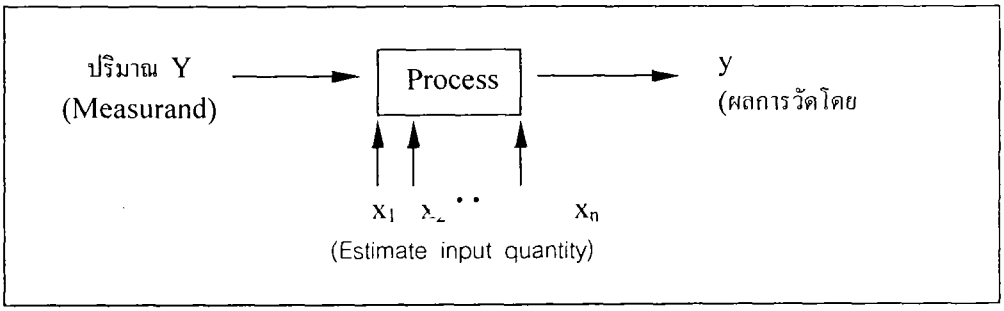
4.1.1.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A หมายถึง กระบวนการในการประเมินผลการวัด ในทางสถิติ โดยเป็นขั้นตอนในรูปแบบของการทดลอง เพื่อนำผลจากการปฏิบัติจริงมาทำการประเมิน และผลที่ได้จะเป็นผลจากการคำนวณทางหลักสถิติ

4.1.1.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B หมายถึง กระบวนการในการประเมินผลการวัดที่ กระทำนอกเหนือจากทางสถิติ โดยเป็นผลที่มีการกำหนดไว้แล้วหรือจากการทดลองไว้ แล้วนำมาใช้ เช่น ค่าความละเอียดในการอ่านค่าการวัดของเครื่องมือวัด หรือ ค่าสัมประสทธิ์การขยายตัวของวัสดุ เป็นต้น

4.1.2 องค์ประกอบของความไม่แน่นอนในการวัดจะประกอบไปด้วยปัจจัย (Factor) ต่าง ๆ



เพราะฉะนั้น ปริมาณ y ที่ได้จะแปรผันตามฟังก์ชั่นของ x

$y = f(x_1, x_2, \ldots x_n)$

; x คือ Source of uncertainty

4.1.3 การแบ่งประเภทความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัด

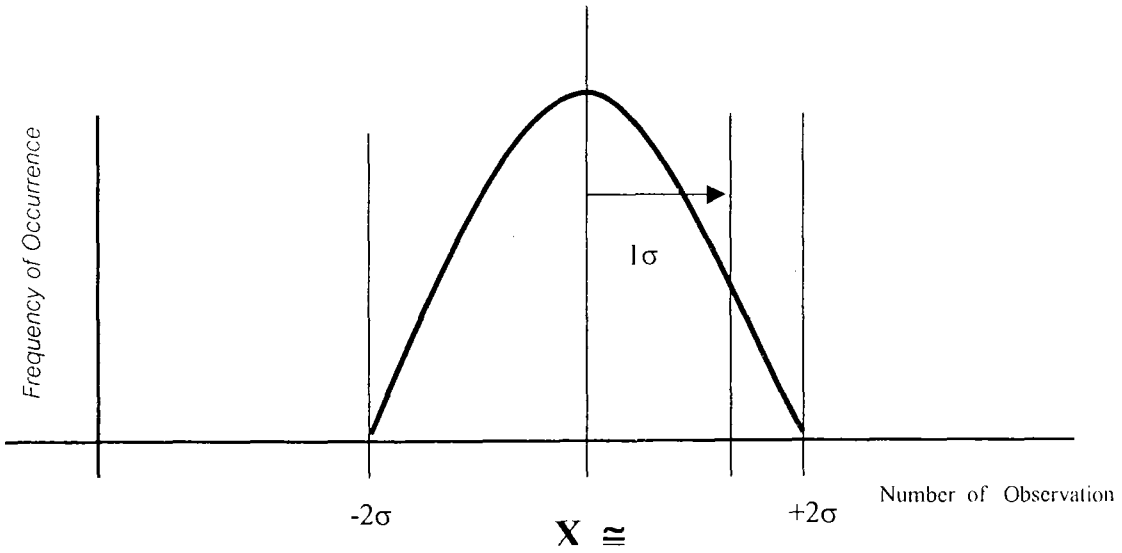
Random Error (ความผิดพลาดสุ่ม) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากการคาดเดาไม่ได้ในการวัดซ้ำ ๆ ซึ่งทำการประมาณค่าความผิดพลาดทางสถิติ สามารถลดผลความผิดพลาดได้ โดยการวัดซ้ำ ๆ จำนวนหลายครั้ง ๆ เรียกความผิดพลาดชนิดนี้ว่า "Type A Uncertainty" , "Repeatability" หรือ " Random Error"

Systematic Error (ความผิดพลาดจากระบบการวัด) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจาก สิ่งที่ไม่ต้องการวัด แต่ทำให้การวัดผิด ขนาดของความผิดพลาดมีค่าคงที่ไม่ว่าจะวัดซ้ำ ๆ มากเท่าไรก็ตาม สามารถลดผลความผิดพลาดได้โดยใช้วิธีปรับแก้ เรียกว่าความผิดพลาด Type B หรือ "Systematic Error

4.1.4 การกระจายของความน่าจะเป็นของโอกาสในการเกิดความผิดพลาด

4.1.4.1 Normal Distribution

- เป็นการกระจายที่มี Curve เป็นรูประฆังคว่ำ (Symmetrical - belted – shape)
- มีค่ากลาง (μ) อยู่ตรงกลาง Curve และแบ่งพื้นที่ Curve ให้เป็นสองส่วนเท่าๆ กัน
- มี Estimated standard deviation $S_x = \sqrt{\frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$
- มี Standard error of mean $\sigma = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$

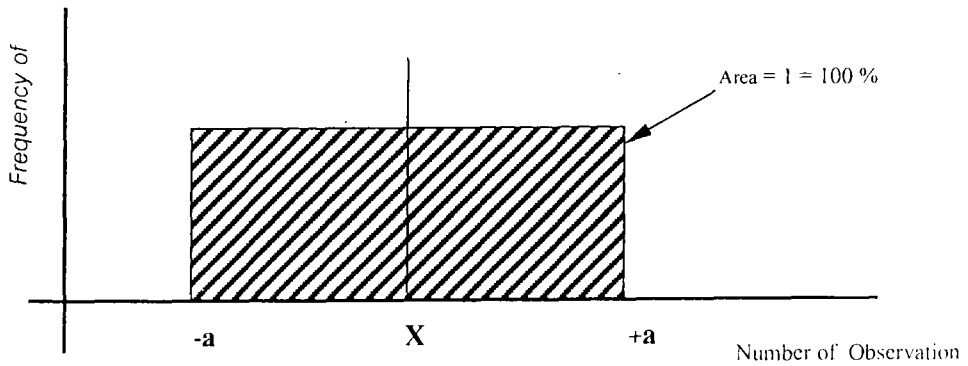


รูปที่ 29. แสดงการกระจายแบบ Normal distribution

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545 : 2)

4.1.4.2 Rectangular Distribution

- มีความแปรปรวนของค่า x, อยู่ในช่วง +a และ -a
- มี Standard deviation ; $\sigma = \frac{a}{\sqrt{3}}$



รูปที่ 30. แสดงการกระจายแบบ Rectangular

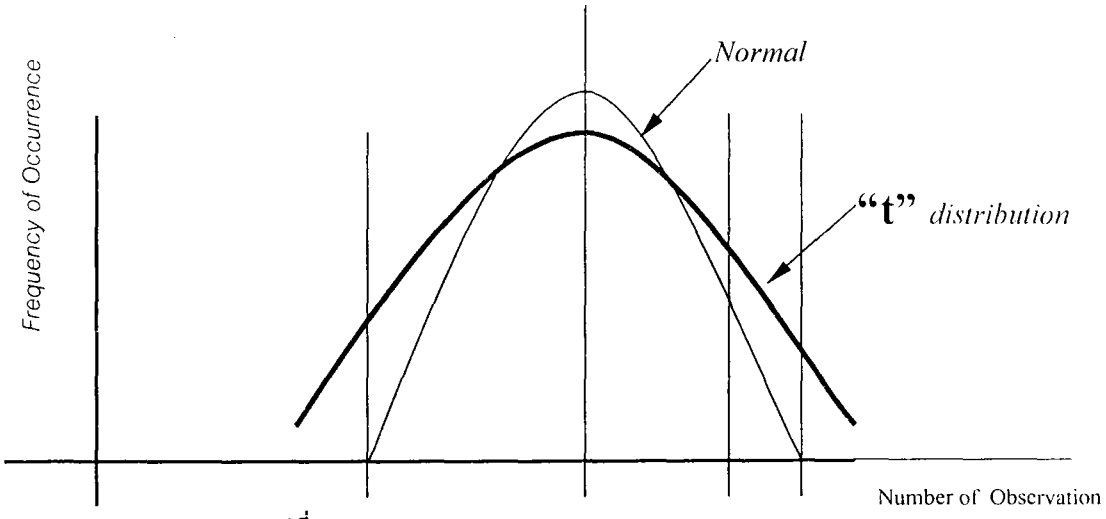
หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด. 2545 : 3)

4.1.4.4 "t" Distribution

- มีลักษณะของ Curve แบนราบกว่า Normal เนื่องจากเก็บค่าการทดลอง ; n น้อยครั้ง
- เทียบพื้นที่และ 1σ กับ Normal ได้ดังนี้

Normal = 68.28% ที่ $\pm 1\sigma$

t	≅	68%	$\pm 1\sigma$
พ.ท. 68.28%	n = 1	มีค่าอยู่ที่	$\pm 1.83\sigma$
	n = 2	มีค่าอยู่ที่	$\pm 1.32\sigma$
	n = 3	มีค่าอยู่ที่	$\pm 1.20\sigma$



รูปที่ 31. แสดงการกระจายแบบ "t" distribution
หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545 : 3)

4.1.5 แหล่งที่มาความไม่แน่นอน (Source of uncertainty)

แหล่งที่มาความไม่แน่นอน (Source of uncertainty) หมายถึง แหล่งที่มาของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลทำให้การวัดผิดพลาด (Systematic Error)

4.1.5.1 Import Calibration หรือ import uncertainty หมายถึง ค่าความไม่แน่นอนที่ติดมากับตัวเครื่องมือในใบ Certificate ที่เกิดจากการสอบเทียบมีการกระจายแบบ Normal

4.1.5.2 Secular Stability หมายถึง ความเสถียรของค่า uncertainty ในการสอบเทียบในแต่ละครั้ง เป็นการเลื่อนค่า uncertainty หรือ "**Drift rate since last calibration**" มีการกระจายแบบ Rectangular

4.1.5.3 Resolution Effect หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากความละเอียดของเครื่องมือ คือการที่เครื่องมือไม่สามารถแยกชัดได้มากไปกว่าค่าความละเอียดที่ Spec เครื่องมือกำหนด ทำให้เกิดการปัดค่า (Resolution round off) ในกรณีที่ปริมาณวัดไม่พอดี ช่องสเกลหรือค่าที่กำหนด

4.1.5.4 Uncorrected Error หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการไม่ได้ใช้ค่าแก้ [ค่าแก้ คือ negative sign ของ error : **Corrected = -(Error)**] สามารถตัดแหล่งของความไม่แน่นอนนี้ได้โดยการใช้ค่าแก้

4.1.5.5 Interpolation Effect หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการ interpolate ของค่าวัดที่จุดที่ไม่ได้ทำการสอบเทียบ ซึ่งต้องคำนวณประมาณการ ทำให้เกิดการผิดพลาดได้หลีกเลี่ยงปัจจัยนี้ได้โดยการสอบเทียบให้ตรงจุดใช้งาน

4.1.5.6 Environment Condition หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของภาวะแวดล้อมในระบบการวัดแล้วทำให้ค่าวัดผิดพลาด เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง ฝุ่น การสั่นสะเทือน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น สามารถลดปัจจัยนี้ได้โดยควบคุมสภาวะให้อยู่ในช่วงที่ทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงมีผลต่อระบบการวัดน้อยที่สุด

4.1.5.7 Cosine Error หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการวัดผิดมุม หรือเครื่องมือกับ measurand ไม่ตั้งฉากหรืออยู่ในแนวแนวตรง

4.1.5.8 Geometric Error หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากลักษณะของ measurand มีลักษณะไม่ตรง โค้ง (curve) เว้า (concurve) หรือ เป็นรูปกรวย (Cone) เป็นต้น

4.1.5.9 Elastic Compression หมายถึง การออกแรงกระทำในการกดหรืออัดต่อตัวเครื่องมือ หรือ measurand โดยอาจจะทำให้วัสดุหรือเครื่องมือวัดมีการขยาย – หดตัว ทำให้ค่าการวัดผิดพลาด

4.1.5.10 Repeatability หมายถึง การวัดซ้ำๆในกิจกรรมการวัดหนึ่งๆ โดยค่าที่ได้ในการวัดแต่ละครั้งมีโอกาสเกิดการผิดพลาด สามารถลดปัจจัยของการผิดพลาดนี้ได้ โดยการวัดซ้ำ ๆ จำนวนมากครั้ง (4-10 ค่า ณ. จุดวัดหนึ่ง ๆ)

4.1.6 ตาราง Uncertainty Budget หมายถึง ตารางที่แสดง Parameter ในการคำนวณค่าความไม่แน่นอน

(worksheet for uncertainty calculations)

Symbol	Source of uncertainty	Value ±	Probability Distribution	Divisor	Sensitivity coefficient C_i	U_i = ± Value / Divisor	Effective Degree of freedom V_{eff}
$U_{C(68\%)}$	Combine Uncertainty		Normal				
$U_{exp(95\%)}$	Expanded Uncertainty		Normal k = 2				

อธิบายความหมายของแต่ละ Column ในตาราง Uncertainty budget ได้ดังนี้

1. Symbol คือ สัญลักษณ์แทน Uncertainty แต่ละตัวแล้วแต่จะกำหนด
2. Source of uncertainty คือ แหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอน
3. ± Value คือ ค่าของตัวเลขจาก แหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอน
4. Probability Distribution คือรูปแบบการกระจายของ Uncertainty แต่ละตัว
5. Divisor คือ ตัวหารที่ต้องใช้เมื่อต้องทำให้อยู่ในฐานเดียวกัน **(1 - Standard uncertainty)** เช่น
   - Normal 95% k = 2 ทำให้เป็น 1-Standard Uncertainty โดย ± Value / Divisor = ± Value / 2
   - Rectangular 95% ทำให้เป็น 1 Standard Uncertainty โดย ± Value / Divisor = ± Value / $\sqrt{3}$

เพื่อที่จะทำให้ Uncertainty แต่ละตัว Combined กันได้ ในที่นี้ใช้ ในการ Combined ที่ **1-Standard uncertainty** หรือ **1σ** หรือที่ **Confidence Level 68%**

6. C_i คือ Sensitivity Coefficient ตัวคูณหรือสัมประสิทธิ์สำหรับ Uncertainty ที่ Correlated กับ Uncertainty ตัวอื่น ทำให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน เช่น mm กับ °C ถ้ากำลังรวมกันในหน่วย ของ mm ก็ทำ °C เป็น mm
7. U_i คือ ค่า ± Value / Divisor เช่นค่า Uncertainty ของแต่ละปัจจัย
8. V_{eff} คือ Effective degree of freedom
   normal distribution มีค่าเท่ากับ n-1
   rectangular distribution มีค่าเท่ากับ $(U^4_c)x(n-1)/ U^4_A$
9. U_C คือ Combine Uncertainty หรือ การนำUncertainty แต่ละตัวที่อยู่ในฐานเดียวกันแล้ว (68% หรือ 1σ) มารวมกันโดยวิธี RSS. (Root Sum – Square)
   $\sqrt{(U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2)}$
10. U_{exp} คือ Expanded Uncertainty หรือค่า Uncertainty ที่ขยายจาก 1- standard uncertainty หรือ 1σ (68%) ให้เป็น 2σ ที่ความเชื่อมั่น 95% (k=2)

หมายเหตุ การเปรียบเทียบอัตราส่วน U_A กับ U_C คือ การเทียบอัตราส่วนตามที่มาตรฐาน guideline

ถ้า $U_A \geq \frac{1}{2} U_C$ แสดงว่า $k \neq 2$

ต้องทำการหาค่า V_{eff} หรือ Effective degree of freedom

จาก $V_{eff} = \dfrac{\dfrac{U_c^4}{U_A^4}}{n-1} = \dfrac{U_C^4(n-1)}{U^4{}_A}$

แล้วนำค่า V_{eff} ไปเปิด (ตาราง t) เพื่อหาค่า k [อ้างอิงจาก UKAS : LAB12]

t-distribution table

V_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
k_{95}	13.97	4.53	3.31	2.37	2.56	2.52	2.43	2.37	2.28	2.23	2.20	2.17

V_{eff}	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	α
k_{95}	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.06	2.05	2.04	2.03	2.02	2.01	2.00

เช่น คำนวณค่า $V_{eff} = 12 \rightarrow$ ได้ค่า ค่า $k_{95} = 2.23$

$V_{eff} = 41 \rightarrow$ ได้ค่า ค่า $k_{95} = 2.06$

$V_{eff} = 215 \rightarrow$ ได้ค่า ค่า $k_{95} = 2.00$

4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

โดยที่ได้ทราบในหลักการของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดแล้ว ต่อไปจะเป็นการอธิบายในขั้นตอนของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อที่จะสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 นำค่าที่ทำการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ($n \geq 4$) ไปคำนวณหาค่า $\overline{X}$

จากสูตร $\overline{X} = \dfrac{x_1 + x_2 + \ldots x_n}{n}$

เช่น $n_1 = 25.00$, $n_2 = 25.01$, $n_3 = 25.01$, $n_4 = 25.01$

$$\overline{x} = \frac{25.00 + 25.01 + 25.01 + 25.01}{4}$$

$\therefore \overline{x} = 25.0075 = 25.01$

4.2.2 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบน Estimate standard deviation ; $S_{(x)}$

จากสูตร $S_x = \sqrt{\dfrac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{4}(x_i - \overline{x})^2}$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}(x_i - 45.0075)^2}$$

$$\therefore \quad S_x = 0.005$$

4.2.3 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย Standard deviation of mean $= S_{(\bar{x})} = \sigma = U_A$

$$\sigma = S_{(\bar{x})} = \frac{S_{\bar{x}}}{\sqrt{n}} = \frac{0.005}{\sqrt{4}} = 0.0025$$

$\therefore$ σ = 0.0025 mm = **1- standard uncertainty**

หรือ = 1 standard deviation

หรือ = random uncertainty

หรือ = Type A uncertainty

4.2.4 คำนวณค่า systematic uncertainty ของระบบการวัด (โดยเป็นการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B) มีดังนี้

4.2.4.1 Uncertainty หรือ import calibration ; U_{B1} โดยเปิดดูใบ Certificate ของ Gauge block (ตัวมาตรฐาน)

ขนาด 25 mm ได้ค่า uncertainty = 0.00012 mm

มีการกระจายแบบ Normal k=2

$\therefore$ Import uncertainty ; $U_{B1} = \frac{0.00012}{2} = 0.00006$ mm

$\therefore$ U_{B1} = **0.00006 mm**

4.2.4.2 Secular Stability หรือ Drift rate since last calibration ; U_{B2} โดยการเปิดดูประวัติการสอบเทียบของ Gauge block (หรือตัวมาตรฐาน) ค่าที่เลื่อน (drift) กับครั้งล่าสุด นำค่า Error ครั้งที่ 1 และค่า Error ครั้งที่ 2 มาหักลบกัน ตามขนาด Gauge block ที่ระบุค่าเดียวกัน

เช่น Gauge block ขนาด 25 mm.

Error ครั้งที่ 1 = 0.01 μm

Error ครั้งที่ 2 = 0.08 μm

Drift Rate = $|0.01 - 0.08|$ = 0.07 μm

นำค่า Drift Rate = 0.07 μm และเป็นค่าที่มีการกระจายแบบ Rectangular (Divisor = $\sqrt{3}$)

$\therefore$ Drift Rate Since last cal. $U_{B2} = 0.00009/\sqrt{3}$

$\therefore U_{B2} = 0.00004$ mm

4.2.4.3 Resolution Effect ; U_{B3}

ทำการหาโดย นำค่า Resolution ของเครื่องมือ (Outside-Mircometer) มาหารด้วย $\sqrt{3}$ เนื่องจากมีการกระจายแบบ Rectangular (ในกรณีของ Digital หารด้วย $2\sqrt{3}$: Resolution round off)

$$\text{Resolution Effect ; } U_{B3} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.00577 \text{ mm}$$

$\therefore U_{B3} = 0.00577$ mm

4.2.4.4 Environment Effect or Temperature coefficient ; U_{B4}

$$\text{Temperature coefficient ; } U_{B4} = \frac{L_0 \alpha \Delta t}{\sqrt{3}}$$

$\therefore$ ที่ขนาด 45 mm จะได้ $U_{B4} = \dfrac{25 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 1}{\sqrt{3}}$;

$\alpha = 11.5 \times 10^{-6}$ mm/$^{\circ}$C

$\therefore \quad U_{B4} = 0.000166$ mm

4.2.4.5 Combind uncertainty ; $U_{C(68\%)}$

$$U_{C(68\%)} = \sqrt{(U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2)}$$

$$= \sqrt{(0.0025^2 + 0.00006^2 + 0.00004^2 + 0.00577^2 + 0.000166^2)}$$

$U_{C(68\%)} = 0.00629$ mm

4.2.4.6 Expanded Uncertainty ;U_{exp}

$$U_{exp(95\%)} = k \times U_c$$

$$= 2 \times 0.00629$$

$$= 0.0126$$

$U_{exp(95\%)} \cong \pm 0.013$ mm

4.2.4.7 ทำตาราง Uncertainty Budget หรือ (worksheet for uncertainty calculation)

Symbol	Source of Uncertainty	Value ± mm	Probability distribution	Divisor	Sensitivity coefficient C_i	U_i = value/divisor	V_{eff}
U_A	Repeatability of measurement	0.0025	Normal	1	1	0.0025	n-1
U_{B1}	Import calibration of gauge block	0.00012	Normal	2	1	0.00006	α
U_{B2}	Stability of gauge block (Drift rate since last cal.)	0.00007	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.00004	α
U_{B3}	Resolution of Outside-Mircometer	0.01	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.00577	α
U_{B4}	Temperature coefficient	0.000288	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.000166	α
$U_{C\ (68\%)}$	Combined Uncertainty		**Normal**			0.00629	α
$U_{exp(95\%)}$	Expanded Uncertainty		**Normal k=2**			**0.0126**	α

$$\therefore U_{exp(95\%)} \cong \pm 0.0126 \cong \pm 0.013 \text{ mm}$$

4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในขั้นตอนของการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น เป็นขั้นตอนสุดท้ายและเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในอันที่จะอธิบายให้ทราบว่า สิ่งที่ได้ปฏิบัตินั้นก็คือ การสอบเทียบนั้น ได้ค่าหรือผลการสอบเทียบเป็นอย่างไร โดยรายละเอียดที่จะอยู่ในส่วนของการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น จะมีอยู่หลักๆ 4 ส่วนคือ

- **ค่าในตำแหน่งที่ตรวจสอบหรือสอบเทียบ (Nominal Value)** เช่น ตำแหน่งที่ต้องการสอบเทียบ คือที่ 1 มม, 5 มม, 10 มม, 15 มม เป็นต้น
- **ค่าความผิดพลาดของการวัด (Error Value)** เป็นค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า Error 0.01 มม) เป็นต้น
- **ค่าแก้ความผิดพลาดของการวัด (Correction Value)** เป็นค่าที่แก้กลับจากค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า Error 0.01 มม) โดยค่าแก้ความผิดพลาดของการวัดมีค่าคือ – 0.01 มม เป็นต้น
- **ค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncerttainty of Measurement)** เป็นค่าที่จะอธิบายให้ทราบว่า กระบวนการในการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ที่ได้ผลการวัดออกมาและได้ค่าค่าความผิดพลาดของการวัด (ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ) นั้นยังมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยอยู่ในระดับความเชื่อมั่น ที่ได้กำหนดไว้ โดยผลของค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น จะต้องเป็นค่า +/- เสมอ เช่น เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า

Error 0.01 มม) โดยในค่าความไม่แน่นอนในการวัด(ค่าความคลาดเคลื่อน) ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ค่าความไม่แน่นอนในการวัดมีค่าคือ +/- 0.01 มม เป็นต้น

บรรณานุกรม

กิตติศักดิ์ นักคิ้ม.(2547).*เอกสารสัมมนาเรื่อง"การเทียบมาตรฐานเชิงมิติโดยหลักการ Laser Interferometer"*. กรุงเทพฯ.ม.ป.พ.

บุญพริ้ง สุขสบาย และ วชิระ มีทอง. (ม.ป.ป.). *วิศวกรรมการวัดละเอียด*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

บุรินทร์ ไตรชินธนโชติ.(2543).*เทคนิคและวิธีการในงานสอบเทียบเครื่องมือวัด*. กรุงเทพฯ. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริม(ไทย-ญี่ปุ่น).(2546).*คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม*. กรุงเทพมหานคร. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.(ม.ป.ป.).*เอกสารประกอบการสอนในวิชา Metrology*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.(ม.ป.ป.).*เอกสารประกอบการฝึกอบรมการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์วัดนอก*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. (2541). *การสอบเทียบไมโครมิเตอร์และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ด้วยเกจบล็อก*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ. (2544).*ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ ผลกระทบทางเศรษฐกิจของการพัฒนาระบบมาตรวิทยา*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2541). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 1300-2537 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ*.กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่4. ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2543). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อก*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2543). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาออฟติคอลแฟลต*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2543). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาออฟติคอลพาลาแลล*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

อินทร พิชิตานนท์. (2543). *บทบาทมาตรวิทยาต่อการพัฒนาคุณภาพสู่สหัสวรรษใหม่*. กรุงเทพฯ.' ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐาน JIS B 7502-1994
มาตรฐานการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty of Measurement) M3003

แบบฝึกหัด

วิธีการสอบเทียบ ไมโครมิเตอร์วัดนอก (*Outside- Micrometer*)

แบบฝึกหัดที่ 1

ให้ทำการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก (*Outside- Micrometer*)โดยให้เลือกตำแหน่งของการสอบเทียบขึ้นมา แล้วนำมากรอกในรายละเอียดในข้อที่ 1-2 โดยให้ลงมือปฏิบัติและพร้อมทำการคำนวณค่าของการสอบเทียบ

1. กำหนดให้ (เครื่องมือที่ถูกสอบเทียบ)
   เครื่องมือวัด : _____ S/N : _____
   ความละเอียดของเครื่องมือวัด : _____mm
   พิกัดของเครื่องมือวัด (Range) : _____mm
   ตำแหน่งของเครื่องมือวัดที่จะสอบเทียบ : _____mm

2. กำหนดให้ (เครื่องมือวัดหรือวัสดุที่ใช้สอบเทียบ) เครื่องมือวัดมาตรฐานหรือวัสดุมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ
   : _____
   : _____

3. ขั้นตอนในการทำการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก
   3.1 ตรวจสอบความเรียบที่ทางด้าน Anvil : มีค่าเท่ากับ_____
   3.2 ตรวจสอบความเรียบที่ทางด้าน Spindle : มีค่าเท่ากับ_____
   3.3 ตรวจสอบความขนานที่ทางด้าน Anvil และ Spindle : มีค่าเท่ากับ_____
   3.4 ตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดนอกมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

เครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ ขนาด _____ หน่วยเป็น mm
ค่าแก้ของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm
ค่าความไม่แน่นอนของการวัดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm
เครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ ขนาด _____ หน่วยเป็น mm
ค่าแก้ของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm
ค่าความไม่แน่นอนของการวัดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm

ตารางการบันทึกค่าการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก								
Nominal Value	Correction Value	Accuracy Value	Read-Out (mm)				Mean $\overline{X}$	Correction Value (CS)
(N) (mm)	(CS) Gauge Block (mm)	N+CS (mm)	Item1	Item2	Item3	Item4	(mm)	Outside-Mircometer (mm) (N+CS) - $\overline{X}$

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด(The Estimated Uncertainty of measurement)

ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดจะเป็นการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดของไมโครมิเตอร์วัดนอกมีรายละเอียดที่ต้องใช้ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดดังนี้

1. ค่าความไม่แน่นอนในการวัด Type A (UA)

$\overline{X}$ = _____ mm

SD. = _____ mm

U_A = _____ mm

2. ค่าความไม่แน่นอนในการวัด Type B (UB)

2.1 ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ คือ ; U_{B1} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.2 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการถดถอยของเครื่องมือวัดมาตรฐาน(Drift rate since last calibration) ; U_{B2} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.3 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดในการอ่านค่าการวัดของเครื่องมือวัด U_{B3} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.4 Environment Effect or Temperature expansion Coefficient ; U_{B4} มีค่าเท่ากับ

ที่มา L = ความยาว ณ ช่วงนั้น ๆ ที่ใช้ในการสอบเทียบ

α= สัมประสิทธิ์ในการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปจากวัสดุ

Δt= อุณหภูมิที่ใช้ในการสอบเทียบ

_____ mm

3. การประกอบของค่าความไม่แน่นอน (Combined Uncertainty) ; Uc มีค่าเท่ากับ

_____ mm

4. การคำนวณค่า Effective degree of freedom หรือ Veff เพื่อต้องการหาค่า k ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ มาทำการคูณเข้ากับ Uc ในการหาค่าความไม่แน่นอนขยาย

หมายเหตุ เมื่อได้ค่า Veff แล้ว นำไปเปิดตาราง t. distribution โดยให้เทียบกับการกำหนดระดับความเชื่อมั่น

5. การคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded uncertainty) ; Uexpand มีค่าเท่ากับ

_____ mm

ตารางแสดง Uncertainty budget ของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

สรุปจากการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก มีผลสอบเทียบดังนี้

1. การตรวจสอบความเรียบที่แกนวัด : ไมโครมิเตอร์วัดนอก

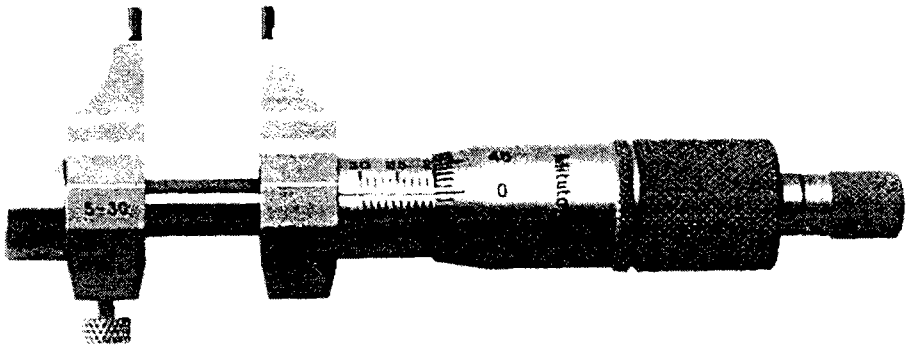
Measuring Faces	ความเรียบ (Flatness) (μm)
Anvil	
Spindle	

2. การตรวจสอบความขนานที่แกนวัด : ไมโครมิเตอร์วัดนอก

ค่าที่ระบุ (mm)	ความขนาน (Parallelism) (mm)

3. การตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดนอก

ค่าที่ระบุ (mm)	ค่าแก้ (mm)	ค่าความไม่แน่นอน (mm)



การสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

การสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน

1. ความสำคัญของการสอบเทียบ

ระบบงานอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยลักษณะของการพัฒนานั้น จะพัฒนาทั้งในด้านของระบบและกรรมวิธี โดยเพื่อเป็นการที่จะรักษาคุณภาพในความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ให้ได้ตามที่กำหนดไว้ โดยได้มีการนำระบบมาตรฐานต่าง ๆมาใช้ เพื่อเป็นการกำหนดถึงขั้นตอนและวิธีการในการที่จะควบคุมการปฏิบัติงานในงานอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจะเห็นว่ามีการนำเอาระบบมาตรฐานเข้ามาใช้ในการที่จะทำให้องค์กรอุตสาหกรรมมีความเป็นระบบมากขึ้น โดยลักษณะของการนำระบบมาใช้นั้นเป็นเพราะว่าในสภาพการณ์ก่อนนี้ดำเนินเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันนั้นเป็นผลอันเกิดจากอนุกรมทางการค้าซึ่งจะเป็นการกีดกันทางการค้าโดยถ้าธุรกิจอุตสาหกรรมไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่จะส่งออกนั้นเกิดปัญหาขึ้นได้ก็คือ บริษัทหรือองค์กรที่จะรับซื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่รับผลิตภัณฑ์จากบริษัทที่ไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานสากล โดยจากสภาพของธุรกิจอุตสาหกรรมที่ได้นำเอาระบบมาตรฐานสากลที่เป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วโลกมาใช้แล้วก็คือ ISO 9001 , ISO 14000 , ISO 18000 , HACCP และ ISO/TS16949 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทั่วโลกยอมรับกัน

เมื่อธุรกิจอุตสาหกรรมได้นำระบบมาตรฐาน ISO 9001 , ISO 14000 , ISO 18000 , HACCP และ ISO/TS16949 มาใช้เพื่อจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีการควบคุมคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์ที่ถูกกำหนดไว้จึงได้กำหนดกระบวนการในการตรวจสอบโดยในกระบวนการในการตรวจสอบนั้นจะมีการนำเครื่องมือมาใช้ร่วมในการตรวจสอบนั้นก็คือ เครื่องมือวัด เพราะโดยลักษณะของเครื่องมือวัดนั้นจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบ่งชี้ถึงขนาดของสิ่งที่ถูกวัดเพื่อจะให้ได้ค่าของสิ่งนั้นว่ามีค่าเป็นเท่าไร และโดยมาตรฐานทางด้านคุณภาพในงานอุตสาหกรรมและการปฏิบัติงานในงานอุตสาหกรรม จะต้องมีเครื่องมือวัดในการบ่งชี้ถึงรายละเอียดของคุณภาพ หรือเครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจสอบ

เครื่องมือวัดที่เป็นสิ่งสำคัญอันที่จะแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นั้น มีค่าหรือขนาดตามเกณฑ์ที่ถูกกำหนดไว้ ได้มีการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะต้องมีการตรวจสอบเพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดชนิดนั้นยังอยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้ จะเห็นได้ว่าถ้าเกิดความผิดพลาดอันเกิดจากเครื่องมือวัดจะมีผลเสียหายตามมาอย่างมาก คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาไม่ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาแล้วในความเป็นจริงได้มีขนาดตรงตามที่ขนาดระบุไว้แต่เครื่องมือวัดแสดงผลออกมาว่าไม่ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการผลิต ก็คือต้องผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้ออกมาใหม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลา ค่าใช้จ่ายและยังผลทำให้ขาดความน่าเชื่อถือกับบริษัทที่ทำธุรกิจร่วมด้วย

จากความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องมือวัด ระบบมาตรฐาน ISO 9001 , ISO 14000 , ISO18000 , HACCP และ ISO/TS16949 จึงมีข้อกำหนดอยู่ว่าจะต้องมีการควบคุมเครื่องมือสำหรับการเฝ้าติดตามการวัดซึ่งก็คือการปฏิบัติในการควบคุมเครื่องมือวัดให้อยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้อยู่เสมอ ซึ่งก็คือการสอบเทียบ

การสอบเทียบเป็นกระบวนการหนึ่งที่จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงค่าความถูกต้องและค่าความผิดพลาดในตัวเครื่องมือวัดได้ โดยในการสอบเทียบนั้นเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในหลักการทางมาตรวิทยา ที่เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัดโดยในการสอบเทียบหรือที่เรียกว่า Calibration และการสอบเทียบเป็นขั้นตอนที่ทุกมาตรฐานทางด้านคุณภาพในงานอุตสาหกรรม ได้มีการกำหนดเป็นข้อกำหนดไว้อย่างชัดเจน ดังนั้นในความสำคัญของการสอบเทียบ ได้มีเนื้อหาที่เป็นหัวข้อหลัก ๆในการสอบเทียบดังนี้คือ

1.1 ความหมายของการสอบเทียบและมาตรวิทยา

โดยเบื้องต้นของความรู้ในการสอบเทียบควรจะต้องทราบ ในเรื่องของนิยาม ความหมาย ของการสอบเทียบก่อนเพื่อเป็นการให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นโดยได้มีนิยามความหมาย ของการสอบเทียบไว้ดังนี้

การสอบเทียบ หมายถึง หมายถึง ชุดของการดำเนินการทางมาตรวิทยาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชี้บอกโดยเครื่องวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดงโดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะที่บ่งไว้(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2541 : 3)

หมายเหตุ :

1. ผลการสอบเทียบ ทำให้สามารถประมาณค่าผิดพลาดของการชี้บอกของเครื่องวัด ระบบการวัดหรือเครื่องวัดที่เป็นวัสดุ หรือกำหนดค่า ทำเครื่องหมายบนสเกล ณ ที่ใดที่หนึ่ง
2. การสอบเทียบอาจหาสมบัติทางมาตรวิทยาอื่น ๆ ได้ด้วย
3. ผลการสอบเทียบอาจบันทึกไว้ในเอกสาร บางครั้งเรียกว่าใบรับรองการสอบเทียบ (*Calibration Certificate*) หรือรายงานการสอบเทียบ(Calibration Report)
4. ผลการสอบเทียบบางครั้งแสดงเป็นตัวประกอบการสอบเทียบหรือชุดของตัวประกอบการสอบเทียบ ในรูปแบบของเส้นสอบเทียบ

การสอบเทียบ หมายถึง การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือมาตรฐานหรือวัสดุอ้างอิงที่มีความถูกต้องสูงกว่าอย่างน้อย 4 เท่า และกระทำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ได้รับการควบคุม (สมาคมส่งเสริม ไทย-ญี่ปุ่น . 2543 :30)

จากความหมายดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า การสอบเทียบ หมายถึง กรรมวิธีที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัด โดยสร้างความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดกับเครื่องมือมาตรฐานและมีการปฏิบัติภายใต้ภาวะที่กำหนดไว้

โดยหลังจากทราบความหมายของการสอบเทียบแล้ว จะมีคำศัพท์อีกคำหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ในเรื่องของการสอบเทียบ นั้นคือคำว่า มาตรวิทยาโดยมีนิยามไว้ดังนี้

มาตรวิทยา นั้นเป็นศัพท์ที่ ประกอบด้วยคำ 2 คำ นั้นคือ คำว่า มาตร ที่หมายถึง การวัด การแสดงออกที่ให้เห็นผลซึ่งขนาด ทิศทาง น้ำหนัก เป็นต้น ส่วนอีกคำ คือคำว่า วิทยา ที่หมายถึง ศาสตร์หรือวิชาการที่ประกอบเป็นกระบวนการเรียนรู้ โดยเมื่อนำเอาคำ 2 คำมาประกอบกัน จึงเป็นคำว่า มาตรวิทยา โดยได้มีการให้นิยามของคำว่ามาตรวิทยาไว้ดังนี้ คือ

มาตรวิทยา หมายถึง ความรู้ที่เกี่ยวกับการวัด (ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมไทย-ญี่ปุ่น 2546 : 242)

หมายเหตุ : ,มาตรวิทยาครอบคลุมทุกเรื่อง ทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ ไม่ว่าจะมีความแม่นระดับใด และไม่ว่าจะอยู่ในสาขาวิทยาศาสตร์หรือสาขาเทคโนโลยีใด

มาตรวิทยา หมายถึง มาตรวิทยา หรือการวัดว่า เป็นศาสตร์หรือวิชาการเกี่ยวกับการวัดปริมาณต่าง ๆ เช่น ความยาว น้ำหนัก แรงปริมาตร แสง เสียง อุณหภูมิ ไฟฟ้า ฯลฯ เป็นต้น เพื่อให้เป็นที่แน่นอนว่าปริมาณต่าง ๆ ที่วัดได้นั้นมีความถูกต้องและเที่ยงตรง (อินทร พิชิตานนท์ (2543 : 83))

จากความหมายดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า มาตรวิทยา หมายถึง ศาสตร์ที่เป็นวิชาการที่ว่าด้วยกรรมวิธีในการวัดที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับ ปริมาณในด้านต่างๆเช่นความยาว น้ำหนัก อุณหภูมิ หรืออื่นๆ เป็นต้น พร้อมกับเป็นวิชาการที่อธิบายในเรื่องของการวัดที่ถูกต้อง เพื่อให้มาซึ่งการวัดที่ถูกต้อง

1.2 ระบบการวัดมาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

ในส่วนของหัวข้อที่กล่าวต่อไปนี้เป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับการวัด โดยในการสอบเทียบไม่ว่าจะเป็นในสายงานด้านไหนก็ตาม จะมีการวัดเข้าไปเกี่ยวข้องเสมอ และในการสอบเทียบนั้นจะมีการวัดที่มีการวัดที่เป็นระบบโดยการวัดที่เป็นระบบนั้น ได้กำหนดเป็นระดับ ในอันที่จะแสดงให้เห็นถึงการเป็นระบบ และเมื่อเกี่ยวกับการสอบเทียบ ยอมจะต้องเกี่ยวกับมาตรฐาน ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนั้น ได้มีการอธิบายถึงระบบการวัดมาตรฐานต่าง ๆโดยแยกเป็นส่วนต่าง ๆไว้ดังนี้ คือ

1.2.1 มาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

1.2.1.1 มาตรฐานของการวัด (Measurement Standard) หมายถึง ปริมาณทางฟิสิกส์ที่ สามารถที่จะนำมาแสดงในให้เห็นได้ สัมผัสได้ โดยมีการกำหนดค่าของปริมาณทางฟิสิกส์ได้ โดยสามารถที่จะอธิบายได้อันได้แก่ ขนาดของความยาวมาตรฐานที่ 1 เมตรมาตรฐาน หรืออาจจะสมมติว่า แท่งเหล็กขนาด 1 เมตรแท่งหนึ่ง มีการกำหนดให้แท่งเหล็กแท่งนี้ ถือว่าเป็นวัตถุที่แสดงถึง 1 เมตรมาตรฐานก็ได้

1.2.1.2 มาตรฐานสากล (International Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบที่มีการกำหนดขึ้น โดยความเห็นชอบของประเทศต่าง ๆที่มีข้อตกลงต่อกัน อันที่จะสามารถนำกระบวนการหรือวิธีการนั้นที่มีการกำหนดขึ้นนำไปใช้ต่อไป

1.2.1.3 มาตรฐานแห่งชาติ (National Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบที่ประเทศนั้น ๆได้มีการกำหนดขึ้น เพื่อใช้ภายในประเทศหรืออาจถูกใช้ไปทั่วโลกก็ได้

1.2.1.4 มาตรฐานขั้นปฐมภูมิ (Primary Standard) หมายถึง มาตรฐานของการวัดที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่ามีคุณภาพสูงสุดทางมาตรวิทยา และค่าของมันเป็นที่ยอมรับว่าถูกต้องโดยไม่ต้องสอบเทียบกับมาตรฐานอื่นใดในปริมาณเดียวกัน (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (2541:36))

1.3.1.5 มาตรฐานขั้นทุติยภูมิ (Secondary Standard) หมายถึง มาตรฐานของการวัดที่ได้มีการถูกถ่ายทอดของผลการวัดในระดับขั้นรองลงมา

1.2.1.6 มาตรฐานอ้างอิง (Reference Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบภายในประเทศนั้น ๆ โดยยังคงไว้ซึ่งหลักเกณฑ์ทางระบบการวัดทางมาตรวิทยา เพื่อจะได้ผลการวัดหรือผลการสอบเทียบที่มีความถูกต้องและมีคุณภาพ

1.2.1.7 มาตรฐานที่ใช้งาน (Working Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบ โดยที่ทางองค์กรหรือหน่วยงานมีการนำไปใช้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.2.2 มาตรฐานการวัดที่ 1 เมตร มาตรฐาน

ในระบบการวัดทางมาตรวิทยานั้นมีด้วยกันหลายสาขา โดยแบ่งตามรากฐานของหน่วยวัด ของแต่ละหน่วยวัด โดยรากฐานการวัดทางมาตรวิทยานั้นจะมีด้วยกัน 7 หน่วยการวัด คือ

- ปริมาณรากฐานทางความยาว มีหน่วยวัด คือ เมตร (Meter)
- ปริมาณรากฐานทางเวลา มีหน่วยวัด คือ วินาที (Second)
- ปริมาณรากฐานทางน้ำหนักหือมวล มีหน่วยวัด คือ กิโลกรัม (Kilogram)
- ปริมาณรากฐานทางกระแสไฟฟ้า มีหน่วยวัด คือ แอมแปร์ (Ampere)
- ปริมาณรากฐานทางอุณหภูมิ มีหน่วยวัด คือ เคลวิน (Kelvin)
- ปริมาณรากฐานของสาร มีหน่วยวัด คือ โมล (Mole)

- ปริมาณรากฐานทางความเข้มของแสงสว่างมีหน่วยวัดคือ แคนเดลา (Candela)

โดยทั้งหมดจะเป็นหน่วยของการวัดที่เป็นพื้นฐานของการวัด เพื่อจะได้เป็นสิ่งกำหนดค่าของสิ่งที่ถูกวัดและเป็นที่เข้าใจเหมือนกันของค่าที่ถูกวัดนั้นๆ

โดยในส่วนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น จะขอกล่าวในส่วนที่เป็นเรื่องของความสัมพันธ์ทางการวัดทางด้านความยาว (Length) ที่มีปริมาณรากฐานการวัดทางด้านความยาว มีหน่วยวัดคือเมตร(Meter) โดยได้อ้างอิงจากเอกสารสัมมนาเรื่องการเทียบมาตรฐานเชิงมิติโดยหลักการ Laser Interferometer (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม.2546:4-12)ดังต่อไปนี้คือ

1.2.2.1 ประวัติความยาวของเมตรมาตรฐาน

ความเป็นมาของการใช้หน่วย "เมตร" เป็นหน่วยสากลในการวัดความยาว

**** ปัจจุบันคำจำกัดความของ 1 เมตร ที่ใช้เป็นหน่วยวัดความยาว ก็คือ "การกำหนดความยาว 1 เมตรได้จากระยะทางที่แสงเดินทางไปในสูญญากาศเป็นเวลา 1/299792458 วินาที ****

คำจำกัดความของความยาว 1 เมตร ดังกล่าว มีพื้นฐานมาจากค่าคงที่สากลที่เป็นค่าธรรมชาติ 2 ค่า คือ ความเร็วของแสง (เมตร/วินาที) และเวลา (วินาที) ก่อนที่จะมาถึงจุดนี้ได้ก็มีความเป็นมาที่ยาวนานทีเดียว ในโลกซึ่งมีการใช้เทคนิคชั้นสูงของเรานั้นจำเป็นต้องมีระบบซึ่งมีความเที่ยงตรง และสมบูรณ์พร้อม ในแต่ละกิจกรรม งานหลายๆ ด้านต้องการการนิยามและควบคุมการปฏิบัติที่แม่นยำ ซึ่งจะทำให้เราสามารถใช้สำหรับยืนยันได้ว่าหน่วยของการวัดของเรานั้นคงที่เหมือนเดิมตลอดเวลา

ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบของหน่วยการวัดสากลนั้นเป็นสิ่งสำคัญมาก แต่มาถึงจุดนี้แล้วเราจะไม่บรรยายถึงเหตุผลว่าทำไมจึงสำคัญ แต่เราจะมุ่งความสนใจไปที่เรื่องของประวัติของมาตรวิทยาเชิงมิติ, วิทยาศาสตร์ของการวัด และเรื่องราวของหน่วยวัดสากลซึ่งสร้างขึ้นได้ไม่ยากคือหน่วยเมตรนั่นเอง ในที่นี้จะได้กล่าวรวมถึงการจัดตั้งและการนิยามหน่วยเมตรที่มีความเที่ยงตรงและความน่าสนใจมากขึ้น

ย้อนหลังกลับไปเมื่อนานมาแล้ว

การวัดในสาขาต่าง ๆ เกิดขึ้นมานานแล้ว เกือบจะเท่ากับประวัติศาสตร์มนุษย์เลยทีเดียว เมื่อมนุษย์มีการพัฒนาขึ้นก็จะมีการดัดแปลงเทคโนโลยี และพัฒนามาตรฐานของการวัดให้สูงขึ้นไปพร้อมๆกัน มาตรฐานของการวัดในสมัยแรกๆ มีพื้นฐานมาจากการใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ที่มีขนาดปานกลาง หรือขนาดสัดส่วนของผู้ปกครองท้องถิ่น เช่น การใช้ความหนาของนิ้ว, ความกว้างของมือ, ความยาวของข้อนิ้ว, แขน, เท้า, ระยะก้าวเดิน ฯลฯ การใช้มาตรฐานดังกล่าว คิดขึ้นมาตามยุคตามสมัย และมีความเที่ยงตรงพอเหมาะกับยุคนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ที่เมือง Chaldees บน แม่น้ำไนล์ได้มีนักโบราณคดีขุดค้นพบวัตถุโบราณ อายุประมาณ 4000 ปี ก่อนคริสตกาล ที่เรียกศอกพระราชา (King's Elbow) (ขนาด 463.3 mm) ถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานสามัญในสมัยนั้น โดยมีนิยามหน่วยไว้ว่า 1 elbow = 1.5 feel = 2 hand span = 6 hand width = 24 inch และหน่วยวัด "ศอกพระราชานี้" ไม่เกี่ยวข้องกับหน่วยอังกฤษ (หน่วยหลา) ที่บัญญัติขึ้นเมื่อปี คศ.1101 โดยพระเจ้าเฮนรี่ที่ 1 ผู้ซึ่งกำเนิดหน่วยการวัดใหม่ ใช้แทนของเดิมพระองค์กำหนดให้ความยาวจากปลายจมูกถึงปลายนิ้วหัวแม่มือของพระองค์เป็นหน่วยวัดความยาวมาตรฐานเรียกว่า 1 หลา (yard) และหน่วยนี้เราก็ยังคงใช้มาจนถึงทุกวันนี้

ความพยายามในการที่จะหาค่าคงที่มาตรฐานอ้างอิงในธรรมชาติ

ที่ยุโรปช่วงยุคกลาง ก็มีเมือง และรัฐต่าง ๆ เกิดขึ้นมากจนทำให้งานในสาขาของการวัดเกิดความวุ่นวาย แต่เดิมนั้นแต่ละอาณาจักร หรือแต่ละเมือง ที่ทำการค้าขายกันจะจัดตั้งระบบการวัดของตนเองขึ้นมาโดยถือเครื่องมือมาตรฐานที่ตนเองคิดค้นได้ เป็นสื่อกลางในการค้าของใครของมัน และก็เป็นธรรมดาที่ต่อมาได้เกิดความสับสนต่อเครื่องมือมาตรฐานที่ถือกันอยู่นั้น กล่าวคือหน่วยวัดชื่อเดียวกันอาจมีปริมาณไม่เท่ากันหรือหน่วยวัดที่ใช้ชื่อเรียกต่างกันอาจได้มาจากกรรมวิธีการวัดอย่างเดียวกันในแต่ละเมืองที่เป็นคู่ค้ากัน จึงเป็นเหตุให้มีแนวคิดริเริ่มที่จะใช้มาตรฐานที่สามารถอ้างอิงได้จากธรรมชาติ เป็นมาตรฐานสากล

ปี ค.ศ. 1528 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Jean Fernel มีแนวคิดที่จะใช้ขนาดของผิวโลกเป็นมาตรฐานสากลในการวัด เป็นผู้ผลักดันแนวคิดที่จะกำหนดให้ระยะทางระหว่างเมือง Paris และเมือง Amen ตามแนวเส้นแวง (Longitude) เป็นระยะทางมาตรฐานสากล ตรงนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดทำนองนี้ และในอีกหลาย ๆ ร้อยปีถัดมาก็ได้มีนักวิทยาศาสตร์หลาย ๆ ท่านได้เสนอแนวทางที่จะใช้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลากหลายแนวทางมาเป็นมาตรฐานอ้างอิงสากล ยกตัวอย่างเช่น การใช้ตัวแปรของความถี่และระยะการแกว่งของลูกตุ้มในลักษณะวงเวียนที่กางทำมุมต่าง ๆ มาเป็นมาตรฐาน

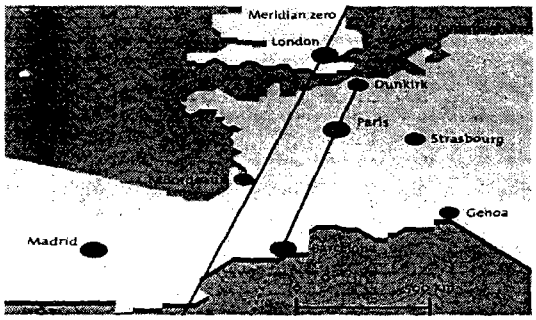
ครั้นเมื่อปี ค.ศ. 1670 นักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศสคือ Gabriel Mouton ได้ย้อนกลับไปสู่แนวคิดของ Fernel ที่คิดไว้เมื่อ 150 ปีก่อน (เกี่ยวกับการใช้ขนาดของผิวโลกเป็นระยะมาตรฐาน) แนวคิดของ Gabriel ในขณะนั้น กล่าวว่าระยะทางมาตรฐานน่าจะเป็นระยะที่ครอบคลุมความยาว ตามเส้นแวงขณะที่กางมุม 1 ลิปดาจากแกนโลก โดยสามารถใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงตามธรรมชาติได้ เรียกว่า "Milliare" ต่อมาได้มีการแบ่งย่อยมันเป็นสิบๆ ส่วน อย่างไรก็ตามหลักการของลูกตุ้มก็ยังคงมีใช้งานแพร่หลายมากขึ้น แต่หน่วยการวัดระยะทางก็ยังคงเป็นปัญหาอยู่ในขณะนั้น จนถึงช่วงปลายศตวรรษที่ 18 มีปัญหาอย่างมากในการเลือกใช้ระยะมาตรฐานสากล ทั้งในภาคอุตสาหกรรม, ภาควิทยาศาสตร์ และภาคการเมือง

จุดกำเนิด 1 เมตรมาตรฐานปี 1790

ช่วงปี 1790 เป็นช่วงที่มีการปฏิวัติในฝรั่งเศส เกิดการพิจารณาให้กำหนดนิยามของความยาวมาตรฐานขึ้นโดยมี Charles de Talleyrand เป็น Bishop แห่งโบสถ์ Autun ก่อนที่จะออกจากโบสถ์ได้สร้างการยอมรับระบบมาตรฐานใหม่ทางด้านน้ำหนัก และมีการจัดตั้งคณะกรรมการโดยวิทยาลัยวิทยาศาสตร์แห่งปารีส มีการเชิญผู้มีชื่อเสียงแต่ละด้านเข้าร่วมประชุม เช่น Jean Charles de Bordas, Joseph–Louis Lagrange, Pirre-Simon Marquess of Laplace, Gaspard Monge และ Marie – Jean Antoine de Caritat ผู้เป็นขุนนางแห่ง Condorcet ที่ประชุมได้ลงความเห็นว่าจำเป็นต้องมีการนิยามหน่วยวัดความยาวใหม่ โดยยึดถือจากความยาวของเส้นรอบวงของผิวโลก

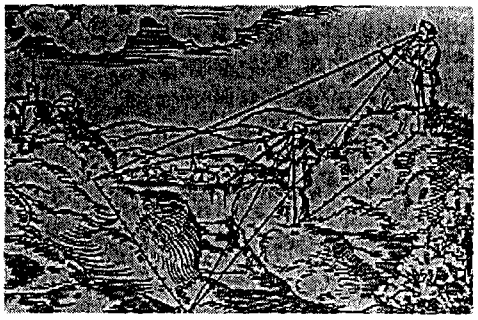
ในส่วนของความยาวมาตรฐานที่ได้มาจากมุมของลูกตุ้มก็ถูกยกเลิกไป เพราะเวลาสร้างใหม่แล้วไม่ค่อยจะเที่ยงตรง จึงมีข้อพิจารณาที่พอจะเป็นไปได้เหลืออยู่ 2 ข้อ คือ การใช้ระยะ Quadrant (1 ใน 4) ของเส้นรุ้ง (Equator) หรือเส้นแวง (Meridian) แต่การวัดตามเส้นรุ้ง (Equator) นั้นทำได้ยาก จึงทำการวัดระยะทางในแนวเส้นแวง (Meridian) โดยใช้ระยะทางตามเส้นแวงที่ผ่านเมือง Dunkirk และเมือง Barcelona (ดูรูปที่ 1) และมีความเปลี่ยนแปลงครั้งต่อมา เมื่อวันที่ 26 มี.ค 1791 โดย French National Assembly ได้นิยามมาตรฐานอ้างอิงทางความยาวเสียใหม่ โดยถือเอาระยะทาง 1 ในสิบล้านของความยาว 1 Quadrant ของเส้นแวงส่วนที่ลากผ่านเมืองปารีส และการตั้งชื่อหน่วยใหม่จำเป็นต้องให้เกิด

ความเป็นสากลไม่เข้ามาทางชาติฝรั่งเศสมากไปนักท่าน Jean Charles de Bordas จึงเสนอให้ใช้ภาษากรีกว่า **"Metron"** (μετρον) แปลว่า **Dimension** ที่จุดนี้จึงถือเป็นจุดกำเนิดของหน่วย Metre (เมตร)



ก)

รูปที่ 1 ก) เส้นทางที่กำหนดให้ใช้เป็นความยาวมาตรฐาน (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:7)



ข)

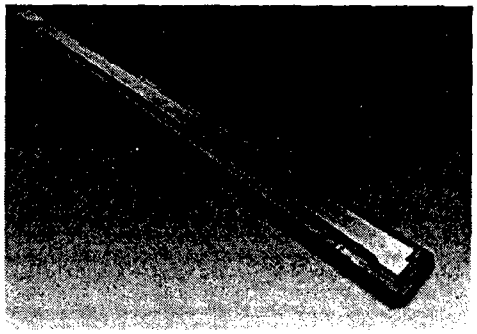
รูปที่ 1ข) การวัดระยะทางแบบ Trigonometrical (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:7)

ครั้นเมื่อ **25มิ.ย.1792** มีนักสำรวจ 2 ท่านชื่อ Jean-Baptise Joseph Delambre และ Pierre-Fancois Andre Mechain เริ่มทำการสำรวจโดยใช้วิธี Trigonometrical พวกเขาเดินทางขึ้นๆ ลงๆ ไปตามสภาพภูมิประเทศตามเส้นทางที่กำหนด โดยทำการสำรวจเป็นช่วงๆ พอเหมาะกับที่เครื่องมือสำรวจแบบ Optical สมัยนั้นจะสามารถทำได้ โดยที่ Delambre รับผิดชอบการสำรวจในทิศเหนือ ในขณะที่ Mechain ไปในทิศใต้ กรรมวิธีในการวัดที่จริงแล้วยาวนานมาก เริ่มจากปี 1792 ซึ่งเป็นปีที่สาธารณรัฐแรกประกาศตัว หลังจากการปฏิวัติในฝรั่งเศสในวันที่ **14 ก.ค.1789** และจบสิ้นการวัดลงเมื่อปี **1798** การทำงานสำรวจครั้งนั้นมีความเสี่ยงสูงต่อชีวิต เพราะบางครั้งก็ต้องทำการวัดระยะทางผ่านหอคอยสูง ๆ ของโบสถ์ หรือยอดเขาสูง ๆ โดยมีเครื่องมือประหลาดเป็นตัวช่วย ทำให้ดูเหมือนกับเป็นพวกจารชน จนต้องโดนจับกุมตามรัฐต่างๆ ที่เดินทางผ่านไปอยู่หลายครั้ง แต่ผลสุดท้ายงานก็จบลงได้ เป็นเพราะแรงกดดันของนักการเมืองในปารีส จากผลการปฏิบัติงาน ได้ค่าความผิดพลาดของระยะทางตามแนวเส้นแวง (Meridian) ระหว่างเมือง Dunkirk และเมือง Barcelona มีค่าเพียง 2,000 เมตรเท่านั้น

<u>การนำเสนอหน่วย "เมตร" ในทางฟิสิกส์เป็นครั้งแรก</u>

ในช่วงปี **1792** ถึง **1793** ขุนนางที่เป็นนักคณิตศาสตร์และนักปรัชญาแห่ง Condocet ได้เป็นประธานในการประชุมแห่งชาติฝรั่งเศส (French National Assembly) ณ เวลานั้นเขาได้เล็งเห็นว่า **"ระบบหน่วยการวัดสากลนั้นเป็นสิ่งจำเป็นลำดับต้นๆ ที่จะทำให้เกิดความเท่าเทียมกันในมวลมนุษย์"** ระหว่างที่คณะกรรมการศึกษาจะอนุมัติรายงานฉบับสุดท้ายในปี **1793** ที่ประชุมแห่งชาติได้ตัดสินให้สร้างอุปกรณ์ความยาวเมตรมาตรฐานชั่วคราว (Provisional Metre Standard) ซึ่งผู้สร้างคือวิศวกรชาวปารีสชื่อ Lenor

ต่อมาเมื่อผลการวัดครั้งสุดท้ายจบสิ้นลง ตัวเมตรชั่วคราวก็ถูกยกเลิก และจึงได้มีการนำมาตรฐานเมตรแท้ๆ ที่ได้จากนิยาม (True Definitive Metre) มาใช้แทนมีลักษณะเป็นแท่งพลาตินั่มมีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 25 x 4.05 x 1000 มม. (ดูรูปที่ 2)



รูปที่ 2 มาตรฐาน "เมตร" ที่ได้จากนิยาม (True Definitive Metre)
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:8)

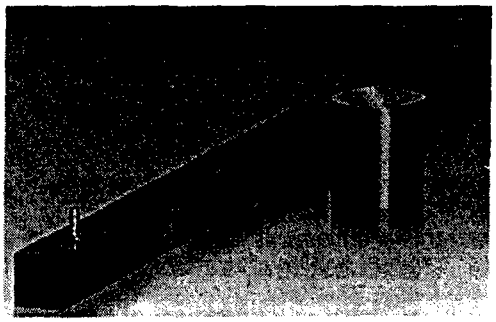
ในขณะนั้นเรื่องของหน่วยเมตรมาตรฐาน ได้เป็นงานในระดับนานาชาติไปเสียแล้ว ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมาธิการเรื่องการวัดสากล CGPM (Commision Generale des Poids et Measures) ประกอบด้วยคณะผู้แทนจาก 10 ประเทศในทวีปยุโรป และในเดือน **ก.ย. 1798** ได้มีการทวนสอบผลการวัดระยะทางตามแนวเส้นแวง ที่ทำการวัดบนพื้นฐานของการวัดเชิงมุมถึง 1800 มุม เป็นที่เรียบร้อย จึงทำให้เกิดการคำนวณจนได้นิยามว่า ความยาว 1 เมตรเกิดจาก เส้นปารีส (Paris line) หารด้วย 443,295,393 คณะกรรมมาธิการจึงได้สรุปนิยามความยาวของแท่งพลาตินั่มมาตรฐานที่สร้างมาขึ้นมาใหม่นั้นว่ามีความยาว 443.296 ของเส้นปารีส, และในกาลต่อมาการวัดสมัยใหม่ได้แสดงให้เห็นว่าความจริงแล้วสูตรดังกล่าวมีความผิดพลาดอยู่ ~0.2 mm (2×10^{-4}m) คือสั้นกว่าขนาดจริง 0.2 mm นั่นเอง

"ผลของการที่ความยาว 1 เมตรมาตรฐานถูกเปลี่ยนมาเป็นแท่งพลาตินั่มในครั้งนั้น ทำให้น้ำหนัก 1 ก.ก. มาตรฐานเปลี่ยนจากการใช้น้ำ 1 ลิตรที่ 4 °C ไปเป็นตุ้มน้ำหนักที่ทำจากพลาตินั่มไปด้วย"

เมื่อ **22 มิย. 1799** สำนักงานสารบัญแห่งชาติของฝรั่งเศสได้มีการจัดระเบียบนิยามต่าง ๆ ให้เหมาะสมได้มีการเปลี่ยนให้ความยาวเมตรมาตรฐานและน้ำหนักกิโลกรัมมาตรฐานจะต้องทำจากพลาตินั่มไปพร้อมๆ กัน โดยวันที่ประกาศใช้นั้นถือเป็นวันเกิดของระบบเมตริก (Metric System) และในขณะเดียวกันสถาบันศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (Academy of Science) ได้นำเสนอแนวคิดที่จะเชื่อมโยงให้ความยาว 1 เมตร มีการแบ่งช่วงใช้ระบบเลขฐาน 10 ที่จุดนี้ ทำให้การที่จะเพิ่มหรือลดหน่วยวัดทำได้ง่ายๆ โดยการเติม "0" เข้าไป หรือตัด "0" ออกมา และพวก Dutch, Sweden ก็มีความเห็นสนับสนุนเรื่องนี้ จึงมีการพิจารณาตกลงให้ใช้คำนำหน้า (Prefix) ช่วยในการแปลงหน่วยวัดในระบบเมตริกให้ใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงได้ โดยการใช้คำ kilo-, deci-, centi-, และ milli- เพื่อจะใช้ในคำจำกัดความของหน่วยวัดทั้งหลายในระบบเมตริก กฎหมายนี้ผ่านความเห็นชอบเมื่อวันที่ **10 ธค. 1799** กำหนดให้แท่งพลาตินั่มที่ทำขึ้นรู้จักในนามของเมตรมาตรฐาน (Metre des Archives) หรือ "มาตรฐานอ้างอิงโดยกฎหมาย" และระบบเมตริกก็เป็นกฎหมายที่บังคับใช้ทุกสถานที่ในฝรั่งเศส แต่ก็ยังคงจะต้องใช้เวลาหลายปีอยู่เหมือนกันกว่าที่จะมีการยอมรับหน่วยเมตรเป็นมาตรฐานสากล ในปี **1837** สถาบัน Loi Relative aux Poids et Measures ได้ประกาศว่า หน่วยเมตรเป็นเพียงหน่วยเดียวที่ใช้วัดความยาว และในช่วงเวลา 30 ปีต่อมา รัฐบาลฝรั่งเศสได้ผลิต "Metre des Archive" โดยเลียนแบบจากของจริงแล้วส่งไปตามประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

อย่างไรก็ดีเมื่อเวลาผ่านไปนักวิทยาศาสตร์ และนักมาตรวิทยาทั้งหลายก็ได้ตระหนักถึงการที่จะทดแทนวิธีการวัดระยะทางเพื่อทวนสอบหาค่าความยาว 1 เมตรด้วยวิธีใหม่ เหตุจากมีผู้ให้ความเห็นว่าการจะอ้างอิงหน่วยมาตรฐานสากลโดยอาศัยหลักการวัดระยะทางไปตามผิวโลกแบบเดิมนั้นอาจไม่ใช่ความคิดที่ดีนักถึงแม้จะเป็นที่ทราบกันดีอยู่ว่าผิวโลกนั้นจะมีรูปทรงกลมที่สมบูรณ์และรูปร่างก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลามาก แต่นักฟิสิกส์ก็ยังมีแนวคิดว่าการผลิตแท่งความยาวมาตรฐานที่จะใช้ทั่วโลกน่าจะทำได้ด้วยระบบที่มีความกระทัดรัดกว่าการที่จะไปวัดระยะบนผิวโลก **เริ่มต้นใหม่อีกครั้ง**

ต่อมาเสียงเรียกร้องจากทั่วโลกในเรื่องความยาวมาตรฐานสากลก็มีความจำเป็นขึ้นมาอีก เมื่อโรงงานจักรกลได้มีการขยายตัวมากขึ้น และเปิดรับแนวทางของอุตสาหกรรมการผลิตแบบใหม่ ได้มีการปฏิวัติรูปแบบของการผลิตชั้นนำที่แหวกแนว และมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตัวอย่างเช่น การคิดค้นเครื่องปั่นด้ายในอุตสาหกรรมทอผ้า,การปรับปรุงเครื่องจักรไอน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดจนถึงการขยายรางรถไฟ เป็นต้นคณะกรรมมาธิการจัดงานแสดงสินค้าที่กรุงปารีส (Paris Exposition) จัดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1867 มีจุดประสงค์ที่จะกำหนดระบบหน่วยการวัดสากลที่ใช้อย่างเป็นทางการและเป็นที่ยอมรับทั่วโลก เมื่อเดือน ส.ค. 1870 ได้มีการประชุมคณะกรรมมาธิการว่าด้วยเรื่องหน่วยเมตรระหว่างชาติ (International Metre Commission) ที่กรุงปารีสอีกครั้ง องค์ประชุมประกอบด้วยตัวแทนจากกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป 14 ประเทศ และตัวแทนจากรัฐต่างๆ ในอเมริกา 8 รัฐ ที่ประชุมได้ผ่านวาระการประชุมว่าด้วยเรื่องการเผยแพร่ระบบเมตริกให้ใช้เป็นระบบมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก และต่อมาเมื่อเดือน เม.ย.1872 คณะกรรมมาธิการดังกล่าวได้แต่งตั้งคณะกรรมการวิจัยขั้นเตรียมการ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 8 ท่าน มีหน้าที่พิจารณาผลิตต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติขึ้นมาใหม่ รวมทั้งมาตรฐานแห่งชาติที่จะทำจำลองนั้นจะทำด้วยโลหะผสม (Alloy) ที่มีความทนทานสูงทำจากพลาตินั่ม 90% และ อิริเดียม 10%



รูปที่ 3 ต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติ
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:9)

หลังจากนั้นไม่นานได้มีบริษัทในลอนดอนชื่อ บริษัท Johnson & Matthey ได้ผลิตแท่งความยาว 1 เมตรมาตรฐานขนาดเท่าๆ กัน และรูปร่างเหมือนๆ กันขึ้นมา 30 ชิ้น (รูปที่ 3) และเลือกมา 1 ชิ้น เพื่อกำหนดให้เป็น "**ต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติ**" หลังจากที่ได้มีการทดลองหลอมโลหะครั้งแรกถึง 6 ปี ส่วนแท่งความยาวมาตรฐานที่เหลือได้แจกจ่ายไปยังตัวแทนของ 17 ประเทศที่ร่วมลงนามในสนธิสัญญาเมื่อวันที่ 20 พ.ค.1875 การแจกจ่ายดำเนินไปจนถึงปี 1889 การลงนามเห็นชอบในสนธิสัญญาของที่ประชุมหน่วยมาตรฐาน (Metre Convention) ครั้งนั้นมีความสำคัญมากเพราะประกอบด้วยผู้ร่วมประชุม

จากประเทศต่าง ๆ ดังนี้ อาร์เจนตินา แอสโตร-ฮังการี, เบลเยี่ยม, บราซิล, เดนมาร์ค, ฝรั่งเศส, เยอรมันนี, อิตาลี, เปรู, โปรตุเกส, รัสเซีย, สเปน, สวีเดน – นอร์เวย์, สวิตเซอร์แลนด์, ตุรกี, USA และเวเนซูเอลา

เนื่องจากคุณภาพของพลาตินั่มที่ใช้ทำเกจบล็อคนั้นไม่ค่อยจะดีนัก พบว่าที่ผิวหน้าทั้ง 2 ด้านสึกกร่อนได้ง่าย จึงมีการเสนอให้ปรับปรุงต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติเสียใหม่ โดยออกแบบให้เป็นแท่งความยาวมาตรฐานที่มี พ.ท.หน้าตัดเป็นรูปตัว X ขนาด 20 x 20 mm (รูปที่4) เพื่อให้เกิดความแข็งแรงสูงสุด และมีน้ำหนักเบาที่สุด (ประมาณ 3.3 กก. เท่านั้น) มีการทำเครื่องหมายกำหนดระยะ 1 เมตรมาตรฐานไปตามผิวหน้าของด้านยาวเป็นขีด 3 คู่ ที่ปลายทั้ง 2 ด้าน โดยธรรมชาติของพื้นที่หน้าตัดแบบนี้จะสามารถรับแรงดึง และแรงกดอัดตามแนวยาวได้ดี อีกทั้งยังมีความคงทนต่อแรงบิดงอด้วย ระยะทางระหว่างรอยที่ทำเครื่องหมายไว้มีความยาวเทียบเท่ากับ 1 เมตร ที่อุณหภูมิ 0 ^{o}C ตั้งแต่ปี **1889** หน่วยงาน General Conference on weight and measures (Conference Generale des Poids et Measure (CGPM)) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับมาตรฐานทั่วๆ ไปในระบบ Metric ข้อพิจารณาต่าง ๆ ของ CGPM เกี่ยวกับระบบมาตรฐานนั้นจะมีผลบังคับใช้ทางกฎหมายในประเทศกลุ่มสมาชิกที่ร่วมประชุม International Metre Convention ซึ่งรวมถึงการประกาศใช้ระบบหน่วยสากล (International System of Unit) (SI) ก็อยู่ในความดูแลของ CGPM อีกทั้ง CGPM นี้ก็เป็นสำนักงานอย่างเป็นทางการของที่ประชุม International Metre Convention ด้วย บรรดาคณะกรรมการที่ร่วมเป็นสมาชิกของที่ประชุมดังกล่าวมีหน้าที่จัดการสถานที่ และเป็นธุระจัดเตรียมการประชุมสามัญในวาระต่างๆ ซึ่งได้ประสพผลสำเร็จในการจัดการประชุมครั้งแรกเรื่อง "นิยามของหน่วยเมตรต้นแบบ (Prototype definition of metre)"

รูปที่4 Prototype definition of metre
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:10)

<u>การปรับเปลี่ยนรูปแบบของตัวมาตรฐานในครั้งต่อมา</u>

สิ่งที่สำคัญในทางมาตรวิทยาของตัวต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาตินั้นก็คือความเชื่อถือได้เรื่องความยาวทางกายภาพของตัวมันนั่นเอง ซึ่งในกาลต่อมาก็ได้มีการพิสูจน์ถึงสาเหตุสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าตัวต้นแบบดังกล่าวไม่มีความเหมาะสมอีกต่อไป สาเหตุที่สำคัญก็คือความไม่แน่นอนของร่องบอกระยะเมตร (Marking) บนตัวมันเอง ได้มีนักมาตรวิทยาทำการวิเคราะห์รอยบากของร่อง โดยส่องกล้องขยายกำลังสูง พบว่ามันไม่ตรง (มองคล้ายๆ กับเส้นบิดงอ) ประกอบกับความหนาของร่องก็ไม่คงที่ และลายที่ขอบก็ไม่ตรงซึ่งสาเหตุดังกล่าว ได้มาจากข้อสรุปของสำนักงานมาตรฐานทางน้ำหนักและการวัดระหว่างชาติ (International Office of Weight and Measure) หรือภาษาฝรั่งเศสว่า Bureau International des Poids

Measure (BIPM)) ขณะทำการถ่ายค่ามาตรฐานจากตัวต้นแบบลงไปยังตัวมาตรฐานรอง (Secondary) การวัดครั้งนั้นได้ค่าความไม่แน่นอนที่พิสูจน์ได้ถึง +-0.2 UM. ซึ่งค่านี้จะถูกนำไปเป็นตัวประกอบในการหาความไม่แน่นอนของตัวมาตรฐานระดับรองลงไปที่จะต้องลอกแบบไปจากตัวต้นแบบนี้ ซึ่งหากคิดรวมกับค่าความไม่แน่นอนอันเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตด้วยแล้ว ก็นับว่าเป็นเรื่องที่ใหญ่โตพอสมควร

ในช่วงทศวรรษที่ **1890** ข้อกำหนดเกี่ยวกับความเที่ยงตรงทางด้านความยาวของแท่งมาตรฐานต้นแบบนั้นจำกัดไว้ไม่เกิน 1 um สำหรับต้นแบบที่ยาว 1 เมตร และ ผลิตภัณฑ์จากโรงงานอุตสาหกรรมทุกแห่งก็ยังคงมีการแข่งขันกันลดข้อผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดเสมอเพื่อผลทางการค้า ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นจุดที่ทำให้เกิดความรู้สึกว่าตัวมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้เป็นต้นแบบอยู่นั้นถึงเวลาที่จะต้องเปลี่ยนรูปแบบได้แล้ว มีคำถามเกี่ยวกับการใช้โลหะอัลลอยด์เป็นตัวมาตรฐานต้นแบบอยู่หลายเรื่อง เช่น ถ้าเกิดมีการชำรุดเสียหาย, ถ้ามีไฟไหม้ขึ้นมา, ถ้าเกิดสงคราม, หรือเกิดภัยธรรมชาติ แล้วเราจะเหลืออะไรไว้ทำมาตรฐานอ้างอิงต่อไป จึงทำให้กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ได้มีแนวคิดในขั้นต่อมาว่า ความยาวมาตรฐานนี้น่าจะมาจากพื้นฐานของกฎธรรมชาติ หรือจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ อันจะสามารถใช้อ้างอิง และทำซ้ำขึ้นมาได้ตลอดเวลาที่ไหนก็ได้บนโลก ซึ่งก็เป็นที่แน่นอนว่าจะต้องมีการนำเสนอนิยามใหม่ของความยาว 1 เมตร โดยมีการแจ้งถึงความเที่ยงตรงจากนิยามนี้อย่างชัดเจน

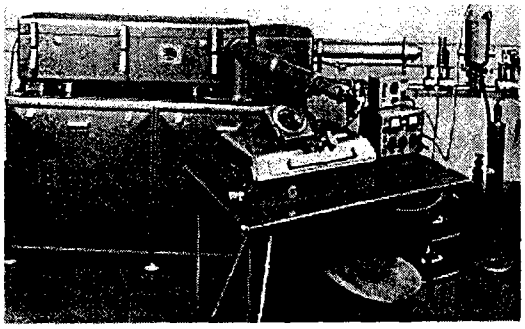
<u>ความก้าวหน้าครั้งยิ่งใหญ่ "นิยามของความยาวมาตรฐานจากความยาวคลื่นแสง"</u>

"นิยามความยาว 1 เมตร มีค่าเท่ากับความยาวคลื่นที่ได้จากการแผ่รังสีของแร่ Krypton (Kr^{86}) ซึ่งกำลังเปลี่ยนระดับพลังงานอยู่ในช่วง $5D_5$ และ $2P_{10}$ จำนวน 1650763.73 ช่วงคลื่น"

ย้อนกลับไปเมื่อปี ค.ศ.1827 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ J.Babinet ได้เสนอแนวคิดที่จะใช้ความยาวคลื่นของแสงเป็นมาตรฐานอ้างอิงในหน่วยของความยาว น่าเสียดายที่เขาไม่ได้อยู่ดูความสำเร็จของแนวคิดนี้ โดยในปี 1889 เป็นปีที่ตัวต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติยังคงอนุมัติใช้ได้อยู่ตามกฎหมาย และมีการเริ่มต้นที่จะหาสิ่งอื่นมาทดแทน จึงทำให้มีการริเริ่มที่จะวิจัยกันมากขึ้น ส่งผลให้กิจกรรมทางด้านมาตรวิทยาในช่วงนั้นกลับมาตื่นตัว ในปี 1892 ได้มีนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ **Albert Abraham Michaleson** ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการแผ่รังสีของแสงในย่านที่มองเห็น โดยเลือกที่จะวิจัยแถบความถี่ในย่านแสงสีแดง ซึ่งเปล่งแสงออกมาจาก หลอด Cadmium แล้วต่อมาช่วงปี **1905–0906** ก็มีทีมนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ **Benoit , Fabry** และ **Parrot** ได้ทำการทดลองตามแนวทางของ Michaleson แต่เขาได้พัฒนากระบวนการวิจัยให้ก้าวหน้าไปมาก ผลงานวิจัยของพวกเขาในครั้งนั้นได้ให้คำตอบกับนักมาตรวิทยาเกี่ยวกับพื้นฐานของความยาวคลื่นที่จะจัดหามามาทดแทนตัวต้นแบบตัวเดิม ซึ่งต่อมาก็ได้อนุมัติในการประชุม CGPM ครั้งที่ 7 ในปี **1927** ในยุคนั้นได้ให้คำนิยามของความยาว 1 เมตรว่ามีค่าเท่ากับ *"1552164.13 เท่าของความยาวคลื่นช่วงแสงสีแดงที่แพร่กระจายออกมาจากหลอด Cadmium ในอากาศปกติ"*

เนื่องจากกระบวนการวัดแถบความถี่แสงในสมัยนั้นยังไม่เป็นมาตรฐานสากล จึงยังคงกำหนดให้ใช้ตัวต้นแบบมาตรฐานระหว่างชาติเป็นตัวอ้างอิงหลักไปก่อนตามความจำเป็น จึงทำให้เกิดความคลุมเครืออยู่เรื่อยมาตลอดช่วงเวลา 30 ปีให้หลัง จนมาถึงเมื่อวันที่ 14 ตค. 1960 GCPM ได้จัดการประชุมครั้งที่ 11 ที่ประชุมลงความเห็นว่าการให้นิยามของเมตรมาตรฐานที่อ้างอิงไปถึงแท่งโลหะที่มีอายุ 80 ปีนั้น มีความเที่ยงตรงไม่เพียงพอ นิยามใหม่มาจากพื้นฐานของแถบความถี่ของคลื่นแสงสีส้ม ที่แผ่รังสีออกมาจากหลอด Krypton การตัดสินใจเปลี่ยนตัวมาตรฐานจากหลอด Cadmium ที่ผลิตแสงสีแดงมาเป็นหลอดแก๊ส Krypton (เป็นแก๊สเฉื่อยมีเลขมวล 86) เป็นผลมาจากการร่วมวิจัยของห้องปฏิบัติการแห่งชาติหลายประเทศ ผลของการเปลี่ยนตัวมาตรฐานนี้ทำให้เกิดนิยามของเมตรมาตรฐานที่เด่นชัดขึ้น

ลองมองที่ยุคปัจจุบัน แม้ว่าความยาวที่แท้จริงของระยะ 1 เมตร จะได้มาจากกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเที่ยงตรงสูง และยังต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมอย่างแน่นหนา แต่มันเป็นสิ่งจำเป็นต่อทุกคนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการจะเข้าถึงได้จึงต้องมีการฝึกฝนความชำนาญอยู่ในโลกของช่างเทคนิค และวิศวกร และต่อมาเมื่อมีการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญขึ้นก็ได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ในทางมาตรวิทยาขึ้นมาหลายๆ วิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีหนึ่งที่มีความเที่ยงตรงสูง และเป็นไปได้นั้นก็คือการอาศัยปรากฏการณ์การแทรกสอด (Interference) ทางแสง หรือการเปรียบเทียบตำแหน่งของความยาวคลื่นแสง และได้มีการสร้างอุปกรณ์เปรียบเทียบความยาวโดยหลักการแทรกสอด (Interference Comparator)



รูปที่5 Interference Comparator
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:12)

หลอดกำเนิดความยาวคลื่นแสงมาตรฐานที่บรรจุแก๊ส Kr^{86} นี้ ได้รับการพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการมาตรฐานทางฟิสิกส์และเทคโนโลยี (Laboratory of Physics & Technology) หรือชื่อภาษาเยอรมันว่า Physikalisch – Technische Bundesanstalt (PTB) แห่งสาธารณรัฐเยอรมันนี โดย Dr.R.Engelhard ซึ่งยังคงเป็นหลอดกำเนิดแสงที่มีความสำคัญในปัจจุบัน และใช้งานอยู่เฉพาะในกรณีพิเศษเท่านั้น จากความยาวคลื่นที่ได้หากนำไปใช้เป็นมาตรฐานทางความยาวแล้ว จะมีค่าความไม่แน่นอนในการวัดอยู่ที่ประมาณ $\pm$ 4 x 10^{-9} เมตร หรือ $\pm$ 0.004 um หรือ $\pm$ 4 nm. เท่านั้น หากจะเปรียบเทียบกันให้เห็นชัดๆ ก็คือ ถ้าเราจะทำการสอบเทียบความยาว 1000 กม. จะมีความไม่เที่ยงตรงเพียง $\pm$ 4 มม.

หลังจากที่วงการมาตรวิทยาได้มีการยอมรับนิยามเกี่ยวกับความยาวมาตรฐานตัวใหม่ในปี 1889 ซึ่งได้มาจากกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีความแม่นยำสูงขึ้นได้ไม่นานนัก ต่อมาในปี 1960 ได้มีการประกาศการค้นพบปรากฏการณ์ LASER ในอเมริกา โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Theodore H. Maiman (ในขณะที่ได้มีการประกาศใช้มาตรฐานที่เกิดจากแถบคลื่นของหลอด Krypton อยู่นั้นเอง) การประกาศใช้ตัวมาตรฐานอ้างอิงตัวใหม่นี้ให้ความเที่ยงตรงในการวัดสูงกว่าของเดิม ทั้งยังสามารถใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงได้สำหรับงานทุกวงการอีกด้วย

1.2.2.2 เครื่องมือวัดที่จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดในการถ่ายทอดค่าการวัดมาตรฐาน

โดยหลังจากได้ทราบที่มาของความยาว เมตรมาตรฐานแล้ว ก็ได้มีการคิดค้นสร้างเครื่องมือวัดขึ้นมา เพื่อจะได้นำไปใช้งานในทุกๆด้านที่มีการวัดทางด้านความยาว ในส่วนของเครื่องมือ

วัดที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะขอยกตัวอย่างเครื่องมือวัดที่จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดในระดับเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐาน ดังนี้คือ

- เกจบล็อก (Gauge Block) โดยเกจบล็อกจัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่มีลักษณะเป็นวัตถุที่ทราบค่าแน่นอน ใช้ในการถ่ายทอดค่าการวัดโดยการนำเครื่องมือวัดมาวัดเทียบกับเกบล็อก

- สเกลมาตรฐาน (Standard Scale) โดยสเกลมาตรฐาน จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่มีลักษณะเป็นวัตถุที่ทราบค่าแน่นอน โดยมีขีดสเกลระบุพิสัยของระยะทางที่แน่นอนใช้ในการถ่ายทอดค่าการวัดโดยการนำเครื่องมือวัดมาวัดเทียบกับสเกล

- เลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์ (Laser Interferometer) โดยเลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์ จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่เป็นเครื่องมือวัดทางด้านความยาว ที่มีความถูกต้องมากที่สุด โดยหลักการของการแทรกสอดลำแสงมาใช้ในการกำหนดพิสัย ของความยาวมาตรฐาน โดยจะใช้เลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัด ที่กำหนดสเกลให้กับเครื่องมือวัดต่างลองลงมา เพื่อจะได้นำไปใช้ในการวัดพิสัยในการวัดต่อไป

1.3 องค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นถือว่าเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีขั้นตอนต่างๆ ในอันที่จะพิสูจน์หาค่าความถูกต้องและความผิดพลาดของเครื่องมือวัด เพื่อที่จะให้ได้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยในหัวข้อที่ว่าด้วยองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบนั้น จะขอกล่าวในส่วนที่เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีเนื้อหาและรายละเอียดต่างๆดังนี้คือ

1.3.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

1.3.2 ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบ

1.3.3 *การสอบกลับได้ของการวัด* (Traceabiltiy)

1.3.4 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบ

1.3.5 ความผิดพลาดในลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสอบทียบ

โดยเนื้อหาในองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับการสอบเทียบ จะขอกล่าวเป็นหัวข้อที่ได้ระบุเป็นหัวข้อดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นดังนี้คือ

1.3.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งเครื่องมือวัดที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบให้กับเครื่องมือวัดที่ใช้งาน และเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ โดยจะมีคำศัพท์ที่สำคัญที่ต้องควรทราบ เพื่อที่จะทำให้การสอบเทียบมีประสิทธิภาพและคุณภาพมากขึ้น โดยจะขอกล่าวเป็นนิยามของคำศัพท์ต่างๆดังต่อไปนี้คือ

1.3.1.1 *ความถูกต้อง* (Accuracy) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดค่าความสามารถของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ ว่าจะมีโอกาสคลาดเคลื่อนไปได้ในระดับที่ผู้ผลิตกำหนดขึ้น โดยจะยกตัวอย่าง เช่น Outside-Mireometer Range 0-25 mm มีค่าความถูกต้อง $\pm$ 0.01 mm นั้นแสดงให้เห็นว่า Outside-Mireometer ชนิดนี้ มีค่าความถูกต้อง $\pm$ 0.01 mm โดยมีแต่ละตำแหน่งที่มีการวัดนั้นมีโอกาสที่จะคลาดเคลื่อนไปได้ $\pm$ 0.01 mm

1.3.1.2 ความละเอียด (Resolution) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆที่จะแบ่งแยกค่าการวัดได้ในระดับต่างๆที่แต่ละเครื่องมือวัดกำหนดขึ้น โดยมีค่าขนาดของสเกลที่ย่อยละเอียดลงไปเป็นไปในหลักของจุดทศนิยม ตั้งแต่ 1 หลัก 2 หลัก 3 หลัก ต่อไปเรื่อยๆ ที่เครื่องมือวัดได้กำหนดไว้

1.3.1.3 ค่าความผิดพลาด (Error) หมายถึง ค่าที่เกิดจากการวัดโดยการแสดงผลการวัดจากเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัด แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ระบุไว้ โดยผลที่ได้จะนำมาหักล้างกัน โดยเป็นไปในลักษณะของการนำค่าที่วัดได้ตั้งลบกับค่าที่ระบุ (Actual – Nominal)

1.3.1.4 ค่าการวัดซ้ำ (Repeatability) หมายถึง ปริมาณของการวัดในค่าของการวัดที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยที่ทำการวัดที่ตำแหน่งเดียวกันหลายๆครั้ง อันเป็นผลที่ใช้อธิบายถึงความสามารถของการวัดซ้ำๆกันในเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ

1.3.2 ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบ

ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบนั้น จะแสดงออกในลักษณะของข้อมูลและรายละเอียดตามหัวข้อต่างๆได้ดังนี้ คือ

1.3.3.1 ความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1.3.3.2 เครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่นั้นมีคุณสมบัติตรงตามลักษณะ ที่ผู้ผลิตกำหนดหรืออยู่ในมาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น

1.3.3.3 เพื่อเป็นการรับรองยืนยันถึงคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

1.3.3.1 ความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ในการสอบเทียบนั้น ที่กล่าวมาแล้วในนิยามของการสอบเทียบ จะเห็นว่าการสอบเทียบ เป็นกระบวนการที่จะตรวจสอบเพื่อหาความผิดพลาดและความถูกต้องของการวัด ในการที่จะได้ทราบถึงความสามารถของเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่ ผลของการวัดจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา และระบบคุณภาพในการควบคุมกระบวนการในการตรวจสอบ โดยเนื้อหาที่กล่าวมานั้นจะเกี่ยวข้องกับความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นั้นก็คือ การทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเป็นการที่จะทำให้ปริมาณของของเสียมีจำนวนน้อยลง พร้อมกับทำให้คุณภาพองค์กรมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3.3.2 เครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่มีคุณสมบัติตรงตามลักษณะที่ผู้ผลิตกำหนดหรือไม่หรืออยู่ในมาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น

การที่นำเครื่องมือวัดไปใช้งาน ก็เพื่อที่จะต้องการทราบว่าชิ้นงานที่ผลิตออกมาแล้วนำไปวัดกับเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่นั้นมีความถูกต้องแค่ไหน ซึ่งจริง ๆ แล้ว ถ้ามองอีกอย่างก็คือ เครื่องมือวัดที่ใช้ไปเป็นเวลานาน ๆ เครื่องมือวัดชนิดนั้นยังอยู่ในคุณสมบัติที่ถูกกำหนดจากผู้ผลิตหรือไม่ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำเครื่องมือวัดไปทำการสอบเทียบ โดยรายละเอียดในการสอบเทียบจะมีการตรวจสอบลักษณะในการใช้งานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น ๆ เพื่อจะหาว่าเครื่องมือวัดชนิดนั้นมีค่าความผิดพลาดและค่าความไม่แน่นอนในการวัดเป็นเท่าไร

โดยการที่จะทำให้คุณภาพของเครื่องมือวัด ที่ใช้งานอยู่นั้นมีความสามารถลดน้อยลงอาจเกิดจากการใช้และการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไม่ถูกต้อง ซึ่งในส่วนนี้อาจจะส่งผลทำให้ความสามารถของเครื่องมือวัดเกิดความผิดพลาดไปจากความสามารถเดิมได้ ซึ่งถ้าอธิบายกันอย่างง่าย ๆ ถึงความสัมพันธ์กันในหัวข้อที่ 1.3.3.2 คือถ้ามีเครื่องมือวัดชนิดหนึ่ง โดยสมมติให้เป็นเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ขนาด 0 –

100 mm ความละเอียดในการอ่านค่าการวัดเท่ากับ 0.05 mm และความถูกต้องในการวัดเท่ากับ 0.02 mm โดยนำเวอร์เนียร์เครื่องนี้ไปวัดงานและผลการวัดออกมาค่าหนึ่งแล้วได้นำเวอร์เนียร์รุ่นเดียวกับเวอร์เนียนที่ได้กล่าวมาแล้วมาวัดงาน โดยเป็นชิ้นงานเดียวกัน และเป็นเจ้าหน้าที่วัดคนเดียวกันด้วย แต่ปรากฏว่าค่าที่ออกมากลับไม่เหมือนกัน (ค่าที่วัดต่างกันระหว่างเวอร์เนียร์สองเครื่อง)

จากส่วนที่ยกตัวอย่างมานี้เพื่อจะอธิบายว่าอาจเกิดจากการนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปใช้งานเป็นเวลานาน ๆ และอาจจะใช้งานและบำรุงรักษาไม่ถูกต้อง และรายละเอียดตรงนี้อาจจะตรวจสอบได้จากการสอบเทียบ เพื่อจะได้ทราบว่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ใช้งานอยู่นั้นยังอยู่ในมาตรฐานของเวอร์เนียร์ชนิดนั้นอยู่หรือไม่ หรืออยู่ในคุณสมบัติของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

1.3.3.3 เพื่อเป็นการรับรองยืนยันถึงคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

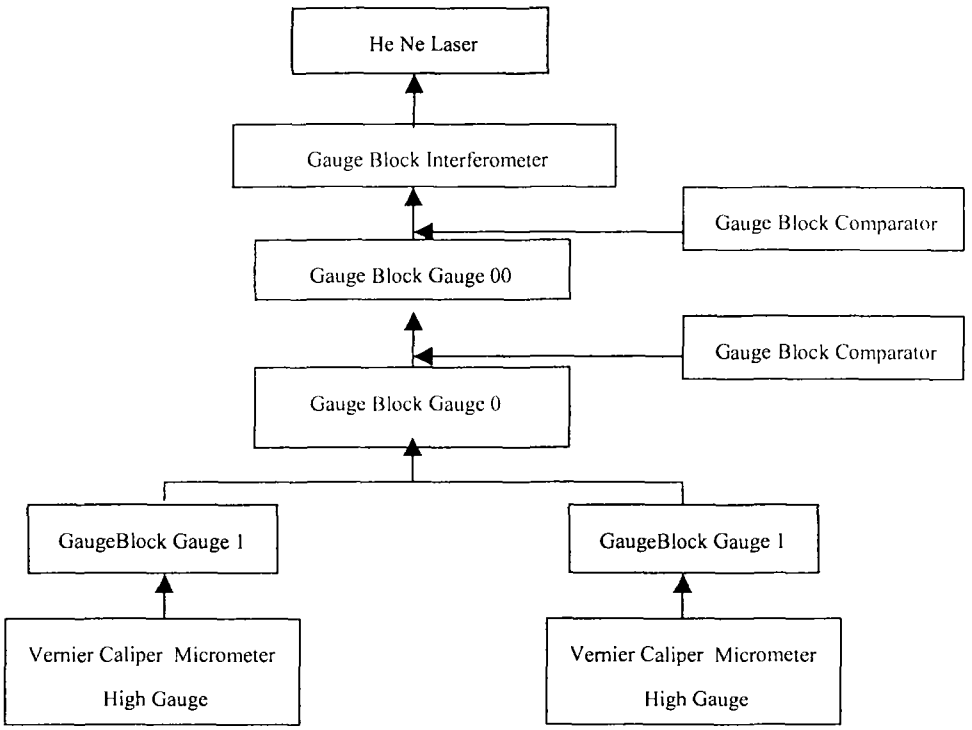
เมื่อได้ทำการสอบเทียบแล้ว ต่อมาจะเป็นการรับรองถึงการสอบเทียบของเครื่องมือวัดที่ได้ถูกสอบเทียบแล้วว่ามีคุณสมบัติอยู่ในขอบเขตที่มาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ กำหนดไว้หรืออยู่ในขอบเขตที่ผู้ผลิตกำหนดคุณสมบัติไว้ ซึ่งในรายละเอียดในข้อที่นี้ ทางหน่วยที่ถูกจัดตั้งให้ทำหน้าที่ในการสอบเทียบ หรือเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือวัดจะเป็นหน่วยงานที่ให้การรับรองถึงผลการสอบเทียบของเครื่องมือวัด

1.3.3 การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy)

การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy) หมายถึง คุณสมบัติของผลการวัดที่สามารถหาความสัมพันธ์กับมาตรฐานที่เหมาะสมซึ่งโดยทั่วไปได้แก่มาตรฐานระหว่างประเทศหรือมาตรฐานแห่งชาติ โดยการเปรียบเทียบอย่างต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1300-2537 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ) หรือจะกล่าวว่าการสอบกลับได้นั้นเป็นการแสดงถึงความสามารถของกรรมวิธีของการวัด (สอบเทียบ) ว่ามีการเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องและเหมาะสม ซึ่งเป็นรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบดังตัวอย่างนี้

เมื่อนำไมโครมิเตอร์วัดในไปสอบเทียบ ไมโครมิเตอร์วัดในจะถูกสอบเทียบโดยเกจบล็อก (เกรด 1, 2) และเกจบล็อกจะถูกสอบเทียบโดยเกจบล็อก (เกรด 0) และใช้ Gauge Block Comparator รวมในการสอบเทียบด้วย และเกจบล็อก (เกรด 0) จะถูกสอบเทียบ โดยเกจบล็อก (เกรด 00) และจะใช้ Gauge Block Comparator รวมในการสอบเทียบด้วย

โดยในการสอบกลับได้ของการวัดในรายละเอียดของการสอบเทียบนั้น จะเป็นขั้นๆเรื่อยไปจนถึงเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน โดยส่วนนี้จะอธิบายให้ทราบว่าเครื่องมือวัด (ไมโครมิเตอร์วัดใน) ได้สอบเทียบจากเครื่องมือวัดหรือวัสดุอ้างอิงอะไรบ้างและสามารถสอบกลับได้หรือไม่ ดังรูปแสดงการสอบกลับได้ของเครื่องมือวัด ดังนี้



1.3.4 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด ทุกสาขาทางด้านมาตรวิทยานั้นจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะแวดล้อม ในอันที่จะส่งผลกระทบต่อการสอบเทียบได้ และในเรื่องของสภาวะและสถานที่นั้นได้มีการกำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ที่ว่าด้วยข้อกำหนดทั่วไปของความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ด้วยเหตุนี้จะเห็นว่าสภาวะและสถานที่นั้นจะย่อมมีส่วนสำคัญเพราะว่าในกระบวนการของการสอบเทียบนั้นได้มีการกำหนดคุณสมบัติของสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบไว้ตามแต่จะทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น เพราะว่าเครื่องมือวัดหรือวัสดุอ้างอิงที่ใช้ประกอบในกรรมวิธีการสอบเทียบจะมีคุณสมบัติของเครื่องมือวัดหรือวัสดุว่ามีค่าถูกต้องคงที่ หรือมีค่าที่ระบุที่ติดมา (ค่าประจำตัว) กับเครื่องมือวัดหรือวัสดุที่อุณหภูมิที่เท่าไร

ด้วยเหตุผลในลักษณะนี้จึงได้มีการกำหนดถึงสภาพแวดล้อม ที่จะทำการควบคุมในกรรมวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ๆ ซึ่งได้มีการจัดทำห้องปฏิบัติการให้เหมาะสมกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ๆ โดยจะยกตัวอย่างประเภทห้องปฏิบัติการสอบเทียบดังนี้

เช่น 1. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางไฟฟ้า
2. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางมิติ(ความยาว)
3. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางอุณหภูมิ
4. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางความถี่

โดยในหัวข้อนี้จะขออธิบายในสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบทางด้านมิติ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุณหภูมิ
2. ความชื้น
3. ความสว่าง
4. ความสั่นสะเทือน

1.3.4.1 อุณหภูมิ

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดทางด้านรูปทรง ขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงของวัตถุ โดยได้ถูกออกแบบ และสร้างจากวัตถุที่เป็นโลหะ โดยลักษณะของโลหะนั้นยอมจะมีผลต่ออุณหภูมิ ที่เป็นองค์ประกอบที่ส่งผลกระทำให้โลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงในการยืดตัวและหดตัวได้ (ตามหลักวัสดุวิศวกรรม)

นั้นจะส่งผลทำให้เครื่องมือวัดที่มีองค์ประกอบ ที่เป็นโลหะเปลี่ยนแปลงด้วยในด้านของการยืดและขยายตัว และนั้นจะเป็นผลต่อมาที่ทำให้การวัดของเครื่องมือวัดเกิดการผิดพลาดในการวัด ได้ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้ในการวัดในกระบวนการสอบเทียบขึ้น โดยการจัดสร้างห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดขึ้น เพื่อใช้ในการควบคุมสภาวะแวดล้อมทางด้านอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่มีการกำหนดขึ้นนั้นจะมีค่าของอุณหภูมิอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 20 °C เนื่องจากที่ระดับของอุณหภูมิที่ 20 °C เป็นระดับที่ไม่มีผลต่อการยืดและหดตัวของโลหะ จึงทำให้ถูกกำหนดที่ระดับอุณหภูมิดังกล่าว แต่การที่จะควบคุมให้อุณหภูมิมีค่าที่ 20 °C คงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดพิกัดค่าเผื่อที่เป็นค่า ± ไว้ โดยได้กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานไว้ 2 ระดับของค่าพิกัดค่าเผื่อ คือที่ 20 C ± 1 °C และ 20 C ± 2 °C เพื่อไว้เป็นขอบเขตที่ยอมรับได้ ในการที่จะใช้ดำเนินการเป็นอุณหภูมิควบคุมในการจัดการสอบเทียบ

1.3.4.2 ความชื้น

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่ทำมาจากวัสดุ ที่เป็นโลหะ หรือ ทำจากเหล็ก ซึ่งนั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญประการหนึ่ง โดยเนื่องจากความชื้นจะผลต่อวัสดุที่มีองค์ประกอบที่ทำจากโลหะหรือเหล็ก นั้นก็คือ จะทำให้เกิดสนิมขึ้นบนตัวเครื่องมือวัดได้และจะส่งผลเสียหายมากต่อเครื่องมือวัด ต้องทำให้ต้องยกเลิกเครื่องมือวัดที่เป็นสนิมนั้นเสียและต้องจัดหาเครื่องมือวัดเครื่องใหม่มาใช้ ย่อมจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นด้วย จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความชื้นในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความชื้นทางห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางด้านมิตินั้นได้กำหนดไว้ว่าให้อยู่ในช่วง 35%-55%เพื่อป้องกันการเกิดสนิม ป้องกันการเกิดละอองน้ำจับบนผิวเครื่องมือวัด และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.4.3 ความสว่าง

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่มีการใช้สเกล เป็นสิ่งชี้วัดถึงขนาด ระยะทาง ของสิ่งถูกวัด โดยในการแสดงค่าการวัดของเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะมีตัวเลขกำกับบนขีดสเกลของเครื่องมือวัด หรือไม่ก็เป็นตัวเลขที่เป็นดิจิตอล ซึ่งจะเห็นว่าสิ่งชี้วัดนั้นจะสัมพันธ์กับการมองเห็น โดยการมองเห็นจะต้องใช้แสงสว่างเพื่อให้การมองเห็นเกิดความชัดเจนมากที่สุด เพราะว่า การให้แสงสว่างไม่เพียงพอจะส่งผลให้การวัดเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ และเมื่อให้แสงสว่างมากเกินไปจะส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดการมองเห็นที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากแสงสว่างมากเกินไปทำให้

ตาพล่า หรือตาลาย จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความสว่างภายในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความชื้นทางห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางด้านมิตินั้น ได้กำหนดไว้ว่าให้อยู่ในช่วง 100 ฟุตแคนเดลลา(Foot Candles) เพื่อป้องกันการมองเห็นมีความชัดเจนและถูกต้อง และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.4.4 ความสั่นสะเทือน

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่จะขาดไม่ได้เลยนั้นก็คือ ความสั่นสะเทือน เพราะว่าการสอบเทียบทางด้านมิติจะต้องกระทำภายใต้สภาพที่คงที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวของความสั่นสะเทือนในบริเวณที่ทำการสอบเทียบ โดยจะทำให้ผลการวัดเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ นั้นคือเมื่อได้ทำการสอบเทียบขึ้นแล้วปรากฏว่าระหว่างการสอบเทียบมีความสั่นสะเทือนเกิดขึ้น โดยเครื่องวัดที่ได้ทำการสอบเทียบนั้นจะให้ค่าที่ไม่ถูกต้องจากความเป็นจริงที่ควรจะเป็น โดยจากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความสั่นสะเทือนภายในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความสั่นสะเทือนภายใน 0.001 gmax เพื่อป้องกันให้การสอบเทียบมีความเที่ยงตรงและทำให้การมองเห็นมีความชัดเจนและถูกต้อง และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.5 ความผิดพลาดและผลกระทบในลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสอบทียบ

การปฏิบัติในการทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น จะมีองค์ประกอบต่าง ๆที่ส่งผลให้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น เกิดความผิดพลาด และความถูกต้องได้ โดยที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อต่าง ๆ ล้วนแล้วเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติทั้งสิ้น โดยในหัวข้อที่กล่าวต่อไปนี้จะเป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับความผิดพลาดและผลกระทบในลักษณะต่าง ๆที่มีผลต่อการสอบทียบ โดยจะมีรายละเอียดของความผิดพลาดและผลกระทบที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ดังต่อไปนี้คือ

1.3.5.1 ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)

1.3.5.2 ผลกระทบทางอุณหภูมิ (Thermal Effect)

1.3.5.3 ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

1.3.5.4 ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)

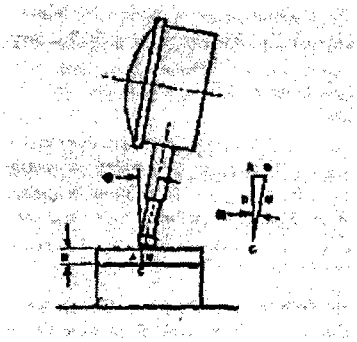
1.3.5.5 ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง

1.3.5.6 ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression)

โดยจะขอกล่าวในหัวข้อของความผิดพลาดที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติดังนี้

1.3.5.1 ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)

ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการติดตั้งเครื่องมือวัดในการสอบเทียบ ไม่อยู่ในแนวแกนวัดเดียวกัน โดยกล่าวคือ การที่นำเครื่องมือวัดที่จะถูกสอบเทียบไปทำการติดตั้งกับเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ แล้วไม่จัดเกาติดตั้งให้เครื่องมือวัดทั้งสองอยู่ในแนวแกนวัดเดียวกัน อันจะส่งผลให้ผลของการสอบเทียบที่แสดงออกมาได้ค่าความผิดพลาด ที่ผิดจากความเป็นจริง โดยมีรูปภาพแสดงความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error) ดังนี้

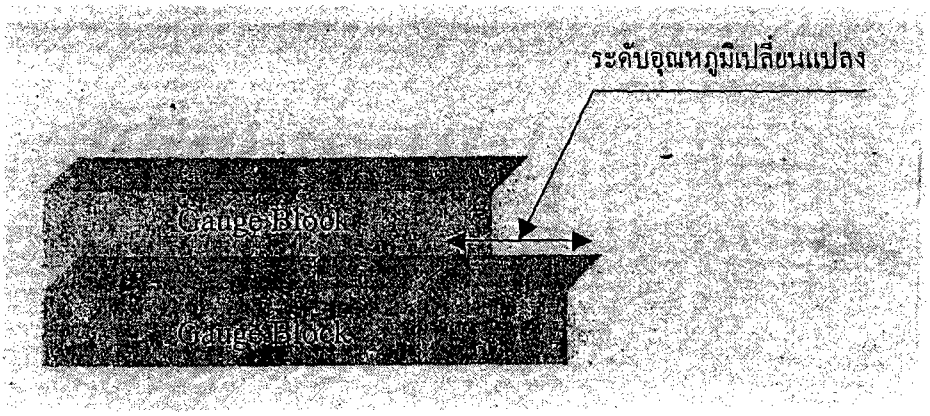


รูปที่6.ภาพแสดงความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)

(บุญพริ้ง สุขสบาย และวชิระ มีทอง. มปป. : 3)

1.3.5.2 ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Effect)

ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Effect) เป็นผลกระทบอันที่เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมจากภายนอกมากระทำกับวัตถุนั้นก็คือ เครื่องมือวัดโดยผลที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นไปในลักษณะของการหดตัวและขยายตัวของขนาดเครื่องมือวัด ที่เป็นไปตามหลักการของวัสดุวิศวกรรมนั้นคือ เมื่อมีอุณหภูมิภายนอกมากระทำโดยเป็นอุณหภูมิที่สูงวัตถุจะยืดตัวออก และเมื่อมีอุณหภูมิภายนอกมากระทำโดยเป็นอุณหภูมิที่ลดลงวัตถุจะหดตัวเข้า นั้นจะมีผลกระทบทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้ โดยเมื่อทำการสอบเทียบที่ไม่อยู่ในสภาพที่ควบคุมตามมาตรฐาน ผลที่ได้จากการสอบเทียบจะผิดพลาดไปได้ โดยมีรูปภาพแสดงลักษณะของผลกระทบทางอุณหภูมิ (Thermal Effect) ดังนี้



รูปที่7.ภาพแสดงความผิดพลาดทางอุณหภูมิ (Thermal Effect)

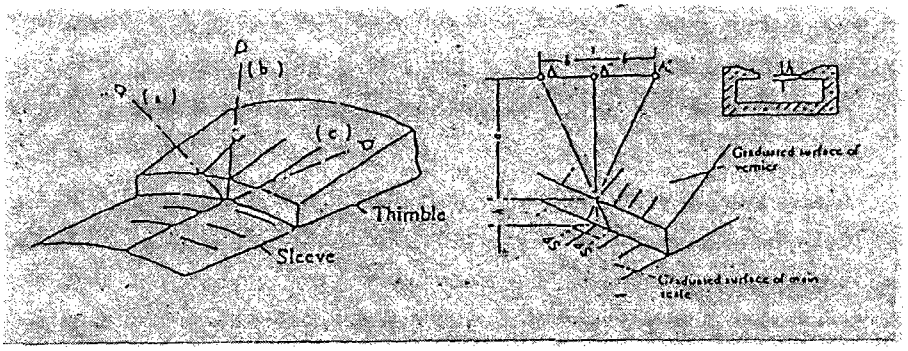
1.3.5.3 ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

เป็นผลกระทบอันเนื่องมาจากความสามารถในการแบ่งแยกของค่าการวัดในแต่ละช่วงของการวัด และผลการวัดในแต่ละเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดไม่เท่ากัน โดยความผิดพลาดด้านนี้จะเป็นไปในลักษณะของปริมาณวัดไม่พอดี ช่องสเกลหรือค่าที่กำหนด จึงทำให้เกิดการปัดค่าการวัด (Resolution round off) จะส่งผลให้ผลการวัดมีความคลาดเคลื่อนได้จากการอ่านค่าการวัด จากเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบและเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ

1.3.5.4 ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)

ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการอ่านค่าการวัด จากเครื่องมือวัดที่มีการแสดงค่าการวัดเป็นสเกล เนื่องจากความผิดพลาดในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นโดยการที่ผู้ปฏิบัติงานได้ดำเนินการนำเครื่องมือวัดที่เป็นสเกล อันได้แก่ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ บรรทัดเหล็ก ไมโครมิเตอร์ ไดอัลเกจ เป็นต้น ไปใช้ในการวัดงานโดยจะอ่านค่าการวัดจากสเกลของเครื่องมือวัดนั้นแต่เมื่อมีการมองไปที่สเกลของเครื่องมือวัดแล้วเกิดการมองที่ผิดมุม (มองเอียงซ้ายหรือมองเอียงขวา) แล้วเมื่อทำการสอบเทียบจะส่งผลให้ค่าจากการสอบเทียบเกดความผิดพลาดขึ้นได้ โดยมีรูปภาพแสดงลักษณะของความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error) ดังนี้



รูปที่8.ภาพแสดงความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)
(สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2541. :95)

1.3.5.5 ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง (Geometric Error)

ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง (Geometric Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ที่มีผลมาจากลักษณะของวัตถุที่ไม่มีความตรง ความขนาน ความเรียบหรือโค้ง โดยจากความผิดพลาดในลักษณะนี้ จะส่งผลให้การสอบเทียบที่มีการใช้เครื่องมือวัด อันที่จะต้องทำการสอบเทียบเกิดค่าการสอบเทียบที่ผิดจากความจริงที่จะได้จากการสอบเทียบ

1.3.5.6 ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression)

ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการกระทำในการทำการสอบเทียบ ในลักษณะของการกด แตะ คีบ หรือการกระทำใดที่ทำให้เกิดแรงในการวัดขึ้น โดยจะส่งผลให้เกิดการหดตัวและขยายตัวในวัตถุหรือเครื่องมือวัด ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้โดยถ้าออกแรงกดมากไปหรือน้อยไปค่าที่ได้ก็จะผิดพลาดได้

1.4 มาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นเป็นกระบวนการหรือขั้นตอนในการดำเนินงาน ที่ใช้ในการตรวจสอบหรือขั้นตอนในการเฝ้าระวังในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ โดยการสอบเทียบได้เป็นขั้นตอนหนึ่งในระบบมาตรฐานทางคุณภาพ ที่เป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมโดยในหัวข้อของมาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ นั้นจะขอยกตัวอย่างดังต่อไปนี้คือ

1.4.1 ระบบมาตรฐาน ISO 9000

1.4.2 ระบบมาตรฐาน QS9000 (TSI/16949)

1.4.3 ระบบมาตรฐาน ISO 14000

1.4.4 ระบบมาตรฐาน HACCP

1.4.5 ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

โดยในรายละเอียดของแต่ละมาตรฐานจะอธิบายดังต่อไปนี้

1.4.1 ระบบมาตรฐาน ISO 9000

ระบบมาตรฐานISO 9000 เป็นระบบมาตรฐานที่จัดทำขึ้นเพื่อให้กระบวนการหรือขั้นตอนของการปฏิบัติ มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบและถูกต้อง โดยในมาตรฐาน ISO 9000 นั้นจะเข้าไปอยู่ในทุกระบบของทุกอุตสาหกรรมทั้งทางด้านการบริการและทางผลิต โดยทุกขั้นตอนจะมีขั้นตอนการดำเนินงานในการเฝ้าระวัง ที่จะให้มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ แล้วกระบวนการสอบเทียบนั้นเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานในระบบมาตรฐาน เพื่อที่จะตรวจสอบและระวังไม่ให้เกิดความเสียหายกับการผลิต เนื่องจากจะทุกขั้นตอนของการผลิตจะต้องมีการวัด นั้นก็คือต้องมีการใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบหรือวัดผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ซึ่งถ้าเครื่องมือวัดเกิดความเสียหายขึ้น แต่ไม่ทราบยังนำเครื่องมือวัดที่เป็นเครื่องมือวัดที่มีเสียไปใช้ ย่อมจะเกิดความเสียหายตาม จึงต้องมีการสอบเทียบขึ้นเพื่อจะได้แน่ใจในเครื่องมือวัดที่ใช้งานและเพื่อที่จะให้งานออกมามีคุณภาพ

1.4.2 ระบบมาตรฐาน QS9000 (TSI/16949)

ระบบมาตรฐาน QS9000 (ISO/TS 16949) เป็นระบบมาตรฐานทางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยระบบมาตรฐาน QS 9000 เป็นระบบคุณภาพที่กลุ่มบริษัทรถยนต์ยักษ์ใหญ่ของสหรัฐสามรายคือฟอร์ด (Ford) เจเนรัล มอเตอรส์ (General Motors) และไครสเลอร์ (Chrysler) ร่วมกันกำหนดขึ้นในปี 2537 โดยได้นำระบบคุณภาพของตนมาผสมผสานกัน เพื่อใช้เป็นมาตรฐานร่วมสำหรับซัพพลายเออร์ของบริษัททั้งสามนอกเหนือไปจากข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละบริษัท ระบบดังกล่าวมีเป้าหมายหลักเพื่อลดการสูญเสียในสายการผลิตทุกขั้นตอนในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนล่าสุดได้มีการผสมผสานระหว่างระบบมาตรฐาน ISO 9001:2000 และระบบมาตรฐาน QS 9000 ขึ้นเป็นระบบมาตรฐาน ISO/TS 16949 ซึ่งได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนทั้งในสหรัฐอเมริกาและยุโรป (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.2544 : 7)โดยในระบบ ระบบมาตรฐาน QS9000 (ISO/TS 16949) ได้มีการกำหนดขั้นตอนในการสอบเทียบเครื่องมือวัดขึ้นเพื่อต้องการความถูกต้องและคุณภาพสูงเพื่อที่จะลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต

1.4.3 ระบบมาตรฐาน ISO 14000

ระบบมาตรฐาน ISO 14000 เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยคณะกรรมการเทคนิคของ ISO เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการจัดการธุรกิจที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นให้องค์กรมีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมในการควบคุม และปรับปรุงผลการปฏิบัติงานของกระบวนการ ผลิต

ภัณฑ์และบริการ เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเช่น ผลกระทบที่เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ผลกระทบต่อสุขอนามัย และผลกระทบต่อนิเวศน์วิทยา นับตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ การวิจัยและพัฒนา การผลิต การส่งมอบ การนำไปใช้งาน การนำกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดขั้นสุดท้าย ระบบดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางไม่น้อยไปกว่าระบบมาตรฐาน ISO 9000 เนื่องจากเกิดความตื่นตัวในด้านการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมในประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศพัฒนาแล้ว ในปัจจุบันธุรกิจไม่น้อยได้เข้าสู่ระบบดังกล่าวเพื่อป้องกันการถูกกีดกันทางการค้าด้วยเหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัย

ระบบมาตรฐาน ISO 14000 เกี่ยวข้องกับระบบมาตรวิทยาเนื่องจากการเฝ้าติดตามและการวัดผลการรักษาสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องอาศัยการวัดค่าตัวแปรต่าง เช่น อัตราการปล่อยของเสียและสารต่าง ๆ โดยข้อกำหนดที่ 4.4.1 ของระบบ ISO 14000 กำหนดให้องค์กรที่ต้องการได้รับการรับรองต้องสอบเทียบและรักษาเครื่องมือวัดและเครื่องทดสอบ ตลอดจนให้บันทึกการสอบเทียบและการบำรุงรักษาเพื่อให้มั่นใจได้ว่าค่าที่วัดได้มีความน่าเชื่อถือ (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.2544 : 8)

1.4.4 ระบบมาตรฐาน HACCP

ระบบมาตรฐานHACCP เป็นระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤติที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Points หรือ HACCP) เป็นระบบมาตรฐานเพื่อป้องกันอันตรายในอาหารซึ่งกำหนดขึ้นโดย FAO/WHO Codex Alimentarius Commission (CODEX) ระบบมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดแนวทางการควบคุมความปลอดภัยในขั้นตอนที่สำคัญในการจัดหาอาหารเพื่อให้มั่นใจได้ว่า อาหารดังกล่าวปราศจากสิ่งปนเปื้อนทางชีวภาพ สิ่งปนเปื้อนทางเคมี และสิ่งปนเปื้อนทางกายภาพ

เมื่อปี 2538 องค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration) แห่งสหรัฐอเมริกาได้นำข้อกำหนดของระบบดังกล่าวมาออกกฎหมายบังคับใช้ในการผลิตอาหารทะเล และเมื่อปี 2539 กระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (FSIS – USDA) ได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์เนื้อและสัตว์ปีกต้องใช้ระบบดังกล่าวในการผลิตด้วย นอกจากนี้หน่วยงานระหว่างประเทศ เช่น องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAD) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ยังให้การยอมรับระบบดังกล่าวด้วย ล่าสุดเมื่อเดือนมกราคม 2543 คณะกรรมาธิการของสหภาพยุโรป (Commission of European Communities) ได้ออกประกาศสมุดปกขาวเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร (White Paper on Food Safety) ซึ่งกำหนดให้ผู้ผลิตอาหารและสัตว์ต้องใช้มาตรฐาน HACCP อย่างเป็นระบบในปัจจุบันผู้ประกอบการผลิตอาหารในประเทศไทยที่ส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปต้องเริ่มปรับตัวในการจัดทกระบบดังกล่าวขึ้นเป็นแนวางในการผลิตอาหารกระป๋องทั้งประเภทที่มีความเป็นกรดต่ำ และอาหารปรับกรด อาหารทะเลและผลิตภัณฑ์จากอาหารทะเล อาหารประเภทเนื้อสัตว์ และสัตว์ปี ตลอดจนน้ำผลไม้

HACCP ทำให้เกิดความต้องการระบบมาตรวิทยาที่ได้มาตรฐานมากขึ้น เช่นเดียวกับระบบมาตรฐานอื่น ๆ แม้ว่า HACCP จะไม่มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับมาตรวิทยาโดยตรงก็ตาม เนื่องจากกิจกรรมที่ผู้ประกอบการจะต้องจัดทำขึ้นก่อนเข้าสู่ระบบ HACCP รวมถึง โปรแกรมพื้นฐานทั่วไป (Common Pre-requisite Programs) ซึ่งกำหนดให้การวัดต่าง ๆ ในการผลิต ไม่ว่าจะเป็นวัดวัตถุดิบทางเคมีเพื่อหาสารพิษ วัตถุเจือปนและสารปนเปื้อน หรือการวัดทางจุลชีววิทยาเพื่อตรวจหาโคลิฟอร์ม หรือ อี โคไล (E colli) หรือการวัดปริมาณต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตเช่น เวลา อุณหภูมิและ pH ต้องได้รับการดูและและสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ และต้องจัดทำเอกสารที่ เกี่ยวข้องในอนาคตอันใกล้นี้ การเข้าสู่ระบบมาตรฐานสากลโดยเฉพาะมาตรฐาน ISO 9000 จะเป็นภารกิจที่มีความสำคัญเร่งด่วนสำหรับธุรกิจไทยในการพัฒนาความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ ระบบมาตรวิทยาทั้งในระดับชาติและในระดับห้องปฏิบัติการที่ได้มาตร

ฐานจะเป็นปัจจัยเกื้อหนุนที่สำคัญที่ช่วยให้ธุรกิจของไทยสามารถเข้าสู่ระบบมาตรฐานสากลและผลิตสินค้าส่งออกไปยังตลาดโลกได้อย่างมีประสิทธภาพ ในทางตรงกันข้าม หากระบบมาตรวิทยาของประเทศไทยเป็นระบบที่ไม่ได้มาตรฐานหรือไม่สามารถให้บริการได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการแล้ว ระบบมาตรวิทยาก็จะกลายเป็นภาระแก่ธุรกิจไทยในการเข้าสู่มาตรฐานสากล (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2544 : 10)

1.4.5 ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เป็นระบบมาตรฐานที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นการจัดการและควบคุมให้กับห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ในอันที่จะทำให้ห้องปฏิบัติการมีการควบคุมคุณภาพและรักษาไว้ซึ่งความถูกต้อง อันจะส่งผลให้การสอบเทียบมีประสิทธิภาพ โดยแต่เดิมระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 มีชื่อว่าระบบมาตรฐาน ISO/IEC Guide25 แต่ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว และในระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ได้มีข้อกำหนดที่เข้มงวดกับความสามารถของบุคคลที่จะทำหน้าที่ต่างๆในห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ทั้งในด้านของทักษะและความรู้ของผู้ที่จะปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ความสามารถ โดยเมื่อได้รับการรับรองในระบบมาตรฐานดังกล่าวแล้ว สามารถที่จะให้การรับรองในเครื่องมือวัดที่สอบเทียบได้ตามที่ระบุในขอบข่ายที่ระบุไว้ในเอกสารและใบรับรอง และเป็นมาตรฐานที่สำคัญต่อการสอบเทียบโดยตรง พร้อมกับได้รับการยอมรับจากทุกมาตรฐานในระบบอุตสาหกรรม

2. วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดานมิติที่เป็นพื้นฐานของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ควรจะต้องทราบและมีความเข้าใจในเรื่องของวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติเพื่อจะทำให้การสอบเทียบมีความถูกต้อง เนื่องจากการที่ไม่มีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดด้านมิติจะส่งผลต่อการปฏิบัติงาน และเป็นองค์ประกอบแรกในการที่จะทำการสอบเทียบ นั้นหมายถึงว่าควรที่จะใช้เครื่องมือวัดให้เป็นหรือมีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดเสียก่อน ที่จะตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องมือวัดชนิดนั้น การที่ไม่มีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดย่อมไม่ทำให้การสอบเทียบเครื่องมือวัดแสดงผลที่มีความถูกต้องออกมา พร้อมกันนั้นเมื่อใช้เป็นใช้ได้แล้วควรที่จะรู้จักการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อเป็นการรักษาให้เครื่องมือวัดด้านมิติมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และคงไว้ซึ่งสภาพการใช้งานตามลักษณะของครื่องมือวัดด้านมิติชนิดนั้น โดยในรายละเอียดที่กล่าวต่อไปนี้จะว่าด้วยเรื่อง ของวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติที่เป็นพื้นฐานของการสอบเทียบเวร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) โดยมีรายละเอียดเป็นหัวข้อดังนี้

2.1 การใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อก (Gauge Block)

2.2 การใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Plate)

2.3 การใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดใน (Inside- Mircometer)

โดยจะเริ่มจากข้อที่ 2.1 ดังนี้

2.1 การใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อก (Gauge Block)

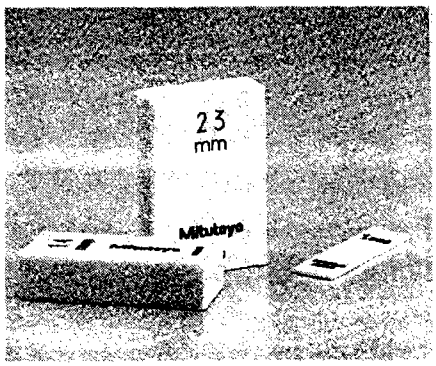
2.1.1 เกจบล็อก (Gauge Block) หมายถึง วัสดุหรือเครื่องมือวัดที่มีขนาดของค่าที่ระบุไว้ที่แน่นอน และถือเป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบเครื่องมือวัดประเภทความยาว ดังเช่น เวอร์เนียร์, ไมโครมิเตอร์, ไฮเกจ และอื่น ๆ

โดยรูปลักษณ์ของเกจบล็อก (Gauge Block) มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมดังเช่น

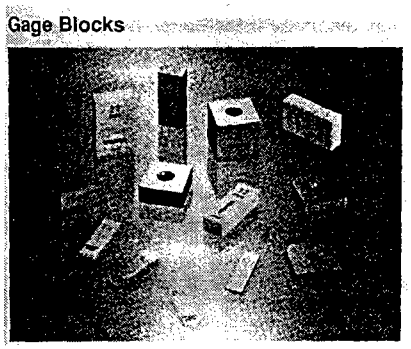
- รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular gauge block)
- รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square gauge block)

และเกจบล็อก (Gauge block) ได้มีการทำมาจากวัสดุดังเช่น

- เหล็ก (Steel)
- เซรามิก



รูปที่9.แสดงลักษณะของเกจบล็อก (Gauge block)
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)



รูปที่10.แสดงลักษณะของเกจบล็อก (Gauge block)ที่มีขนาดต่าง ๆ บอกค่าต่าง ๆ
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)

2.1.2 วิธีการใช้เกจบล็อกมีรายละเอียดดังนี้

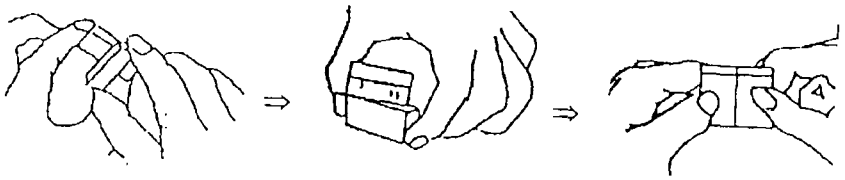
- ทำความสะอาดเกจบล็อก โดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์95%-100% เช็ดทำความสะอาดก่อนการใช้งาน
- นำเกจบล็อกที่เช็ดคราบวาสลีนหรือคราบน้ำมันที่เคลือบออกแล้ว นำมาวางบนผ้าที่

เป็นชนิดที่มีความอ่อนนุ่มหรือผ้าหนังชามัวร์

- ให้เช็ดทำความสะอาดเกจบล็อกอีกครั้ง โดยใช้กระดาษทิชชูชุบหรือผ้าหนังชามัวร์เช็ดทำความสะอาด ให้แท่งเกจบล็อกมีความเงา

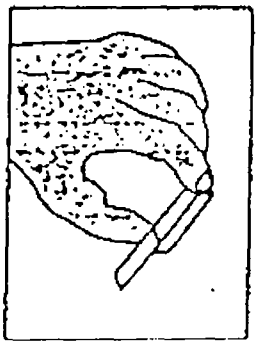
- เมื่อจะทำการประกบเกจบล็อกมีขั้นตอนดังนี้ โดยมีการประกบเกจบล็อกอยู่ 3 รูปแบบ โดยมีดังนี้คือ

- **การประกบเกจบล็อกที่มีความหนา 2 ชิ้นเข้าด้วยกันมีรายละเอียดดังนี้**
  - นำเกจบล็อกมาประกบกันให้เป็นรูปกากบาท
  - ให้ออกแรงกดเบา ๆและคอยเลื่อนแท่งเกจบล็อกให้เลื่อนสัมผัสกันจะรู้สึกฝืด
  - เลื่อนแท่งเกจบล็อกให้เท่าเสมอกัน



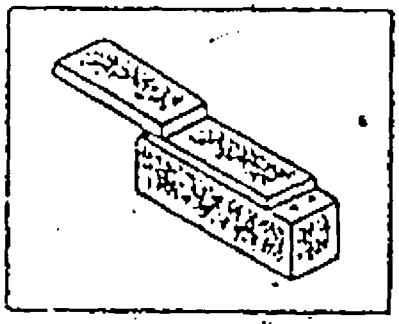
รูปที่11. แสดงการประกบเกจบล็อกที่มีความหนา 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :2)

- **การประกบเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าบนชิ้นที่หนากว่ามีรายละเอียดดังนี้**
  - นำเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าวางปลายเกจบล็อกชิ้นที่หนากว่า
  - ออกแรงกดเบา ๆ และเลื่อนชิ้นที่บางกว่าไปบนชิ้นที่หนากว่าจนแท่งเกจบล็อกเลื่อนเสมอกันสนิท



รูปที่12. แสดงการประกบเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าบนชิ้นที่หนากว่า
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :2)

- **การประกบเกจบล็อกชิ้นที่บาง ๆ เข้าด้วยกันมีรายละเอียดดังนี้**
  - นำเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าประกบเข้ากับชิ้นที่หนากว่า
  - นำเกจบล็อกชิ้นที่บางกว่าประกบเข้ากับเกจบล็อกชิ้นบางที่ได้ประกบบนชิ้นที่หนาก่อนหน้านี้
  - ทำการเลื่อนชิ้นที่หนาออก



รูปที่ 13. แสดงการประกบเกจบล็อกชิ้นบาง ๆเข้าด้วยกัน
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :2)

- ภายหลังจากการใช้เกจบล็อกแล้วนำไปทำความสะอาดโดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาดแล้วใช้ผ้าเป็นชนิดที่อ่อนนุ่มหรือกระดาษชิชชูเช็ดซ้ำอีกครั้ง
- นำเกจบล็อกที่ทำความสะอาดแล้ว นำไปทาวาสลีนเคลือบผิวบาง ๆที่แท่งเกจบล็อก
- นำไปใส่ในกล่องบรรจุและเก็บเข้าที่

2.1.3 วิธีการบำรุงรักษาเกจบล็อกมีดังนี้

- ก่อนนำเกจบล็อกไปใช้งานควรทำความสะอาดทุกครั้ง เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อผิวเกจบล็อก
- เมื่อนำเกจบล็อกไปใช้งานควรระมัดระวังอย่าให้ผิวเกจบล็อกเป็นรอยขีดข่วนจนสัมผัสได้เพราะจะทำให้ผิวของเกจบล็อกเสียหายได้
- เมื่อนำเกจบล็อกไปใช้งานโดยการประกบเกจบล็อกหลังจากเลิกใช้งานแล้วให้แยกเกจบล็อกออกจากกันเพื่อป้องกันไม่ให้ผิวเกจบล็อกเกิดความเสียหาย
- หลังจากเลิกใช้งานแล้วควรที่จะเช็ดทำความสะอาดเหมือนกับตอนที่นำออกมาใช้งาน เมื่อเช็ดทำความสะอาดแล้วให้ทาวาสลีนเคลือบที่เกจบล็อกให้ทั่วทั้งแท่งเกจบล็อก และนำใส่กล่องบรรจุที่เตรียมไว้หรือกล่องบรรจุเฉพาะใส่เกจบล็อก

2.2 การใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Pate)

2.2.1 โต๊ะระดับ (Surface Pate) คือ เครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้เป็นฐานในการอ้างอิงในการวัดชิ้นงานและเป็นฐานสำหรับการว่างเครื่องมือวัดในการทำการสอบเทียบ โดยลักษณะของโต๊ะระดับนั้นมีคุณสมบัติในด้านของความเรียบที่มีความถูกต้องทางด้านความเรียบสูงมากและสร้างขึ้นมาโดยทำมาจากเหล็กหรือหินแกรนิต

2.2.2 วิธีการโต๊ะระดับ (Surface Pate) มีรายละเอียดดังนี้

- ในการเริ่มใช้งานของโต๊ะระดับนั้น ควรเริ่มจากการทำความสะอาดที่พื้นผิวโต๊ะระดับก่อนโดยการใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาด ให้ทั่วที่พื้นผิวโต๊ะระดับ
- ให้ใช้ผ้าที่เป็นชนิดที่อ่อนนุ่มเช็ดทำความสะอาดอีกครั้งแล้วจึงเริ่มนำไปใช้งาน
- เมื่อเริ่มใช้งานโดยการนำชิ้นงานหรือเครื่องมือวัด ที่มีน้ำหนักมากมาว่างบนโต๊ะระดับนั้นควรที่จะนำชิ้นงานหรือเครื่องมือวัดขึ้นด้านข้างของโต๊ะระดับ เพื่อไม่ให้ผิวของโต๊ะระดับเกิดความเสีย

หายได้

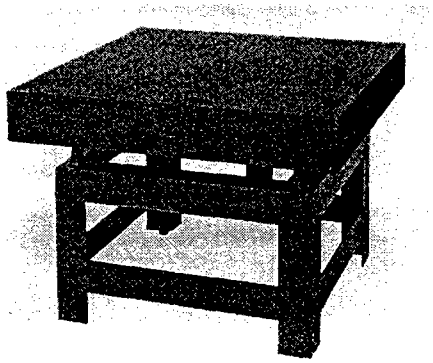
- ภายหลังจากการเลิกใช้งาน ให้ทำการเช็ดทำความสะอาดโต๊ะระดับโดยการใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาด ให้ทั่วที่พื้นผิวโต๊ะระดับและเช็ดซ้ำอีกครั้งด้วยใช้ผ้าที่เป็นชนิดที่อ่อนนุ่มเช็ดทำความสะอาดอีกครั้งแล้วนำผ้ามาคลุมไว้

2.2.3 วิธีการบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Pate) มีรายละเอียดดังนี้

- ไม่ควรนำวัตถุหรือชิ้นงานที่มีความคมหรือผิวไม่เรียบมาว่างบนพื้นผิวโต๊ะระดับ เพราะจะทำให้เกิดรอยขึ้นบนพื้นผิวโต๊ะระดับ

- ก่อนและหลังการใช้งานควรเช็ดทำความสะอาดอยู่เสมอ และมีผ้าคลุมโต๊ะระดับไว้เสมอ

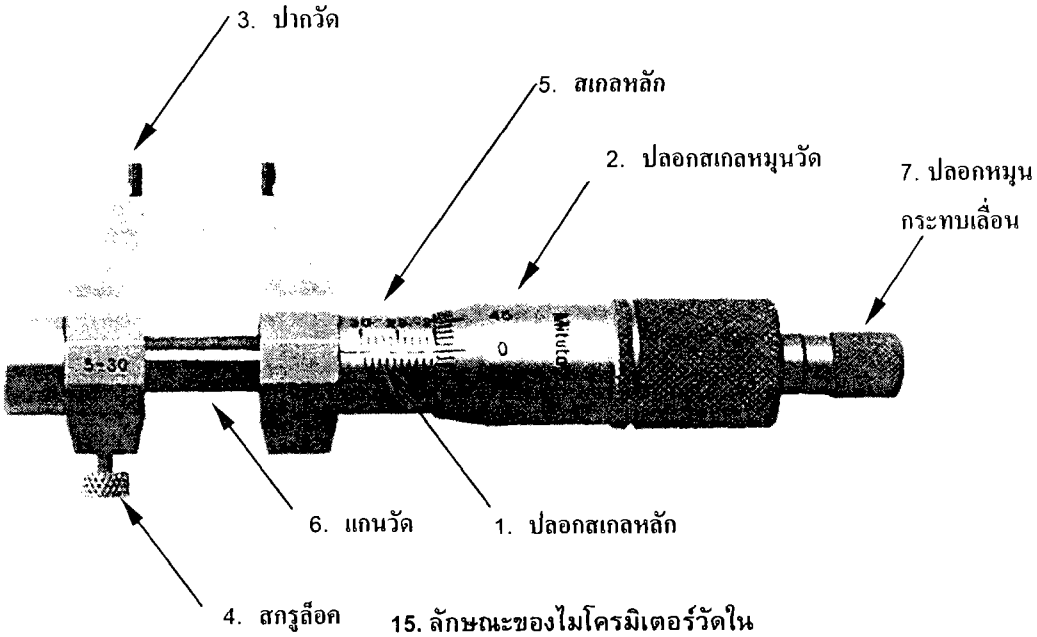
- ไม่ควรนำวัตถุหรือชิ้นงานที่มีน้ำหนักมากเกินกว่าพิกัดของโต๊ะระดับ มาวางเพราะจะทำให้เกิดการยุบตัวขึ้นบนพื้นผิวโต๊ะระดับ



รูปที่14.แสดงลักษณะของ โต๊ะระดับ (Surface Pate)
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :8)

2.3 การใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดใน (Inside-Mircometer)

2.3.1 ไมโครมิเตอร์วัดใน (Inside-Mircometer) คือ เครื่องมือวัดทางด้านมิติชนิดหนึ่งที่มีลักษณะของการใช้งานในหลักการของการเคลื่อนที่ของเกลียวที่ถูกหมุน โดยเมื่อเคลื่อนที่ไปหนึ่งรอบของเกลียวปากเดียว การเคลื่อนที่ของเส้นขอบเกลียว 1 รอบ จะเท่ากับ 1 ระยะพิตช์ โดยเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดขนาดชิ้นงานภายใน และมีความละเอียดในหลักของ 0.01 มม ขึ้นไป



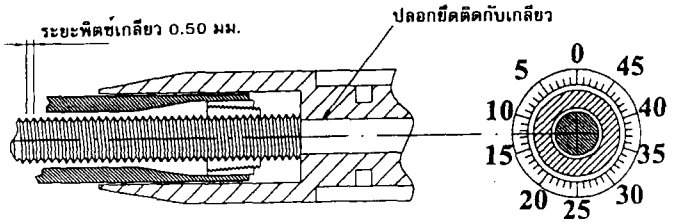
15. ลักษณะของไมโครมิเตอร์วัดใน

(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :2)

2.3.2 ส่วนประกอบ

1. ปลอกสเกลหลัก (Barrel, Sleeve)
2. ปลอกสเกลหมุนวัด (Thimble)
3. ปากวัด (Jaws)
4. สกรูล็อค (Clamp Screw)
5. สเกลหลัก (Barrel Scale)
6. แกนวัด (Spindle)
7. ปลอกหมุนกระทบเลื่อน (Ratchet Stop)

2.3.3 หลักการแบ่งสเกลและการอ่านค่า



รูปที่ 16. ลักษณะการแบ่งสเกลในการวัด

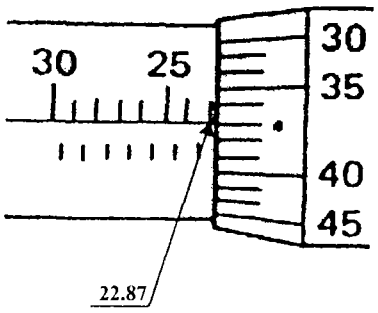
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :2)

การแบ่งสเกลไมโครมิเตอร์ ค่าความละเอียด 0.01 mm

- จะต้องใช้แกนวัด (Spindle) ที่มีชุดเกลียวระยะพิตช์ 0.5 mm
  เกลียวหมุนไป 1 รอบ = 1 ระยะพิตช์ = แกนวัดจะเคลื่อนที่ไปเท่ากับ 0.5 mm
  ปลอกสเกลหลัก 1 ช่อง = 1 mm
- ปลอกหมุนวัด (Thimble) จะแบ่งออกเป็น 50 ช่อง เท่า ๆ กัน
  ปลอกหมุนวัดหมุน 1 รอบ = แกนวัดจะเคลื่อนที่ไป 0.5 mm = 50 ช่อง
  หมุนปลอกหมุนวัด 50 ช่อง = แกนวัดเคลื่อนที่ 0.5 mm
  หมุนปลอกหมุนวัด 1 ช่อง = แกนวัดเคลื่อนที่ $\frac{0.5}{50}$ = 0.01 mm

การอ่านค่าไมโครมิเตอร์ ค่าความละเอียด 0.01 mm

- ชื่อเรียกสเกล
  1. สเกล 1 mm
  2. สเกล 0.5 mm
  3. สเกล 0.01 mm
- ลำดับการอ่านค่า
  1) อ่านค่าที่ปลอกสเกลหลัก (สเกล 1 mm)
  2) อ่านค่าที่ปลอกสเกลหลัก (สเกล 0.5 mm)
  3) อ่านค่าที่ปลอกหมุนวัด (สเกล 0.01 mm)



จากรูป 62. อ่านค่าได้ตามลำดับดังนี้
1) สเกลหลัก อ่านค่าได้ = 22.5 mm
2) สเกลย่อย อ่านค่าได้ = 0.37 mm
3) นำค่ามารวมกัน 22.5 + 0.37 = 22.87 mm

รูปที่ 17.
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :4)

2.3.4 การตรวจสอบไมโครมิเตอร์วัดในแบบสเกลและแบบตัวเลขขนาด5-30มม มีรายละเอียดดังนี้

ในรูปแบบของ Inside-Mircometer แบบสเกล Range 5-30 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

- ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาด ทุกชิ้นส่วนของไมโครมิเตอร์
- เส้นสเกลหรือขีดสเกลในการอ่านค่าอยู่ในสภาพที่ขีดสเกลอ่านได้ชัดเจนไม่เลือนลาง
- ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้
- ผิวสัมผัสของแกนวัดด้านทั้งสองด้านจะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก

- ขีดสเกลหลักและขีดสเกลย่อย จะต้องให้ตำแหน่งศูนย์ตรงกันเสมอ ในขณะที่เคลื่อนกนวัดมาสัมผัสกันสนิท

ในรูปแบบของ Inside-Mircometer แบบตัวเลข Range 5-30 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

- ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาด ทุกชิ้นส่วนของไมโครมิเตอร์
- ตัวเลขที่แสดงค่าที่หน้าปัดจะต้องอ่านได้ชัดเจน
- ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้
- ผิวสัมผัสของแกนวัดทั้งสองด้านจะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก
- เมื่อทำการ SET ZERO เพื่อให้เริ่มต้นที่ค่าศูนย์แล้ว หมุนให้แกนวัดเคลื่อนที่ออกจากกัน แล้วหมุนกับมาที่ตำแหน่งศูนย์อีกครั้ง เพื่อเป็นการเช็คค่าตำแหน่งศูนย์
- ให้เคลื่อนที่ของแกนวัดโดยหมุนไปมา 2-3 ครั้งเพื่อตรวจเช็คสภาพการแสดงค่าการวัดโดยตัวเลขจะต้องหยุดเมื่อหยุดการเคลื่อนที่

2.3.5 การใช้งานไมโครมิเตอร์วัดในแบบสเกลและแบบตัวเลขขนาด 5-30 มม มีรายละเอียดดังนี้

- ทำความสะอาดผิวสัมผัสแกนวัดด้วยกระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% และใช้ผ้าชนิดที่อ่อนนุ่มและไม่มีขนเช็ดซ้ำอีกทีที่บริเวณแกนวัดทั้งสองด้าน
- ทำความสะอาดแท่งมาตรฐาน (เป็นแท่งที่มีลักษณะเป็นทรงกลมมีรูตรงกลาง) ที่ใช้ Set ค่า ขนาดที่ 5 mm โดยใช้วัสดุทำความสะอาดอย่างเดียวกับขั้นตอนแรก
- ตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยนำแท่งขนาดมาตรฐานมาวางระหว่างแกนวัดของไมโครมิเตอร์วัดในแบบสเกลขนาด 5-30 โดยให้รูในของแท่งมาตรฐานอยู่ระหว่างปากวัดทั้ง2 ด้าน
- ทำการเลื่อนให้ผิวสัมผัสแกนวัดทั้ง 2 ด้าน เคลื่อนที่แตะสัมผัสผิวของแท่งมาตรฐาน
- เมื่อผิวหน้าสัมผัสทั้งสองแตะสัมผัสกันแล้วให้หมุนปรับที่ Ratchet Stop (ชุดหมุนปรับละเอียด) ไป 1-2 คลิก
- ดูที่สเกลที่อ่านค่าของไมโครมิเตอร์วัดในว่าตรงกับขีดสเกลที่ 5 mm หรือไม่ถ้าไม่ตรงกันให้ทำการหมุน Spindle Clamp ที่อยู่เหนือแกนวัดให้ล็อค เพื่อไม่ให้แกน Spindle เคลื่อนที่
- ใช้ประแจขอจับที่คอของแกนวัดตรงด้าน Spindle จะมีรูที่แกนวัด และทำการหมุนปรับให้เส้นขีดสเกลหลักและขีดสเกลย่อยตรงกันที่สเกลอ่านค่า 5 mm
- ทำการคลาย Spindle Clamp ออกและหมุนแกน Spindle ออกและหมุนปรับให้แตะสัมผัสที่ตำแหน่งเดิม และดูว่าขีดสเกลทั้งสองตรงกันหรือไม่ ถ้าไม่ตรงกันให้กลับไปทำในขั้นตอนเริ่มแรกอีกครั้ง
- เมื่อตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไมโครมิเตอร์วัดในแบบสเกลขนาด5-30 mm ได้แล้วจึงนำไปใช้งานได้
- ในกรณีที่เป็นแบบตัวเลขให้ดูที่ตัวเลขบนหน้าปัดแสดงค่าการวัดว่ามีค่าเป็นศูนย์หรือไม่ (ในที่นี้หมายถึงค่า ขนาดที่ 5 mm)
- ถ้าไม่มีค่าเท่ากับ 5 mm ให้ทำการหมุนปรับ Spindle Clamp ที่อยู่เหนือแกนวัด

ให้ล็อคเพื่อไม่ให้แกน Spindle เคลื่อนที่

- ทำการกดปุ่ม Set Zero ที่ตรงบริเวณเหนือแกนวัดและกดปุ่ม Origin เพื่อ Set ตำแหน่งเป็น 5 mm โดยดูที่ตัวเลขแสดงค่าการวัดบนหน้าปัดบอกค่าการวัด

- ทำการคลาย Spindle Clamp ออกและหมุนแกน Spindle ออก และหมุนปรับให้แตะสัมผัสที่ตำแหน่งเดิม และดูว่าตัวเลขบนหน้าปัดเป็น 5 mm หรือไม่ ถ้าไม่ให้กลับไปทำในขั้นตอนเริ่มแรกอีกครั้ง

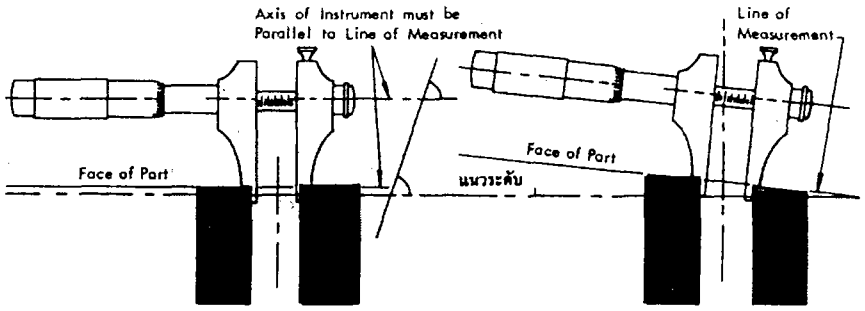
- เมื่อตรวจสภาพและตรวจสอบความเที่ยงตรงของไมโครมิเตอร์วัดในแบบตัวเลขขนาด 5 - 30 mm ได้แล้ว จึงนำไปใช้งานได้

ขั้นตอนการวัดขนาดงาน

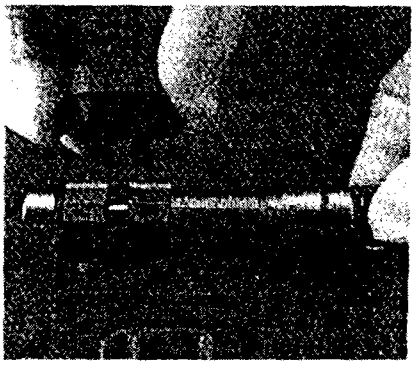
1) ตรวจสอบไมโครมิเตอร์
2) ทำความสะอาดไมโครมิเตอร์
1) หมุนคลายไมโครมิเตอร์ให้ปากวัดเล็กกว่าขนาดงาน
2) หมุนเลื่อนสเกลเลื่อนให้แกนวัดหมุนเข้าใกล้งาน หลังจากนั้นหมุนปลอกกระทบเลื่อน (Ratchet Stop) ให้สัมผัสงาน (จนรู้สึกเสียงดังแต่อย่าให้หมุนฟรี) เพื่อป้องกันการใช้แรงหมุนไมโครมิเตอร์มากไป จะทำให้ขนาดวัดผิดพลาดไป
3) ขณะวัดแกนต้องตั้งฉากกับงาน
4) อ่านค่า ถ้าอ่านค่าไม่ได้ขณะวัด ให้ล็อคตำแหน่งแล้วค่อยนำออกมาอ่าน

เทคนิคการใช้ไมโครมิเตอร์

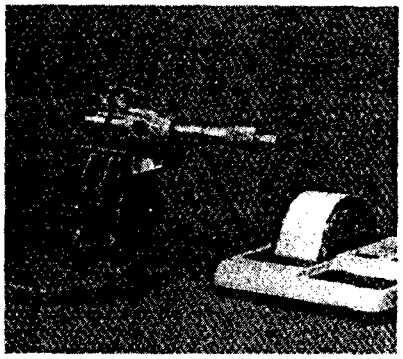
1) การปรับตำแหน่งไมโครมิเตอร์ให้ตรงศูนย์กลางของชิ้นงาน
2) การวัดทุกครั้งควรใช้ปลอกหมุนกระทบเลื่อน (Ratchet Stop)
3) การอ่านตัวเลขบนสเกลจะต้องถือไมโครมิเตอร์ในตั้งฉากกับแนวสายตา
4) หลักการวัดที่ถูกต้อง จะต้องวางไมโครมิเตอร์ให้ขนานและตั้งฉากกับงานที่ต้องการวัด



รูปที่18. แสดงความแตกต่างจากการใช้ไมโครมิเตอร์วัดในวัดชิ้นงาน
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :6)



รูปที่ 19. การยึดไมโครมิเตอร์กับแท่นยึดแล้ววัดงาน



รูปที่ 20. การยึดไมโครมิเตอร์กับแท่นยึดแล้วส่งข้อมูลไปยังเครื่อง SPC

(รูปที่19-20 อ้างอิงจาก สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :5)

2.3.5 การบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดในแบบสเกลและแบบตัวเลขขนาด5-30มม มีรายละเอียดดังนี้

- ใช้วัดงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วไม่ควรใช้วัดผิวงานดิบ
- งานที่ใช้ไมโครมิเตอร์วัดขนาดงานควรมีผิวเรียบ
- ขณะทำการวัดงานไม่ควรเลื่อนไมโครมิเตอร์ไป – มา เพราะจะทำให้แกนวัดสึก
- ใช้ไมโครมิเตอร์วัดและอ่านค่าชิ้นงานทันที ไม่ควรยกไมโครมิเตอร์ออกจากชิ้นงานเพื่ออ่านค่าเพราะจะทำให้ค่าที่ได้จากการวัดผิดพลาด

ในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน(Inside-Mircometer)นั้น ได้มีการอธิบายในกรรมวิธีของการสอบเทียบ ไว้เป็นขั้นตอน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก(Inside-Mircometer) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

3.3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน (Inside-Mircometer)

ในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน (Inside-Mircometer) มีรายละเอียดในการสอบเทียบดังนี้

3.3.1 ขั้นตอนของการตรวจสอบสภาพของไมโครมิเตอร์วัดใน (Inside-Mircometer) มีดังนี้

3.3.2 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดใน(Inside-Mircometer)

3.3.1 ขั้นตอนของการตรวจสอบสภาพของไมโครมิเตอร์วัดใน (Inside-Mircometer) มีดังนี้

ในรูปแบบของ Inside-Mircometer แบบสเกล Range 5-30 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.3.1.1 เส้นสเกลหรือขีดสเกลในการอ่านค่าอยู่ในสภาพที่ขีดสเกลอ่านได้ชัดเจนไม่เลือนลาง

3.3.1.2 ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้

3.3.1.3 ผิวสัมผัสของแกนวัดด้านทั้งสองด้านจะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก

3.3.1.4 ขีดสเกลหลักและขีดสเกลย่อย จะต้องให้ตำแหน่งศูนย์ตรงกันเสมอ ในขณะที่เคลื่อนกนวัดมาสัมผัสกันสนิท

ในรูปแบบของ Inside-Mircometer แบบตัวเลข Range 5-30 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.3.1.5 ตัวเลขที่แสดงค่าที่หน้าปัดจะต้องอ่านได้ชัดเจน

3.3.1.6 ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด สามารถเลื่อนไป-มา ได้

3.3.1.7 ผิวสัมผัสของแกนวัดทั้งสองด้านจะต้องไม่ชำรุดบิ่นหรือหัก

3.3.1.8 เมื่อทำการ SET ZERO เพื่อให้เริ่มต้นที่ค่าศูนย์แล้ว หมุนให้แกนวัดเคลื่อนที่ออกจากกัน แล้วหมุนกับมาที่ตำแหน่งศูนย์อีกครั้ง เพื่อเป็นการเช็คค่าตำแหน่งศูนย์

3.3.1.9 ให้เคลื่อนที่ของแกนวัดโดยหมุนไปมา 2-3 ครั้งเพื่อตรวจเช็คสภาพการแสดงค่าการวัดโดยตัวเลขจะต้องหยุดเมื่อหยุดการเคลื่อนที่

3.3.2 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดใน (Inside-Mircometer) มีดังนี้

ในรูปแบบของ Inside-Mircometer แบบสเกลและแบบตัวเลข Range 5-30 mm มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.3.2.1 เลือกขนาดของ Gauge Block ขนาดที่ใช้ตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกล

3.3.2.2 ทำการประกบ Gauge Block โดยนำ Gauge Block ขนาดที่ใช้ตรวจสอบมาวางในชุด Assesorier ช่วยจับ

3.3.2.3 นำ Gauge Block อีกสองขนาดมาวางระหว่าง Gauge Block ในขั้นตอนที่ 3.3.2.2 โดยให้มีช่องว่างของขนาด Gauge Block ที่ใช้ตรวจสอบ

3.3.2.4 ทำการขั้นล๊อคชุด Assesorier เข้ากับ Gauge block ในขั้นตอนที่ 3.3.2.3

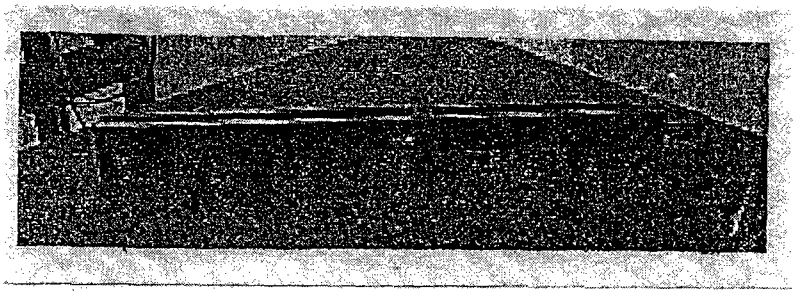
3.3.2.5 ทำการเลื่อนแกนวัดทั้งสองโดยหมุนให้แกน Spindle เคลื่อนที่แตะสัมผัสที่ผิว Gauge Block

3.3.2.6 อ่านค่าจากสเกลของไมโครมิเตอร์วัดในและบันทึกผล

3.3.2.7 เมื่อ Gauge Block ที่ใช้สอบเทียบมีขนาดค่าไม่ตรงกับค่าที่จะทำการสอบเทียบให้ทำการประกบ Gauge Block หรือใช้ Assesories ช่วยจับยึด

3.3.2.8 ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 3.3.2.1) - ขั้นตอนที่ 3.3.2.7) จนครบทุกขนาด

3.3.2.9 บันทึกค่าที่วัดได้ลงในเอกสารบันทึกเพื่อไว้หาค่าผิดพลาด ค่าแก้และค่าความไม่แน่นอนของการวัดของไมโครมิเตอร์วัดในเครื่องที่ถูกตรวจสอบ



รูปที่ 21. แสดงลักษณะการใช้ในชุด Assesorier ช่วยในการจับ Gauge Block

หลังจากที่ได้ทราบถึงรายละเอียดวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกแล้วต่อไปเป็นการนำเอาข้อมูลหรือผลการตรวจสอบไปใช้งาน โดยมีวิธีดังนี้

เครื่องมือวัด : ไมโครมิเตอร์วัดใน

เครื่องมือมาตรฐาน : เกจบล็อก

การตรวจสอบ (สอบเทียบ) ค่าความถูกต้องของสเกลไมโครมิเตอร์ โดยมีวิธีการหาค่าแก้ของไมโครมิเตอร์วัดในดังนี้

- ค่าที่ระบุ (Nominal Value) หรือค่าที่กำหนดไว้เพื่อจะทำการตรวจสอบ (สอบเทียบ)
- ค่าแก้ (Correction) เป็นค่าแก้ของเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด (ในที่นี้คือเกจบล็อก)
- ค่าถูกต้อง (N+CS) เป็นค่าที่นำเอาค่าที่ระบุบวกเข้ากับค่าของเครื่องมือมาตรฐาน
- ค่าที่วัดได้ หรือค่าที่อ่านได้ (Read – Out) เป็นค่าที่ได้จากการวัดของเครื่องมือวัด (ไมโครมิเตอร์วัดใน)
- ค่ากลางหรือค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) เป็นค่าที่ได้มากจากค่าการวัดแล้วมาทำการหาค่าเฉลี่ย
- ค่าแก้ของไมโครมิเตอร์วัดใน (N+CS)- $\bar{X}$ เป็นค่าที่บอกถึงความผิดพลาด ณ ตำแหน่งนั้นๆ ที่ถูกตรวจสอบของไมโครมิเตอร์วัดใน

ตัวอย่างการหาค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดในค่าที่ถูกตรวจสอบขนาด 20 mm

ขนาดของเกจบล็อกที่ใช้ตรวจสอบคือขนาดที่ 20 mm และค่าแก้ของเกจบล็อกที่มีค่าเท่ากับ 0.00009 mm

ค่าที่ระบุ	ค่าแก้ (CS) Gauge Block	ค่าที่ถูกต้อง N + CS	ค่าที่วัดได้ (Read – Out)				ค่ากลาง Mean	ค่าแก้ของไมโครมิเตอร์วัดใน $(N + CS) - \bar{X}$
(mm)	(mm)	(mm)	1	2	3	4	(mm)	(mm)
20	+0.00009	20.00009	20.01	20.00	20.00	20.00	20.0025	-0.00241

4. วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในกระบวนการของการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น จะไม่สามารถอธิบายถึงผลการสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง ถ้ายังไม่ทำการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด ดังนั้นจำเป็นจะต้องรู้ในเรื่องของวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อจะทำให้การสอบเทียบมีความถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น โดยในรายละเอียดของวิธีการประเมินค่าความไม่ในแน่นอนในการวัด จะประกอบไปด้วยหัวข้อต่างๆดังนี้คือ

4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

โดยจะเริ่มในหัวข้อของหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ได้นำหลักการทางสถิติ ทางวิทยาศาสตร์และทางวิศวกรรมศาสตร์ เข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากในทุกขั้นตอนของการสอบเทียบเป็นการปฏิบัติทางด้านวิทยาศาสตร์ ที่ต้องสามารถพิสูจน์ได้ และสามารถที่จะควบคุมตัวแปรต่างๆที่จะส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาดได้ และโดยหลักของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ได้มีการแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ดังนี้คือ

4.1.1 การแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในการแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้นได้มีการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

4.1.1.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A

4.1.1.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B

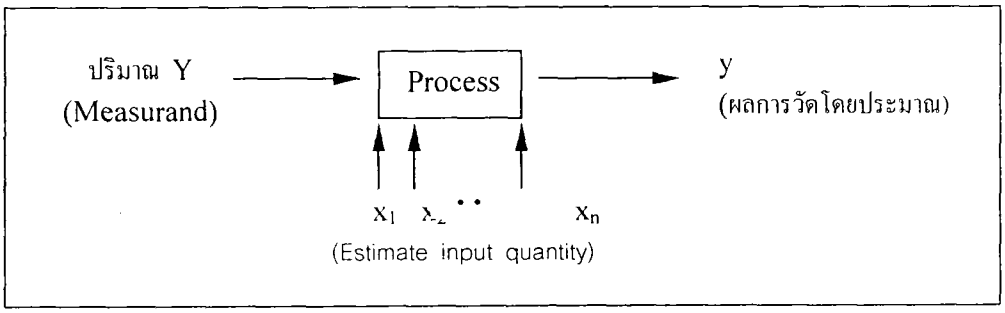
4.1.1.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A หมายถึง กระบวนการในการประเมินผลการวัด ในทางสถิติ โดยเป็นขั้นตอนในรูปแบบของการทดลอง เพื่อนำผลจากการปฏิบัติจริงมาทำการประเมิน และผลที่ได้จะเป็นผลจากการคำนวณทางหลักสถิติ

4.1.1.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B หมายถึง กระบวนการในการประเมินผลการวัดที่ กระทำนอกเหนือจากทางสถิติ โดยเป็นผลที่มีการกำหนดไว้แล้วหรือจากการทดลองไว้ แล้วนำมาใช้ เช่น ค่าความละเอียดในการอ่านค่าการวัดของเครื่องมือวัด หรือ ค่าสัมประสทธิ์การขยายตัวของวัสดุ เป็นต้น

4.1.2 องค์ประกอบของความไม่แน่นอนในการวัดจะประกอบไปด้วยปัจจัย (Factor) ต่าง ๆ



เพราะฉะนั้น ปริมาณ y ที่ได้จะแปรผันตามฟังก์ชั่นของ x

$y = f(x_1, x_2, \ldots x_n)$

; x คือ Source of uncertainty

4.1.3 การแบ่งประเภทความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัด

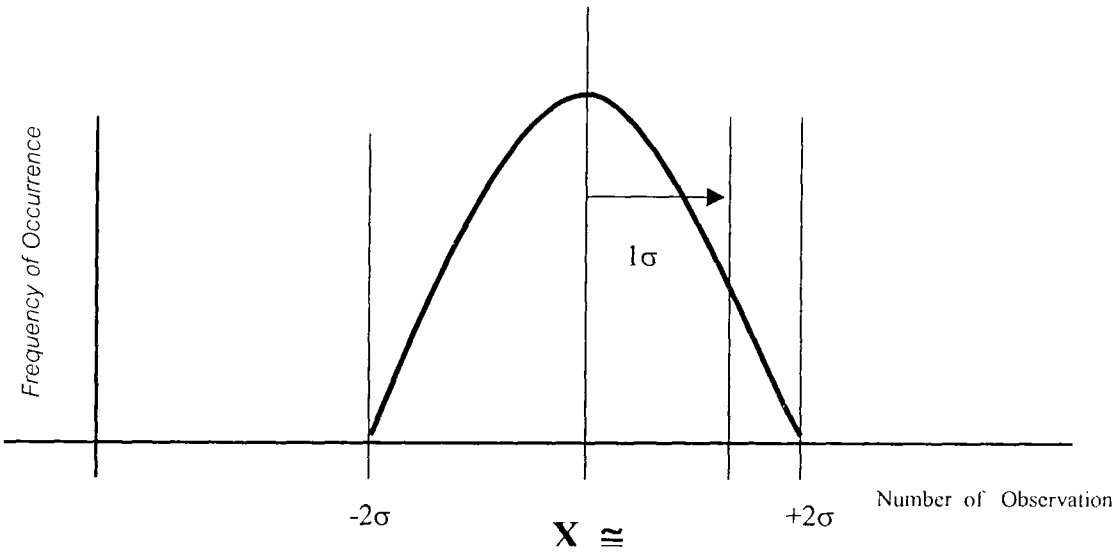
Random Error (ความผิดพลาดสุ่ม) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากการคาดเดาไม่ได้ในการวัดซ้ำ ๆ ซึ่งทำการประมาณค่าความผิดพลาดทางสถิติ สามารถลดผลความผิดพลาดได้ โดยการวัดซ้ำ ๆ จำนวนหลายครั้ง ๆ เรียกความผิดพลาดชนิดนี้ว่า "Type A Uncertainty" , "Repeatability" หรือ " Random Error"

Systematic Error (ความผิดพลาดจากระบบการวัด) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจาก สิ่งที่ไม่ต้องการวัด แต่ทำให้การวัดผิด ขนาดของความผิดพลาดมีค่าคงที่ไม่ว่าจะวัดซ้ำ ๆ มากเท่าไรก็ตาม สามารถลดผลความผิดพลาดได้โดยใช้วิธีปรับแก้ เรียกว่าความผิดพลาด Type B หรือ "Systematic Error

4.1.4 การกระจายของความน่าจะเป็นของโอกาสในการเกิดความผิดพลาด

4.1.4.1 Normal Distribution

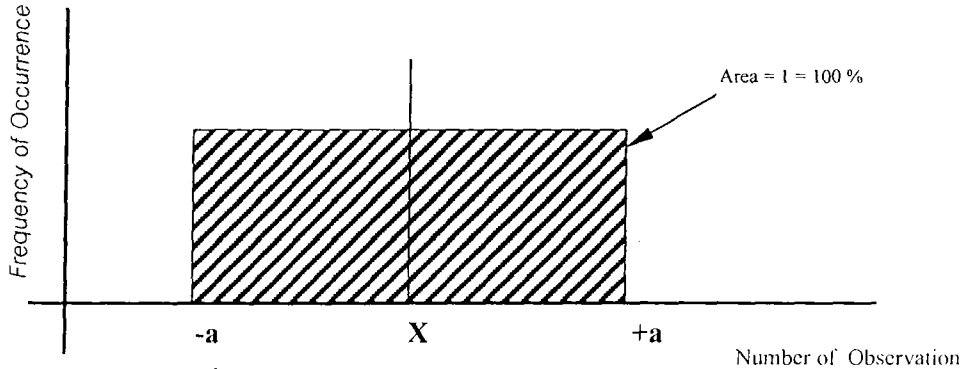
- เป็นการกระจายที่มี Curve เป็นรูประฆังคว่ำ (Symmetrical - belted – shape)
- มีค่ากลาง (μ) อยู่ตรงกลาง Curve และแบ่งพื้นที่ Curve ให้เป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน
- มี Estimated standard deviation $S_x = \sqrt{\frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$
- มี Standard error of mean $\sigma = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$



รูปที่ 22. แสดงการกระจายแบบ Normal distribution
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545. : 2)

4.1.4.2 Rectangular Distribution

- มีความแปรปรวนของค่า x_i อยู่ในช่วง +a และ -a
- มี Standard deviation ; $\sigma = \frac{a}{\sqrt{3}}$



รูปที่ 23. แสดงการกระจายแบบ Rectangular
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด. 2545. : 3)

4.1.4.4 "t" Distribution

- มีลักษณะของ Curve แบนราบกว่า Normal เนื่องจากเก็บค่าการทดลอง ; n น้อยครั้ง
- เทียบพื้นที่และ 1σ กับ Normal ได้ดังนี้

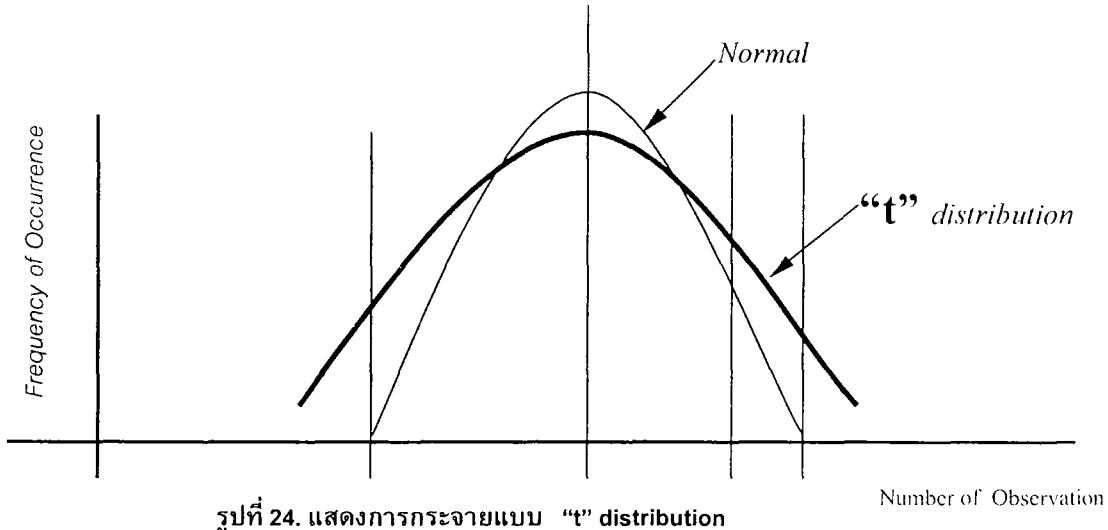
Normal = 68.28% ที่ $\pm 1\sigma$

t ≅ 68% $\pm 1\sigma$

พ.ท. 68.28% n = 1 มีค่าอยู่ที่ $\pm 1.83\sigma$

n = 2 มีค่าอยู่ที่ $\pm 1.32\sigma$

n = 3 มีค่าอยู่ที่ $\pm 1.20\sigma$



รูปที่ 24. แสดงการกระจายแบบ "t" distribution
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545. : 3)

4.1.5 แหล่งที่มาความไม่แน่นอน (Source of uncertainty)

แหล่งที่มาความไม่แน่นอน (Source of uncertainty) หมายถึง แหล่งที่มาของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลทำให้การวัดผิดพลาด (Systematic Error)

4.1.5.1 Import Calibration หรือ import uncertainty หมายถึง ค่าความไม่แน่นอนที่ติดมากับตัวเครื่องมือในใบ Certificate ที่เกิดจากการสอบเทียบมีการกระจายแบบ Normal

4.1.5.2 Secular Stability หมายถึง ความเสถียรของค่า uncertainty ในการสอบเทียบในแต่ละครั้ง เป็นการเลื่อนค่า uncertainty หรือ "**Drift rate since last calibration**" มีการกระจายแบบ Rectangular

4.1.5.3 Resolution Effect หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากความละเอียดของเครื่องมือ คือการที่เครื่องมือไม่สามารถแยกชัดได้มากไปกว่าค่าความละเอียดที่ Spec เครื่องมือกำหนด ทำให้เกิดการปัดค่า (Resolution round off) ในกรณีที่ปริมาณวัดไม่พอดี ช่องสเกลหรือค่าที่กำหนด

4.1.5.4 Uncorrected Error หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการไม่ได้ใช้ค่าแก้ [ค่าแก้ คือ negative sign ของ error : **Corrected = -(Error)**] สามารถตัดแหล่งของความไม่แน่นอนนี้ได้โดยการใช้ค่าแก้

4.1.5.5 Interpolation Effect หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการ interpolate ของค่าวัดที่จุดที่ไม่ได้ทำการสอบเทียบ ซึ่งต้องคำนวณประมาณการ ทำให้เกิดการผิดพลาดได้หลีกเลี่ยงปัจจัยนี้ได้โดยการสอบเทียบให้ตรงจุดใช้งาน

4.1.5.6 Environment Condition หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของภาวะแวดล้อมในระบบการวัดแล้วทำให้ค่าวัดผิดพลาด เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง ฝุ่น การสั่นสะเทือน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น สามารถลดปัจจัยนี้ได้โดยควบคุมสภาวะให้อยู่ในช่วงที่ทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงมีผลต่อระบบการวัดน้อยที่สุด

4.1.5.7 Cosine Error หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการวัดผิดมุม หรือเครื่องมือกับ measurand ไม่ตั้งฉากหรืออยู่ในแนวแนวตรง

4.1.5.8 Geometric Error หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากลักษณะของ measurand มีลักษณะไม่ตรง โค้ง (curve) เว้า (concurve) หรือ เป็นรูปกรวย (Cone) เป็นต้น

4.1.5.9 Elastic Compression หมายถึง การออกแรงกระทำในการกดหรืออัดต่อตัวเครื่องมือ หรือ measurand โดยอาจจะทำให้วัสดุหรือเครื่องมือวัดมีการขยาย – หดตัว ทำให้ค่าการวัดผิดพลาด

4.1.5.10 Repeatability หมายถึง การวัดซ้ำๆในกิจกรรมการวัดหนึ่งๆ โดยค่าที่ได้ในการวัดแต่ละครั้งมีโอกาสเกิดการผิดพลาด สามารถลดปัจจัยของการผิดพลาดนี้ได้ โดยการวัดซ้ำ ๆ จำนวนมากครั้ง (4-10 ค่า ณ. จุดวัดหนึ่ง ๆ)

4.1.6 ตาราง Uncertainty Budget หมายถึง ตารางที่แสดง Parameter ในการคำนวณค่าความไม่แน่นอน

(worksheet for uncertainty calculations)

Symbol	Source of uncertainty	Value ±	Probability Distribution	Divisor	Sensitivity coefficient C_i	U_i = ± Value / Divisor	Effective Degree of freedom V_{eff}
$U_{C(68\%)}$	Combine Uncertainty		Normal				
$U_{exp(95\%)}$	Expanded Uncertainty		Normal k = 2				

อธิบายความหมายของแต่ละ Column ในตาราง Uncertainty budget ได้ดังนี้

1. Symbol คือ สัญลักษณ์แทน Uncertainty แต่ละตัวแล้วแต่จะกำหนด
2. Source of uncertainty คือ แหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอน
3. ± Value คือ ค่าของตัวเลขจาก แหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอน

4. Probability Distribution คือรูปแบบการกระจายของ Uncertainty แต่ละตัว

5. Divisor คือ ตัวหารที่ต้องใช้เมื่อต้องทำให้อยู่ในฐานเดียวกัน **(1 - Standard uncertainty)** เช่น

- Normal 95% k = 2 ทำให้เป็น 1-Standard Uncertainty โดย ± Value / Divisor = ± Value / 2
- Rectangular 95% ทำให้เป็น 1 Standard Uncertainty โดย ± Value / Divisor = ± Value / $\sqrt{3}$

เพื่อที่จะทำให้ Uncertainty แต่ละตัว Combined กันได้ ในที่นี้ใช้ ในการ Combined ที่ **1-Standard uncertainty** หรือ **1σ** หรือที่ **Confidence Level 68%**

6. C_i คือ *Sensitivity Coefficient* ตัวคูณหรือสัมประสิทธิ์สำหรับ Uncertainty ที่ Correlated กับ Uncertainty ตัวอื่น ทำให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน เช่น mm กับ °C ถ้ากำลังรวมกันในหน่วย ของ mm ก็ทำ °C เป็น mm

7. U_i คือ ค่า ± Value / Divisor เช่นค่า Uncertainty ของแต่ละปัจจัย

8. V_{eff} คือ Effective degree of freedom
normal distribution มีค่าเท่ากับ n-1
rectangular distribution มีค่าเท่ากับ (U^4_c)x(n-1)/ U^4_A

9. U_C คือ Combine Uncertainty **หรือ** การนำUncertainty แต่ละตัวที่อยู่ในฐานเดียวกันแล้ว (68% หรือ 1σ) มารวมกันโดยวิธี RSS. (Root Sum – Square)
$\sqrt{(U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2)}$

10. U_{exp} คือ Expanded Uncertainty หรือค่า Uncertainty ที่ขยายจาก 1- standard uncertainty หรือ 1σ (68%) ให้เป็น 2σ ที่ความเชื่อมั่น 95% (k=2)

หมายเหตุ การเปรียบเทียบอัตราส่วน U_A กับ U_C คือ การเทียบอัตราส่วนตามที่มาตรฐาน guideline

ถ้า $U_A \geq \frac{1}{2} U_C$ แสดงว่า $k \neq 2$

ต้องทำการหาค่า V_{eff} หรือ Effective degree of freedom

จาก $$V_{eff} = \frac{\frac{U_c^4}{n-1}}{\frac{U_A^4}{}} = \frac{U_c^4 (n-1)}{U^4{}_A}$$

แล้วนำค่า V_{eff} ไปเปิด (ตาราง t) เพื่อหาค่า k [อ้างอิงจาก UKAS : LAB12]

t-distribution table

V_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
k_{95}	13.97	4.53	3.31	2.37	2.56	2.52	2.43	2.37	2.28	2.23	2.20	2.17

V_{eff}	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	α
k_{95}	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.06	2.05	2.04	2.03	2.02	2.01	2.00

เช่น คำนวณค่า V_{eff} = 12 → ได้ค่า ค่า k_{95} = 2.23

V_{eff} = 41 → ได้ค่า ค่า k_{95} = 2.06

V_{eff} = 215 → ได้ค่า ค่า k_{95} = 2.00

4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

โดยที่ได้ทราบในหลักการของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดแล้ว ต่อไปจะเป็นการอธิบายในขั้นตอนของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อที่จะสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 นำค่าที่ทำการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง (n ≥ 4) ไปคำนวณหาค่า $\overline{X}$

จากสูตร $\overline{X} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots x_n}{n}$

เช่น $n_1 = 25.00$, $n_2 = 25.01$, $n_3 = 25.01$, $n_4 = 25.01$

$$\bar{x} = \frac{25.00 + 25.01 + 25.01 + 25.01}{4}$$

$\therefore \bar{x}$ = 25.0075 = 25.01

4.2.2 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบน Estimate standard deviation ; $S_{(x)}$

จากสูตร $S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{4}(x_i - \bar{x})^2}$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}(x_i - 25.0075)^2}$$

$\therefore S_x$ = 0.005

4.2.3 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย Standard deviation of mean $= S_{(\bar{x})} = \sigma = U_A$

$$\sigma = S_{(\bar{x})} = \frac{S_{\bar{x}}}{\sqrt{n}} = \frac{0.005}{\sqrt{4}} = 0.0025$$

$\therefore \sigma = 0.0025$ mm = **1- standard uncertainty**

หรือ = 1 standard deviation

หรือ = random uncertainty

หรือ = Type A uncertainty

4.2.4 คำนวณค่า systematic uncertainty ของระบบการวัด (โดยเป็นการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B) มีดังนี้

4.2.4.1 Uncertainty หรือ import calibration ; U_{B1} โดยเปิดดูใบ Certificate ของ Gauge block (ตัวมาตรฐาน)

ขนาด 25 mm ได้ค่า uncertainty = 0.00012 mm

มีการกระจายแบบ Normal k=2

$\therefore$ Import uncertainty ; $U_{B1} = \frac{0.00012}{2} = 0.00006$ mm

$\therefore U_{B1} =$ **0.00006 mm**

4.2.4.2 Secular Stability หรือ Drift rate since last calibration ; U_{B2} โดยการเปิดดูประวัติการสอบเทียบของ Gauge block (หรือตัวมาตรฐาน) ค่าที่เลื่อน (drift) กับครั้งล่าสุด นำค่า Error ครั้งที่ 1 และค่า Error ครั้งที่ 2 มาหักลบกัน ตามขนาด Gauge block ที่ระบุค่าเดียวกัน

เช่น Gauge block ขนาด 25 mm.

Error ครั้งที่ 1 = 0.01 μm

Error ครั้งที่ 2 = 0.08 μm

Drift Rate = $|0.01 - 0.08|$ = 0.07 μm

นำค่า Drift Rate = 0.07 μm และเป็นค่าที่มีการกระจายแบบ Rectangular (Divisor = $\sqrt{3}$)

$\therefore$ Drift Rate Since last cal. $U_{B2} = 0.00007/\sqrt{3}$

$\therefore U_{B2} =$ **0.00004 mm**

4.2.4.3 Resolution Effect ; U_{B3}

ทำการหาโดย นำค่า Resolution ของเครื่องมือ (Intside-Mircometer) มาหารด้วย $\sqrt{3}$ เนื่องจากมีการกระจายแบบ Rectangular (ในกรณีของ Digital หารด้วย $2\sqrt{3}$: Resolution round off)

Resolution Effect ; $U_{B3} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.00577$ mm

$\therefore U_{B3} =$ **0.00577 mm**

4.2.4.4 Environment Effect or Temperature coefficient ; U_{B4}

Temperature coefficient ; $U_{B4} = \frac{L_o \alpha \Delta t}{\sqrt{3}}$

$\therefore$ ที่ขนาด 25 mm จะได้ $U_{B4} = \frac{25 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 1}{\sqrt{3}}$;

$\alpha = 11.5 \times 10^{-6}$ mm/^{o}C

$\therefore$ $U_{B4} =$ **0.000166 mm**

4.2.4.5 Combind uncertainty ; $U_{C(68\%)}$

$U_{C(68\%)} = \sqrt{(U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2)}$

$= \sqrt{(0.0025^2 + 0.00006^2 + 0.00004^2 + 0.00577^2 + 0.000166^2)}$

$U_{C(68\%)} =$ **0.00629 mm**

4.2.4.6 Expanded Uncertainty ; U_{exp}

$U_{exp(95\%)} = k \times U_c$

$= 2 \times 0.00629$

$= 0.0126$

$U_{exp(95\%)} \cong \pm$ **0.013 mm**

4.2.4.7 ทำตาราง Uncertainty Budget หรือ (worksheet for uncertainty calculation)

Symbol	Source of Uncertainty	Value ±mm	Probability distribution	Divisor	Sensitivity coefficient C_i	U_i = value/divisor	V_{eff}
U_A	Repeatability of measurement	0.0025	Normal	1	1	0.0025	n-1
U_{B1}	Import calibration of gauge block	0.00012	Normal	2	1	0.00006	α
U_{B2}	Stability of gauge block (Drift rate since last cal.)	0.00007	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.00004	α
U_{B3}	Resolution of Inside-Mircometer	0.01	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.00577	α
U_{B4}	Temperature coefficient	0.000288	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.000166	α
$U_{C\ (68\%)}$	Combined Uncertainty		**Normal**			0.00629	α
$U_{exp(95\%)}$	Expanded Uncertainty		**Normal k=2**			**0.0126**	α

$\therefore U_{exp(95\%)} \cong \pm 0.0126 \cong \pm 0.013$ mm

4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในขั้นตอนของการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น เป็นขั้นตอนสุดท้ายและเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในอันที่จะอธิบายให้ทราบว่า สิ่งที่ได้ปฏิบัตินั้นก็คือ การสอบเทียบนั้น ได้ค่าหรือผลการสอบเทียบเป็นอย่างไร โดยรายละเอียดที่จะอยู่ในส่วนของการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น จะมีอยู่หลักๆ 4 ส่วนคือ

- **ค่าในตำแหน่งที่ตรวจสอบหรือสอบเทียบ (Nominal Value)** เช่น ตำแหน่งที่ต้องการสอบเทียบ คือที่ 1 มม, 5 มม, 10 มม, 15 มม เป็นต้น
- **ค่าความผิดพลาดของการวัด (Error Value)** เป็นค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า Error 0.01 มม) เป็นต้น
- **ค่าแก้ความผิดพลาดของการวัด (Correction Value)** เป็นค่าที่แก้กลับจากค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า Error 0.01 มม) โดยค่าแก้ความผิดพลาดของการวัดมีค่าคือ – 0.01 มม เป็นต้น
- **ค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncerttainty of Measurement)** เป็นค่าที่จะอธิบายให้ทราบว่า กระบวนการในการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ที่ได้ผลการวัดออกมาและได้ค่าค่าความผิดพลาดของการวัด (ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ) นั้นยังมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยอยู่ในระดับความเชื่อมั่น ที่ได้กำหนดไว้ โดยผลของค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น จะต้องเป็นค่า +/- เสมอ เช่น เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า

Error 0.01 มม) โดยในค่าความไม่แน่นอนในการวัด(ค่าความคลาดเคลื่อน) ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ค่าความไม่แน่นอนในการวัดมีค่าคือ +/- 0.01 มม เป็นต้น

บรรณานุกรม

กิตติศักดิ์ นักคิ้ม.(2547).*เอกสารสัมมนาเรื่อง"การเทียบมาตรฐานเชิงมิติโดยหลักการ Laser Interferometer"*. กรุงเทพฯ.ม.ป.พ.

บุญพริ้ง สุขสบาย และ วชิระ มีทอง. (ม.ป.ป.). *วิศวกรรมการวัดละเอียด*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

บุรินทร์ ไตรชินธนโชติ.(2543).*เทคนิคและวิธีการในงานสอบเทียบเครื่องมือวัด*. กรุงเทพฯ. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริม(ไทย-ญี่ปุ่น).(2546).*คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม*. กรุงเทพมหานคร. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.(ม.ป.ป.).*เอกสารประกอบการสอนในวิชา Metrology*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.(ม.ป.ป.).*เอกสารประกอบการฝึกอบรมการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์วัดนอก*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. (2541). *การสอบเทียบไมโครมิเตอร์และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ด้วยเกจบล็อก*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ. (2544).*ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ ผลกระทบทางเศรษฐกิจของการพัฒนาระบบมาตรวิทยา*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2541). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 1300-2537 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ*.กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่4. ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2543). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อก*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

อินทร พิชิตานนท์. (2543). *บทบาทมาตรวิทยาต่อการพัฒนาคุณภาพสู่สหัสวรรษใหม่*. กรุงเทพฯ. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐาน JIS B 7502-1994
มาตรฐานการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty of Measurement) M3003

แบบฝึกหัด

วิธีการสอบเทียบ ไมโครมิเตอร์วัดใน (Inside- Micrometer)

แบบฝึกหัดที่ 1

ให้ทำการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน(Inside- Micrometer)โดยให้เลือกตำแหน่งของการสอบเทียบขึ้นมา แล้วนำมากรอกในรายละเอียดในข้อที่ 1-2 โดยให้ลงมือปฏิบัติและพร้อมทำการคำนวณค่าของการสอบเทียบ

1. กำหนดให้ (เครื่องมือที่ถูกสอบเทียบ)
   เครื่องมือวัด : _____ S/N : _____
   ความละเอียดของเครื่องมือวัด : _____mm
   พิกัดของเครื่องมือวัด (Range) : _____mm
   ตำแหน่งของเครื่องมือวัดที่จะสอบเทียบ : _____mm

2. กำหนดให้ (เครื่องมือวัดหรือวัสดุที่ใช้สอบเทียบ) เครื่องมือวัดมาตรฐานหรือวัสดุมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ
   : _____
   : _____

3. ขั้นตอนในการทำการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก
   3.1 ตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดในมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

เครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ ขนาด _____ หน่วยเป็น mm
ค่าแก้ของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm
ค่าความไม่แน่นอนของการวัดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm
เครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ ขนาด _____ หน่วยเป็น mm
ค่าแก้ของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm
ค่าความไม่แน่นอนของการวัดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____ หน่วยเป็น mm

ตารางการบันทึกค่าการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน

Nominal Value	Correction Value	Accuracy Value	Read-Out (mm)				Mean $\overline{X}$	Correction Value (CS)
(N) (mm)	(CS) Gauge Block (mm)	N+CS (mm)	Item1	Item2	Item3	Item4	(mm)	Inside-Mircometer (mm) (N+CS) - $\overline{X}$

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด(The Estimated Uncertainty of measurement)

ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดจะเป็นการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดของไมโครมิเตอร์วัดในมีรายละเอียดที่ต้องใช้ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดดังนี้

1. ค่าความไม่แน่นอนในการวัด Type A (UA)

$\overline{X}$ = _____ mm

SD. = _____ mm

U_A = _____ mm

2. ค่าความไม่แน่นอนในการวัด Type B (UB)

2.1 ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ คือ ; U_{B1} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.2 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการถดถอยของเครื่องมือวัดมาตรฐาน(Drift rate since last calibration) ; U_{B2} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.3 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดในการอ่านค่าการวัดของเครื่องมือวัด U_{B3} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.4 Environment Effect or Temperature expansion Coefficient ; U_{B4} มีค่าเท่ากับ

ที่มา L = ความยาว ณ ช่วงนั้น ๆ ที่ใช้ในการสอบเทียบ

α= สัมประสิทธิ์ในการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปจากวัสดุ

Δt= อุณหภูมิที่ใช้ในการสอบเทียบ

_____ mm

3. การประกอบของค่าความไม่แน่นอน (*Combined Uncertainty*) ; Uc มีค่าเท่ากับ

_____ mm

4. การคำนวณค่า Effective degree of freedom หรือ Veff เพื่อต้องการหาค่า k ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ มาทำการคูณเข้ากับ Uc ในการหาค่าความไม่แน่นอนขยาย

หมายเหตุ เมื่อได้ค่า Veff แล้ว นำไปเปิดตาราง t. *distribution* โดยให้เทียบกับการกำหนดระดับความเชื่อมั่น

5. การคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded uncertainty) ; Uexpand มีค่าเท่ากับ

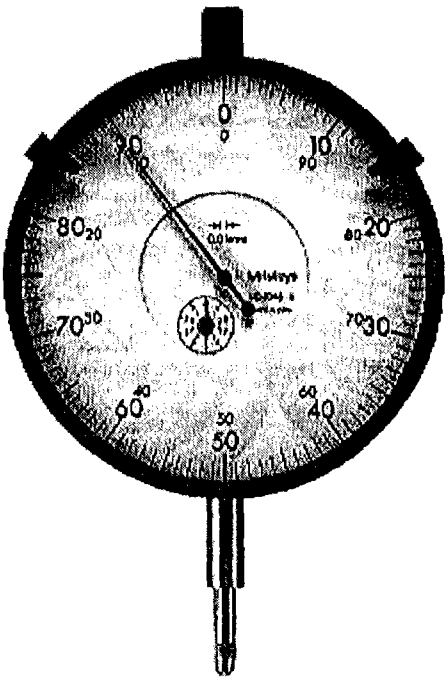
_____ mm

ตารางแสดง Uncertainty budget ของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน

สรุปจากการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน มีผลสอบเทียบดังนี้

1. การตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดใน

ค่าที่ระบุ (mm)	ค่าแก้ (mm)	ค่าความไม่แน่นอน (mm)



การสอบเทียบไดอัลเกจ

การสอบเทียบไดอัลเกจ

1. ความสำคัญของการสอบเทียบ

ระบบงานอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยลักษณะของการพัฒนานั้น จะพัฒนาทั้งในด้านของระบบและกรรมวิธี โดยเพื่อเป็นการที่จะรักษาคุณภาพในความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ให้ได้ตามที่กำหนดไว้ โดยได้มีการนำระบบมาตรฐานต่าง ๆมาใช้ เพื่อเป็นการกำหนดถึงขั้นตอนและวิธีการในการที่จะควบคุมการปฏิบัติงานในงานอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจะเห็นว่ามีการนำเอาระบบมาตรฐานเข้ามาใช้ในการที่จะทำให้องค์กรอุตสาหกรรมมีความเป็นระบบมากขึ้น โดยลักษณะของการนำระบบมาใช้นั้นเป็นเพราะว่าในสภาพการณ์ก่อนนี้ดำเนินเรื่อยมาจนถึงปัจจุบันนั้นเป็นผลอันเกิดจากอนุกรมทางการค้าซึ่งจะเป็นการกีดกันทางการค้าโดยถ้าธุรกิจอุตสาหกรรมไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่จะส่งออกนั้นเกิดปัญหาขึ้นได้ก็คือ บริษัทหรือองค์กรที่จะรับซื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะไม่รับผลิตภัณฑ์จากบริษัทที่ไม่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานสากล โดยจากสภาพของธุรกิจอุตสาหกรรมที่ได้นำเอาระบบมาตรฐานสากลที่เป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วโลกมาใช้แล้วก็คือ ISO 9001 , ISO 14000 , ISO 18000 , HACCP และ ISO/TS16949 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทั่วโลกยอมรับกัน

เมื่อธุรกิจอุตสาหกรรมได้นำระบบมาตรฐาน ISO 9001 , ISO 14000 , ISO 18000 , HACCP และ ISO/TS16949 มาใช้เพื่อจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีการควบคุมคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์ที่ถูกกำหนดไว้จึงได้กำหนดกระบวนการในการตรวจสอบโดยในกระบวนการในการตรวจสอบนั้นจะมีการนำเครื่องมือมาใช้ร่วมในการตรวจสอบนั้นก็คือ เครื่องมือวัด เพราะโดยลักษณะของเครื่องมือวัดนั้นจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบ่งชี้ถึงขนาดของสิ่งที่ถูกวัดเพื่อจะให้ได้ค่าของสิ่งนั้นว่ามีค่าเป็นเท่าไร และโดยมาตรฐานทางด้านคุณภาพในงานอุตสาหกรรมและการปฏิบัติงานในงานอุตสาหกรรม จะต้องมีเครื่องมือวัดในการบ่งชี้ถึงรายละเอียดของคุณภาพ หรือเครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจสอบ

เครื่องมือวัดที่เป็นสิ่งสำคัญอันที่จะแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นั้น มีค่าหรือขนาดตามเกณฑ์ที่ถูกกำหนดไว้ ได้มีการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะต้องมีการตรวจสอบเพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดชนิดนั้นยังอยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้ จะเห็นได้ว่าถ้าเกิดความผิดพลาดอันเกิดจากเครื่องมือวัดจะมีผลเสียหายตามมาอย่างมาก คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาไม่ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาแล้วในความเป็นจริงได้มีขนาดตรงตามที่ขนาดระบุไว้แต่เครื่องมือวัดแสดงผลออกมาว่าไม่ได้ขนาดตามที่ระบุไว้ ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการผลิต ก็คือต้องผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้ออกมาใหม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลา ค่าใช้จ่ายและยังผลทำให้ขาดความน่าเชื่อถือกับบริษัทที่ทำธุรกิจร่วมด้วย

จากความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องมือวัด ระบบมาตรฐาน ISO 9001 , ISO 14000 , ISO18000 , HACCP และ ISO/TS16949 จึงมีข้อกำหนดอยู่ว่าจะต้องมีการควบคุมเครื่องมือสำหรับการเฝ้าติดตามการวัดซึ่งก็คือการปฏิบัติในการควบคุมเครื่องมือวัดให้อยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้อยู่เสมอ ซึ่งก็คือการสอบเทียบ

การสอบเทียบเป็นกระบาวการหนึ่งที่จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงค่าความถูกต้องและค่าความผิดพลาดในตัวเครื่องมือวัดได้ โดยในการสอบเทียบนั้นเป็นกระบวนการทางวิทายาศาสตร์ในหลักการทางมาตรวิทยา ที่เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัดโดยในการสอบเทียบหรือที่เรียกว่า Calibration และการสอบเทียบเป็นขั้นตอนที่ทุกมาตรฐานทางด้านคุณภาพในงานอุตสาหกรรม ได้มีการกำหนดเป็นข้อกำหนดไว้อย่างชัดเจน ดังนั้นในความสำคัญของการสอบเทียบ ได้มีเนื้อหาที่เป็นหัวข้อหลัก ๆในการสอบเทียบดังนี้คือ

1.1 ความหมายของการสอบเทียบและมาตรวิทยา

โดยเบื้องต้นของความรู้ในการสอบเทียบควรจะต้องทราบ ในเรื่องของนิยาม ความหมาย ของการสอบเทียบก่อนเพื่อเป็นการให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นโดยได้มีนิยามความหมาย ของการสอบเทียบไว้ดังนี้

การสอบเทียบ หมายถึง หมายถึง ชุดของการดำเนินการทางมาตรวิทยาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการชี้บอกโดยเครื่องวัดหรือระบบการวัดหรือค่าที่แสดงโดยเครื่องวัดที่เป็นวัสดุกับค่าสมนัยที่รู้ของปริมาณที่วัดภายใต้ภาวะที่บ่งไว้(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2541 : 3)

หมายเหตุ :

1. ผลการสอบเทียบ ทำให้สามารถประมาณค่าผิดพลาดของการชี้บอกของเครื่องวัด ระบบการวัดหรือเครื่องวัดที่เป็นวัสดุ หรือกำหนดค่า ทำเครื่องหมายบนสเกล ณ ที่ใดที่หนึ่ง
2. การสอบเทียบอาจหาสมบัติทางมาตรวิทยาอื่น ๆ ได้ด้วย
3. ผลการสอบเทียบอาจบันทึกไว้ในเอกสาร บางครั้งเรียกว่าใบรับรองการสอบเทียบ (Calibration Certificate) หรือรายงานการสอบเทียบ(Calibration Report)
4. ผลการสอบเทียบบางครั้งแสดงเป็นตัวประกอบการสอบเทียบหรือชุดของตัวประกอบการสอบเทียบ ในรูปแบบของเส้นสอบเทียบ

การสอบเทียบ หมายถึง การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือมาตรฐานหรือวัสดุอ้างอิงที่มีความถูกต้องสูงกว่าอย่างน้อย 4 เท่า และกระทำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ได้รับการควบคุม (สมาคมส่งเสริม ไทย-ญี่ปุ่น . 2543 :30)

จากความหมายดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า การสอบเทียบ หมายถึง กรรมวิธีที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัด โดยสร้างความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดกับเครื่องมือมาตรฐานและมีการปฏิบัติภายใต้ภาวะที่กำหนดไว้

โดยหลังจากทราบความหมายของการสอบเทียบแล้ว จะมีคำศัพท์อีกคำหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ในเรื่องของการสอบเทียบ นั้นคือคำว่า มาตรวิทยาโดยมีนิยามไว้ดังนี้

มาตรวิทยา นั้นเป็นศัพท์ที่ ประกอบด้วยคำ 2 คำ นั้นคือ คำว่า มาตร ที่หมายถึง การวัด การแสดงออกที่ให้เห็นผลซึ่งขนาด ทิศทาง น้ำหนัก เป็นต้น ส่วนอีกคำ คือคำว่า วิทยา ที่หมายถึง ศาสตร์หรือวิชาการที่ประกอบเป็นกระบวนการเรียนรู้ โดยเมื่อนำเอาคำ 2 คำมาประกอบกัน จึงเป็นคำว่า มาตรวิทยา โดยได้มีการให้นิยามของคำว่ามาตรวิทยาไว้ดังนี้ คือ

มาตรวิทยา หมายถึง ความรู้ที่เกี่ยวกับการวัด (ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมไทย-ญี่ปุ่น 2546 : 242)

หมายเหตุ : ,มาตรวิทยาครอบคลุมทุกเรื่อง ทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ ไม่ว่าจะมีความแม่นระดับใด และไม่ว่าจะอยู่ในสาขาวิทยาศาสตร์หรือสาขาเทคโนโลยีใด

มาตรวิทยา หมายถึง มาตรวิทยา หรือการวัดว่า เป็นศาสตร์หรือวิชาการเกี่ยวกับการวัดปริมาณต่าง ๆ เช่น ความยาว น้ำหนัก แรงปริมาตร แสง เสียง อุณหภูมิ ไฟฟ้า ฯลฯ เป็นต้น เพื่อให้เป็นที่แน่นอนว่าปริมาณต่าง ๆ ที่วัดได้นั้นมีความถูกต้องและเที่ยงตรง (อินทร พิชิตานนท์ (2543 : 83))

จากความหมายดังกล่าวอาจสรุปได้ว่า มาตรวิทยา หมายถึง ศาสตร์ที่ปันวิชาการที่ว่าด้วยกรรมวิธีในการวัดที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับ ปริมาณในด้านต่างๆเช่นความยาว น้ำหนัก อุณหภูมิ หรืออื่นๆ เป็นต้น พร้อมกับเป็นวิชาการที่อธิบายในเรื่องของการวัดที่ถูกต้อง เพื่อให้มาซึ่งการวัดที่ถูกต้อง

1.2 ระบบการวัดมาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

ในส่วนของหัวข้อที่กล่าวต่อไปนี้เป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับการวัด โดยในการสอบเทียบไม่ว่าจะเป็นในสายงานด้านไหนก็ตาม จะมีการวัดเข้าไปเกี่ยวข้องเสมอ และในการสอบเทียบนั้นจะมีการวัดที่มีการวัดที่เป็นระบบโดยการวัดที่เป็นระบบนั้น ได้กำหนดเป็นระดับ ในอันที่จะแสดงให้เห็นถึงการเป็นระบบ และเมื่อเกี่ยวกับการสอบเทียบ ยอมจะต้องเกี่ยวกับมาตรฐาน ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนั้น ได้มีการอธิบายถึงระบบการวัดมาตรฐานต่าง ๆโดยแยกเป็นส่วนต่าง ๆไว้ดังนี้ คือ

1.2.1 มาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ

1.2.1.1 มาตรฐานของการวัด (Measurement Standard) หมายถึง ปริมาณทางฟิสิกส์ที่ สามารถที่จะนำมาแสดงในให้เห็นได้ สัมผัสได้ โดยมีการกำหนดค่าของปริมาณทางฟิสิกส์ได้ โดยสามารถที่จะอธิบายได้อันได้แก่ ขนาดของความยาวมาตรฐานที่ 1 เมตรมาตรฐาน หรืออาจจะสมมติว่า แท่งเหล็กขนาด 1 เมตรแท่งหนึ่ง มีการกำหนดให้แท่งเหล็กแท่งนี้ ถือว่าเป็นวัตถุที่แสดงถึง 1 เมตรมาตรฐานก็ได้

1.2.1.2 มาตรฐานสากล (International Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบที่มีการกำหนดขึ้น โดยความเห็นชอบของประเทศต่าง ๆที่มีข้อตกลงต่อกัน อันที่จะสามารถนำกระบวนการหรือวิธีการนั้นที่มีการกำหนดขึ้นนำไปใช้ต่อไป

1.2.1.3 มาตรฐานแห่งชาติ (National Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบที่ประเทศนั้นๆได้มีการกำหนดขึ้น เพื่อใช้ภายในประเทศหรืออาจถูกใช้ไปทั่วโลกก็ได้

1.2.1.4 มาตรฐานขั้นปฐมภูมิ (Primary Standard) หมายถึง มาตรฐานของการวัดที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่ามีคุณภาพสูงสุดทางมาตรวิทยา และค่าของมันเป็นที่ยอมรับว่าถูกต้องโดยไม่ต้องสอบเทียบกับมาตรฐานอื่นใดในปริมาณเดียวกัน (สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (2541:36))

1.3.1.5 มาตรฐานขั้นทุติยภูมิ (Secondary Standard) หมายถึง มาตรฐานของการวัดที่ได้มีการถูกถ่ายทอดของผลการวัดในระดับขั้นรองลงมา

1.2.1.6 มาตรฐานอ้างอิง (Reference Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบภายในประเทศนั้นๆ โดยยังคงไว้ซึ่งหลักเกณฑ์ทางระบบการวัดทางมาตรวิทยา เพื่อจะได้ผลการวัดหรือผลการสอบเทียบที่มีความถูกต้องและมีคุณภาพ

1.2.1.7 มาตรฐานที่ใช้งาน (Working Standard) หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการใดที่ใช้ในการสอบเทียบ โดยที่ทางองค์กรหรือหน่วยงานมีการนำไปใช้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.2.2 มาตรฐานการวัดที่ 1 เมตร มาตรฐาน

ในระบบการวัดทางมาตรวิทยานั้นมีด้วยกันหลายสาขา โดยแบ่งตามรากฐานของหน่วยวัด ของแต่ละหน่วยวัด โดยรากฐานการวัดทางมาตรวิทยานั้นจะมีด้วยกัน 7 หน่วยการวัด คือ

- ปริมาณรากฐานทางความยาว มีหน่วยวัด คือ เมตร (Meter)
- ปริมาณรากฐานทางเวลา มีหน่วยวัด คือ วินาที (Second)
- ปริมาณรากฐานทางน้ำหนักหือมวล มีหน่วยวัด คือ กิโลกรัม (Kilogram)
- ปริมาณรากฐานทางกระแสไฟฟ้า มีหน่วยวัด คือ แอมแปร์ (Ampere)
- ปริมาณรากฐานทางอุณหภูมิ มีหน่วยวัด คือ เคลวิน (Kelvin)
- ปริมาณรากฐานของสาร มีหน่วยวัด คือ โมล (Mole)

- ปริมาณรากฐานทางความเข้มของแสงสว่างมีหน่วยวัดคือ แคนเดลา (Candela)

โดยทั้งหมดจะเป็นหน่วยของการวัดที่เป็นพื้นฐานของการวัด เพื่อจะได้เป็นสิ่งกำหนดค่าของสิ่งที่ถูกวัดและเป็นที่เข้าใจเหมือนกันของค่าที่ถูกวัดนั้นๆ

โดยในส่วนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น จะขอกล่าวในส่วนที่เป็นเรื่องของความสัมพันธ์ทางการวัดทางด้านความยาว (Length) ที่มีปริมาณรากฐานการวัดทางด้านความยาว มีหน่วยวัดคือเมตร(Meter) โดยได้อ้างอิงจากเอกสารสัมมนาเรื่องการเทียบมาตรฐานเชิงมิติโดยหลักการ Laser Interferometer (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม.2546:4-12)ดังต่อไปนี้คือ

1.2.2.1 ประวัติความยาวของเมตรมาตรฐาน

ความเป็นมาของการใช้หน่วย "เมตร" เป็นหน่วยสากลในการวัดความยาว

**** ปัจจุบันคำจำกัดความของ 1 เมตร ที่ใช้เป็นหน่วยวัดความยาว ก็คือ "การกำหนดความยาว 1 เมตรได้จากระยะทางที่แสงเดินทางไปในสูญญากาศเป็นเวลา 1/299792458 วินาที" ****

คำจำกัดความของความยาว 1 เมตร ดังกล่าว มีพื้นฐานมาจากค่าคงที่สากลที่เป็นค่าธรรมชาติ 2 ค่า คือ ความเร็วของแสง (เมตร/วินาที) และเวลา (วินาที) ก่อนที่จะมาถึงจุดนี้ได้ก็มีความเป็นมาที่ยาวนานทีเดียว ในโลกซึ่งมีการใช้เทคนิคชั้นสูงของเรานั้นจำเป็นต้องมีระบบซึ่งมีความเที่ยงตรง และสมบูรณ์พร้อม ในแต่ละกิจกรรม งานหลายๆ ด้านต้องการการนิยามและควบคุมการปฏิบัติที่แม่นยำ ซึ่งจะทำให้เราสามารถใช้สำหรับยืนยันได้ว่าหน่วยของการวัดของเรานั้นคงที่เหมือนเดิมตลอดเวลา

ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบของหน่วยการวัดสากลนั้นเป็นสิ่งสำคัญมาก แต่มาถึงจุดนี้แล้วเราจะไม่บรรยายถึงเหตุผลว่าทำไมจึงสำคัญ แต่เราจะมุ่งความสนใจไปที่เรื่องของประวัติของมาตรวิทยาเชิงมิติ, วิทยาศาสตร์ของการวัด และเรื่องราวของหน่วยวัดสากลซึ่งสร้างขึ้นได้ไม่ยากคือหน่วยเมตรนั่นเอง ในที่นี้จะได้กล่าวรวมถึงการจัดตั้งและการนิยามหน่วยเมตรที่มีความเที่ยงตรงและความน่าสนใจมากขึ้น

ย้อนหลังกลับไปเมื่อนานมาแล้ว

การวัดในสาขาต่าง ๆ เกิดขึ้นมานานแล้ว เกือบจะเท่ากับประวัติศาสตร์มนุษย์เลยทีเดียว เมื่อมนุษย์มีการพัฒนาขึ้นก็จะมีการดัดแปลงเทคโนโลยี และพัฒนามาตรฐานของการวัดให้สูงขึ้นไปพร้อมๆกัน มาตรฐานของการวัดในสมัยแรกๆ มีพื้นฐานมาจากการใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ที่มีขนาดปานกลาง หรือขนาดสัดส่วนของผู้ปกครองท้องถิ่น เช่น การใช้ความหนาของนิ้ว, ความกว้างของมือ, ความยาวของข้อนิ้ว, แขน, เท้า, ระยะก้าวเดิน ฯลฯ การใช้มาตรฐานดังกล่าว คิดขึ้นมาตามยุคตามสมัย และมีความเที่ยงตรงพอเหมาะกับยุคนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ที่เมือง Chaldees บน แม่น้ำไนล์ได้มีนักโบราณคดีขุดค้นพบวัตถุโบราณ อายุประมาณ 4000 ปี ก่อนคริสตกาล ที่เรียกศอกพระราชา (King's Elbow) (ขนาด 463.3 mm) ถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานสามัญในสมัยนั้น โดยมีนิยามหน่วยไว้ว่า 1 elbow = 1.5 feel = 2 hand span = 6 hand width = 24 inch และหน่วยวัด "ศอกพระราชานี้" ไม่เกี่ยวข้องกับหน่วยอังกฤษ (หน่วยหลา) ที่บัญญัติขึ้นเมื่อปี คศ.1101 โดยพระเจ้าเฮนรี่ที่ 1 ผู้ซึ่งกำเนิดหน่วยการวัดใหม่ ใช้แทนของเดิมพระองค์กำหนดให้ความยาวจากปลายจมูกถึงปลายนิ้วหัวแม่มือของพระองค์เป็นหน่วยวัดความยาวมาตรฐานเรียกว่า 1 หลา (yard) และหน่วยนี้เราก็ยังคงใช้มาจนถึงทุกวันนี้

ความพยายามในการที่จะหาค่าคงที่มาตรฐานอ้างอิงในธรรมชาติ

ที่ยุโรปช่วงยุคกลาง ก็มีเมือง และรัฐต่าง ๆ เกิดขึ้นมากจนทำให้งานในสาขาของการวัดเกิดความวุ่นวาย แต่เดิมนั้นแต่ละอาณาจักร หรือแต่ละเมือง ที่ทำการค้าขายกันจะจัดตั้งระบบการวัดของตนเองขึ้นมาโดยถือเครื่องมือมาตรฐานที่ตนเองคิดค้นได้ เป็นสื่อกลางในการค้าของใครของมัน และก็เป็นธรรมดาที่ต่อมาได้เกิดความสับสนต่อเครื่องมือมาตรฐานที่ถือกันอยู่นั้น กล่าวคือหน่วยวัดชื่อเดียวกันอาจมีปริมาณไม่เท่ากันหรือหน่วยวัดที่ใช้ชื่อเรียกต่างกันอาจได้มาจากกรรมวิธีการวัดอย่างเดียวกันในแต่ละเมืองที่เป็นคู่ค้ากัน จึงเป็นเหตุให้มีแนวคิดริเริ่มที่จะใช้มาตรฐานที่สามารถอ้างอิงได้จากธรรมชาติ เป็นมาตรฐานสากล

ปี ค.ศ. 1528 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Jean Fernel มีแนวคิดที่จะใช้ขนาดของผิวโลกเป็นมาตรฐานสากลในการวัด เป็นผู้ผลักดันแนวคิดที่จะกำหนดให้ระยะทางระหว่างเมือง Paris และเมือง Amen ตามแนวเส้นแวง (Longitude) เป็นระยะทางมาตรฐานสากล ตรงนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดทำนองนี้ และในอีกหลาย ๆ ร้อยปีถัดมาก็ได้มีนักวิทยาศาสตร์หลาย ๆ ท่านได้เสนอแนวทางที่จะใช้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลากหลายแนวทางมาเป็นมาตรฐานอ้างอิงสากล ยกตัวอย่างเช่น การใช้ตัวแปรของความถี่และระยะการแกว่งของลูกตุ้มในลักษณะวงเวียนที่กางทำมุมต่างๆ มาเป็นมาตรฐาน

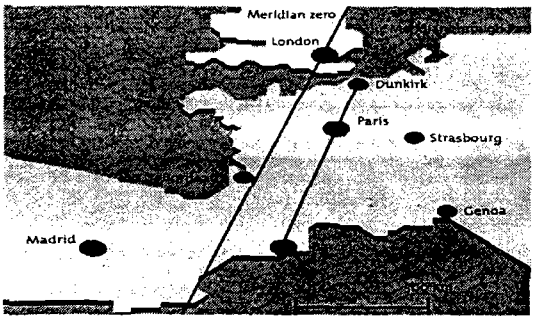
ครั้นเมื่อปี ค.ศ. 1670 นักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศสคือ Gabriel Mouton ได้ย้อนกลับไปสู่แนวคิดของ Fernel ที่คิดไว้เมื่อ 150 ปีก่อน (เกี่ยวกับการใช้ขนาดของผิวโลกเป็นระยะมาตรฐาน) แนวคิดของ Gabriel ในขณะนั้น กล่าวว่าระยะทางมาตรฐานน่าจะเป็นระยะที่ครอบคลุมความยาว ตามเส้นแวงขณะที่กางมุม 1 ลิปดาจากแกนโลก โดยสามารถใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงตามธรรมชาติได้ เรียกว่า "Milliare" ต่อมาได้มีการแบ่งย่อยมันเป็นสิบๆ ส่วน อย่างไรก็ตามหลักการของลูกตุ้มก็ยังคงมีใช้งานแพร่หลายมากขึ้น แต่หน่วยการวัดระยะทางก็ยังคงเป็นปัญหาอยู่ในขณะนั้น จนถึงช่วงปลายศตวรรษที่ 18 มีปัญหาอย่างมากในการเลือกใช้ระยะมาตรฐานสากล ทั้งในภาคอุตสาหกรรม, ภาควิทยาศาสตร์ และภาคการเมือง

จุดกำเนิด 1 เมตรมาตรฐานปี 1790

ช่วงปี 1790 เป็นช่วงที่มีการปฏิวัติในฝรั่งเศส เกิดการพิจารณาให้กำหนดนิยามของความยาวมาตรฐานขึ้นโดยมี Charles de Talleyrand เป็น Bishop แห่งโบสถ์ Autun ก่อนที่จะออกจากโบสถ์ได้สร้างการยอมรับระบบมาตรฐานใหม่ทางด้านน้ำหนัก และมีการจัดตั้งคณะกรรมการโดยวิทยาลัยวิทยาศาสตร์แห่งปารีส มีการเชิญผู้มีชื่อเสียงแต่ละด้านเข้าร่วมประชุม เช่น Jean Charles de Bordas, Joseph–Louis Lagrange, Pirre-Simon Marquess of Laplace, Gaspard Monge และ Marie – Jean Antoine de Caritat ผู้เป็นขุนนางแห่ง Condorcet ที่ประชุมได้ลงความเห็นว่าจำเป็นต้องมีการนิยามหน่วยวัดความยาวใหม่ โดยยึดถือจากความยาวของเส้นรอบวงของผิวโลก

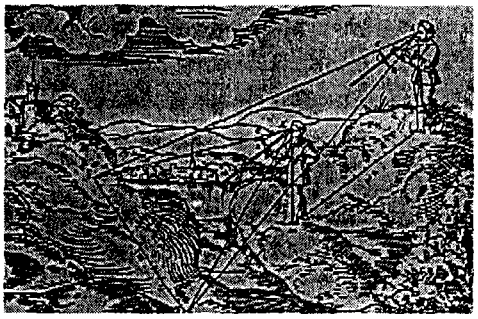
ในส่วนของความยาวมาตรฐานที่ได้มาจากมุมของลูกตุ้มก็ถูกยกเลิกไป เพราะเวลาสร้างใหม่แล้วไม่ค่อยจะเที่ยงตรง จึงมีข้อพิจารณาที่พอจะเป็นไปได้เหลืออยู่ 2 ข้อ คือ การใช้ระยะ Quadrant (1 ใน 4) ของเส้นรุ้ง (Equator) หรือเส้นแวง (Meridian) แต่การวัดตามเส้นรุ้ง (Equator) นั้นทำได้ยาก จึงทำการวัดระยะทางในแนวเส้นแวง (Meridian) โดยใช้ระยะทางตามเส้นแวงที่ผ่านเมือง Dunkirk และเมือง Barcelona (ดูรูปที่ 1) และมีความเปลี่ยนแปลงครั้งต่อมา เมื่อวันที่ 26 มี.ค 1791 โดย French National Assembly ได้นิยามมาตรฐานอ้างอิงทางความยาวเสียใหม่ โดยถือเอาระยะทาง 1 ในสิบล้านของความยาว 1 Quadrant ของเส้นแวงส่วนที่ลากผ่านเมืองปารีส และการตั้งชื่อหน่วยใหม่จำเป็นต้องให้เกิด

ความเป็นสากลไม่เข้ามาทางชาติฝรั่งเศสมากไปนักท่าน Jean Charles de Bordas จึงเสนอให้ใช้ภาษากรีกว่า "**Metron**" (μετρον) แปลว่า ***Dimension*** ที่จุดนี้จึงถือเป็นจุดกำเนิดของหน่วย Metre (เมตร)



ก)

รูปที่ 1 ก) เส้นทางที่กำหนดให้ใช้เป็นความยาวมาตรฐาน (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:7)



ข)

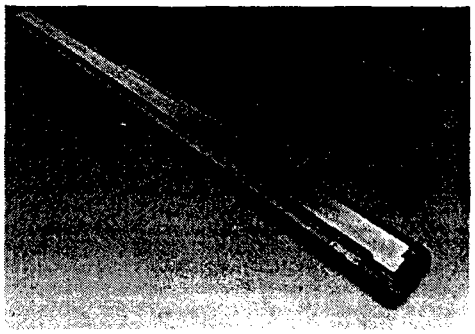
รูปที่ 1ข) การวัดระยะทางแบบ Trigonometrical (กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:7)

ครั้นเมื่อ **25มิ.ย.1792** มีนักสำรวจ 2 ท่านชื่อ Jean-Baptise Joseph Delambre และ Pierre-Fancois Andre Mechain เริ่มทำการสำรวจโดยใช้วิธี Trigonometrical พวกเขาเดินทางขึ้นๆ ลงๆ ไปตามสภาพภูมิประเทศตามเส้นทางที่กำหนด โดยทำการสำรวจเป็นช่วงๆ พอเหมาะกับที่เครื่องมือสำรวจแบบ Optical สมัยนั้นจะสามารถทำได้ โดยที่ Delambre รับผิดชอบการสำรวจในทิศเหนือ ในขณะที่ Mechain ไปในทิศใต้ กรรมวิธีในการวัดที่จริงแล้วยาวนานมาก เริ่มจากปี 1792 ซึ่งเป็นปีที่สาธารณรัฐแรกประกาศตัว หลังจากการปฏิวัติในฝรั่งเศสในวันที่ **14 ก.ค.1789** และจบสิ้นการวัดลงเมื่อปี **1798** การทำงานสำรวจครั้งนั้นมีความเสี่ยงสูงต่อชีวิต เพราะบางครั้งก็ต้องทำการวัดระยะทางผ่านหอคอยสูง ๆ ของโบสถ์ หรือยอดเขาสูง ๆ โดยมีเครื่องมือประหลาดเป็นตัวช่วย ทำให้ดูเหมือนกับเป็นพวกจารชน จนต้องโดนจับกุมตามรัฐต่างๆ ที่เดินทางผ่านไปอยู่หลายครั้ง แต่ผลสุดท้ายงานก็จบลงได้ เป็นเพราะแรงกดดันของนักการเมืองในปารีส จากผลการปฏิบัติงาน ได้ค่าความผิดพลาดของระยะทางตามแนวเส้นแวง (Meridian) ระหว่างเมือง Dunkirk และเมือง Barcelona มีค่าเพียง 2,000 เมตรเท่านั้น

<u>การนำเสนอหน่วย "เมตร" ในทางฟิสิกส์เป็นครั้งแรก</u>

ในช่วงปี **1792** ถึง **1793** ขุนนางที่เป็นนักคณิตศาสตร์และนักปรัชญาแห่ง Condocet ได้เป็นประธานในการประชุมแห่งชาติฝรั่งเศส (*French National Assembly*) ณ เวลานั้นเขาได้เล็งเห็นว่า "**ระบบหน่วยการวัดสากลนั้นเป็นสิ่งจำเป็นลำดับต้นๆ ที่จะทำให้เกิดความเท่าเทียมกันในมวลมนุษย์**" ระหว่างที่คณะกรรมการศึกษาจะอนุมัติรายงานฉบับสุดท้ายในปี **1793** ที่ประชุมแห่งชาติได้ตัดสินให้สร้างอุปกรณ์ความยาวเมตรมาตรฐานชั่วคราว (Provisional Metre Standard) ซึ่งผู้สร้างคือวิศวกรชาวปารีสชื่อ Lenor

ต่อมาเมื่อผลการวัดครั้งสุดท้ายจบสิ้นลง ตัวเมตรชั่วคราวก็ถูกยกเลิก และจึงได้มีการนำมาตรฐานเมตรแท้ๆ ที่ได้จากนิยาม (True Definitive Metre) มาใช้แทนมีลักษณะเป็นแท่งพลาตินั่มมีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 25 x 4.05 x 1000 มม. (ดูรูปที่ 2)



รูปที่ 2 มาตรฐาน "เมตร" ที่ได้จากนิยาม (True Definitive Metre)
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:8)

ในขณะนั้นเรื่องของหน่วยเมตรมาตรฐาน ได้เป็นงานในระดับนานาชาติไปเสียแล้ว ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมาธิการเรื่องการวัดสากล CGPM (Commision Generale des Poids et Measures) ประกอบด้วยคณะผู้แทนจาก 10 ประเทศในทวีปยุโรป และในเดือน **ก.ย. 1798** ได้มีการทวนสอบผลการวัดระยะทางตามแนวเส้นแวง ที่ทำการวัดบนพื้นฐานของการวัดเชิงมุมถึง 1800 มุม เป็นที่เรียบร้อย จึงทำให้เกิดการคำนวณจนได้นิยามว่า ความยาว 1 เมตรเกิดจาก เส้นปารีส (Paris line) หารด้วย 443,295,393 คณะกรรมมาธิการจึงได้สรุปนิยามความยาวของแท่งพลาตินั่มมาตรฐานที่สร้างมาขึ้นมาใหม่นั้นว่ามีความยาว 443.296 ของเส้นปารีส, และในกาลต่อมาการวัดสมัยใหม่ได้แสดงให้เห็นว่าความจริงแล้วสูตรดังกล่าวมีความผิดพลาดอยู่ –0.2 mm (2×10^{-4}m) คือสั้นกว่าขนาดจริง 0.2 mm นั่นเอง

"ผลของการที่ความยาว 1 เมตรมาตรฐานถูกเปลี่ยนมาเป็นแท่งพลาตินั่มในครั้งนั้น ทำให้น้ำหนัก 1 ก.ก. มาตรฐานเปลี่ยนจากการใช้น้ำ 1 ลิตรที่ 4 °C ไปเป็นตุ้มน้ำหนักที่ทำจากพลาตินั่มไปด้วย"

เมื่อ **22 มิย. 1799** สำนักงานสารบัญแห่งชาติของฝรั่งเศสได้มีการจัดระเบียบนิยามต่าง ๆ ให้เหมาะสมได้มีการเปลี่ยนให้ความยาวเมตรมาตรฐานและน้ำหนักกิโลกรัมมาตรฐานจะต้องทำจากพลาตินั่มไปพร้อมๆ กัน โดยวันที่ประกาศใช้นั้นถือเป็นวันเกิดของระบบเมตริก (Metric System) และในขณะเดียวกันสถาบันศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (Academy of Science) ได้นำเสนอแนวคิดที่จะเชื่อมโยงให้ความยาว 1 เมตร มีการแบ่งช่วงใช้ระบบเลขฐาน 10 ที่จุดนี้ ทำให้การที่จะเพิ่มหรือลดหน่วยวัดทำได้ง่ายๆ โดยการเติม "0" เข้าไป หรือตัด "0" ออกมา และพวก Dutch, Sweden ก็มีความเห็นสนับสนุนเรื่องนี้ จึงมีการพิจารณาตกลงให้ใช้คำนำหน้า (Prefix) ช่วยในการแปลงหน่วยวัดในระบบเมตริกให้ใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงได้ โดยการใช้คำ kilo-, deci-, centi-, และ milli- เพื่อจะใช้ในคำจำกัดความของหน่วยวัดทั้งหลายในระบบเมตริก กฎหมายนี้ผ่านความเห็นชอบเมื่อวันที่ **10 ธค. 1799** กำหนดให้แท่งพลาตินั่มที่ทำขึ้นรู้จักในนามของเมตรมาตรฐาน (Metre des Archives) หรือ "มาตรฐานอ้างอิงโดยกฎหมาย" และระบบเมตริกก็เป็นกฎหมายที่บังคับใช้ทุกสถานที่ในฝรั่งเศส แต่ก็ยังคงจะต้องใช้เวลาหลายปีอยู่เหมือนกันกว่าที่จะมีการยอมรับหน่วยเมตรเป็นมาตรฐานสากล ในปี **1837** สถาบัน Loi Relative aux Poids et Measures ได้ประกาศว่า หน่วยเมตรเป็นเพียงหน่วยเดียวที่ใช้วัดความยาว และในช่วงเวลา 30 ปีต่อมา รัฐบาลฝรั่งเศสได้ผลิต "Metre des Archive" โดยเลียนแบบจากของจริงแล้วส่งไปตามประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

อย่างไรก็ดีเมื่อเวลาผ่านไปนักวิทยาศาสตร์ และนักมาตรวิทยาทั้งหลายก็ได้ตระหนักถึงการที่จะทดแทนวิธีการวัดระยะทางเพื่อทวนสอบหาค่าความยาว 1 เมตรด้วยวิธีใหม่ เหตุจากมีผู้ให้ความเห็นว่าการจะอ้างอิงหน่วยมาตรฐานสากลโดยอาศัยหลักการวัดระยะทางไปตามผิวโลกแบบเดิมนั้นอาจไม่ใช่ความคิดที่ดีนักถึงแม้จะเป็นที่ทราบกันดีอยู่ว่าผิวโลกนั้นจะมีรูปทรงกลมที่สมบูรณ์และรูปร่างก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลามาก แต่นักฟิสิกส์ก็ยังมีแนวคิดว่าการผลิตแท่งความยาวมาตรฐานที่จะใช้ทั่วโลกน่าจะทำได้ด้วยระบบที่มีความกระทัดรัดกว่าการที่จะไปวัดระยะบนผิวโลก **เริ่มต้นใหม่อีกครั้ง**

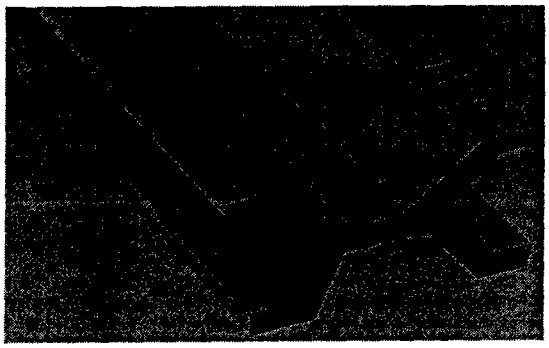
ต่อมาเสียงเรียกร้องจากทั่วโลกในเรื่องความยาวมาตรฐานสากลก็มีความจำเป็นขึ้นมาอีก เมื่อโรงงานจักรกลได้มีการขยายตัวมากขึ้น และเปิดรับแนวทางของอุตสาหกรรมการผลิตแบบใหม่ ได้มีการปฏิวัติรูปแบบของการผลิตชั้นนำที่แหวกแนว และมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตัวอย่างเช่น การคิดค้นเครื่องปั่นด้ายในอุตสาหกรรมทอผ้า,การปรับปรุงเครื่องจักรไอน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดจนถึงการขยายรางรถไฟ เป็นต้นคณะกรรมมาธิการจัดงานแสดงสินค้าที่กรุงปารีส (Paris Exposition) จัดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1867 มีจุดประสงค์ที่จะกำหนดระบบหน่วยการวัดสากลที่ใช้อย่างเป็นทางการและเป็นที่ยอมรับทั่วโลก เมื่อเดือน **ส.ค. 1870** ได้มีการประชุมคณะกรรมมาธิการว่าด้วยเรื่องหน่วยเมตรระหว่างชาติ (International Metre Commission) ที่กรุงปารีสอีกครั้ง องค์ประชุมประกอบด้วยตัวแทนจากกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป 14 ประเทศ และตัวแทนจากรัฐต่างๆ ในอเมริกา 8 รัฐ ที่ประชุมได้ผ่านวาระการประชุมว่าด้วยเรื่องการเผยแพร่ระบบเมตริกให้ใช้เป็นระบบมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก และต่อมาเมื่อเดือน **เม.ย.1872** คณะกรรมมาธิการดังกล่าวได้แต่งตั้งคณะกรรมการวิจัยขั้นเตรียมการ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 8 ท่าน มีหน้าที่พิจารณาผลิตต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติขึ้นมาใหม่ รวมทั้งมาตรฐานแห่งชาติที่จะทำจำลองนั้นจะทำด้วยโลหะผสม (Alloy) ที่มีความทนทานสูงทำจากพลาตินั่ม 90% และ อิริเดียม 10%

รูปที่ 3 ต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติ
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:9)

หลังจากนั้นไม่นานได้มีบริษัทในลอนดอนชื่อ บริษัท Johnson & Matthey ได้ผลิตแท่งความยาว 1 เมตรมาตรฐานขนาดเท่าๆ กัน และรูปร่างเหมือนๆ กันขึ้นมา 30 ชิ้น (รูปที่ 3) และเลือกมา 1 ชิ้น เพื่อกำหนดให้เป็น **"ต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติ"** หลังจากที่ได้มีการทดลองหลอมโลหะครั้งแรกถึง 6 ปี ส่วนแท่งความยาวมาตรฐานที่เหลือได้แจกจ่ายไปยังตัวแทนของ 17 ประเทศที่ร่วมลงนามในสนธิสัญญาเมื่อวันที่ 20 พ.ค.1875 การแจกจ่ายดำเนินไปจนถึงปี 1889 การลงนามเห็นชอบในสนธิสัญญาของที่ประชุมหน่วยมาตรฐาน (Metre Convention) ครั้งนั้นมีความสำคัญมากเพราะประกอบด้วยผู้ร่วมประชุม

จากประเทศต่าง ๆ ดังนี้ อาร์เจนตินา แอสโตร-ฮังการี, เบลเยี่ยม, บราซิล, เดนมาร์ค, ฝรั่งเศส, เยอรมันนี, อิตาลี, เปรู, โปรตุเกส, รัสเซีย, สเปน, สวีเดน – นอร์เวย์, สวิตเซอร์แลนด์, ตุรกี, USA และเวเนซูเอลา

เนื่องจากคุณภาพของพลาตินั่มที่ใช้ทำเกจบล็อคนั้นไม่ค่อยจะดีนัก พบว่าที่ผิวหน้าทั้ง 2 ด้านสึกกร่อนได้ง่าย จึงมีการเสนอให้ปรับปรุงต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติเสียใหม่ โดยออกแบบให้เป็นแท่งความยาวมาตรฐานที่มี พ.ท.หน้าตัดเป็นรูปตัว X ขนาด 20 x 20 mm (รูปที่4) เพื่อให้เกิดความแข็งแรงสูงสุด และมีน้ำหนักเบาที่สุด (ประมาณ 3.3 กก. เท่านั้น) มีการทำเครื่องหมายกำหนดระยะ 1 เมตรมาตรฐานไปตามผิวหน้าของด้านยาวเป็นขีด 3 คู่ ที่ปลายทั้ง 2 ด้าน โดยธรรมชาติของพื้นที่หน้าตัดแบบนี้จะสามารถรับแรงดึง และแรงกดอัดตามแนวยาวได้ดี อีกทั้งยังมีความคงทนต่อแรงบิดงอด้วย ระยะทางระหว่างรอยที่ทำเครื่องหมายไว้มีความยาวเทียบเท่ากับ 1 เมตร ที่อุณหภูมิ 0 ^{o}C ตั้งแต่ปี **1889** หน่วยงาน General Conference on weight and measures (Conference Generale des Poids et Measure (CGPM)) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับมาตรฐานทั่วๆ ไปในระบบ Metric ข้อพิจารณาต่าง ๆ ของ CGPM เกี่ยวกับระบบมาตรฐานนั้นจะมีผลบังคับใช้ทางกฎหมายในประเทศกลุ่มสมาชิกที่ร่วมประชุม International Metre Convention ซึ่งรวมถึงการประกาศใช้ระบบหน่วยสากล (International System of Unit) (SI) ก็อยู่ในความดูแลของ CGPM อีกทั้ง CGPM นี้ก็เป็นสำนักงานอย่างเป็นทางการของที่ประชุม International Metre Convention ด้วย บรรดาคณะกรรมการที่ร่วมเป็นสมาชิกของที่ประชุมดังกล่าวมีหน้าที่จัดการสถานที่ และเป็นธุระจัดเตรียมการประชุมสามัญในวาระต่างๆ ซึ่งได้ประสพผลสำเร็จในการจัดการประชุมครั้งแรกเรื่อง "นิยามของหน่วยเมตรต้นแบบ (Prototype definition of metre)"



รูปที่4 Prototype definition of metre
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:10)

<u>การปรับเปลี่ยนรูปแบบของตัวมาตรฐานในครั้งต่อมา</u>

สิ่งที่สำคัญในทางมาตรวิทยาของตัวต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาตินั้นก็คือความเชื่อถือได้เรื่องความยาวทางกายภาพของตัวมันนั่นเอง ซึ่งในกาลต่อมาก็ได้มีการพิสูจน์ถึงสาเหตุสำคัญที่แสดงให้เห็นว่าตัวต้นแบบดังกล่าวไม่มีความเหมาะสมอีกต่อไป สาเหตุที่สำคัญก็คือความไม่แน่นอนของร่องบอกระยะเมตร (Marking) บนตัวมันเอง ได้มีนักมาตรวิทยาทำการวิเคราะห์รอยบากของร่อง โดยส่องกล้องขยายกำลังสูง พบว่ามันไม่ตรง (มองคล้ายๆ กับเส้นบิดงอ) ประกอบกับความหนาของร่องก็ไม่คงที่ และลายที่ขอบก็ไม่ตรงซึ่งสาเหตุดังกล่าว ได้มาจากข้อสรุปของสำนักงานมาตรฐานทางน้ำหนักและการวัดระหว่างชาติ (International Office of Weight and Measure) หรือภาษาฝรั่งเศสว่า Bureau International des Poids

Measure (BIPM)) ขณะทำการถ่ายค่ามาตรฐานจากตัวต้นแบบลงไปยังตัวมาตรฐานรอง (Secondary) การวัดครั้งนั้นได้ค่าความไม่แน่นอนที่พิสูจน์ได้ถึง +-0.2 UM. ซึ่งค่านี้จะถูกนำไปเป็นตัวประกอบในการหาความไม่แน่นอนของตัวมาตรฐานระดับรองลงไปที่จะต้องลอกแบบไปจากตัวต้นแบบนี้ ซึ่งหากคิดรวมกับค่าความไม่แน่นอนอันเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตด้วยแล้ว ก็นับว่าเป็นเรื่องที่ใหญ่โตพอสมควร

ในช่วงทศวรรษที่ **1890** ข้อกำหนดเกี่ยวกับความเที่ยงตรงทางด้านความยาวของแท่งมาตรฐานต้นแบบนั้นจำกัดไว้ไม่เกิน 1 um สำหรับต้นแบบที่ยาว 1 เมตร และ ผลิตภัณฑ์จากโรงงานอุตสาหกรรมทุกแห่งก็ยังคงมีการแข่งขันกันลดข้อผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดเสมอเพื่อผลทางการค้า ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นจุดที่ทำให้เกิดความรู้สึกว่าตัวมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้เป็นต้นแบบอยู่นั้นถึงเวลาที่จะต้องเปลี่ยนรูปแบบได้แล้ว มีคำถามเกี่ยวกับการใช้โลหะอัลลอยด์เป็นตัวมาตรฐานต้นแบบอยู่หลายเรื่อง เช่น ถ้าเกิดมีการชำรุดเสียหาย, ถ้ามีไฟไหม้ขึ้นมา, ถ้าเกิดสงคราม, หรือเกิดภัยธรรมชาติ แล้วเราจะเหลืออะไรไว้ทำมาตรฐานอ้างอิงต่อไป จึงทำให้กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ได้มีแนวคิดในขั้นต่อมาว่า ความยาวมาตรฐานนี้น่าจะมาจากพื้นฐานของกฎธรรมชาติ หรือจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ อันจะสามารถใช้อ้างอิง และทำซ้ำขึ้นมาได้ตลอดเวลาที่ไหนก็ได้บนโลก ซึ่งก็เป็นที่แน่นอนว่าจะต้องมีการนำเสนอนิยามใหม่ของความยาว 1 เมตร โดยมีการแจ้งถึงความเที่ยงตรงจากนิยามนี้อย่างชัดเจน

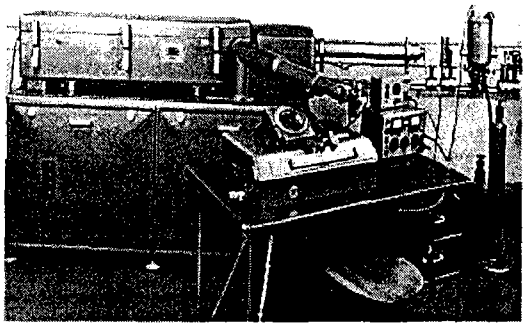
<u>ความก้าวหน้าครั้งยิ่งใหญ่ "นิยามของความยาวมาตรฐานจากความยาวคลื่นแสง"</u>

"นิยามความยาว 1 เมตร มีค่าเท่ากับความยาวคลื่นที่ได้จากการแผ่รังสีของแร่ Krypton (Kr^{86}) ซึ่งกำลังเปลี่ยนระดับพลังงานอยู่ในช่วง $5D_5$ และ $2P_{10}$ จำนวน 1650763.73 ช่วงคลื่น"

ย้อนกลับไปเมื่อปี ค.ศ.1827 นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ J.Babinet ได้เสนอแนวคิดที่จะใช้ความยาวคลื่นของแสงเป็นมาตรฐานอ้างอิงในหน่วยของความยาว น่าเสียดายที่เขาไม่ได้อยู่ดูความสำเร็จของแนวคิดนี้ โดยในปี 1889 เป็นปีที่ตัวต้นแบบเมตรมาตรฐานระหว่างชาติยังคงอนุมัติใช้ได้อยู่ตามกฎหมาย และมีการเริ่มต้นที่จะหาสิ่งอื่นมาทดแทน จึงทำให้มีการริเริ่มที่จะวิจัยกันมากขึ้น ส่งผลให้กิจกรรมทางด้านมาตรวิทยาในช่วงนั้นกลับมาตื่นตัว ในปี 1892 ได้มีนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ **Albert Abraham Michaleson** ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการแผ่รังสีของแสงในย่านที่มองเห็น โดยเลือกที่จะวิจัยแถบความถี่ในย่านแสงสีแดง ซึ่งเปล่งแสงออกมาจาก หลอด Cadmium แล้วต่อมาช่วงปี **1905–0906** ก็มีทีมนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ **Benoit , Fabry** และ **Parrot** ได้ทำการทดลองตามแนวทางของ Michaleson แต่เขาได้พัฒนากระบวนการวิจัยให้ก้าวหน้าไปมาก ผลงานวิจัยของพวกเขาในครั้งนั้นได้ให้คำตอบกับนักมาตรวิทยาเกี่ยวกับพื้นฐานของความยาวคลื่นที่จะจัดหามาทดแทนตัวต้นแบบตัวเดิม ซึ่งต่อมาก็ได้อนุมัติในการประชุม CGPM ครั้งที่ 7 ในปี **1927** ในยุคนั้นได้ให้คำนิยามของความยาว 1 เมตรว่ามีค่าเท่ากับ *"1552164.13 เท่าของความยาวคลื่นช่วงแสงสีแดงที่แพร่กระจายออกมาจากหลอด Cadmium ในอากาศปกติ"*

เนื่องจากกระบวนการวัดแถบความถี่แสงในสมัยนั้นยังไม่เป็นมาตรฐานสากล จึงยังคงกำหนดให้ใช้ตัวต้นแบบมาตรฐานระหว่างชาติเป็นตัวอ้างอิงหลักไปก่อนตามความจำเป็น จึงทำให้เกิดความคลุมเครืออยู่เรื่อยมาตลอดช่วงเวลา 30 ปีให้หลัง จนมาถึงเมื่อวันที่ 14 ตค. 1960 GCPM ได้จัดการประชุมครั้งที่ 11 ที่ประชุมลงความเห็นว่าการให้นิยามของเมตรมาตรฐานที่อ้างอิงไปถึงแท่งโลหะที่มีอายุ 80 ปีนั้น มีความเที่ยงตรงไม่เพียงพอ นิยามใหม่มาจากพื้นฐานของแถบความถี่ของคลื่นแสงสีส้ม ที่แผ่รังสีออกมาจากหลอด Krypton การตัดสินใจเปลี่ยนตัวมาตรฐานจากหลอด *Cadmium* ที่ผลิตแสงสีแดงมาเป็นหลอดแก๊ส Krypton (เป็นแก๊สเฉื่อยมีเลขมวล 86) เป็นผลมาจากการร่วมวิจัยของห้องปฏิบัติการแห่งชาติหลายประเทศ ผลของการเปลี่ยนตัวมาตรฐานนี้ทำให้เกิดนิยามของเมตรมาตรฐานที่เด่นชัดขึ้น

ลองมองที่ยุคปัจจุบัน แม้ว่าความยาวที่แท้จริงของระยะ 1 เมตร จะได้มาจากกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเที่ยงตรงสูง และยังต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมอย่างแน่นหนา แต่มันเป็นสิ่งจำเป็นต่อทุกคนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นการจะเข้าถึงได้จึงต้องมีการฝึกฝนความชำนาญอยู่ในโลกของช่างเทคนิค และวิศวกร และต่อมาเมื่อมีการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญขึ้นก็ได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ในทางมาตรวิทยาขึ้นมาหลายๆ วิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีหนึ่งที่มีความเที่ยงตรงสูง และเป็นไปได้นั้นก็คือการอาศัยปรากฏการณ์การแทรกสอด (Interference) ทางแสง หรือการเปรียบเทียบตำแหน่งของความยาวคลื่นแสง และได้มีการสร้างอุปกรณ์เปรียบเทียบความยาวโดยหลักการแทรกสอด (Interference Comparator)



รูปที่5 Interference Comparator
(กิตติศักดิ์ นักคิ้ม .2546:12)

หลอดกำเนิดความยาวคลื่นแสงมาตรฐานที่บรรจุแก๊ส Kr^{86} นี้ ได้รับการพัฒนาโดยห้องปฏิบัติการมาตรฐานทางฟิสิกส์และเทคโนโลยี (Laboratory of Physics & Technology) หรือชื่อภาษาเยอรมันว่า Physikalisch – Technische Bundesanstalt (PTB) แห่งสาธารณรัฐเยอรมันนี โดย Dr.R.Engelhard ซึ่งยังคงเป็นหลอดกำเนิดแสงที่มีความสำคัญในปัจจุบัน และใช้งานอยู่เฉพาะในกรณีพิเศษเท่านั้น จากความยาวคลื่นที่ได้หากนำไปใช้เป็นมาตรฐานทางความยาวแล้ว จะมีค่าความไม่แน่นอนในการวัดอยู่ที่ประมาณ $\pm$ 4 x 10^{-9} เมตร หรือ $\pm$ 0.004 um หรือ $\pm$ 4 nm. เท่านั้น หากจะเปรียบเทียบกันให้เห็นชัดๆ ก็คือ ถ้าเราจะทำการสอบเทียบความยาว 1000 กม. จะมีความไม่เที่ยงตรงเพียง $\pm$ 4 มม.

หลังจากที่วงการมาตรวิทยาได้มีการยอมรับนิยามเกี่ยวกับความยาวมาตรฐานตัวใหม่ในปี 1889 ซึ่งได้มาจากกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีความแม่นยำสูงขึ้นได้ไม่นานนัก ต่อมาในปี 1960 ได้มีการประกาศการค้นพบปรากฏการณ์ LASER ในอเมริกา โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Theodore H. Maiman (ในขณะที่ได้มีการประกาศใช้มาตรฐานที่เกิดจากแถบคลื่นของหลอด Krypton อยู่นั้นเอง) การประกาศใช้ตัวมาตรฐานอ้างอิงตัวใหม่นี้ให้ความเที่ยงตรงในการวัดสูงกว่าของเดิม ทั้งยังสามารถใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงได้สำหรับงานทุกวงการอีกด้วย

1.2.2.2 เครื่องมือวัดที่จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดในการถ่ายทอดค่าการวัดมาตรฐาน

โดยหลังจากได้ทราบที่มาของความยาว เมตรมาตรฐานแล้ว ก็ได้มีการคิดค้นสร้างเครื่องมือวัดขึ้นมา เพื่อจะได้นำไปใช้งานในทุกๆด้านที่มีการวัดทางด้านความยาว ในส่วนของเครื่องมือ

วัดที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะขอยกตัวอย่างเครื่องมือวัดที่จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดในระดับเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐาน ดังนี้คือ

- เกจบล็อก (Gauge Block) โดยเกจบล็อกจัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่มีลักษณะเป็นวัตถุที่ทราบค่าแน่นอน ใช้ในการถ่ายทอดค่าการวัดโดยการนำเครื่องมือวัดมาวัดเทียบกับเกบล็อก

- สเกลมาตรฐาน (Standard Scale) โดยสเกลมาตรฐาน จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่มีลักษณะเป็นวัตถุที่ทราบค่าแน่นอน โดยมีขีดสเกลระบุพิสัยของระยะทางที่แน่นอนใช้ในการถ่ายทอดค่าการวัดโดยการนำเครื่องมือวัดมาวัดเทียบกับสเกล

- เลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์ (Laser Interferometer) โดยเลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์ จัดว่าเป็นเครื่องมือวัดอ้างอิงมาตรฐานที่เป็นเครื่องมือวัดทางด้านความยาว ที่มีความถูกต้องมากที่สุด โดยหลักการของการแทรกสอดลำแสงมาใช้ในการกำหนดพิสัย ของความยาวมาตรฐาน โดยจะใช้เลเซอร์อินเตอร์ฟิลโลมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัด ที่กำหนดสเกลให้กับเครื่องมือวัดต่างลองลงมา เพื่อจะได้นำไปใช้ในการวัดพิสัยในการวัดต่อไป

1.3 องค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นถือว่าเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีขั้นตอนต่าง ๆ ในอันที่จะพิสูจน์หาค่าความถูกต้องและความผิดพลาดของเครื่องมือวัด เพื่อที่จะให้ได้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยในหัวข้อที่ว่าด้วยองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบนั้น จะขอกล่าวในส่วนที่เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีเนื้อหาและรายละเอียดต่าง ๆดังนี้คือ

1.3.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

1.3.2 ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบ

1.3.3 การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy)

1.3.4 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบ

1.3.5 ความผิดพลาดในลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสอบทียบ

โดยเนื้อหาในองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับการสอบเทียบ จะขอกล่าวเป็นหัวข้อที่ได้ระบุเป็นหัวข้อดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นดังนี้คือ

1.3.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งเครื่องมือวัดที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบให้กับเครื่องมือวัดที่ใช้งาน และเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ โดยจะมีคำศัพท์ที่สำคัญที่ต้องควรทราบ เพื่อที่จะทำให้การสอบเทียบมีประสิทธิภาพและคุณภาพมากขึ้น โดยจะขอกล่าวเป็นนิยามของคำศัพท์ต่าง ๆดังต่อไปนี้คือ

1.3.1.1 ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดค่าความสามารถของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ ว่าจะมีโอกาสคลาดเคลื่อนไปได้ในระดับที่ผู้ผลิตกำหนดขึ้น โดยจะยกตัวอย่าง เช่น Outside-Mireometer Range 0-25 mm มีค่าความถูกต้อง $\pm$ 0.01 mm นั้นแสดงให้เห็นว่า Outside-Mireometer ชนิดนี้ มีค่าความถูกต้อง $\pm$ 0.01 mm โดยมีแต่ละตำแหน่งที่มีการวัดนั้นมีโอกาสที่จะคลาดเคลื่อนไปได้ $\pm$ 0.01 mm

1.3.1.2 **ความละเอียด (Resolution)** หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆที่จะแบ่งแยกค่าการวัดได้ในระดับต่างๆที่แต่ละเครื่องมือวัดกำหนดขึ้น โดยมีค่าขนาดของสเกลที่ย่อยละเอียดลงไปเป็นไปในหลักของจุดทศนิยม ตั้งแต่ 1 หลัก 2 หลัก 3 หลัก ต่อไปเรื่อยๆ ที่เครื่องมือวัดได้กำหนดไว้

1.3.1.3 ค่าความผิดพลาด (Error) หมายถึง ค่าที่เกิดจากการวัดโดยการแสดงผลการวัดจากเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัด แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ระบุไว้ โดยผลที่ได้จะนำมาหักล้างกันโดยเป็นไปในลักษณะของการนำค่าที่วัดได้ตั้งลบกับค่าที่ระบุ (Actual – Nominal)

1.3.1.4 ค่าการวัดซ้ำ (Repeatability) หมายถึง ปริมาณของการวัดในค่าของการวัดที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยที่ทำการวัดที่ตำแหน่งเดียวกันหลายๆครั้ง อันเป็นผลที่ใช้อธิบายถึงความสามารถของการวัดซ้ำๆกันในเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ

1.3.2 ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบ

ความสัมพันธ์ที่เป็นผลสืบเนื่องกับการสอบเทียบนั้น จะแสดงออกในลักษณะของข้อมูลและรายละเอียดตามหัวข้อต่างๆได้ดังนี้ คือ

1.3.3.1 ความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1.3.3.2 เครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่นั้นมีคุณสมบัติตรงตามลักษณะ ที่ผู้ผลิตกำหนดหรืออยู่ในมาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น

1.3.3.3 เพื่อเป็นการรับรองยืนยันถึงคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

1.3.3.1 ความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ในการสอบเทียบนั้น ที่กล่าวมาแล้วในนิยามของการสอบเทียบ จะเห็นว่าการสอบเทียบ เป็นกระบวนการที่จะตรวจสอบเพื่อหาความผิดพลาดและความถูกต้องของการวัด ในการที่จะได้ทราบถึงความสามารถของเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่ ผลของการวัดจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา และระบบคุณภาพในการควบคุมกระบวนการในการตรวจสอบ โดยเนื้อหาที่กล่าวมานั้นจะเกี่ยวข้องกับความเป็นระบบมาตรฐานเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นั้นก็คือ การทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเป็นการที่จะทำให้ปริมาณของของเสียมีจำนวนน้อยลง พร้อมกับทำให้คุณภาพองค์กรมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3.3.2 เครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่มีคุณสมบัติตรงตามลักษณะที่ผู้ผลิตกำหนดหรือไม่หรืออยู่ในมาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น

การที่นำเครื่องมือวัดไปใช้งาน ก็เพื่อที่จะต้องการทราบว่าชิ้นงานที่ผลิตออกมาแล้วนำไปวัดกับเครื่องมือวัดที่ใช้งานอยู่นั้นมีความถูกต้องแค่ไหน ซึ่งจริง ๆ แล้ว ถ้ามองอีกอย่างก็คือ เครื่องมือวัดที่ใช้ไปเป็นเวลานาน ๆ เครื่องมือวัดชนิดนั้นยังอยู่ในคุณสมบัติที่ถูกกำหนดจากผู้ผลิตหรือไม่ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำเครื่องมือวัดไปทำการสอบเทียบ โดยรายละเอียดในการสอบเทียบจะมีการตรวจสอบลักษณะในการใช้งานของเครื่องมือวัดชนิดนั้น ๆ เพื่อจะหาว่าเครื่องมือวัดชนิดนั้นมีค่าความผิดพลาดและค่าความไม่แน่นอนในการวัดเป็นเท่าไร

โดยการที่จะทำให้คุณภาพของเครื่องมือวัด ที่ใช้งานอยู่นั้นมีความสามารถลดน้อยลงอาจเกิดจากการใช้และการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไม่ถูกต้อง ซึ่งในส่วนนี้อาจจะส่งผลทำให้ความสามารถของเครื่องมือวัดเกิดความผิดพลาดไปจากความสามารถเดิมได้ ซึ่งถ้าอธิบายกันอย่างง่าย ๆ ถึงความสัมพันธ์กันในหัวข้อที่ 1.3.3.2 คือถ้ามีเครื่องมือวัดชนิดหนึ่ง โดยสมมติให้เป็นไดอัลเกจ ขนาด 0 – 10 mm

ความละเอียดในการอ่านค่าการวัดเท่ากับ 0.05 mm และความถูกต้องในการวัดเท่ากับ 0.02 mm โดยนำไดอัลเกจเครื่องนี้ไปวัดงานและผลการวัดออกมาค่าหนึ่งแล้วได้นำไดอัลเกจรุ่นเดียวกับไดอัลเกจที่ได้กล่าวมาแล้วมาวัดงาน โดยเป็นชิ้นงานเดียวกัน และเป็นเจ้าหน้าที่วัดคนเดียวกันด้วย แต่ปรากฏว่าค่าที่ออกมากลับไม่เหมือนกัน (ค่าที่วัดต่างกันระหว่างไดอัลเกจสองเครื่อง)

จากส่วนที่ยกตัวอย่างมานี้เพื่อจะอธิบายว่าอาจเกิดจากการนำไดอัลเกจไปใช้งานเป็นเวลานาน ๆ และอาจจะใช้งานและบำรุงรักษาไม่ถูกต้อง และรายละเอียดตรงนี้อาจจะตรวจสอบได้จากการสอบเทียบ เพื่อจะได้ทราบว่าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ใช้งานอยู่นั้นยังอยู่ในมาตรฐานของไดอัลเกจชนิดนั้นอยู่หรือไม่ หรืออยู่ในคุณสมบัติของไดอัลเกจที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

1.3.3.3 เพื่อเป็นการรับรองยืนยันถึงคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

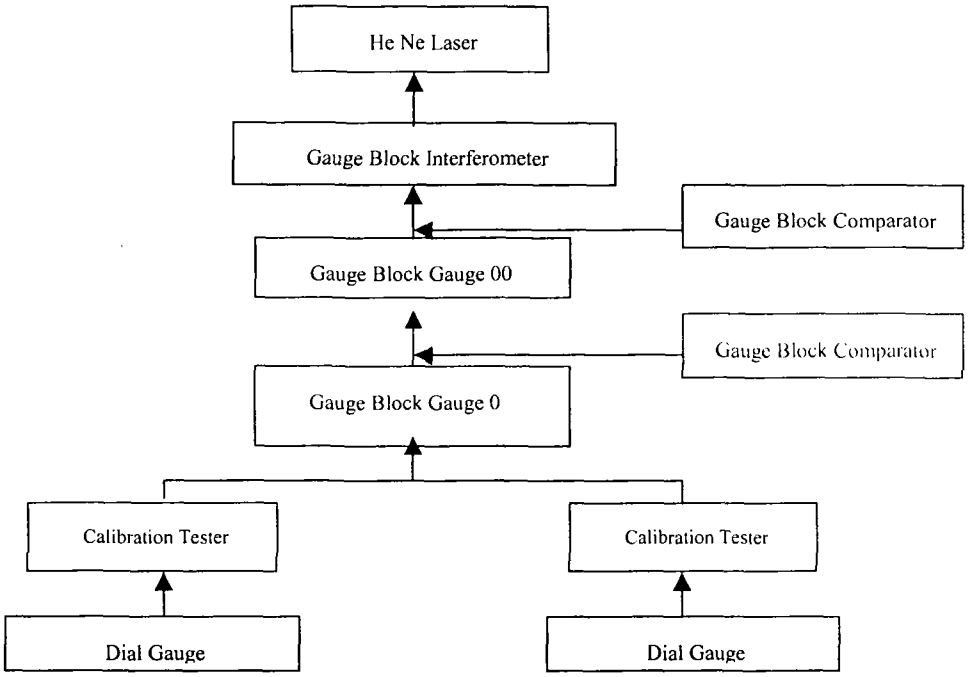
เมื่อได้ทำการสอบเทียบแล้ว ต่อมาจะเป็นการรับรองถึงการสอบเทียบของเครื่องมือวัดที่ได้ถูกสอบเทียบแล้วว่ามีคุณสมบัติอยู่ในขอบเขตที่มาตรฐานของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ กำหนดไว้หรืออยู่ในขอบเขตที่ผู้ผลิตกำหนดคุณสมบัติไว้ ซึ่งในรายละเอียดในข้อที่นี้ ทางหน่วยที่ถูกจัดตั้งให้ทำหน้าที่ในการสอบเทียบ หรือเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือวัดจะเป็นหน่วยงานที่ให้การรับรองถึงผลการสอบเทียบของเครื่องมือวัด

1.3.3 การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy)

การสอบกลับได้ของการวัด (Traceabiltiy) หมายถึง คุณสมบัติของผลการวัดที่สามารถหาความสัมพันธ์กับมาตรฐานที่เหมาะสมซึ่งโดยทั่วไปได้แก่มาตรฐานระหว่างประเทศหรือมาตรฐานแห่งชาติ โดยการเปรียบเทียบอย่างต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1300-2537 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ) หรือจะกล่าวว่าการสอบกลับได้นั้นเป็นการแสดงถึงความสามารถของกรรมวิธีของการวัด (สอบเทียบ) ว่ามีการเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องและเหมาะสม ซึ่งเป็นรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบดังตัวอย่างนี้

เมื่อนำไดอัลเกจไปสอบเทียบ ไดอัลเกจจะถูกสอบเทียบโดยเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ (Calibration Tester) และเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจจะถูกสอบเทียบโดยเครื่องมือวัดระดับสูงหรือเกจบล็อก (เกรด 0) และเกจบล็อก (เกรด 0) จะถูกสอบเทียบ โดยเกจบล็อก (เกรด 00) และจะใช้ Gauge Block Comparator รวมในการสอบเทียบด้วย

โดยในการสอบกลับได้ของการวัดในรายละเอียดของการสอบเทียบนั้น จะเป็นขั้นๆเรื่อยไปจนถึงเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน โดยส่วนนี้จะอธิบายให้ทราบว่าเครื่องมือวัด (ไดอัลเกจ) ได้สอบเทียบจากเครื่องมือวัดหรือวัสดุอ้างอิงอะไรบ้างและสามารถสอบกลับได้หรือไม่ ดังรูปแสดงการสอบกลับได้ของเครื่องมือวัด ดังนี้



1.3.4 สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด ทุกสาขาทางด้านมาตรวิทยานั้นจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะแวดล้อม ในอันที่จะส่งผลกระทบต่อการสอบเทียบได้ และในเรื่องของสภาวะและสถานที่นั้นได้มีการกำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ที่ว่าด้วยข้อกำหนดทั่วไปของความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ด้วยเหตุนี้จะเห็นว่าสภาวะและสถานที่นั้นจะย่อมมีส่วนสำคัญเพราะว่าในกระบวนการของการสอบเทียบนั้นได้มีการกำหนดคุณสมบัติของสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบไว้ตามแต่จะทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น เพราะว่าเครื่องมือวัดหรือวัสดุอ้างอิงที่ใช้ประกอบในกรรมวิธีการสอบเทียบจะมีคุณสมบัติของเครื่องมือวัดหรือวัสดุว่ามีค่าถูกต้องคงที่ หรือมีค่าที่ระบุที่ติดมา (ค่าประจำตัว) กับเครื่องมือวัดหรือวัสดุที่อุณหภูมิที่เท่าไร

ด้วยเหตุผลในลักษณะนี้จึงได้มีการกำหนดถึงสภาพแวดล้อม ที่จะทำการควบคุมในกรรมวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ๆ ซึ่งได้มีการจัดทำห้องปฏิบัติการให้เหมาะสมกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ๆ โดยจะยกตัวอย่างประเภทห้องปฏิบัติการสอบเทียบดังนี้

เช่น 1. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางไฟฟ้า
2. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางมิติ(ความยาว)
3. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางอุณหภูมิ
4. ห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางความถี่

โดยในหัวข้อนี้จะขออธิบายในสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการสอบเทียบทางด้านมิติ เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุณหภูมิ
2. ความชื้น
3. ความสว่าง
4. ความสั่นสะเทือน

1.3.4.1 อุณหภูมิ

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดทางด้านรูปทรง ขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงของวัตถุ โดยได้ถูกออกแบบ และสร้างจากวัตถุที่เป็นโลหะ โดยลักษณะของโลหะนั้นยอมจะมีผลต่ออุณหภูมิ ที่เป็นองค์ประกอบที่ส่งผลกระทำให้โลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงในการยืดตัวและหดตัวได้ (ตามหลักวัสดุวิศวกรรม)

นั้นจะส่งผลทำให้เครื่องมือวัดที่มีองค์ประกอบ ที่เป็นโลหะเปลี่ยนแปลงด้วยในด้านของการยืดและขยายตัว และนั้นจะเป็นผลต่อมาที่ทำให้การวัดของเครื่องมือวัดเกิดการผิดพลาดในการวัดได้ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้ในการวัดในกระบวนการสอบเทียบขึ้น โดยการจัดสร้างห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดขึ้น เพื่อใช้ในการควบคุมสภาวะแวดล้อมทางด้านอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิที่มีการกำหนดขึ้นนั้นจะมีค่าของอุณหภูมิอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 20 °C เนื่องจากที่ระดับของอุณหภูมิที่ 20 °C เป็นระดับที่ไม่มีผลต่อการยืดและหดตัวของโลหะ จึงทำให้ถูกกำหนดที่ระดับอุณหภูมิดังกล่าว แต่การที่จะควบคุมให้อุณหภูมิมีค่าที่ 20 °C คงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดพิกัดค่าเผื่อที่เป็นค่า ± ไว้ โดยได้กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานไว้ 2 ระดับของค่าพิกัดค่าเผื่อ คือที่ 20 C ± 1 °C และ 20 C ± 2 °C เพื่อไว้เป็นขอบเขตที่ยอมรับได้ ในการที่จะใช้ดำเนินการเป็นอุณหภูมิควบคุมในการจัดการสอบเทียบ

1.3.4.2 ความชื้น

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่ทำมาจากวัสดุ ที่เป็นโลหะ หรือ ทำจากเหล็ก ซึ่งนั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญประการหนึ่ง โดยเนื่องจากความชื้นจะผลต่อวัสดุที่มีองค์ประกอบที่ทำจากโลหะหรือเหล็ก นั้นก็คือ จะทำให้เกิดสนิมขึ้นบนตัวเครื่องมือวัดได้และจะส่งผลเสียหายมากต่อเครื่องมือวัด ต้องทำให้ต้องยกเลิกเครื่องมือวัดที่เป็นสนิมนั้นเสียและต้องจัดหาเครื่องมือวัดเครื่องใหม่มาใช้ ย่อมจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นด้วย จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความชื้นในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความชื้นทางห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางด้านมิตินั้นได้กำหนดไว้ว่าให้อยู่ในช่วง 35%-55%เพื่อป้องกันการเกิดสนิม ป้องกันการเกิดละอองน้ำจับบนผิวเครื่องมือวัด และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.4.3 ความสว่าง

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น จะเห็นว่าเครื่องมือวัดทางด้านมิติเป็นเครื่องมือวัดที่มีการใช้สเกล เป็นสิ่งชี้วัดถึงขนาด ระยะทาง ของสิ่งถูกวัด โดยในการแสดงค่าการวัดของเครื่องมือวัดทางด้านมิติ จะมีตัวเลขกำกับบนขีดสเกลของเครื่องมือวัด หรือไม่ก็เป็นตัวเลขที่เป็นดิจิตอล ซึ่งจะเห็นว่าสิ่งชี้วัดนั้นจะสัมพันธ์กับการมองเห็น โดยการมองเห็นจะต้องใช้แสงสว่างเพื่อให้การมองเห็นเกิดความชัดเจนมากที่สุด เพราะว่า การให้แสงสว่างไม่เพียงพอจะส่งผลให้การวัดเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ และเมื่อให้แสงสว่างมากเกินไปจะส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดการมองเห็นที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากแสงสว่างมากเกินไปทำให้

ตาพล่า หรือตาลาย จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความสว่างภายในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความชื้นทางห้องปฏิบัติการสอบเทียบทางด้านมิตินั้น ได้กำหนดไว้ว่าให้อยู่ในช่วง 100 ฟุตแคนเดลลา(Foot Candles) เพื่อป้องกันการมองเห็นมีความชัดเจนและถูกต้อง และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.4.4 ความสั่นสะเทือน

ในงานสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านมิตินั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่จะขาดไม่ได้เลยนั้นก็คือ ความสั่นสะเทือน เพราะว่าการสอบเทียบทางด้านมิติจะต้องกระทำภายใต้สภาพที่คงที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวของความสั่นสะเทือนในบริเวณที่ทำการสอบเทียบ โดยจะทำให้ผลการวัดเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ นั่นคือเมื่อได้ทำการสอบเทียบขึ้นแล้วปรากฏว่าระหว่างการสอบเทียบมีความสั่นสะเทือนเกิดขึ้นโดยเครื่องวัดที่ได้ทำการสอบเทียบนั้นจะให้ค่าที่ไม่ถูกต้องจากความเป็นจริงที่ควรจะเป็น โดยจากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการควบคุมความสั่นสะเทือนภายในการสอบเทียบ และสภาพภายในห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักของมาตรฐาน โดยมาตรฐานของการควบคุมความสั่นสะเทือนภายใน *0.001* gmax เพื่อป้องกันให้การสอบเทียบมีความเที่ยงตรงและทำให้การมองเห็นมีความชัดเจนและถูกต้อง และเพื่อให้การสอบเทียบมีความถูกต้องสูงสุด

1.3.5 ความผิดพลาดและผลกระทบในลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสอบทียบ

การปฏิบัติในการทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น จะมีองค์ประกอบต่าง ๆที่ส่งผลให้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น เกิดความผิดพลาด และความถูกต้องได้ โดยที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อต่าง ๆ ล้วนแล้วเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติทั้งสิ้น โดยในหัวข้อที่กล่าวต่อไปนี้จะเป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับความผิดพลาดและผลกระทบในลักษณะต่าง ๆที่มีผลต่อการสอบทียบ โดยจะมีรายละเอียดของความผิดพลาดและผลกระทบที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ดังต่อไปนี้คือ

1.3.5.1 ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)

1.3.5.2 ผลกระทบทางอุณหภูมิ (Thermal Effect)

1.3.5.3 ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

1.3.5.4 ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)

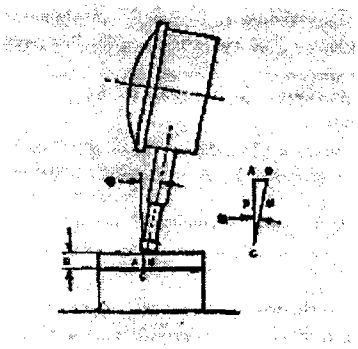
1.3.5.5 ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง

1.3.5.6 ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression)

โดยจะขอกล่าวในหัวข้อของความผิดพลาดที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติดังนี้

1.3.5.1 ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)

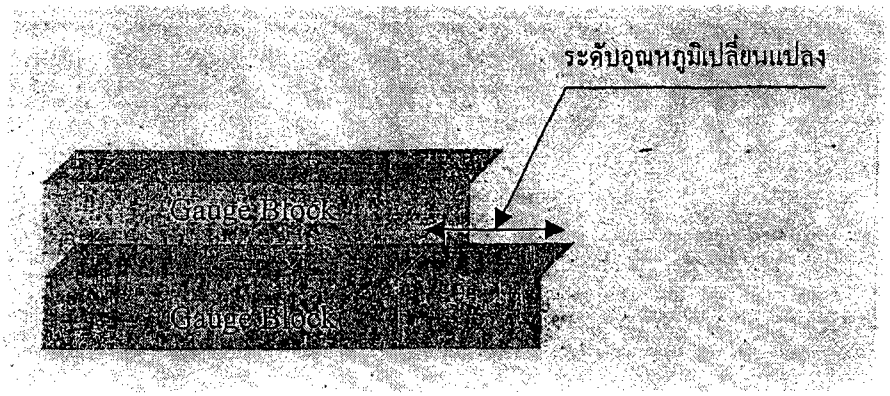
ความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการติดตั้งเครื่องมือวัดในการสอบเทียบ ไม่อยู่ในแนวแกนวัดเดียวกัน โดยกล่าวคือ การที่นำเครื่องมือวัดที่จะถูกสอบเทียบไปทำการติดตั้งกับเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ แล้วไม่จัดเกาติดตั้งให้เครื่องมือวัดทั้งสองอยู่ในแนวแกนวัดเดียวกัน อันจะส่งผลให้ผลของการสอบเทียบที่แสดงออกมาได้ค่าความผิดพลาด ที่ผิดจากความเป็นจริง โดยมีรูปภาพแสดงความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error) ดังนี้



รูปที่6.ภาพแสดงความผิดพลาดทางโคซายซ์ (Cosine Error)
(สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. ม.ป.ป. :27)

1.3.5.2 ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Effect)

ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิ (Thermal Effect) เป็นผลกระทบอันที่เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมจากภายนอกมากระทำกับวัตถุนั้นก็คือ เครื่องมือวัดโดยผลที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นไปในลักษณะของการหดตัวและขยายตัวของขนาดเครื่องมือวัด ที่เป็นไปตามหลักการของวัสดุวิศวกรรมนั้นคือ เมื่อมีอุณหภูมิภายนอกมากระทำโดยเป็นอุณหภูมิที่สูงวัตถุจะยืดตัวออก และเมื่อมีอุณหภูมิภายนอกมากระทำโดยเป็นอุณหภูมิที่ลดลงวัตถุจะหดตัวเข้า นั้นจะมีผลกระทบทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้ โดยเมื่อทำการสอบเทียบที่ไม่อยู่ในสภาพที่ควบคุมตามมาตรฐาน ผลที่ได้จากการสอบเทียบจะผิดพลาดไปได้ โดยมีรูปภาพแสดงลักษณะของผลกระทบทางอุณหภูมิ (Thermal Effect) ดังนี้



รูปที่7.ภาพแสดงความผิดพลาดทางอุณหภูมิ (Thermal Effect)

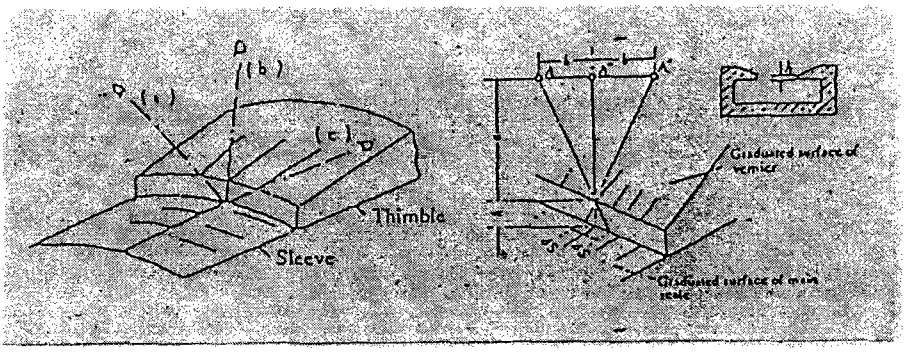
1.3.5.3 ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

ผลกระทบทางด้านความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution Effect)

เป็นผลกระทบอันเนื่องมาจากความสามารถในการแบ่งแยกของค่าการวัดในแต่ละช่วงของการวัด และผลการวัดในแต่ละเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดไม่เท่ากัน โดยความผิดพลาดด้านนี้จะเป็นไปในลักษณะของปริมาณวัดไม่พอดี ช่องสเกลหรือค่าที่กำหนด จึงทำให้เกิดการปัดค่าการวัด (Resolution round off) จะส่งผลให้ผลการวัดมีความคลาดเคลื่อนได้จากการอ่านค่าการวัด จากเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบและเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบ

1.3.5.4 ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)

ความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการอ่านค่าการวัด จากเครื่องมือวัดที่มีการแสดงค่าการวัดเป็นสเกล เนื่องจากความผิดพลาดในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นโดยการที่ผู้ปฏิบัติงานได้ดำเนินการนำเครื่องมือวัดที่เป็นสเกล อันได้แก่ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ บรรทัดเหล็ก ไมโครมิเตอร์ ไดอัลเกจ เป็นต้น ไปใช้ในการวัดงานโดยจะอ่านค่าการวัดจากสเกลของเครื่องมือวัดนั้นแต่เมื่อมีการมองไปที่สเกลของเครื่องมือวัดแล้วเกิดการมองที่ผิดมุม (มองเอียงซ้ายหรือมองเอียงขวา) แล้วเมื่อทำการสอบเทียบจะส่งผลให้ค่าจากการสอบเทียบเกดความผิดพลาดขึ้นได้ โดยมีรูปภาพแสดงลักษณะของความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error) ดังนี้



รูปที่8.ภาพแสดงความผิดพลาดทางการอ่านค่าการวัด (Parallex Error)
(สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. 2541. :95)

1.3.5.5 ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง (Geometric Error)

ความผิดพลาดทางด้านรูปทรง (Geometric Error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ที่มีผลมาจากลักษณะของวัตถุที่ไม่มีความตรง ความขนาน ความเรียบหรือโค้ง โดยจากความผิดพลาดในลักษณะนี้ จะส่งผลให้การสอบเทียบที่มีการใช้เครื่องมือวัด อันที่จะต้องทำการสอบเทียบเกิดค่าการสอบเทียบที่ผิดจากความจริงที่จะได้จากการสอบเทียบ

1.3.5.6 ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression)

ความผิดพลาดจากการถูกแรงกดอัดในการวัด (Elastic Compression) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการกระทำในการทำการสอบเทียบ ในลักษณะของการกด แตะ คีบ หรือการกระทำใดที่ทำให้เกิดแรงในการวัดขึ้น โดยจะส่งผลให้เกิดการหดตัวและขยายตัวในวัตถุหรือเครื่องมือวัด ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้โดยถ้าออกแรงกดมากไปหรือน้อยไปค่าที่ได้ก็จะผิดพลาดได้

1.4 มาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ

ในการสอบเทียบนั้นเป็นกระบวนการหรือขั้นตอนในการดำเนินงาน ที่ใช้ในการตรวจสอบหรือขั้นตอนในการเฝ้าระวังในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ โดยการสอบเทียบได้เป็นขั้นตอนหนึ่งในระบบมาตรฐานทางคุณภาพ ที่เป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมโดยในหัวข้อของมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ นั้นจะขอยกตัวอย่างดังต่อไปนี้คือ

1.4.1 ระบบมาตรฐาน ISO 9000

1.4.2 ระบบมาตรฐาน QS9000 (TSI/16949)

1.4.3 ระบบมาตรฐาน ISO 14000

1.4.4 ระบบมาตรฐาน HACCP

1.4.5 ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

โดยในรายละเอียดของแต่ละมาตรฐานจะอธิบายดังต่อไปนี้

1.4.1 ระบบมาตรฐาน ISO 9000

ระบบมาตรฐานISO 9000 เป็นระบบมาตรฐานที่จัดทำขึ้นเพื่อให้กระบวนการหรือขั้นตอนของการปฏิบัติ มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบและถูกต้อง โดยในมาตรฐาน ISO 9000 นั้นจะเข้าไปอยู่ในทุกระบบของทุกอุตสาหกรรมทั้งทางด้านการบริการและทางผลิต โดยทุกขั้นตอนจะมีขั้นตอนการดำเนินงานในการเฝ้าระวัง ที่จะให้มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ แล้วกระบวนการสอบเทียบนั้นเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานในระบบมาตรฐาน เพื่อที่จะตรวจสอบและระวังไม่ให้เกิดความเสียหายกับการผลิต เนื่องจากจะทุกขั้นตอนของการผลิตจะต้องมีการวัด นั้นก็คือต้องมีการใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบหรือวัดผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา ซึ่งถ้าเครื่องมือวัดเกิดความเสียหายขึ้น แต่ไม่ทราบยังนำเครื่องมือวัดที่เป็นเครื่องมือวัดที่มีเสียไปใช้ ย่อมจะเกิดความเสียหายตาม จึงต้องมีการสอบเทียบขึ้นเพื่อจะได้แน่ใจในเครื่องมือวัดที่ใช้งานและเพื่อที่จะให้งานออกมามีคุณภาพ

1.4.2 ระบบมาตรฐาน QS9000 (TSI/16949)

ระบบมาตรฐาน QS9000 (ISO/TS 16949) เป็นระบบมาตรฐานทางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยระบบมาตรฐาน QS 9000 เป็นระบบคุณภาพที่กลุ่มบริษัทรถยนต์ยักษ์ใหญ่ของสหรัฐสามรายคือฟอร์ด (Ford) เจเนรัล มอเตอรส์ (General Motors) และไครสเลอร์ (Chrysler) ร่วมกันกำหนดขึ้นในปี 2537 โดยได้นำระบบคุณภาพของตนมาผสมผสานกัน เพื่อใช้เป็นมาตรฐานร่วมสำหรับซัพพลายเออร์ของบริษัททั้งสามนอกเหนือไปจากข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละบริษัท ระบบดังกล่าวมีเป้าหมายหลักเพื่อลดการสูญเสียในสายการผลิตทุกขั้นตอนในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนล่าสุดได้มีการผสมผสานระหว่างระบบมาตรฐาน ISO 9001:2000 และระบบมาตรฐาน QS 9000 ขึ้นเป็นระบบมาตรฐาน ISO/TS 16949 ซึ่งได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนทั้งในสหรัฐอเมริกาและยุโรป (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.2544 : 7)โดยในระบบ ระบบมาตรฐาน QS9000 (ISO/TS 16949) ได้มีการกำหนดขั้นตอนในการสอบเทียบเครื่องมือวัดขึ้นเพื่อต้องการความถูกต้องและคุณภาพสูงเพื่อที่จะลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต

1.4.3 ระบบมาตรฐาน ISO 14000

ระบบมาตรฐาน ISO 14000 เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยคณะกรรมการเทคนิคของ ISO เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการจัดการธุรกิจที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นให้องค์กรมีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมในการควบคุม และปรับปรุงผลการปฏิบัติงานของกระบวนการ ผลิต

ภัณฑ์และบริการ เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเช่น ผลกระทบที่เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ผลกระทบต่อสุขอนามัย และผลกระทบต่อนิเวศน์วิทยา นับตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบ การวิจัยและพัฒนา การผลิต การส่งมอบ การนำไปใช้งาน การนำกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดขั้นสุดท้าย ระบบดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางไม่น้อยไปกว่าระบบมาตรฐาน ISO 9000 เนื่องจากเกิดความตื่นตัวในด้านการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมในประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศพัฒนาแล้ว ในปัจจุบันธุรกิจไม่น้อยได้เข้าสู่ระบบดังกล่าวเพื่อป้องกันการถูกกีดกันทางการค้าด้วยเหตุผลด้านสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัย

ระบบมาตรฐาน ISO 14000 เกี่ยวข้องกับระบบมาตรวิทยาเนื่องจากการเฝ้าติดตามและการวัดผลการรักษาสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องอาศัยการวัดค่าตัวแปรต่าง เช่น อัตราการปล่อยของเสียและสารต่าง ๆ โดยข้อกำหนดที่ 4.4.1 ของระบบ ISO 14000 กำหนดให้องค์กรที่ต้องการได้รับการรับรองต้องสอบเทียบและรักษาเครื่องมือวัดและเครื่องทดสอบ ตลอดจนให้บันทึกการสอบเทียบและการบำรุงรักษาเพื่อให้มั่นใจได้ว่าค่าที่วัดได้มีความน่าเชื่อถือ (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.2544 : 8)

1.4.4 ระบบมาตรฐาน HACCP

ระบบมาตรฐานHACCP เป็นระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤติที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Points หรือ HACCP) เป็นระบบมาตรฐานเพื่อป้องกันอันตรายในอาหารซึ่งกำหนดขึ้นโดย FAO/WHO Codex Alimentarius Commission (CODEX) ระบบมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดแนวทางการควบคุมความปลอดภัยในขั้นตอนที่สำคัญในการจัดหาอาหารเพื่อให้มั่นใจได้ว่า อาหารดังกล่าวปราศจากสิ่งปนเปื้อนทางชีวภาพ สิ่งปนเปื้อนทางเคมี และสิ่งปนเปื้อนทางกายภาพ

เมื่อปี 2538 องค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration) แห่งสหรัฐอเมริกาได้นำข้อกำหนดของระบบดังกล่าวมาออกกฎหมายบังคับใช้ในการผลิตอาหารทะเล และเมื่อปี 2539 กระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (FSIS – USDA) ได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์เนื้อและสัตว์ปีกต้องใช้ระบบดังกล่าวในการผลิตด้วย นอกจากนี้หน่วยงานระหว่างประเทศ เช่น องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAD) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ยังให้การยอมรับระบบดังกล่าวด้วย ล่าสุดเมื่อเดือนมกราคม 2543 คณะกรรมาธิการของสหภาพยุโรป (Commission of European Communities) ได้ออกประกาศสมุดปกขาวเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร (White Paper on Food Safety) ซึ่งกำหนดให้ผู้ผลิตอาหารและสัตว์ต้องใช้มาตรฐาน HACCP อย่างเป็นระบบในปัจจุบันผู้ประกอบการผลิตอาหารในประเทศไทยที่ส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปต้องเริ่มปรับตัวในการจัดทกระบบดังกล่าวขึ้นเป็นแนวางในการผลิตอาหารกระป๋องทั้งประเภทที่มีความเป็นกรดต่ำ และอาหารปรับกรด อาหารทะเลและผลิตภัณฑ์จากอาหารทะเล อาหารประเภทเนื้อสัตว์ และสัตว์ปี ตลอดจนน้ำผลไม้

HACCP ทำให้เกิดความต้องการระบบมาตรวิทยาที่ได้มาตรฐานมากขึ้น เช่นเดียวกับระบบมาตรฐานอื่น ๆ แม้ว่า HACCP จะไม่มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับมาตรวิทยาโดยตรงก็ตาม เนื่องจากกิจกรรมที่ผู้ประกอบการจะต้องจัดทำขึ้นก่อนเข้าสู่ระบบ HACCP รวมถึง โปรแกรมพื้นฐานทั่วไป (Common Pre-requisite Programs) ซึ่งกำหนดให้การวัดต่าง ๆ ในการผลิต ไม่ว่าจะเป็นวัดวัตถุดิบทางเคมีเพื่อหาสารพิษ วัตถุเจือปนและสารปนเปื้อน หรือการวัดทางจุลชีววิทยาเพื่อตรวจหาโคลิฟอร์ม หรือ อี โคไล (E colli) หรือการวัดปริมาณต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตเช่น เวลา อุณหภูมิและ pH ต้องได้รับการดูและและสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ และต้องจัดทำเอกสารที่ เกี่ยวข้องในอนาคตอันใกล้นี้ การเข้าสู่ระบบมาตรฐานสากลโดยเฉพาะมาตรฐาน ISO 9000 จะเป็นภารกิจที่มีความสำคัญเร่งด่วนสำหรับธุรกิจไทยในการพัฒนาความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ ระบบมาตรวิทยาทั้งในระดับชาติและในระดับห้องปฏิบัติการที่ได้มาตร

ฐานจะเป็นปัจจัยเกื้อหนุนที่สำคัญที่ช่วยให้ธุรกิจของไทยสามารถเข้าสู่ระบบมาตรฐานสากลและผลิตสินค้าส่งออกไปยังตลาดโลกได้อย่างมีประสิทธภาพ ในทางตรงกันข้าม หากระบบมาตรวิทยาของประเทศไทยเป็นระบบที่ไม่ได้มาตรฐานหรือไม่สามารถให้บริการได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการแล้ว ระบบมาตรวิทยาก็จะกลายเป็นภาระแก่ธุรกิจไทยในการเข้าสู่มาตรฐานสากล (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2544 : 10)

1.4.5 ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เป็นระบบมาตรฐานที่ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นการจัดการและควบคุมให้กับห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ในอันที่จะทำให้ห้องปฏิบัติการมีการควบคุมคุณภาพและรักษาไว้ซึ่งความถูกต้อง อันจะส่งผลให้การสอบเทียบมีประสิทธิภาพ โดยแต่เดิมระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 มีชื่อว่าระบบมาตรฐาน ISO/IEC Guide25 แต่ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว และในระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ได้มีข้อกำหนดที่เข้มงวดกับความสามารถของบุคคลที่จะทำหน้าที่ต่างๆในห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ทั้งในด้านของทักษะและความรู้ของผู้ที่จะปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ความสามารถ โดยเมื่อได้รับการรับรองในระบบมาตรฐานดังกล่าวแล้ว สามารถที่จะให้การรับรองในเครื่องมือวัดที่สอบเทียบได้ตามที่ระบุในขอบข่ายที่ระบุไว้ในเอกสารและใบรับรอง และเป็นมาตรฐานที่สำคัญต่อการสอบเทียบโดยตรง พร้อมกับได้รับการยอมรับจากทุกมาตรฐานในระบบอุตสาหกรรม

2. วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติที่เป็นพื้นฐานของการสอบเทียบไดอัลเกจ

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ควรจะต้องทราบและมีความเข้าใจในเรื่องของวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติเพื่อจะทำให้การสอบเทียบมีความถูกต้อง เนื่องจากการที่ไม่มีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดด้านมิติจะส่งผลต่อการปฏิบัติงาน และเป็นองค์ประกอบแรกในการที่จะทำการสอบเทียบ นั้นหมายถึงว่าควรที่จะใช้เครื่องมือวัดให้เป็นหรือมีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดเสียก่อน ที่จะตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องมือวัดชนิดนั้น การที่ไม่มีความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัดย่อมไม่ทำให้การสอบเทียบเครื่องมือวัดแสดงผลที่มีความถูกต้องออกมา พร้อมกันนั้นเมื่อใช้เป็นใช้ได้แล้วควรที่จะรู้จักการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ เพื่อเป็นการรักษาให้เครื่องมือวัดด้านมิติมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และคงไว้ซึ่งสภาพการใช้งานตามลักษณะของครื่องมือวัดด้านมิติชนิดนั้น โดยในรายละเอียดที่กล่าวต่อไปนี้จะว่าด้วยเรื่อง ของวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติที่เป็นพื้นฐานของการสอบเทียบไดอัลเกจ(Dial Gauge) โดยมีรายละเอียดเป็นหัวข้อดังนี้

2.1 การใช้และบำรุงรักษาเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ (Calibration Tester)

2.2 การใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Plate)

2.3 การใช้และบำรุงรักษาไดอัลเกจ (Dial Gauge)

โดยจะเริ่มจากข้อที่ 2.1 ดังนี้

2.1 การใช้และบำรุงรักษาเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ (Calibration Tester)

2.1.1 เครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ (*Calibration Tester*) คือเครื่องมือวัดมาตรฐานที่มีหลักการทำงานคล้ายกับไมโครมิเตอร์ นั้นคือสามารถหมุนขึ้นและลงได้ เพื่อใช้สอบเทียบไดอัลเกจเพราะ ไดอัลเกจเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้งานในลักษณะของการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง จึงถูกออกแบบให้ใช้ในการสอบเทียบไดอัลเกจ โดยมีรูปแบบของเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ (Calibration Tester) อยู่ 2 แบบคือ

- Calibration tester ขนาด 0-1 mm ที่มีความละเอียด 0.0002 mm

- Calibration tester ขนาด 0-25 mm ที่มีความละเอียด 0.001 mm

2.1.2 วิธีการใช้ Calibration tester ขนาด 0-1 mm ที่มีความละเอียด 0.0002 mm มีดังนี้

- ขั้นตอนแรกให้ขันสกรูที่ยึดเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ กับกล่องบรรจุเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจให้คลายออกจากกัน

- นำ Calibration Tester มาวางบน Surface Plate

- ทำการคลายสกรูล็อคอยู่ใต้เครื่อง Calibration Tester (Wing bolt)

- ทำการ Set zero ของ Micrometer head (คือส่วนที่ใช้ในการขับไดอัลเกลให้เคลื่อนที่ขึ้น-ลง) โดยให้สเกลศูนย์ของ Thimble ตรงกับ Sleeve (ที่บอกพิกัดสเกล) ให้สเกลสีดำตรงกับสีดำ, ให้สเกลสีแดงตรงกับสีแดง

- ทำความสะอาดหน้าสัมผัสผิวหน้าของ Anvil โดยใช้กระดาษเช็ดหน้าชุบแอลกอฮอล์เพื่อให้ผิวสัมผัสของ Micrometer head เงาและปราศจากคราบวาสลีนที่เคลือบเมื่อเห็นว่าสะอาดแล้วจึงเริ่มวัด

- นำ Dial Gauge มาใส่ตรง Holder และล็อคโดยขัน Indicator Clamp ให้แน่นเพื่อไม่ให้ Dial Gauge เคลื่อนที่ในขณะที่ทำการวัด

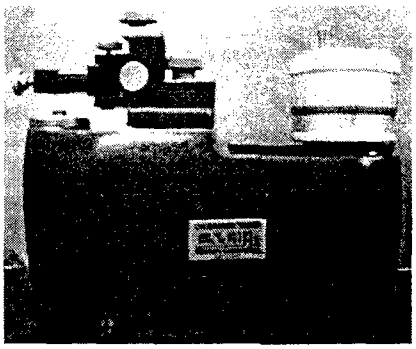
- ให้หมุนแกนวัดชุด Holder โดยให้ผิวสัมผัสแกนวัดของ Dial Gauge แตะสัมผัสกับที่หน้าสัมผัสของ Micrometer head (เรียกว่า Anvil) และจึงหมุน Thimble ให้ขึ้น – ลง เพื่อดูความถูกต้องของสเกลของ Dial Gauge ทั้งด้านไปและกลับ

2.1.3 ส่วนประกอบของ Calibration Tester

1. Holder คือ แขนที่ใช้สำหรับวางใส่ Dial Gauge เมื่อต้องการจะทำการวัดหรือตรวจสอบ Dial Gauge สามารถเคลื่อนที่ได้ซ้ายและขวา
2. Indicator Clamp คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจับยึด Dial Gauge ไม่ให้เคลื่อนที่เวลาทำการวัดหรือตรวจสอบ
3. Holder Clamp คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ล็อคตำแหน่ง Holder เคลื่อนที่
4. Elevation knob คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ให้ชุดของ Holder ทั้งหมดเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(ขึ้น – ลง)
5. Elevation Clamp คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ล็อคตำแหน่งของชุด Holder ทั้งหมด
6. Supporter คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นส่วนที่ต่อยึดติดกับชุด Holder ให้เคลื่อนที่ได้
7. Supporter Lock คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ล็อค Supporter ไม่ให้เคลื่อนที่
8. Anvil คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นส่วนที่ใช้ตรวจสอบหรือวัด Dial Gauge ที่จะต้องสัมผัสกับหมุดวัดพิกัดของ Dial Gauge
9. Thimble คือ อุปกรณ์ที่เป็นส่วนสั่งการให้ Anvil เคลื่อนที่ขึ้น – ลง
10. Sleeve คือ อุปกรณ์เป็นส่วนที่ใช้บอกพิกัดหรือสเกลในการวัด
11. Hand Set คือ อุปกรณ์ที่เป็นตัวช่วยในการวางมือเมื่อทำการหมุนปลอกโลหะที่ใช้สั่งให้ Thimble หมุนตาม

2.1.4 วิธีการบำรุงรักษา Calibration Tester ขนาด 0-1 mm ที่มีความละเอียด 0.0002 mm มีดังนี้

- ในการขันย้ายเครื่อง Calibration Testerให้ใช้ความระมัดระวัง โดยให้ใส่ในกล่องบรรจุที่มาพร้อมกับเครื่อง
- ภายหลังจากการเลิกใช้งานควรจะใส่สกรูขับที่ใต้เครื่อง Calibration Tester เพื่อไม่ให้ชุด Spindle และชุดของ Anvil เกิดการเคลื่อนที่
- ห้ามนำโลหะหรือวัตถุที่มีความแข็งมากไปถูกด้านหน้าผิวสัมผัสของ Anvil เพราะจะทำให้เกิดรอยบนผิวสัมผัส



รูปที่ 9. แสดงลักษณะของเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ (Calibration Tester)
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :3)

2.1.5 วิธีการใช้ Calibration tester ขนาด 0-25 mm ที่มีความละเอียด 0.001 mm มีดังนี้

- ทำความสะอาดที่ตรงบริเวณผิวหน้าสัมผัสผิวของ Micrometer head และแกนวัด (Spindle) โดยใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาด
- ใช้ผ้าชนิดที่อ่อนนุ่มไม่มีขนเช็ดซ้ำอีกทีบริเวณแกนวัดและผิวสัมผัสของ Micrometer head ใน
- ทำการ Set Zeroของเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจโดยทำการคลายสกรูที่ล็อก Index-Disc ไม่ให้เคลื่อนที่ (Disc-Clamp)
- จับยึด Index-Disc ให้ตำแหน่งขีดสเกลศูนย์ของ Index-Disc อยู่ตรงกับขีดเส้น Reference-Line Plate
- ให้ทำการหมุน Micrometer head โดยให้ขีดสเกลศูนย์ที่ Micrometer head กับขอบวงในของ Index-Disc อยู่ตรงกับกึ่งกลางกับขีดสเกลศูนย์ที่ Micrometer head
- ทำการหมุนสกรู (Disc-Clamp) ทั้งสามสกรูให้แน่นพอสมควร
- เริ่มทำการหมุน Micrometer head ขึ้นและลง เพื่อเช็คค่าสเกลศูนย์ของ Micrometer head ที่เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ ขนาด 0-25 mm. ที่มีความละเอียด 0.001 mm.

- เมื่อเริ่มทำการหมุนแล้วและหมุนกลับมาที่ตำแหน่งศูนย์แล้วตำแหน่งขีดสเกลไม่เป็นศูนย์ คือทั้งขีดสเกลของ Micrometer head และ Index- Disc ไม่ตรงกับศูนย์ให้เริ่มต้นทำใหม่อีกครั้ง

- เมื่อทำการตั้งค่าศูนย์(Set Zero) แล้วจึงเริ่มนำไปใช้งาน

2.1.6 ส่วนประกอบของ Calibration Tester

1. Holder คือ แขนที่ใช้สำหรับวางใส่ Dial Gauge เมื่อต้องการจะทำการวัดหรือตรวจสอบ Dial Gauge สามารถเคลื่อนที่ได้ซ้ายและขวา

2. Indicator Clamp คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจับยึด Dial Gauge ไม่ให้เคลื่อนที่เวลาทำการวัดหรือตรวจสอบ

3. Disc-Clamp คือส่วนทำหน้าที่ในการขันล็อกให้ Micrometer head กับ Index-Disc อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน

4. Index-Disc คือส่วนที่ทำหน้าที่ในการแสดงตำแหน่งของสเกลในการวัดโดยมีขีดสเกลเป็นสิ่งกำหนดขนาดความยาว

5. Reference-Line Plate คือส่วนที่ทำหน้าที่ในการเป็นเส้นแกนอ้างอิงในการระบุตำแหน่งในการวัดเทียบกับสเกลบน Index-Disc

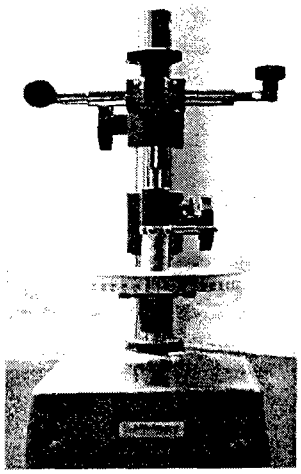
6. Micrometer head คือส่วนที่ทำหน้าที่ในการขับไดอัลเกจให้เคลื่อนที่ขึ้น-ลงและมีขีดสเกลกำหนดระยะ

2.4.7 วิธีการบำรุงรักษา Calibration Tester มีดังนี้

- ในการใช้งานควรระมัดระวังในการหมุนแกนวัด(Spindle) ของ Micrometer head คือไม่ควรหมุนให้เกินไปกว่าพิกัดความสามารถของเครื่องมือวัดที่ทำได้เพราะจะทำให้ระยะการวัดผิดพลาด

- ควรใช้ความระมัดระวังในการขนย้ายเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ โดยห้ามทำหล่น

- ทุกครั้งก่อนและหลังการใช้งานควรทำความสะอาดและทาวาสลีนเคลือบผิวบริเวณที่เป็นโลหะเพื่อป้องกันการเกิดสนิม



รูปที่ 10. แสดงส่วนประกอบของเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ (Calibration tester)
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2543. :3)

2.2 การใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Pate)

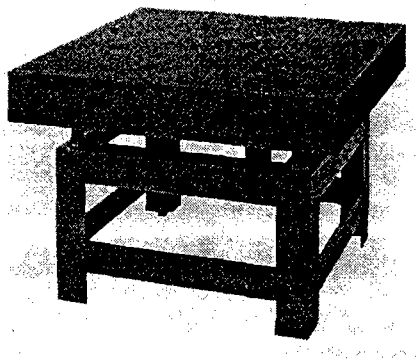
2.2.1 โต๊ะระดับ (Surface Pate) คือ เครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้เป็นฐานในการอ้างอิงในการวัดชิ้นงานและเป็นฐานสำหรับการว่างเครื่องมือวัดในการทำการสอบเทียบ โดยลักษณะของโต๊ะระดับนั้นมีคุณสมบัติในด้านของความเรียบที่มีความถูกต้องทางด้านความเรียบสูงมากและสร้างขึ้นมาโดยทำมาจากเหล็กหรือหินแกรนิต

2.2.2 วิธีการโต๊ะระดับ (Surface Pate) มีรายละเอียดดังนี้

- ในการเริ่มใช้งานของโต๊ะระดับนั้น ควรเริ่มจากการทำความสะอาดที่พื้นผิวโต๊ะระดับก่อนโดยการใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาด ให้ทั่วที่พื้นผิวโต๊ะระดับ
- ให้ใช้ผ้าที่เป็นชนิดที่อ่อนนุ่มเช็ดทำความสะอาดอีกครั้งแล้วจึงเริ่มนำไปใช้งาน
- เมื่อเริ่มใช้งานโดยการนำชิ้นงานหรือเครื่องมือวัด ที่มีน้ำหนักมากมาว่างบนโต๊ะระดับนั้นควรที่จะนำชิ้นงานหรือเครื่องมือวัดขึ้นด้านข้างของโต๊ะระดับ เพื่อไม่ให้ผิวของโต๊ะระดับเกิดความเสียหายได้
- ภายหลังจากการเลิกใช้งาน ให้ทำการเช็ดทำความสะอาดโต๊ะระดับโดยการใช้กระดาษทิชชูชุบแอลกอฮอล์ 95%-100% เช็ดทำความสะอาด ให้ทั่วที่พื้นผิวโต๊ะระดับและเช็ดซ้ำอีกครั้งด้วยใช้ผ้าที่เป็นชนิดที่อ่อนนุ่มเช็ดทำความสะอาดอีกครั้งแล้วนำผ้ามาคลุมไว้

2.2.3 วิธีการบำรุงรักษาโต๊ะระดับ (Surface Pate) มีรายละเอียดดังนี้

- ไม่ควรนำวัตถุหรือชิ้นงานที่มีความคมหรือผิวไม่เรียบมาว่างบนพื้นผิวโต๊ะระดับเพราะจะทำให้เกิดรอยขึ้นบนพื้นผิวโต๊ะระดับ
- ก่อนและหลังการใช้งานควรเช็ดทำความสะอาดอยู่เสมอ และมีผ้าคลุมโต๊ะระดับไว้เสมอ
- ไม่ควรนำวัตถุหรือชิ้นงานที่มีน้ำหนักมากเกินกว่าพิกัดของโต๊ะระดับ มาวางเพราะจะทำให้เกิดการยุบตัวขึ้นบนพื้นผิวโต๊ะระดับ

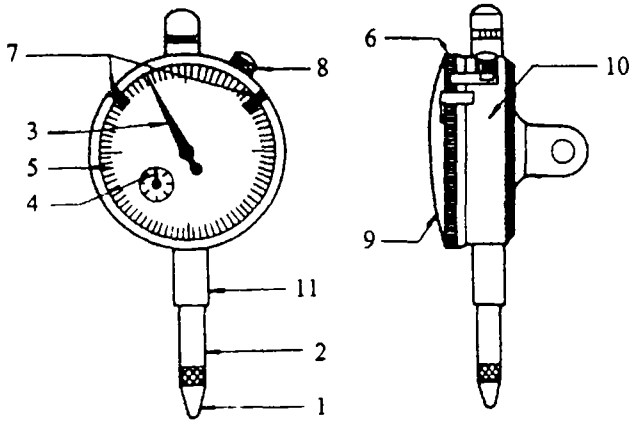


รูปที่11.แสดงลักษณะของ โต๊ะระดับ (Surface Pate)
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :8)

2.3 การใช้และบำรุงรักษาไดอัลเกจ (Dial Gauge)

2.3.1 ไดอัลเกจ (Dial Gauge) คือ เครื่องมือวัดทางด้านมิติชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายกับนาฬิกาโดยที่หน้าปัดมีสเกลไว้สำหรับแสดงค่าการวัดหรือเป็นแบบที่มีตัวเลข(ดิจิตอล)แสดงค่าการวัด โดยหลักการใช้การของเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง มาเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นรอบวง ใช้เฟืองขับเฟืองตาม เฟืองสะพาน เป็นตัวส่งกำลังทำให้เข็มของไดอัลเกจ หมุนในแนวเส้นรอบวง และใช้งานในการวัดขนาดความสูงหรือความกว้าง ยาวของชิ้นงาน และมีเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดในหลักของ 0.01 มม ขึ้นไป

2.3.2 ส่วนประกอบ



รูปที่ 12. ส่วนประกอบ Dial Gauge
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :2)

ชนิดมาตรฐาน

1) หัววัด มีหน้าที่เป็นตัวสัมผัสวัด หรือตรวจสอบชิ้นงานโดยตรง

2) แกนเลื่อน มีหน้าที่เป็นตัวจับยึดหัววัด เมื่อหัววัดถูกดันโดนผิวชิ้นงานแกนจะเลื่อนขึ้น– ลง

3) เข็มยาว มีหน้าที่บอกค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงาน ภายหลังการสัมผัสชิ้นงานของหัววัด

4) เข็มวัดรอบ มีหน้าที่บอกจำนวนรอบของเข็มว่าเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าไร (มิลลิเมตร)

5) แผ่นสเกล มีหน้าที่บอกค่าความละเอียด โดยแบ่งออกเป็น 100 ช่องเท่าๆกันเมื่อเข็มยาวหมุนไป 1 รอบ จะอ่านค่าได้ 1 มิลลิเมตร

6) กรอบนอก มีหน้าที่หมุนปรับให้จุดศูนย์ (ขีด0) ของแผ่นสเกลตรงกับเข็มยาวพอดีเพื่อที่จะกำหนดจุดเริ่มต้นในการอ่านค่า หรือตรวจสอบชิ้นงานในขั้นตอนต่อไป

7) ขีดพิกัด มีหน้าที่กำหนดค่าของพิกัดที่ยอมรับ หรือคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด

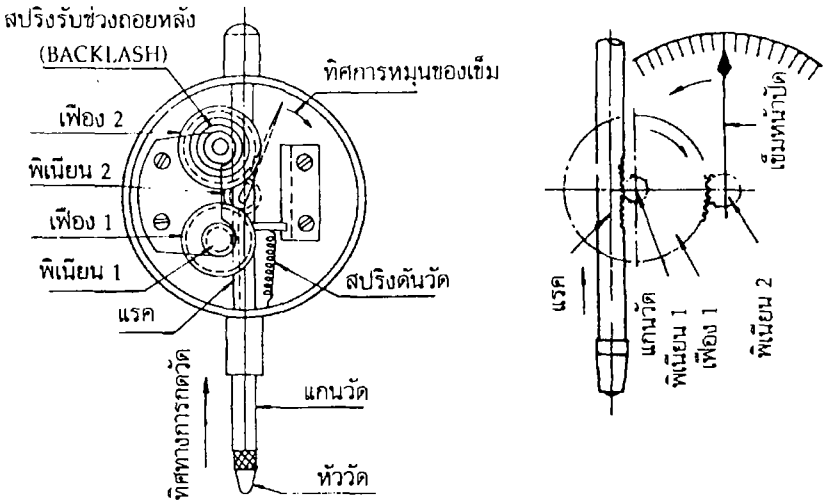
8) สกรูล็อค มีหน้าที่ล็อคตำแหน่งสเกลของหน้าปัด

9) กระจกหน้าปัด มีหน้าที่ป้องกันฝุ่น หรือสิ่งแปลกปลอมเข้าไปทำความเสียหายให้อุปกรณ์ หรือส่วนประกอบอื่น ๆ

10) ตัวเรือน มีหน้าที่ป้องกัน หรือครอบอุปกรณ์ (กลไกภายใน) ไม่ให้เกิดความเสียหาย

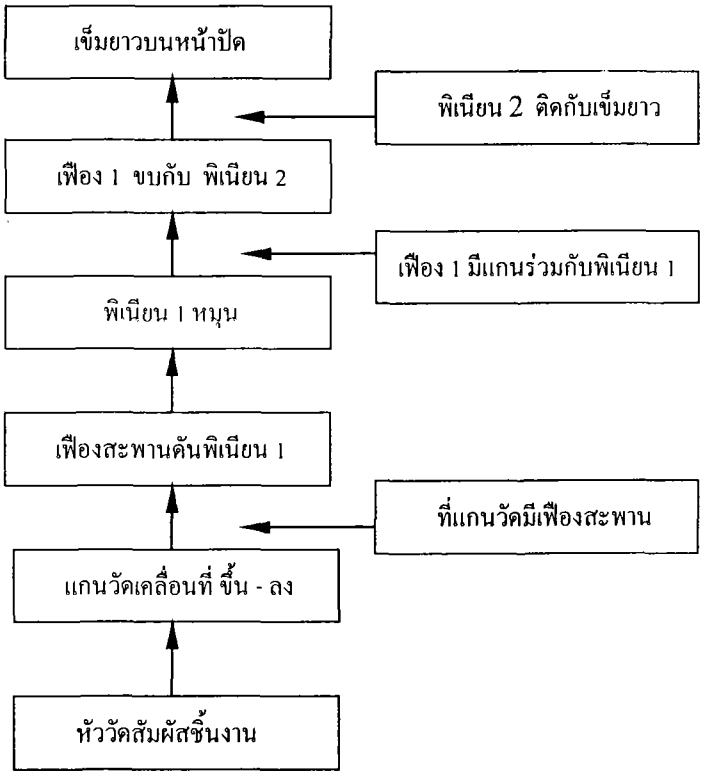
11) ก้าน มีหน้าที่สำหรับจับยึดอุปกรณ์ (ขาตั้ง) ใช้ในการตรวจสอบหรือวัดงาน

2.3.3 หลักการทำงานและการแบ่งค่าสเกล



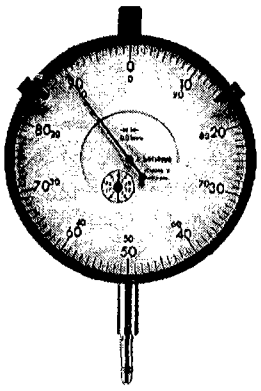
รูปที่ 13. แสดงกลไกภายในสำหรับการเคลื่อนที่ของสเกล
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :4)

หลักการทำงานของ Dial Gauge ชนิดมาตรฐาน



การอ่านค่าจากการวัด

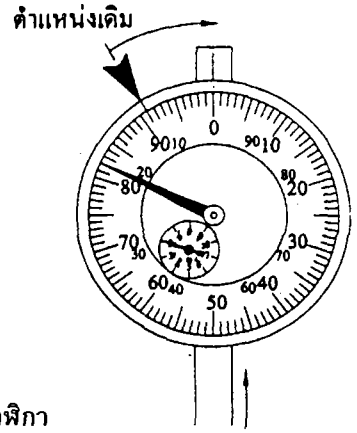
- ชื่อสเกลและลำดับการอ่านค่า
  - สเกลเข็มวัดรอบ (1 mm)
  - สเกลเข็มยาว หรือเข็มวัดละเอียด (0.01 mm)
- แกนวัดเคลื่อนที่ขึ้น อ่านตัวเลขหน้าปัดทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- แกนวัดเคลื่อนที่ลง อ่านตัวเลขหน้าปัดทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- เข็มวัดรอบ จะหมุนตรงข้ามกับ เข็มยาวเสมอ



รูปที่ 14. สเกลหน้าปัด
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทาง อุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :6)

จากรูป 69. แกนวัดเคลื่อนที่ขึ้น

1) เข็มวัดรอบอ่านค่าได้ = 1.00 mm
2) เข็มวัดละเอียดอ่านค่าได้ 0.01 × 91 = 0.91 mm
3) นำค่ามารวมกัน 1 + 0.91 = 1.91 mm



รูปที่ 15. การอ่านค่าตามเข็มนาฬิกา
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :7)

2.3.4 การตรวจสอบไดอัลเกจแบบสเกลและแบบตัวเลขมีรายละเอียดดังนี้

ในรูปแบบของ ไดอัลเกจ (Dial Gauge) แบบสเกล มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

- ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาด ทุกชิ้นส่วนของไดอัลเกจ
- เส้นสเกลหรือขีดสเกลในการอ่านค่าอยู่ในสภาพที่ขีดสเกลอ่านค่าได้ชัดเจนไม่เลือนลาง
- **ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด**
- ผิวสัมผัสของ Contact Point จะต้องเรียบตามรูปทรงของ Contact Point และจะต้องไม่มีรอยหักหรือบิ่น หรือมีรอยขีดข่วนจนสัมผัสได้
- ให้เคลื่อนที่ของแกนวัดโดยดันแกนวัดขึ้นและลง 2-3 ครั้ง ลง เพื่อเช็คค่าตำแหน่งศูนย์ของการวัด โดยเข็มสเกลยาวจะต้องตรงกับตำแหน่งแรกในค่าการวัดครั้งแรกก่อนการดันแกนวัดให้เคลื่อนที่

ในรูปแบบของ ไดอัลเกจ (Dial Gauge) แบบตัวเลข มีรายละเอียดการตรวจสอบดังนี้

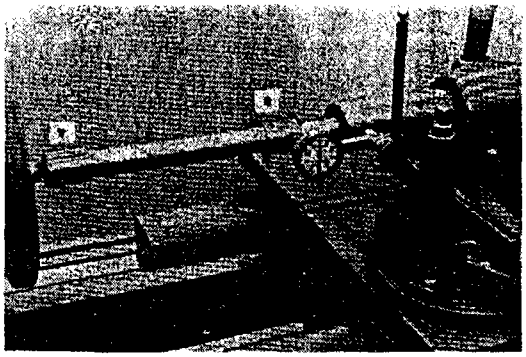
- ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาด ทุกชิ้นส่วนของไดอัลเกจ
- ตัวเลขที่แสดงค่าที่หน้าปัดจะต้องอ่านได้ชัดเจน
- ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด
- ผิวสัมผัสของ Contact Point จะต้องเรียบตามรูปทรงของ Contact Point และจะต้องไม่มีรอยหักหรือบิ่น หรือมีรอยขีดข่วนจนสัมผัสได้
- เมื่อทำการ SET ZERO เพื่อให้เริ่มต้นที่ค่าศูนย์แล้ว ดันแกนวัดให้แกนวัดเคลื่อนที่ขึ้น-ลง เพื่อเช็คค่าตำแหน่งศูนย์ โดยดันแกนวัดให้เคลื่อนที่ขึ้น-ลง 2-3 ครั้ง แล้วสังเกตที่ตัวเลขที่หน้าปัดแสดงค่าการวัดจะต้องกลับไปที่ค่าตำแหน่งศูนย์

2.3.5 การใช้งานไดอัลเกจแบบสเกลและแบบตัวเลขมีรายละเอียดดังนี้

- ในการใช้งานของไดอัลเกจในขั้นแรกควรเช็คทำความสะอาดที่บริเวณแกนวัดให้เรียบร้อย
- ตรวจดูในบริเวณผิวสัมผัสที่แกนวัดหรือหัววัด เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้ในการแตะสัมผัสชิ้นงาน โดยจะต้องไม่เป็นรอยบิ่นหรือรอยขีดข่วนจนสัมผัสได้

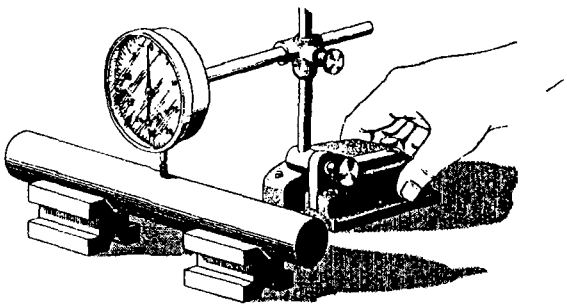
ลักษณะการใช้ไดอัลเกจ

การเซ็คศูนย์ของหัวท้ายเครื่องกลึง โดยประกอบเพลาเข้ากับศูนย์หัวท้าย แล้วใช้ไดอัลเกจตั้งหา ความหนาของเพลา ที่ตำแหน่ง (ก) และ (ข) ถ้าเข็มไดอัลเกจ เคลื่อนที่ในตำแหน่งเท่ากันทั้ง (ก) และ (ข) แสดงว่าศูนย์หัวท้ายของเครื่องตรงกัน



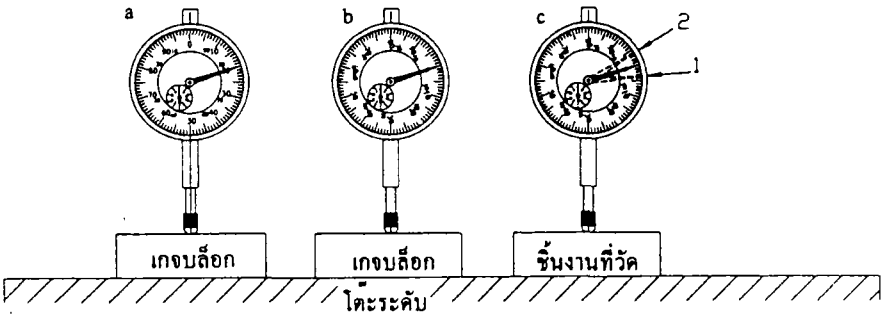
รูปที่ 16. การเซ็คศูนย์เครื่องกลึง
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :8)

การใช้ไดอัลเกจตรวจสอบความขนานของชิ้นงานกลม โดยให้ปลายแกนวัดสัมผัสชิ้นงานและเลื่อนไดอัลเกจไป – มา ตลอดแนวยาวแกนเพลา ถ้าเข็มไดอัลเกจเคลื่อนที่ในตำแหน่งเท่ากันตลอดแกน แสดงว่าชิ้นงานมีความกลมเท่ากันตลอด



รูปที่ 17. การตรวจสอบความขนานชิ้นงานกลม
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :8)

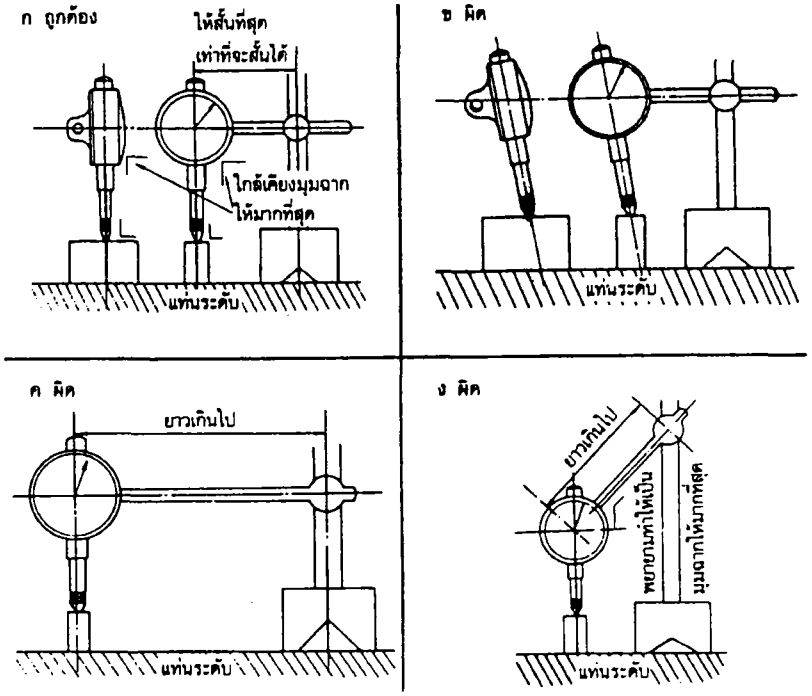
การใช้ไดอัลเกจวัดขนาดชิ้นงานเทียบกับแท่งมาตรฐาน



รูปที่ 18. การใช้ Dial Gauge วัดชิ้นงานเทียบกับแท่งมาตรฐาน
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :9)

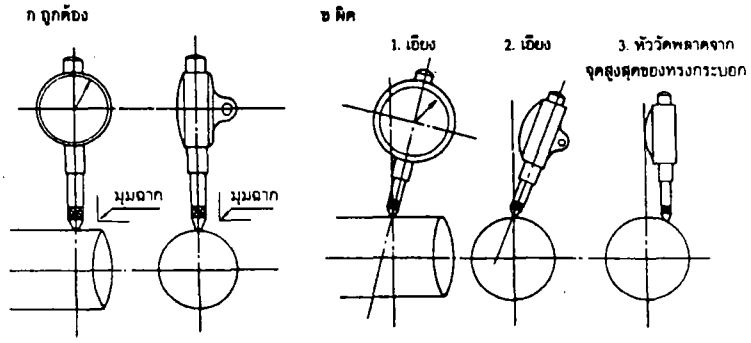
เทคนิคการใช้ไดอัลเกจ

1) ให้แกนวัด ตั้งฉากกับผิวงานมากที่สุด



รูปที่ 19. เทคนิคการใช้ Dial Gauge
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมเสริม. ม.ป.ป. :10)

2) การวัดผิวด้านนอกของชิ้นงานทรงกระบอก



รูปที่ 20. เทคนิคการวัดผิวงานทรงกระบอก
(สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. ม.ป.ป. :10)

2.3.6 การบำรุงรักษาไดอัลเกจแบบสเกลและแบบตัวเลขมีรายละเอียดดังนี้

- เก็บไดอัลเกจแยกจากเครื่องมือชนิดอื่น และวางบนวัสดุอ่อนนุ่ม
- จับยึดให้แน่นเพื่อป้องกันการหล่นกระแทก
- เมื่อใช้งานเสร็จควรเก็บอยู่ในสภาพเดิมทันที เพราะหากหล่นหรือมีของเข้ามากระทบจะทำให้ชำรุดเสียหายได้

3. วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ (Dial Gauge)

ในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน(Dial Gauge)นั้น ได้มีการอธิบายในกรรมวิธีของการสอบเทียบไว้เป็นขั้นตอน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก(Dial Gauge) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

3.1 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ (Dial Gauge)

ในการสอบเทียบไดอัลเกจ (Dial Gauge)มีรายละเอียดในการสอบเทียบดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนของการตรวจสอบสภาพของไดอัลเกจ (Dial Gauge)

3.1.2 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ (Repeatability)

3.1.3 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าผิดพลาดจากการวัด

ในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์จะทำการเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3.1.1 เป็นเริ่มแรก โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนของการตรวจสอบสภาพของไดอัลเกจ (Dial Gauge)มีดังนี้

ในรูปแบบของ ไดอัลเกจ (Dial Gauge) แบบสเกล มีรายละเอียดการตรวจดังนี้

3.1.1.1 เส้นสเกลหรือขีดสเกลในการอ่านค่าอยู่ในสภาพที่ขีดสเกลอ่านค่าได้ชัดเจนไม่เลือนราง

3.1.1.2 ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด

3.1.1.3 ผิวสัมผัสของ Contact Point จะต้องเรียบตามรูปทรงของ Contact Point และจะต้องไม่มีรอยหักหรือบิ่น หรือมีรอยขีดข่วนจนสัมผัสได้

3.1.1.4 ให้เคลื่อนที่ของแกนวัดโดยดันแกนวัดขึ้นและลง 2-3 ครั้ง ลง เพื่อเช็คค่าตำแหน่งศูนย์ของการวัด โดยเข็มสเกลยาวจะต้องตรงกับตำแหน่งแรกในค่าการวัดครั้งแรกก่อนการดันแกนวัดให้เคลื่อนที่

ในรูปแบบของ ไดอัลเกจ (Dial Gauge) แบบตัวเลข มีรายละเอียดการตรวจสอบดังนี้

3.1.1.5 ตัวเลขที่แสดงค่าที่หน้าปัดจะต้องอ่านได้ชัดเจน

3.1.1.6 ระบบ Mechanic ของเครื่องมือไม่ติดขัด

3.1.1.7 ผิวสัมผัสของ Contact Point จะต้องเรียบตามรูปทรงของ Contact Point และจะต้องไม่มีรอยหักหรือบิ่น หรือมีรอยขีดข่วนจนสัมผัสได้

3.1.1.8 เมื่อทำการ SET ZERO เพื่อให้เริ่มต้นที่ค่าศูนย์แล้ว ดันแกนวัดให้แกนวัดเคลื่อนที่ขึ้น-ลง เพื่อเช็คค่าตำแหน่งศูนย์ โดยดันแกนวัดให้เคลื่อนที่ขึ้น-ลง 2-3 ครั้ง แล้วสังเกตที่ตัวเลขที่หน้าปัดแสดงค่าการวัดจะต้องกลับไปที่ค่าตำแหน่งศูนย์

3.1.2 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ (Repeatability)มีดังนี้

ในรูปแบบของ ไดอัลเกจ (Dial Gauge) แบบสเกลและแบบตัวเลข มีรายละเอียดการตรวจสอบดังนี้

3.1.2.1 ปรับตั้งค่าศูนย์ที่ไดอัลเกจ

3.2.1.2 ดึง แกนวัด(Plunger) ของไดอัลเกจขึ้นมาที่ระยะหนึ่ง (ตามที่ระบุ) จากนั้นให้ปล่อย Plunger และอ่านค่าที่ไดอัลเกจ และบันทึกผล

3.2.1.3 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3.4.2.2 อีก 4 ครั้งจนครบ 5 ครั้ง

3.2.1.4 บันทึกค่าลงในตาราง

ค่าที่ระบุ	ค่าที่วัดได้ (mm.)					Repeatability
	1	2	3	4	5	Max - Min (mm.)

ตารางบันทึกค่าการวัดซ้ำ (Repeatability)

3.1.3 ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าผิดพลาดจากาการวัด

ในรูปแบบของ ไดอัลเกจ (Dial Gauge) แบบสเกลและแบบตัวเลข Range 0-25 mm ความละเอียด 0.01 มม มีรายละเอียดการตรวจสอบดังนี้

3.1.3.1 ปรับตั้งค่าศูนย์ (Set Zero) ของไดอัลเกจแบบสเกลและแบบตัวเลข และ Calibration tester

3.1.3.2 ให้หมุน Micrometer Head ของ Calibration tester ให้เคลื่อนที่ขึ้น

3.1.3.3 ให้ดูค่าที่ Dial Gauge ก่อนว่าเข็มสเกลอันยาวชี้ที่เลขหรือขีดที่เท่าไรของสเกลบนหน้าปัดของไดอัลเกจแบบสเกล (ถ้าเป็นแบบตัวเลขให้ดูที่หน้าปัดแสดงค่าการวัด)

3.1.3.4 ให้ดูค่าสเกลที่ Calibration tester เข็มที่สเกล (Reference line Plate) ตรงกับขีดสเกลบอกค่าตัวเลขที่เท่าไร

3.1.3.5 นำค่าในขั้นตอนที่ 3.4.3.4 ไปบันทึกลงในเอกสาร

3.1.3.6 ในการตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัดของ Dial Gauge ต้องทำทั้งขาไปและขากลับ โดยทำทั้งหมด 4 รอบ

3.4.3.1 ในการตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัดของ Dial Gauge เมื่อทำถึงค่าสุดท้ายแล้วให้หมุนย้อนกลับขึ้นมาตามตำแหน่ง ที่ตรวจสอบในทางขาไปจนถึงค่าเริ่มต้น (ค่าศูนย์)

3.4.3.2 เมื่อตรวจสอบจนถึงค่าเริ่มต้น(ค่าศูนย์)แล้วให้หมุนกลับขึ้นไปตามตำแหน่งที่ได้ตรวจสอบดังเดิม

หมายเหตุ ในการตรวจสอบค่าผิดพลาดจาการวัดของไดอัลเกจ นั้นให้ทำการสอบเทียบตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ดังนี้

Nominal (mm.)	ความละเอียดของ Dial Gauge (mm.)	ขนาดสเกลที่ใช้ตรวจสอบ (mm.)
0-1	0.01 mm	0, 1/10, 1/2 , 1, 2, Revolution จนครบ Range
0 – 3.5	0.01 mm	0, 1/10, 1/2 , 1, 2, Revolution จนครบ Range
0 – 4	0.01 mm	0, 1/10, 1/2 , 1, 2, Revolution จนครบ Range
0 – 5	0.01 mm	0, 1/10, 1/2 , 1, 2, Revolution จนครบ Range
0 – 10	0.01 mm	0, 1/10, 1/2 , 1, 2, Revolution จนครบ Range
0 – 15	0.01 mm	0, 1/10, 1/2 , 1, 2, Revolution จนครบ Range
0 – 20	0.01 mm	0, 1/10, 1/2 , 1, 2, Revolution จนครบ Range
0 – 25	0.01 mm	0, 1/10, 1/2 , 1, 2, Revolution จนครบ Range

หลังจากที่ได้ทราบถึงรายละเอียดวิธีการสอบไดอัลเกจ (Dial Gauge) แล้วต่อไปเป็นการนำเอาข้อมูลหรือผลการตรวจสอบไปใช้งาน โดยมีวิธีดังนี้

เครื่องมือวัด : ไดอัลเกจ (Dial Gauge)

เครื่องมือมาตรฐาน : Calibration tester

1. ตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ (Repeatability)
   - เลือกค่าผลการตรวจสอบที่มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดมาหักลบกัน
   - ผลที่ได้จะเป็นค่าการวัดซ้ำ (Repeatability)
2. ตรวจสอบค่า Retrace Error
   - นำค่าเฉลี่ยของ Forward และ Backward ที่ตำแหน่งของระยะเดียวกันมาหักลบกันจะได้เป็นค่า Retrace Error ในตำแหน่งนั้น (ไม่คิดเครื่องหมาย)
   - นำค่าเฉลี่ยของ Forward และ Backward ที่ตำแหน่ง 0.1 mm. (1/10 รอบ) มาหักลบกันจะได้เป็นค่า Retrace Error ในตำแหน่งนั้น (ไม่คิดเครื่องหมาย)
   - ทำในลักษณะการคำนวณตามนี้จนถึงค่าพิสัยที่ใช้สอบเทียบ เลือกผลต่างที่มากที่สุด

จากผลต่างทั้งหมด และผลที่ได้จะเป็นค่า Retrace Error

3. ตรวจสอบค่า Adjacent Error

- นำค่าเฉลี่ยของ Forward ที่ตำแหน่ง 0 มาลบออกจากค่าเฉลี่ยของ Froward ที่ตำแหน่ง 0.1 mm
- นำค่าเฉลี่ยของ Forward ที่ตำแหน่ง 0.1 mm. มาลบออกจากค่าเฉลี่ยของ Froward ที่ตำแหน่ง 0.2 mm (ไม่คิดเครื่องหมาย)
- นำค่าเฉลี่ยทาง Forward ที่ตำแหน่ง 0.2 mm. มาลบออกจากค่าเฉลี่ยของ Froward ที่ตำแหน่ง 0.3 mm (ไม่คิดเครื่องหมาย)
- ทำในลักษณะการคำนวณตามนี้จนถึงค่าพิสัยที่ใช้สอบเทียบ นำผลต่างทาง Forward และ Backwardที่ทำเปรียบเทียบกันโดยเลือกค่าที่มากที่สุดทั้งด้าน Forward และ Backward

4. การตรวจสอบ (สอบเทียบ) ค่าความผิดพลาดจากการวัดของไดอัลเกจ โดยมีวิธีการหาค่าแก้ของไดอัลเกจดังนี้

- ค่าที่ระบุ (Nominal Value) หรือค่าที่กำหนดไว้เพื่อจะทำการตรวจสอบ (สอบเทียบ)
- ค่าแก้ (Correction) เป็นค่าแก้ของเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัด (ในที่นี้คือเกจบล็อก)
- ค่าถูกต้อง (X+CS) เป็นค่าที่นำเอาค่าที่วัดได้(ค่าเฉลี่ย)บวกเข้ากับค่าแก้ของเครื่องมือมาตรฐาน
- ค่าที่วัดได้ หรือค่าที่อ่านได้ (Read – Out) เป็นค่าที่ได้จากการวัดของเครื่องมือวัด (ไดอัลเกจ)
- ค่ากลางหรือค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) เป็นค่าที่ได้มากจากค่าการวัดแล้วมาทำการหาค่าเฉลี่ย
- ค่าผิดพลาดของไดอัลเกจ คือ $N-\overline{(X+CS)}$ เป็นค่าที่บอกถึงความผิดพลาดณ ตำแหน่งนั้น ๆ ที่ถูกตรวจสอบของไดอัลเกจ

ตัวอย่างการหาค่าความผิดพลาดจากการวัดของไดอัลเกจในค่าที่ถูกตรวจสอบขนาด 10 mm

โดยใช้ Calibration Tester ตรวจสอบคือขนาดที่ 10 mm และค่าแก้ของใช้ Calibration Tester ที่มีค่าเท่ากับ 0.00009 mm

ค่าที่ระบุ	ค่าแก้ (CS) Calibration Tester	ค่าที่ถูกต้อง $\overline{X+CS}$	ค่าที่วัดได้ (Read – Out)				ค่ากลาง Mean	ค่าผิดพลาดจากการวัดของไดอัลเกจ $\overline{N-(X+CS)}$
(mm)	(mm)	(mm)	1	2	3	4	(mm)	(mm)
10	+0.00009	10.00009	10.01	10.00	10.00	10.00	10.0025	0.00241

4. วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในกระบวนการของการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น จะไม่สามารถอธิบายถึงผลการสอบเทียบได้อย่างถูกต้อง ถ้ายังไม่ทำการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด ดังนั้นจำเป็นจะต้องรู้ในเรื่องของวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อจะทำให้การสอบเทียบมีความถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น โดยในรายละเอียดของวิธีการประเมินค่าความไม่ในแน่นอนในการวัด จะประกอบไปด้วยหัวข้อต่าง ๆดังนี้คือ

4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

โดยจะเริ่มในหัวข้อของหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

4.1 หลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ได้นำหลักการทางสถิติ ทางวิทยาศาสตร์และทางวิศวกรรมศาสตร์ เข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากในทุกขั้นตอนของการสอบเทียบเป็นการปฏิบัติทางด้านวิทยาศาสตร์ ที่ต้องสามารถพิสูจน์ได้ และสามารถที่จะควบคุมตัวแปรต่าง ๆที่จะส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาดได้ และโดยหลักของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ได้มีการแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น ดังนี้คือ

4.1.1 การแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในการแบ่งประเภทของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้นได้มีการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

4.1.1.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A

4.1.1.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B

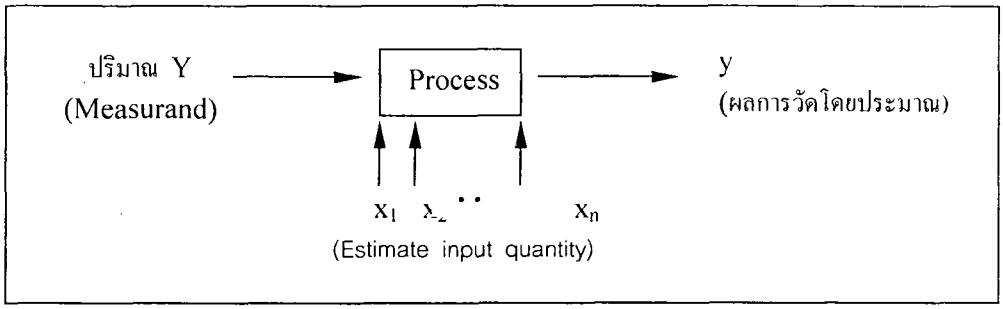
4.1.1.1 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE A หมายถึง กระบวนการในการประเมินผลการวัด ในทางสถิติ โดยเป็นขั้นตอนในรูปแบบของการทดลอง เพื่อนำผลจากการปฏิบัติจริงมาทำการประเมิน และผลที่ได้จะเป็นผลจากการคำนวณทางหลักสถิติ

4.1.1.2 การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B หมายถึง กระบวนการในการประเมินผลการวัดที่ กระทำนอกเหนือจากทางสถิติ โดยเป็นผลที่มีการกำหนดไว้แล้วหรือจากการทดลองไว้ แล้วนำมาใช้ เช่น ค่าความละเอียดในการอ่านค่าการวัดของเครื่องมือวัด หรือ ค่าสัมประสทธิ์การขยายตัวของวัสดุ เป็นต้น

4.1.2 องค์ประกอบของความไม่แน่นอนในการวัดจะประกอบไปด้วยปัจจัย (Factor) ต่าง ๆ



เพราะฉะนั้น ปริมาณ y ที่ได้จะแปรผันตามฟังก์ชั่นของ x

$y = f(x_1, x_2, \ldots x_n)$

; x คือ Source of uncertainty

4.1.3 การแบ่งประเภทความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัด

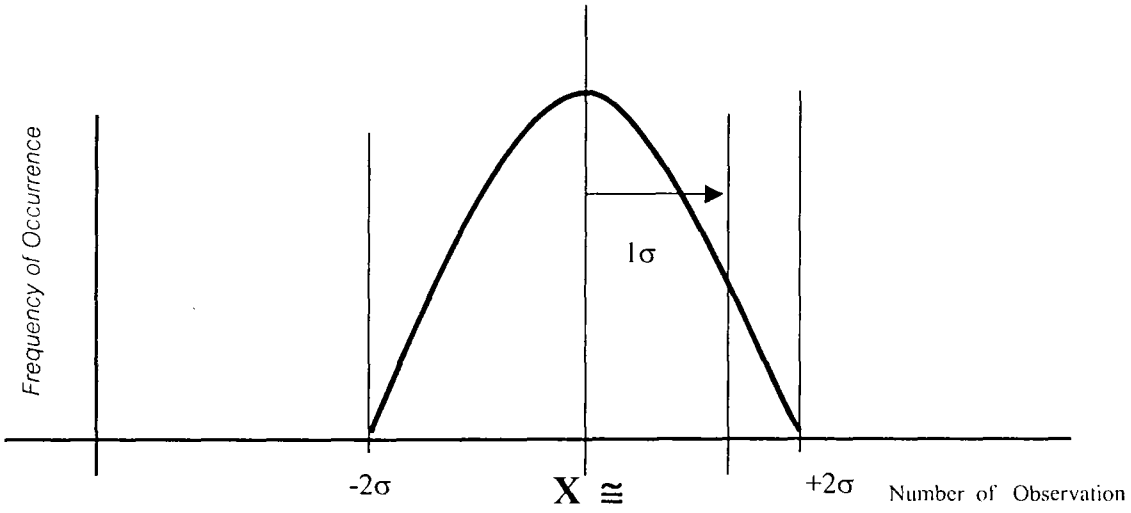
Random Error (ความผิดพลาดสุ่ม) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากการคาดเดาไม่ได้ในการวัดซ้ำ ๆ ซึ่งทำการประมาณค่าความผิดพลาดทางสถิติ สามารถลดผลความผิดพลาดได้ โดยการวัดซ้ำ ๆ จำนวนหลายครั้ง ๆ เรียกความผิดพลาดชนิดนี้ว่า "Type A Uncertainty" , "Repeatability" หรือ " Random Error"

Systematic Error (ความผิดพลาดจากระบบการวัด) หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจาก สิ่งที่ไม่ต้องการวัด แต่ทำให้การวัดผิด ขนาดของความผิดพลาดมีค่าคงที่ไม่ว่าจะวัดซ้ำ ๆ มากเท่าไรก็ตาม สามารถลดผลความผิดพลาดได้โดยใช้วิธีปรับแก้ เรียกว่าความผิดพลาด Type B หรือ "Systematic Error

4.1.4 การกระจายของความน่าจะเป็นของโอกาสในการเกิดความผิดพลาด

4.1.4.1 Normal Distribution

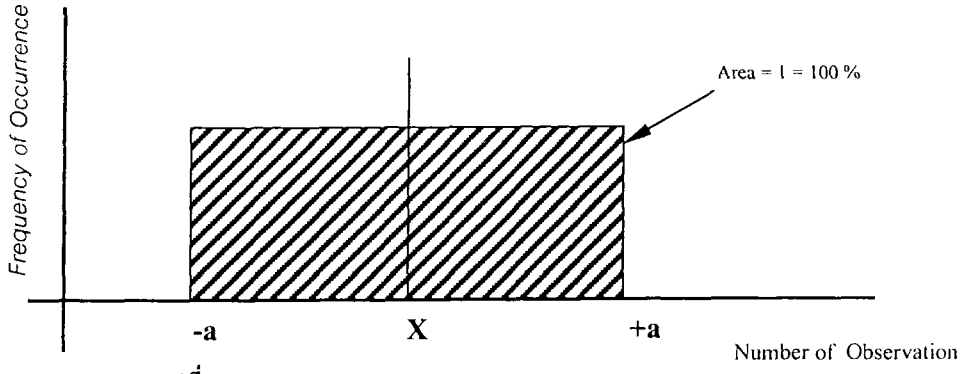
- เป็นการกระจายที่มี Curve เป็นรูประฆังคว่ำ (Symmetrical - belted – shape)
- มีค่ากลาง (μ) อยู่ตรงกลาง Curve และแบ่งพื้นที่ Curve ให้เป็นสองส่วนเท่าๆ กัน
- มี Estimated standard deviation $S_x = \sqrt{\frac{1}{(n-1)}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$
- มี Standard error of mean $\sigma = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$



รูปที่ 21. แสดงการกระจายแบบ Normal distribution
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545. : 2)

4.1.4.2 Rectangular Distribution

- มีความแปรปรวนของค่า x_i อยู่ในช่วง +a และ -a
- มี Standard deviation ; $\sigma = \frac{a}{\sqrt{3}}$



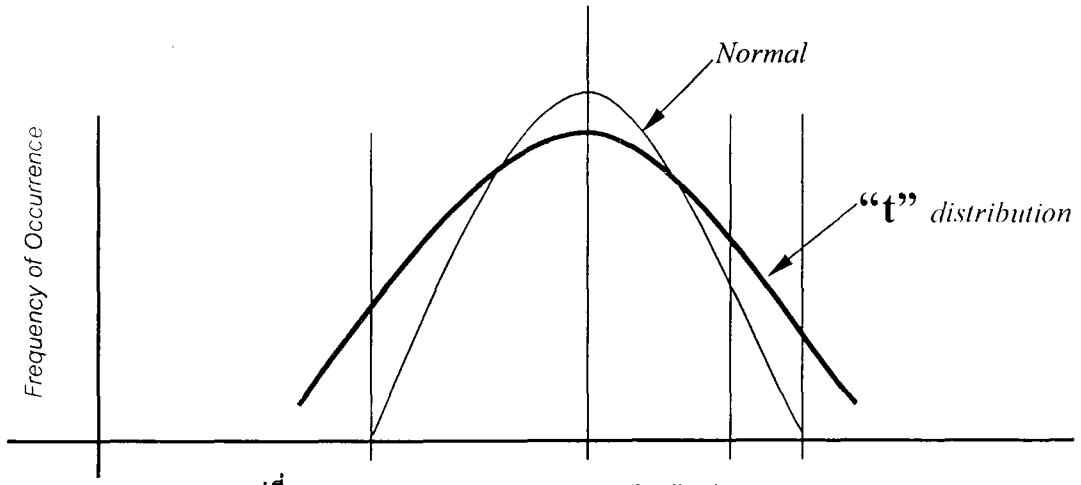
รูปที่ 22. แสดงการกระจายแบบ Rectangular
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545. : 3)

4.1.4.4 "t" Distribution

- มีลักษณะของ Curve แบนราบกว่า Normal เนื่องจากเก็บค่าการทดลอง ; n น้อยครั้ง
- เทียบพื้นที่และ 1σ กับ Normal ได้ดังนี้

Normal = 68.28% ที่ $\pm 1\sigma$

t	≅	68%	$\pm 1\sigma$
พ.ท. 68.28%	n = 1	มีค่าอยู่ที่	$\pm 1.83\sigma$
	n = 2	มีค่าอยู่ที่	$\pm 1.32\sigma$
	n = 3	มีค่าอยู่ที่	$\pm 1.20\sigma$



รูปที่ 23. แสดงการกระจายแบบ "t" distribution
(หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดฯ. 2545. : 3)

4.1.5 แหล่งที่มาความไม่แน่นอน (Source of uncertainty)

แหล่งที่มาความไม่แน่นอน (Source of uncertainty) หมายถึง แหล่งที่มาของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลทำให้การวัดผิดพลาด (Systematic Error)

4.1.5.1 Import Calibration หรือ import uncertainty หมายถึง ค่าความไม่แน่นอนที่ติดมากับตัวเครื่องมือในใบ Certificate ที่เกิดจากการสอบเทียบมีการกระจายแบบ Normal

4.1.5.2 Secular Stability หมายถึง ความเสถียรของค่า uncertainty ในการสอบเทียบในแต่ละครั้ง เป็นการเลื่อนค่า uncertainty หรือ "**Drift rate since last calibration**" มีการกระจายแบบ Rectangular

4.1.5.3 Resolution Effect หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากความละเอียดของเครื่องมือ คือการที่เครื่องมือไม่สามารถแยกชัดได้มากไปกว่าค่าความละเอียดที่ Spec เครื่องมือกำหนด ทำให้เกิดการปัดค่า (Resolution round off) ในกรณีที่ปริมาณวัดไม่พอดี ช่องสเกลหรือค่าที่กำหนด

4.1.5.4 Uncorrected Error หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการไม่ได้ใช้ค่าแก้ [ค่าแก้ คือ negative sign ของ error : **Corrected = -(Error)**] สามารถตัดแหล่งของความไม่แน่นอนนี้ได้โดยการใช้ค่าแก้

4.1.5.5 Interpolation Effect หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการ interpolate ของค่าวัดที่จุดที่ไม่ได้ทำการสอบเทียบ ซึ่งต้องคำนวณประมาณการ ทำให้เกิดการผิดพลาดได้หลีกเลี่ยงปัจจัยนี้ได้โดยการสอบเทียบให้ตรงจุดใช้งาน

4.1.5.6 Environment Condition หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของภาวะแวดล้อมในระบบการวัดแล้วทำให้ค่าวัดผิดพลาด เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง ฝุ่น การสั่นสะเทือน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น สามารถลดปัจจัยนี้ได้โดยควบคุมสภาวะให้อยู่ในช่วงที่ทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงมีผลต่อระบบการวัดน้อยที่สุด

4.1.5.7 Cosine Error หมายถึง ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการวัดผิดมุม หรือเครื่องมือกับ measurand ไม่ตั้งฉากหรืออยู่ในแนวแนวตรง

4.1.5.8 Geometric Error หมายถึง ความผิดพลาดที่เกิดจากลักษณะของ measurand มีลักษณะไม่ตรง โค้ง (curve) เว้า (concurve) หรือ เป็นรูปกรวย (Cone) เป็นต้น

4.1.5.9 Elastic Compression หมายถึง การออกแรงกระทำในการกดหรืออัดต่อตัวเครื่องมือ หรือ measurand โดยอาจจะทำให้วัสดุหรือเครื่องมือวัดมีการขยาย – หดตัว ทำให้ค่าการวัดผิดพลาด

4.1.5.10 Repeatability หมายถึง การวัดซ้ำๆในกิจกรรมการวัดหนึ่งๆ โดยค่าที่ได้ในการวัดแต่ละครั้งมีโอกาสเกิดการผิดพลาด สามารถลดปัจจัยของการผิดพลาดนี้ได้ โดยการวัดซ้ำ ๆ จำนวนมากครั้ง (4-10 ค่า ณ. จุดวัดหนึ่ง ๆ)

4.1.6 ตาราง Uncertainty Budget หมายถึง ตารางที่แสดง Parameter ในการคำนวณค่าความไม่แน่นอน

(worksheet for uncertainty calculations)

Symbol	Source of uncertainty	Value ±	Probability Distribution	Divisor	Sensitivity coefficient C_i	U_i = ± Value / Divisor	Effective Degree of freedom V_{eff}
$U_{C(68\%)}$	Combine Uncertainty		Normal				
$U_{exp(95\%)}$	Expanded Uncertainty		Normal k = 2				

อธิบายความหมายของแต่ละ Column ในตาราง Uncertainty budget ได้ดังนี้

1. Symbol คือ สัญลักษณ์แทน Uncertainty แต่ละตัวแล้วแต่จะกำหนด
2. Source of uncertainty คือ แหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอน
3. ± Value คือ ค่าของตัวเลขจาก แหล่งที่มาของค่าความไม่แน่นอน

4. Probability Distribution คือรูปแบบการกระจายของ Uncertainty แต่ละตัว

5. Divisor คือ ตัวหารที่ต้องใช้เมื่อต้องทำให้อยู่ในฐานเดียวกัน **(1 - Standard uncertainty)** เช่น

- Normal 95% k = 2 ทำให้เป็น 1-Standard Uncertainty โดย ± Value / Divisor = ± Value / 2
- Rectangular 95% ทำให้เป็น 1 Standard Uncertainty โดย ± Value / Divisor = ± Value / $\sqrt{3}$

เพื่อที่จะทำให้ Uncertainty แต่ละตัว Combined กันได้ ในที่นี้ใช้ ในการ Combined ที่ **1-Standard uncertainty** หรือ **1σ** หรือที่ **Confidence Level 68%**

6. C_i คือ Sensitivity Coefficient ตัวคูณหรือสัมประสิทธิ์สำหรับ Uncertainty ที่ Correlated กับ Uncertainty ตัวอื่น ทำให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน เช่น mm กับ °C ถ้ากำลังรวมกันในหน่วย ของ mm ก็ทำ °C เป็น mm

7. U_i คือ ค่า ± Value / Divisor เช่นค่า Uncertainty ของแต่ละปัจจัย

8. V_{eff} คือ Effective degree of freedom
normal distribution มีค่าเท่ากับ n-1
rectangular distribution มีค่าเท่ากับ $(U^4_c)x(n-1)/ U^4_A$

9. U_C คือ Combine Uncertainty หรือ การนำUncertainty แต่ละตัวที่อยู่ในฐานเดียวกันแล้ว (68% หรือ 1σ) มารวมกันโดยวิธี RSS. (Root Sum – Square)
$\sqrt{(U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2)}$

10. U_{exp} คือ Expanded Uncertainty หรือค่า Uncertainty ที่ขยายจาก 1- standard uncertainty หรือ 1σ (68%) ให้เป็น 2σ ที่ความเชื่อมั่น 95% (k=2)

หมายเหตุ การเปรียบเทียบอัตราส่วน U_A กับ U_C คือ การเทียบอัตราส่วนตามที่มาตรฐาน guideline

ถ้า $U_A \geq \frac{1}{2} U_C$ แสดงว่า $k \neq 2$

ต้องทำการหาค่า V_{eff} หรือ Effective degree of freedom

จาก $$V_{eff} = \frac{\frac{U_c^4}{U_A^4}}{n-1} = \frac{U_C^4 (n-1)}{U^4{}_A}$$

แล้วนำค่า V_{eff} ไปเปิด (ตาราง t) เพื่อหาค่า k [อ้างอิงจาก UKAS : LAB12]

t-distribution table

V_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
k_{95}	13.97	4.53	3.31	2.37	2.56	2.52	2.43	2.37	2.28	2.23	2.20	2.17

V_{eff}	18	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	α
k_{95}	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.06	2.05	2.04	2.03	2.02	2.01	2.00

เช่น คำนวณค่า V_{eff} = 12 → ได้ค่า ค่า k_{95} = 2.23

V_{eff} = 41 → ได้ค่า ค่า k_{95} = 2.06

V_{eff} = 215 → ได้ค่า ค่า k_{95} = 2.00

4.2 ขั้นตอนการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

โดยที่ได้ทราบในหลักการของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดแล้ว ต่อไปจะเป็นการอธิบายในขั้นตอนของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด เพื่อที่จะสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 นำค่าที่ทำการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง (n ≥ 4) ไปคำนวณหาค่า $\overline{X}$

จากสูตร $\overline{X} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots x_n}{n}$

เช่น $n_1 = 5.00$, $n_2 = 5.01$, $n_3 = 5.01$, $n_4 = 5.01$

$$\bar{x} = \frac{5.00 + 5.01 + 5.01 + 5.01}{4}$$

$\therefore \bar{x}$ = 5.0075 = 5.01

4.2.2 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบน Estimate standard deviation ; $S_{(x)}$

จากสูตร $S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{4}(x_i - \bar{x})^2}$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}(x_i - 5.0075)^2}$$

$\therefore S_x$ = 0.005

4.2.3 คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย Standard deviation of mean $= S_{(\bar{x})} = \sigma = U_A$

$$\sigma = S_{(\bar{x})} = \frac{S_{\bar{x}}}{\sqrt{n}} = \frac{0.005}{\sqrt{4}} = 0.0025$$

$\therefore \sigma = 0.0025$ mm = **1- standard uncertainty**

หรือ = 1 standard deviation

หรือ = random uncertainty

หรือ = Type A uncertainty

4.2.4 คำนวณค่า systematic uncertainty ของระบบการวัด (โดยเป็นการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TYPE B) มีดังนี้

4.2.4.1 Uncertainty หรือ import calibration ; U_{B1} โดยเปิดดูใบ Certificate ของ Calibration Tester (ตัวมาตรฐาน)

ขนาดระยะ 0 - 5 mm ได้ค่า uncertainty = 0.0012 mm

มีการกระจายแบบ Normal k=2

$\therefore$ Import uncertainty ; $U_{B1} = \frac{0.0012}{2} = 0.0006$ mm

$\therefore$ **U_{B1} = 0.0006 mm**

4.2.4.2 Secular Stability หรือ Drift rate since last calibration ; U_{B2} โดยการเปิดดูประวัติการสอบเทียบของ Calibration Tester (หรือตัวมาตรฐาน) ค่าที่เลื่อน (drift) กับครั้งล่าสุด นำค่า Error ครั้งที่ 1 และค่า Error ครั้งที่ 2 มาหักลบกัน ตามขนาดระยะของ Calibration Tester ที่ระบุค่าเดียวกัน

เช่น Calibration Tester ขนาดระยะที่ 5 mm.

Error ครั้งที่ 1 = 0.1 μm

Error ครั้งที่ 2 = 0.8 μm

Drift Rate = $|0.1 - 0.8|$ = 0.7 μm

ได้ค่า Drift Rate = 0.7 μm และเป็นค่าที่มีการกระจายแบบ Rectangular (Divisor = $\sqrt{3}$)

$\therefore$ Drift Rate Since last cal. $U_{B2} = 0.0007/\sqrt{3}$

$\therefore$ **U_{B2} = 0.000404 mm**

4.2.4.3 Resolution Effect ; U_{B3}

ทำการหาโดย นำค่า Resolution ของเครื่องมือ (Dial Gauge) มาหารด้วย $\sqrt{3}$ เนื่องจากมีการกระจายแบบ Rectangular (ในกรณีของ Digital หารด้วย $2\sqrt{3}$: Resolution round off)

$$\text{Resolution Effect ; } U_{B3} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.00577 \text{ mm}$$

$$\therefore U_{B3} = 0.00577 \text{ mm}$$

4.2.4.4 Environment Effect or Temperature coefficient ; U_{B4}

$$\text{Temperature coefficient ; } U_{B4} = \frac{L_0 \alpha \Delta t}{\sqrt{3}}$$

$\therefore$ ที่ขนาด 45 mm จะได้ $U_{B4} = \dfrac{5 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 1}{\sqrt{3}}$;

$\alpha = 11.5 \times 10^{-6}$ mm/^{o}C

$$\therefore U_{B4} = 0.000033 \text{ mm}$$

4.2.4.5 Combind uncertainty ; $U_{C(68\%)}$

$$U_{C(68\%)} = \sqrt{(U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2 + U_{B4}^2)}$$

$$= \sqrt{(0.0025^2 + 0.00006^2 + 0.000404^2 + 0.00577^2 + 0.000033^2)}$$

$$U_{C(68\%)} = 0.006333 \text{ mm}$$

4.2.4.6 Expanded Uncertainty ; U_{exp}

$$U_{exp(95\%)} = k \times U_c$$

$$= 2 \times 0.006333$$

$$= 0.0127$$

$$U_{exp(95\%)} \cong \pm 0.013 \text{ mm}$$

4.2.4.7 ทำตาราง Uncertainty Budget หรือ (worksheet for uncertainty calculation)

Symbol	Source of Uncertainty	Value ± mm	Probability distribution	Divisor	Sensitivity coefficient C_i	U_i = value/divisor	V_{eff}
U_A	Repeatability of measurement	0.0025	Normal	1	1	0.0025	n-1
U_{B1}	Import calibration of Calibration Tester	0.0012	Normal	2	1	0.0006	α
U_{B2}	Stability of Calibration Tester (Drift rate since last cal.)	0.0007	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.000404	α
U_{B3}	Resolution of Dial Gauge	0.01	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.00577	α
U_{B4}	Temperature coefficient	0.0000575	Rectangular	$\sqrt{3}$	1	0.000033	α
$U_{C\ (68\%)}$	Combined Uncertainty		**Normal**			0.006333	α
$U_{exp(95\%)}$	Expanded Uncertainty		**Normal k=2**			**0.0127**	α

$\therefore U_{exp(95\%)} \cong \pm 0.0127 \cong \pm 0.013$ mm

4.3 การสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

ในขั้นตอนของการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น เป็นขั้นตอนสุดท้ายและเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในอันที่จะอธิบายให้ทราบว่า สิ่งที่ได้ปฏิบัตินั้นก็คือ การสอบเทียบนั้น ได้ค่าหรือผลการสอบเทียบเป็นอย่างไร โดยรายละเอียดที่จะอยู่ในส่วนของการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น จะมีอยู่หลักๆ 4 ส่วนคือ

- **ค่าในตำแหน่งที่ตรวจสอบหรือสอบเทียบ (Nominal Value)** เช่น ตำแหน่งที่ต้องการสอบเทียบ คือที่ 1 มม, 5 มม, 10 มม, 15 มม เป็นต้น
- **ค่าความผิดพลาดของการวัด (Error Value)** เป็นค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า Error 0.01 มม) เป็นต้น
- **ค่าแก้ความผิดพลาดของการวัด (Correction Value)** เป็นค่าที่แก้กลับจากค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า Error 0.01 มม) โดยค่าแก้ความผิดพลาดของการวัดมีค่าคือ – 0.01 มม เป็นต้น
- **ค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncerttainty of Measurement)** เป็นค่าที่จะอธิบายให้ทราบว่า กระบวนการในการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น ที่ได้ผลการวัดออกมาและได้ค่าค่าความผิดพลาดของการวัด (ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ) นั้นยังมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยอยู่ในระดับความเชื่อมั่น ที่ได้กำหนดไว้ โดยผลของค่าความไม่แน่นอนในการวัดนั้น จะต้องเป็นค่า +/- เสมอ เช่น เช่น ค่าในตำแหน่งที่ 10 มม ผลจากการสอบเทียบมีค่าความผิดพลาดของการวัดคือ 0.01 มม (เรียกว่า

Error 0.01 มม) โดยในค่าความไม่แน่นอนในการวัด(ค่าความคลาดเคลื่อน) ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ค่าความไม่แน่นอนในการวัดมีค่าคือ +/- 0.01 มม เป็นต้น

บรรณานุกรม

กิตติศักดิ์ นักคิ้ม.(2547).*เอกสารสัมมนาเรื่อง"การเทียบมาตรฐานเชิงมิติโดยหลักการ Laser Interferometer"*. กรุงเทพฯ.ม.ป.พ.

บุญพริ้ง สุขสบาย และ วชิระ มีทอง. (ม.ป.ป.). *วิศวกรรมการวัดละเอียด*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

บุรินทร์ ไตรชินธนโชติ.(2543).*เทคนิคและวิธีการในงานสอบเทียบเครื่องมือวัด*. กรุงเทพฯ. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริม(ไทย-ญี่ปุ่น).(2546).*คู่มือการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม*. กรุงเทพมหานคร. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.(ม.ป.ป.).*เอกสารประกอบการสอนในวิชา Metrology*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม.(ม.ป.ป.).*เอกสารประกอบการฝึกอบรมการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์วัดนอก*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี. (2541). *การสอบเทียบไมโครมิเตอร์และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ด้วยเกจบล็อก*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ. (2544).*ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ ผลกระทบทางเศรษฐกิจของการพัฒนาระบบมาตรวิทยา*. กรุงเทพฯ. ม.ป.พ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2541). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 1300-2537 ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ*.กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่4. ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2543). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ(Calibration Tester) ที่มีขนาด 0-1 มม ความละเอียด 0.0002 มม*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2543). *เอกสารวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ(Calibration Tester) ที่มีขนาด 0-25 มม ความละเอียด 0.001 มม*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). *เอกสารวิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ*. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

อินทร พิชิตานนท์. (2543). *บทบาทมาตรวิทยาต่อการพัฒนาคุณภาพสู่สหัสวรรษใหม่*. กรุงเทพฯ. ส่วนวารสารวิชาการ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐาน JIS B 7503-1997
มาตรฐานการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty of Measurement) M3003

แบบฝึกหัด

วิธีการสอบเทียบ ไดอัลเกจ (Dial Gauge)

แบบฝึกหัดที่ 1

ให้ทำการสอบเทียบไดอัลเกจ (Dial Gauge) โดยให้ทำการสอบเทียบตามตำแหน่งของพิกัดการวัดของไดอัลเกจแต่ละพิกัดของการวัด แล้วนำมากรอกในรายละเอียดในข้อที่ 1-2 โดยให้ลงมือปฏิบัติและพร้อมทำการคำนวณค่าของการสอบเทียบ

1. กำหนดให้ (เครื่องมือที่ถูกสอบเทียบ)
   เครื่องมือวัด : _____ S/N : _____
   ความละเอียดของเครื่องมือวัด : _____mm
   พิกัดของเครื่องมือวัด (Range) : _____mm
   ตำแหน่งของเครื่องมือวัดที่จะสอบเทียบ : _____mm

2. กำหนดให้ (เครื่องมือวัดหรือวัสดุที่ใช้สอบเทียบ) เครื่องมือวัดมาตรฐานหรือวัสดุมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ
   : _____
   : _____

3. ขั้นตอนในการทำการสอบเทียบไดอัลเกจ
   3.1 ตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ : มีค่าเท่ากับ_____mm

ค่าที่ระบุ	ค่าที่วัดได้ (mm.)					Repeatability
	1	2	3	4	5	Max - Min (mm.)

   3.2 การตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัดของไดอัลเกจมีผลที่ต้องตรวจสอบดังนี้
   เครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ : _____ ขนาด_____หน่วยเป็น mm
   ค่าแก้ของเครื่องมือวัดมาตรฐาน : _____หน่วยเป็น mm
   ค่าความไม่แน่นอนของการวัดของเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ : _____ หน่วยเป็น mm
   3.2.1 ตรวจสอบค่า Retrace Error : มีค่าเท่ากับ_____mm
   3.2.2 ตรวจสอบค่า Adjacent Error : มีค่าเท่ากับ_____mm
   3.2.3 ตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัด : มีค่าเท่ากับ_____mm

ตารางการบันทึกค่าการสอบเทียบไดอัลเกจ

Nominal Value (mm)	Correction Value (CS) Calibration Tester (mm)		Read-Out (mm)								Mean (mm)		Accuracy Value $\overline{X}$ +CS (mm)		Correction Value (CS) DialGauge ($\overline{X}$ +CS)-N	
			Item1		Item2		Item3		Item4							
N	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B

การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด(The Estimated Uncertainty of measurement)

ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดจะเป็นการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดของไมโครมิเตอร์วัดในมีรายละเอียดที่ต้องใช้ในการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดดังนี้

1. ค่าความไม่แน่นอนในการวัด Type A (UA)

$\overline{X}$ = _____ mm

SD. = _____ mm

U_A = _____ mm

2. ค่าความไม่แน่นอนในการวัด Type B (UB)

2.1 ค่าความไม่แน่นอนของเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ คือ ; U_{B1} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.2 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการถดถอยของเครื่องมือวัดมาตรฐาน(Drift rate since last calibration) ; U_{B2} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.3 ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดในการอ่านค่าการวัดของเครื่องมือวัด U_{B3} มีค่าเท่ากับ

_____ mm

2.4 Environment Effect or Temperature expansion Coefficient ; U_{B4} มีค่าเท่ากับ

ที่มา L = ความยาว ณ ช่วงนั้น ๆ ที่ใช้ในการสอบเทียบ

α= สัมประสิทธิ์ในการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปจากวัสดุ

Δt= อุณหภูมิที่ใช้ในการสอบเทียบ

_____ mm

3. การประกอบของค่าความไม่แน่นอน (Combined Uncertainty) ; Uc มีค่าเท่ากับ

_____ mm

4 การคำนวณค่า Effective degree of freedom หรือ Veff เพื่อต้องการหาค่า k ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ มาทำการคูณเข้ากับ Uc ในการหาค่าความไม่แน่นอนขยาย

หมายเหตุ เมื่อได้ค่า Veff แล้ว นำไปเปิดตาราง t. distribution โดยให้เทียบกับการกำหนดระดับความเชื่อมั่น

5. การคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded uncertainty) ; Uexpand มีค่าเท่ากับ

_____ mm

ตารางแสดง Uncertainty budget ของการสอบเทียบไดอัลเกจ

สรุปจากการสอบเทียบไดอัลเกจ มีผลสอบเทียบดังนี้

1. การตรวจสอบค่าการวัดซ้ำของไดอัลเกจ : มีค่าเท่ากับ _____ mm
2. การตรวจสอบค่า Retrace Error ของไดอัลเกจ : มีค่าเท่ากับ_____ mm
3. ตรวจสอบค่า Adjacent Error : มีค่าเท่ากับ_____ mm
4. การตรวจสอบค่าความผิดพลาดจาการวัดของไดอัลเกจ

ค่าที่ระบุ (mm)	ค่าแก้ (mm)		ค่าความไม่แน่นอน (mm)	
	F	B	F	B

ภาคผนวก ข
แบบประเมินความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

แบบประเมินความเหมาะสมของเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบความเหมาะสมของรายละเอียดในเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในด้านของเนื้อหาของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

2. ให้ท่านพิจารณาว่าท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า รายละเอียดของอกสารหลักสูตฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ จะนำไปใช้เป็นตัวแทนการวัดหรือสอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่จัดขึ้นในครั้งนี้ ที่ได้เสนอไว้ในแบบประเมินนี้หรือไม่ แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการพิจารณา

แบบประเมินความเหมาะสมของเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง เนื้อหามีความเหมาะสมกับหลักสูตรฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเนื้อหาเนื้อหามีความเหมาะสมกับหลักสูตรฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง เนื้อหาไม่ความเหมาะสมกับหลักสูตรฝึกอบรม

ลำดับที่	รายการประเมินเนื้อหาในเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	ผลการพิจารณา		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านจุดประสงค์ในหลักสูตรประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้			
1.	มีคำชี้แจงหลักการของการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมชัดเจนสมบูรณ์			
2.	สารบัญมีหัวข้อเนื้อหาที่สำคัญครบถ้วนสมบูรณ์			
3.	จุดประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรมมีความชัดเจน			
	ด้านเนื้อหาในความสำคัญของการสอบเทียบประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้			
1.	มีรายละเอียดที่อธิบายถึงความสำคัญที่จะต้องมีการสอบเทียบ			
2.	มีเนื้อหาในความหมายของการสอบเทียบ			
3.	มีเนื้อหาในความหมายของมาตรวิทยา			
4.	มีเนื้อหาที่อธิบายในระบบการวัดมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ			
5.	มีเนื้อหาที่อธิบายในเรื่องที่เกี่ยวกับองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบ			
6.	มีเนื้อหาที่อธิบายในเรื่องของมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ			
	ด้านเนื้อหาในวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้			
1.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อกไว้อย่างเหมาะสม			
2.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาออปติคอลแฟลตไว้อย่างเหมาะสม			
3.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาออปติคอลพาลาแลลไว้อย่างหมาะสม			
4.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจไว้อย่างหมาะสม			
5.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับไว้อย่างเหมาะสม			

ลำดับที่	รายการประเมินเนื้อหาในเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	ผลการพิจารณา		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านเนื้อหาในวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้ (ต่อ)			
6.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไว้อย่างหมาะสม			
7.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอกไว้อย่างหมาะสม			
8.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดในไว้อย่างหมาะสม			
9.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาไดอัลเกจไว้อย่างหมาะสม			
	ด้านเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้			
1.	มีเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่มีการอธิบายในขั้นตอนต่าง ๆไว้อย่างเหมาะสม			
2.	มีเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกที่มีการอธิบายในขั้นตอนต่าง ๆไว้อย่างเหมาะสม			
3.	มีเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในที่มีการอธิบายในขั้นตอนต่าง ๆไว้อย่างเหมาะสม			
4.	มีเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบไดอัลเกจที่มีการอธิบายในขั้นตอนต่าง ๆไว้อย่างเหมาะสม			
5.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการคำนวณค่าที่ได้จากการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไว้อย่างเหมาะสม			
6.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการคำนวณค่าที่ได้จากการสอบเทียบไมโครมิเตอรวัดนอกไว้อย่างเหมาะสม			
7.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการคำนวณค่าที่ได้จากการสอบเทียบไมโครมิเตอรวัดในไว้อย่างเหมาะสม			
8.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการคำนวณค่าที่ได้จากการสอบเทียบไดอัลเกจไว้อย่างเหมาะสม			
	ด้านเนื้อหาในวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้			
1.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงหลักการในการประเมินค่าความไม่นอนในการวัด			
2.	มีเนื้อหาที่อธิบายในขั้นตอนของการประเมินค่าความไม่นอนในการวัด			

ลำดับที่	รายการประเมินเนื้อหาในเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	ผลการพิจารณา		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านเนื้อหาในวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้ (ต่อ)			
3.	มีเนื้อหาที่อธิบายในการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในหลักสูตรฝึกอบรม.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....

(.....)

แบบประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำอธิบายในแบบประเมิน

แบบประเมินนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และทางด้านมาตรวิทยา ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมกานสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้และด้านการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดตอบแบบประเมินฉบับนี้ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบประเมินฉบับนี้ มี 2 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบประมินต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย◯ ล้อมรอบข้อ ก. , ข., ค., ง., สถานภาพของท่าน

1. ท่านชื่อ_____นามสกุล_____อายุ

   ก. 29 - 35 ปี ข. 36 – 42 ปี

   ค. 43 – 49 ปี ง. 50 ปีขึ้นไป

2. ท่านมีตำแหน่ง

   ก. อาจารย์ ข. วิศวกร

   ค. นักมาตรวิทยา ง. นักวิจัย

3. ท่านมีประสบการณ์ทำงานในด้าน

   ก. การสอนทางวิศวกรรมศาสตร์หรือทางวิทยาศาสตร์ ข. การทำงานในด้านมาตรวิทยา

   ค. การเป็นที่ปรึกษาทางระบบมาตรฐาน ง. อื่นๆ

4. ท่านมีประสบการในการทำงาน

   ก. 4 – 10 ปี ข. 11 – 17 ปี

   ค. 18 – 24 ปี ง. 25 – 31 ปี

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบประเมินต่อประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยมีกิจกรรมหลักในด้านของการจัดการฝึกอบรม หลักสูตรฝึกอบรม รูปแบบการฝึกอบรม และการประเมินผลการฝึกอบรม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในแต่ละข้อความที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จากทัศนะและความคิดเห็นของท่านเห็นว่า กิจกรรม ในหลักสูตรฝึกอบรมนี้ มีความเหมาะสมในระดับใ

เห็นด้วย หมายถึง รายการประเมินมีผลต่อประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่ารายการประเมินมีผลต่อประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง รายการประเมินไม่ผลต่อประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น / ความเหมาะสม		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านการจัดการฝึกอบรม ท่านเห็นว่าการจัดการฝึกอบรมควรมีรายละเอียดดังนี้หรือไม่			
1	ผู้เป็นวิทยากร ควรเป็นผู้ที่มีความรู้และปฏิบัติงานด้านการ สอบเทียบ			
2	ผู้เป็นวิทยากร ควรมีประสบการณ์ในด้านการบรรยายหรือ การฝึกอบรม			
3	ผู้เป็นวิทยากรควรเป็นผู้ที่สามารถใช้อุปกรณ์สื่อการสอนได้อย่างเหมาะสมกับหลักสูตรฝึกอบรม			
4	ผู้เข้ารับการฝึกอบรมควรจะมีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ ในหลักสูตรฝึกอบรม			
5	ในฝึกอบรมภาคทฤษฎีควรมีสถานที่ที่เหมาะสมในการฝึกอบรม			
6	ในฝึกอบรมควรจัดให้มีอุปกรณ์ / เครื่องมือให้เหมาะสมกับการฝึกอบรม			
7	ในการฝึกอบรมควรมีเอกสารประกอบการฝึกอบรม ที่มีเนื้อหาครบถ้วนสอดคล้องกับการบรรยาย			
	ด้านหลักสูตรฝึกอบรม ท่านเห็นว่าเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมควรมีความเหมาะสมดังนี้หรือไม่			
1	เนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมในหัวข้อต่าง ๆมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม			
2	ในการฝึกอบรมได้นำหลักการในการฝึกอบรมแบบทฤษฎีเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการฝึกอบรม			

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น / ความเหมาะสม		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านหลักสูตรฝึกอบรม (ต่อ) ท่านเห็นว่าเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมควรมีความเหมาะสมดังนี้หรือไม่			
3	เนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมช่วยทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเห็นความสำคัญของการสอบเทียบ			
4	เนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมช่วยทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ทางด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ			
5	เนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมช่วยส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ			
	ด้านรูปแบบการฝึกอบรม ท่านเห็นว่า รูปแบบการฝึกอบรมมีความเหมาะสมและสอดคล้องในรายละเอียดดังนี้หรือไม่			
1	ในการฝึกอบรมวิทยากรมีการแจ้งวัตถุประสงค์ในหลักสูตรก่อนการบรรยาย			
2	ในการฝึกอบรมได้นำหลักการในการฝึกอบรมแบบทฤษฎีเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการฝึกอบรม			
3	ในการฝึกอบรมวิทยากรจะบรรยายตามเนื้อหา พร้อมกับมีแบบทดสอบให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ทำเป็นช่วงๆ			
4	ในการฝึกอบรมวิทยากรควรบรรยายให้สอดคล้องกับเนื้อหาในเอกสารประกอบการฝึกอบรม			
5	ในการฝึกอบรมวิทยากรจะต้องใช้สื่อการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม			
6	ในการฝึกอบรมควรที่จะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีโอกาสได้ สักถาม			
7	ในการฝึกอบรมที่ต้องใช้เครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ควรที่จะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลองปฏิบัติจริงกับเครื่องมือ			
8	ในการฝึกอบรมควรที่จะฝึกอบรมให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม			
9	ในการฝึกอบรมวิทยากร ควรที่จะมีการยกตัวอย่างประกอบเพื่อเกิดให้ความเข้าใจมากขึ้น			
10	ในการฝึกอบรมควรที่จะให้เนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมและการบรรยายสัมพันธ์กับเวลาการฝึกอบรม			

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น / ความเหมาะสม		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	การวัดประเมินผลการฝึกอบรม การประเมินผลการฝึกอบรมจะต้องมีความเหมาะสมดังนี้หรือไม่			
1	ในการประเมินผลการฝึกอบรมควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม			
2	ในการประเมินผลควรสอดคล้องกับเนื้อหาในของหลักสูตรฝึกอบรม			
3	ในขั้นตอนของเกณฑ์ ในการประเมินผล ควรชัดเจน			
4	ในการประเมินผลควรที่มีแบบทดสอบที่สอดคล้องกับหลักสูตร			
5	ในแบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินผล ควรมีคำถามและคำตอบในแบบทดสอบที่ชัดเจน			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....

(.....)

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรม
การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบความเหมาะสมของรายละเอียดในแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในด้าน/ความรู้ และทักษะวิธีการของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ระหว่างการฝึกอบรม

2. ให้ท่านพิจารณาว่าท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า รายละเอียดของแบบทดสอบ จะนำไปใช้เป็นตัวแทนการวัดหรือสอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่จัดขึ้นในครั้งนี้ที่ได้เสนอไว้ในแบบประเมินนี้หรือไม่ แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการพิจารณา

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรม
การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม

การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 1 ความสำคัญของการสอบเทียบ (ข้อที่ 1 – 8)

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านความรู้ระหว่างฝึกอบรม โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	<u>ด้านความรู้ ความสำคัญของการสอบเทียบ</u>				
1.	บอกลักษณะของสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบถึงการสอบเทียบได้	1			
2.	บอกหน่วยวัดทางมาตรวิทยาได้	2			
3.	บอกถึงลักษณะของค่าความถูกต้องได้	3			
4.	บอกความหมายของค่าความละเอียดของเครื่องมือวัดได้	4			
5.	บอกถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตได้	5			
6.	บอกลักษณะของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้	6			
7.	บอกถึงประโยชน์ของการสอบเทียบเครื่องมือวัดได้	7			
8.	บอกอุณหภูมิมาตรฐานที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้	8			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ (ข้อที่ 1 - 12)

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านความรู้ระหว่างฝึกอบรม โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	<u>ด้านความรู้ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ</u>				
1.	บอกลักษณะของชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปใช้วัดได้	1			
		2			
2.	บอกลักษณะของการตรวจสอบความเรียบของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	3			
3.	บอกส่วนประกอบของของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	4			
4.	บอกลักษณะของชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการนำไมโครมิเตอร์วัดนอกไปใช้วัดได้	5			
5.	บอกหลักการทำงานของไมโครมิเตอร์วัดนอกและเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	6			
6.	บอกการตรวจสอบสภาพเบื้องต้นของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	7			
7.	บอกขั้นตอนการใช้ไมโครมิเตอร์วัดในได้	8			
8.	บอกลักษณะของชิ้นงานที่มีผลต่อความผิดพลาดในการวัดของไมโครมิเตอร์วัดในได้	9			
9.	บอกหลักการทำงานของไดอัลเกจได้	10			
10.	บอกลักษณะของความผิดพลาดที่มีผลกับการนำไดอัลเกจไปใช้งานโดยใช้ไดอัลเกจไม่ถูกต้องได้	11			
11.	บอกลักษณะของการนำไดอัลเกจไปใช้งานได้	12			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (ข้อที่ 1 – 14)

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านความรู้ระหว่างฝึกอบรม โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านความรู้ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ				
1.	บอกสิ่งที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1			
2.	บอกขั้นตอนในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	2			
3.	บอกลักษณะของผลการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	3			
4.	บอกสิ่งที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์นอกได้	4			
5.	บอกผลของการตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	4			
6.	บอกผลของการตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	5			
7.	บอกสิ่งที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	6			
8.	บอกความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดกับค่าแก้ ได้	7			
9.	บอกสิ่งที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในได้	8			
10.	บอกความละเอียดของไมโครมิเตอร์วัดในกับผลการสอบเทียบได้	9			
11.	บอกลักษณะของความผิดพลาดได้	10			

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านความรู้ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ต่อ				
12.	บอกวิธีการคำนวณในการตรวจสอบการวัดซ้ำของไดอัลเกจได้	11			
13.	บอกความสัมพันธ์ของผลการตรวจสอบการวัดซ้ำกับความละเอียดของไดอัลเกจได้	12			
14.	บอกลักษณะของความถูกต้องของเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบเครื่องมือวัดได้	13			
15.	บอกลักษณะของผลการตรวจสอบกับความสัมพันธ์ในวิธีการตรวจสอบเครื่องมือวัดได้	14			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 4 วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด (ข้อที่ 1 - 9)

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านความรู้ระหว่างฝึกอบรม โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	<u>ด้านความรู้ วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด</u>				
1.	บอกสัญลักษณ์ของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	38			
2.	บอกลักษณะของความสอดคล้องในความหมายของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	39			
3.	บอกลักษณะและผลของการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	40			
		41			
		42			
		43			
		44			
		45			
		46			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านทักษะระหว่างฝึกอบรม โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์				
1.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	1			
2.	สามารถตรวจสภาพเครื่องมือวัดได้	2			
3.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	3			
4.	สามารถอ่านค่าการวัดได้	4			
5.	สามารถใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานได้	5			
6.	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความเรียบของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	6			
7.	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความขนานของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	7			
8.	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของสเกลของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	8			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านทักษะระหว่างฝึกอบรม โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก				
1.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	1			
2.	สามารถตรวจสภาพเครื่องมือวัดได้	2			
3.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	3			
4.	สามารถอ่านค่าการวัดได้	4			
5.	สามารถใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานได้	5			
6.	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความเรียบของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	6			
7.	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความขนานของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	7			
8.	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของสเกลของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	8			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านทักษะระหว่างฝึกอบรม โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	<u>ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน</u>				
1.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	1			
2.	สามารถตรวจสภาพเครื่องมือวัดได้	2			
3.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	3			
4.	สามารถอ่านค่าการวัดได้	4			
5.	สามารถใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานได้	5			
6.	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของสเกลของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในได้	6			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านทักษะระหว่างฝึกอบรม โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ				
1.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	1			
2.	สามารถตรวจสภาพเครื่องมือวัดได้	2			
3.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	3			
4.	สามารถอ่านค่าการวัดได้	4			
5.	สามารถใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานได้	5			
6.	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบการวัดซ้ำของการสอบเทียบไดอัลเกจได้	6			
7.	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัดของการสอบเทียบไดอัลเกจได้	7			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....

(.....)

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะหลังการฝึกอบรม การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบความเหมาะสมของรายละเอียดในแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในด้าน/ความรู้ และทักษะวิธีการของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม หลังการฝึกอบรม

2. ให้ท่านพิจารณาว่าท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า รายละเอียดของแบบทดสอบ จะนำไปใช้เป็นตัวแทนการวัดหรือสอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่จัดขึ้นในครั้งนี้ที่ได้เสนอไว้ในแบบประเมินนี้หรือไม่ แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการพิจารณา

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะหลังการฝึกอบรม
การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม

ส่วนที่ 1 ความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติและการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด (ข้อที่ 1 - 46)

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้หลังการฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านความรู้ ความสำคัญของการสอบเทียบ				
1.	บอกความหมายของการสอบเทียบได้	1			
2.	บอกความหมายของมาตรวิทยาได้	2			
3.	บอกความหมายของนิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการการสอบเทียบได้	3			
		4			
4.	บอกถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้	5			
5.	บอกมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบได้	6			
6.	บอกหน่วยวัดที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้	7			
7.	บอกตัวแปรหลักที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้	8			
	ด้านความรู้ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ				
8.	บอกลักษณะของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	9			
9.	บอกลักษณะการใช้งานของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	10			
10.	บอกลักษณะการตรวจสอบความเรียบของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	11			
11.	บอกลักษณะการทำงานของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	12			
12.	บอกลักษณะของชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการนำไมโครมิเตอร์วัดนอกไปใช้วัดได้	13			
13.	บอกหลักการอ่านค่าการวัดของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	14			

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านความรู้ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ				
14.	บอกลักษณะของความผิดพลาดจากการใช้ไมโครมิเตอร์วัดในได้	15			
15.	บอกหลักการใช้งานของไมโครมิเตอร์วัดในได้	16			
16.	บอกหลักการบำรุงรักษาของไมโครมิเตอร์วัดในได้	17			
17.	บอกลักษณะของไดอัลเกจได้	18			
18.	บอกลักษณะการใช้งานของไดแลเกจได้	19			
19.	บอกหลักการเบื้องต้นในใช้งานของไดอัลเกจได้	20			
	ด้านความรู้ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ				
20	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	21			
		22			
		23			
21.	บอกหลักการในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในการวัดของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	24			
22.	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	25			
		26			
23.	บอกหลักการในการคำนวณหาค่าความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	27			
24.	บอกหลักการในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในการวัดของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	28			
25.	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในได้	29			
		30			
26.	บอกหลักการในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในการวัดของไมโครมิเตอร์วัดในได้	31			
27.	บอกหลักการของความผิดพลาดในการวัดที่เกี่ยงข้องกับไมโครมิเตอร์วัดในได้	32			
28.	บอกหลักการและรายละเอียดในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในด้านต่างๆของกาสอบเทียบไดอัลเกจได้	33			
		34			
		35			
		36			

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	<u>ด้านความรู้ วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด</u>				
29.	บอกความหมายของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	37			
30.	บอกประเภทของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	38			
31.	บอกหลักการและการคำนวณค่าของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	39			
		40			
		41			
		42			
		43			
		44			
		45			
		46			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะหลังการฝึกอบรม

การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม

ส่วนที่ 1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านทักษะหลังการฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	<u>ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์</u>				
1.	สามารถเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบได้	1			
2.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	2			
3.	สามารถความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	3			
4.	สามารถตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัดได้	4			
5.	สามารถปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความเรียบได้	5			
6.	สามารถปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความขนานได้	6			
7.	สามารถปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความถูกต้องของสเกลได้	7			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะหลังการฝึกอบรม

การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม

ส่วนที่ 2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านทักษะหลังการฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก				
1.	สามารถเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบได้	1			
2.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	2			
3.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	3			
4.	สามารถตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัดได้	4			
5.	สามารถปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความเรียบได้	5			
6.	สามารถปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความขนานได้	6			
7.	สามารถปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความถูกต้องของสเกลได้	7			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะหลังการฝึกอบรม

การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม

ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านทักษะหลังการฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	<u>ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน</u>				
1.	สามารถเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบได้	1			
2.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	2			
3.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	3			
4.	สามารถตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัดได้	4			
5.	สามารถปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความถูกต้องของสเกลได้	5			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะหลังการฝึกอบรม
การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม

ส่วนที่ 4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านทักษะหลังการฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ				
1.	สามารถเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบได้	1			
2.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	2			
3.	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	3			
4.	สามารถตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัดได้	4			
5.	สามารถปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบค่าการวัดซ้ำได้	5			
6.	สามารถปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความผิดพลาดจากการวัดได้	6			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....

(.....)

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

คำชี้แจง

1. แบบประเมินผลฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบความเหมาะสมในรายละเอียดของแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ก่อนและหลังการฝึกอบรม

2. ให้ท่านพิจารณาว่าท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า รายละเอียดในแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ เป็นตัวแทนการวัดหรือมีความสอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมที่จัดฝึกอบรมในครั้งนี้ ที่ได้เสนอไว้ในแบบประเมินนี้หรือไม่แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการพิจารณา

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามรายละเอียดผู้เข้ารับการฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อคำถามวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรมหรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อคำถามวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ข้อที่	รายการแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	ผลการพิจารณา		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
	<u>ด้านความรู้</u>			
1.	ได้รับความรู้ในความสำคัญของการสอบเทียบ			
2.	ได้เข้าใจในความหมายของการสอบเทียบ			
3.	ได้เข้าใจในหลักการการสอบเทียบ			
4.	ได้เข้าใจในความหมายของมาตรวิทยา			
5.	ได้รับความรู้ความเข้าใจในวิธีการสอบเทียบ			
6.	ได้รับความรู้ความเข้าใจในหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด			
7.	ได้รับความรู้ความเข้าใจในมาตรฐานที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ			
8.	การเห็นความสำคัญของสายงานการสอบเทียบ			
	<u>ด้านทักษะ</u>			
1.	สามารถที่จะเลือกใช้เครื่องมือวัดด้านมิติได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม			
2.	สามารถที่จะตรวจสอบเครื่องมือวัดด้านมิติได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม			
3.	สามารถที่จะใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดทางมิติได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม			
4.	สามารถที่จะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม			
5.	สามารถที่จะใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดมาตรฐานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในหลักสูตรฝึกอบรม.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....

(.....)

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจระหว่างฝึกอบรม
ในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
ส่วนที่ 1 ความสำคัญของการสอบเทียบ

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านความรู้ความเข้าใจของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดวงกลมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ มีจำนวนข้อสอบ 8 ข้อ ใน 1 ข้อ มี 4 ตัวเลือก โดยเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย◯ ล้อมรอบข้อ ก. , ข., ค., ง. ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของท่าน

แบบทดสอบความรู้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

เนื้อหาความสำคัญของการสอบเทียบ

1. การสอบเทียบ(Calibration)เปรียบได้กับสิ่งใด
   - ก. สายวัด
   - ข. ตุ้มน้ำหนัก
   - ค. ตราชั่ง
   - ง. แผ่นเหล็ก

2. มาตรวิทยา(Metrology)คือศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัด แล้วข้อใดมีความเกี่ยวข้องกับหน่วยวัดทางมาตรวิทยาที่ถูกต้องที่สุด
   - ก. ศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัดในปริมาณทางด้านความยาว มีหน่วยวัดเป็น โมล
   - ข. ศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัดในปริมาณทางด้านไฟฟ้า มีหน่วยวัดเป็น โมล
   - ค. ศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัดในปริมาณทางด้านน้ำหนัก มีหน่วยวัดเป็น กิโลกรัม
   - ง. ศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัดในปริมาณทางด้านอุณหภูมิ มีหน่วยวัดเป็น แคลเดลา

3. ถ้าเครื่องมือวัดมีค่าความถูกต้อง(Accuracy)เท่ากับ $\pm$ 0.01 มิลลิเมตร จะมีความเกี่ยวข้องกับข้อใด
   - ก. มีความสามารถในการวัดค่าการวัดในค่าที่ $\pm$0.001 มิลลิเมตร ได้
   - ข. มีความสามารถในการอ่านค่าการวัดในค่าที่ 0.001 มิลลิเมตร ได้

ค. มีความสามารถในการวัดค่าการวัดในค่าที่ ±0.1 มิลลิเมตร ได้

ง. มีความสามารถในการอ่านค่าการวัดในค่าที่ 0.1 มิลลิเมตร ได้

4. ถ้าเครื่องมือวัดมีความละเอียด(Resolution) เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร หมายถึงอะไร

ก. ความสามารถในการบอกค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัดได้เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร

ข. ความสามารถในการอ่านค่าการวัดได้ดีที่สุดของเครื่องมือวัดไม่ดีไปกว่า 0.01 มิลลิเมตร

ค. ค่าความสามารถในการบอกค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัดได้เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร

ง. ค่าความสามารถในการวัดซ้ำของเครื่องมือวัดได้เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร

5. ในการสอบเทียบของด้านมิติ จะมีองค์ประกอบต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง อยากทราบว่า ถ้าวัตถุเกิดการหดตัวลงตามหลักการเชิงเส้นจะเกี่ยวข้องกับอะไร

ก. แรงดันลดต่ำลง

ข. น้ำหนักลดลง

ค. อุณหภูมิลดลง

ง. แสงสว่างน้อยลง

6. การสอบเทียบทางด้านมิติจะสอดคล้องกับข้อใด

ก. ความกว้าง แรงดัน

ข. ความยาว ความร้อน

ค. ความสูง ความยาว

ง. ความเย็น ความร้อน

7. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของการสอบเทียบเครื่องมือวัด

ก. เป็นการควบคุมและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ข. เป็นการลดความผิดพลาดของเครื่องมือวัด

ค. เป็นการลดต้นทุนการผลิต

ง. เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพในการวัด

8. อุณหภูมิมาตรฐานในข้อใดเป็นอุณหภูมิมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการสอบเทียบทางด้านมิติ

ก. 22 C

ข. 20 C

ค. 21 C

ง. 23 C

คำเฉลยในแบบทดสอบ			
คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ
1	ค.	5	ค.
2	ค.	6	ค.
3	ค.	7	ข.
4	ข.	8	ข.

แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจระหว่างฝึกอบรม
ในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
ส่วนที่ 2 วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ

คำชี้แจง

2. แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านความรู้ความเข้าใจของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

2. ได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม

3. โปรดวงกลมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

<u>คำอธิบายในแบบทดสอบ</u>

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ มีจำนวนข้อสอบ 12 ข้อ ใน 1 ข้อ มี 4 ตัวเลือก โดยเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย◯ ล้อมรอบข้อ ก. , ข., ค., ง. ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของท่าน

แบบทดสอบความรู้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ

1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)สามารถวัดรูปร่างชิ้นงานในลักษณะใดบ้าง ที่ถูกต้องมากที่สุด เพื่อสอดคล้องกับลักษณะของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ก. ทรงกระบอก วงรี

ข. สี่เหลี่ยม รูปโค้งมน

ค. สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม

ง. รูปโค้งเว้า วงรี

2. ในการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)วัดชิ้นงาน ถ้าเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร ขนาดความยาว 200 มิลลิเมตร จะสามารถวัดชิ้นงานในค่าขนาดใดได้

ก. 50.005 , 30.00 มิลลิเมตร

ข. 50.00 , 30.005 มิลลิเมตร

ค. 50.15 , 30.005 มิลลิเมตร

ง. 50.20 , 30.10 มิลลิเมตร

3. ในการตรวจความเรียบของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)เบื้องต้นที่ผู้ใช้งานสามารถทำได้ อย่างไรบ้าง

ก. เช็ดทำความสะอาดที่ปากวัดนอก แล้วเลื่อนปากวัดนอกมาสัมผัสกันสนิทแล้วนำไปส่องกับแสง

ข. เช็ดทำความสะอาดที่ปากวัดนอก แล้วนำไปวัดกับเกจบล็อก

ค. เช็ดทำความสะอาดที่ปากวัดนอก แล้วนำไปวัดกับเวอร์เนียร์อีกเครื่อง

ง. เช็ดทำความสะอาดที่ปากวัดนอก แล้วนำไปตรวจสอบกับกล่องกำลังขยายสูง

4. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)มีสเกลที่ใช้วัดอยู่กี่สเกลอะไรบ้าง

ก. 2 สเกล สเกลเริ่มต้น สเกลหลัก

ข. 2 สเกล สเกลย่อย สเกลละเอียด

ค. 2 สเกล สเกลหลัก สเกลย่อย

ง. 2 สเกล สเกลย่อย สเกลเริ่มต้น

5. ไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Micrometer)ที่ถูกออกแบบมาเพื่อวัดขนาดชิ้นงาน แต่อยากทราบว่า ชิ้นงานรูปร่างแบบใดที่วัดได้ลำบาก

ก. ความยาวของทรงกระบอก

ข. ขนาดของทรงกลมของลูกเหล็ก

ค. ความหนาของแผ่นเหล็ก

ง. ความกว้างของชิ้นงานสี่เหลี่ยม

6. ในหลักการทำงานระหว่างไมโครมิเตอร์วัดนอก และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มีความแตกต่างกันอย่างไร

ก. ไมโครมิเตอร์วัดนอก ในการวัดใช้แรงวัดจากตัวเครื่องมือเมื่อทำการหมุนในชุดปรับละเอียด เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ใช้แรงวัดในการวัดงานโดยแรงวัดมาจากตัวผู้ปฏิบัติ

ข. ไมโครมิเตอร์วัดนอกในการวัด ใช้สเกลเป็นส่วนชี้ค่าการวัด เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ใช้สเกลเป็นส่วนชี้ค่าการวัด

ค. ไมโครมิเตอร์วัดนอกมีแกนวัดและแกนรับ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีปากวัดที่อยู่กับที่และมีปากวัดที่เคลื่อนที่

ง. ถูกทั้ง ข. และ ค.

7. ในการตรวจสภาพของไมโครมิเตอร์วัดนอก สิ่งที่สามารถตรวจสอบได้เบื้องต้นสำหรับผู้ปฏิบัติคืออะไรบ้าง

ก. ตรวจสอบความถูกต้องของสเกล

ข. ตรวจสอบค่าตำแหน่งศูนย์ของสเกลหลักและสเกลย่อย

ค. ตรวจสอบความขนานของแกนวัด

ง. ตรวจสอบความเรียบที่ผิวสัมผัส

8. ในการใช้ไมโครมิเตอร์วัดในวัดชิ้นงาน ขั้นตอนแรกควรทำอย่างไร

ก. Set ค่าตำแหน่งศูนย์

ข. ปรับค่าความคลาดเคลื่อน

ค. ตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกล

ง. กำหนดพิกัดความคลาดเคลื่อน

9. ชิ้นงานลักษณะใดจะส่งผลให้การใช้ไมโครมิเตอร์วัดในเกิดความผิดพลาดทาง Cosine Error มากที่สุด

ก. ชิ้นงานที่มีช่องเป็นสี่เหลี่ยม

ข. ชิ้นงานที่ช่องเป็นวงกลม

ค. ชิ้นงานที่มีช่องเป็นหกเหลี่ยม

ง. ถูกทุกข้อ

10. ไดอัลเกจ(Dial Gauge)มีหลักการทำงานอย่างไรบ้าง(เป็นสเกล)

ก. ใช้การเคลื่อนที่โดยการขับของเฟืองหลายๆอัน เพื่อให้แกนวัดเคลื่อนที่

ข. ใช้การเคลื่อนที่โดยอาศัยแรงยกจากแรงดันลมเพื่อให้แกนวัดเคลื่อนที่

ค. ใช้การเคลื่อนที่โดยอาศัยน้ำหนักกดทับเพื่อให้แกนวัดเคลื่อนที่

ง. ใช้การเคลื่อนที่โดยอาศัยการขับของมอเตอร์เพื่อให้แกนวัดเคลื่อนที่

11. การไม่จับตั้งให้ไดอัลเกจ(Dial Gauge)มีแนวการวัดตรงและขนานกับแนวแกนขอบชิ้นงาน จะเกิดความผิดพลาดในลักษณะใด

ก. Parallax Error

ข. Cosine Error

ค. Bias

ง. Thermal Effect

12. การกระทำในข้อใด ส่งผลเสียหายอย่างมาก ต่อตัวไดอัลเกจ(Dial Gauge)โดยตรง

ก. การนำไดอัลเกจไปวางไว้บนพื้นที่ใช้งานโดยไม่ทำความสะอาด

ข. การกดทับแกนวัดของไดอัลเกจเป็นเวลานานๆ

ค. การหมุนหน้าปัดไดอัลเกจหลายๆครั้ง

ง. การนำไดอัลเกจไปเช็คความเรียบของชิ้นงาน

คำเฉลยในแบบทดสอบ			
คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ
1	ค.	7	ข.
2	ง.	8	ก.
3	ก.	9	ข.
4	ค.	10	ก.
5	ข.	11	ข.
6	ก.	12	ข.

แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจระหว่างฝึกอบรม
ในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

คำชี้แจง

3. แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านความรู้ความเข้าใจของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

2. ได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม

3. โปรดวงกลมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ มีจำนวนข้อสอบ 14 ข้อ ใน 1 ข้อ มี 4 ตัวเลือก โดยเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย◯ ล้อมรอบข้อ ก. , ข., ค., ง. ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของท่าน

แบบทดสอบความรู้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

1. ในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)ตามมาตรฐาน ISO 3599-1976(E)ใช้อะไรเป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานในการสอบเทียบ

ก. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ข. เกจบล็อก

ค. แท่งสเกลมาตรฐาน

ง. ไฮเกจ

2. ในการตรวจสอบที่เป็นขั้นตอนหนึ่งในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่ไม่ต้องใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานประกอบในการสอบเทียบ คือการตรวจสอบอะไร

ก. ความขนาน

ข. ความตรง

ค. ความเรียบ

ง. ความฉาก

3. ค่าเฉลี่ยหรือค่า $\bar{x}$ ที่ได้จากการสอบเทียบ เมื่อผลของค่า $\bar{x}$ มีค่ามากกว่าค่าที่ระบุ แสดงว่าเกิดความผิดพลาดทางใด

ก. แสดงว่าค่าความผิดพลาดไปทางบวกนั้น คือ อ่านผิดเกินไปจากค่าที่ระบุ

ข. แสดงว่าค่าความผิดพลาดไปทางลบนั้น คือ อ่านผิดเกินไปจากค่าที่ระบุ

ค. แสดงว่าค่าความผิดพลาดไปทางบวกนั้น คือ อ่านผิดขาดไปจากค่าที่ระบุ

ง. แสดงว่าค่าความผิดพลาดไปทางลบนั้น คือ อ่านผิดขาดไปจากค่าที่ระบุ

4. ในการตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Mircometer)ใช้อะไรในการตรวจสอบและผลการตรวจสอบความเรียบมีจำนวนแถบแสงสีแดง 2 แถบ แสดงว่าความเรียบมีค่าเท่ากับเท่าไร(กำหนดให้ λ = 0.64 μm)

ก. Optical Flat , ผลความเรียบ = 0.96 μm

ข. Gauge Block , ผลความเรียบ = 0.64 μm

ค. Optical Flat , ผลความเรียบ = 0.64 μm

ง. Gauge Block , ผลความเรียบ = 0.96 μm

5. ในการตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Mircometer)จะตรวจสอบ 2 ด้านแล้วผลการตรวจสอบความขนานจะมีค่าความขนานเท่ากับเท่าไร (เมื่อกำหนดให้มีจำนวนแถบแสงสีแดงเป็น 2 แถบ, 1 แถบ และกำหนดให้ λ = 0.64 μm)

ก. ผลความขนาน = 0.96 μm

ข. ผลความขนาน = 1.28 μm

ค. ผลความขนาน = 1.28 μm

ง. ผลความขนาน = 2.24 μm

6. ในการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Mircometer)ใช้อะไรในการตรวจสอบ

ก. เกจบล็อก

ข. แท่งสเกลมาตรฐาน

ค. ออฟติคอลแฟลต

ง. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

7. ถ้าค่าความผิดพลาดมีค่าเท่ากับ 0.003 มิลลิเมตร ค่าแก้(Correction Value)จะมีค่าเท่ากับเท่าไร

ก. -0.004 มิลลิเมตร

ข. -0.003 มิลลิเมตร

ค. -0.030 มิลลิเมตร

ง. -0.300 มิลลิเมตร

8. ถ้าไมโครมิเตอร์วัดใน(Inside-Mircometer)มีขนาดพิกัด 5-30 มิลลิเมตร เกจบล็อกขนาดใดไม่สามารถใช้สอบเทียบได้

ก. 3+1.5

ข. 6+25

ค. 4+2.5

ง. 7+25

9. ถ้าไมโครมิเตอร์วัดใน(Inside-Mircometer)มีค่าที่ต้องการสอบเทียบ คือค่าที่ 10 มิลลิเมตร แล้วผลการวัดมีค่าออกมาดังนี้คือ 10.001 , 10.002 , 10.005 , 10.003 มิลลิเมตร ถามว่าไมโครมิเตอร์วัดในเครื่องนี้มีความละเอียดเท่าไร

ก. 0.05 มิลลิเมตร

ข. 0.001 มิลลิเมตร

ค. 0.01 มิลลิเมตร

ง. 0.005 มิลลิเมตร

10. ถ้าความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการมองไม่ตรงจุดเดียวกัน จะทำให้เกิดความผิดพลาดในลักษณะใด

ก. Bias

ข. Cosine Error

ค. Parallax Error

ง. Gormatic Error

11. ในการตรวจสอบการวัดซ้ำของไดอัลเกจ(Dial Gauge)ผลที่ได้นำมาคำนวณอย่างไร

ก. ค่าการวัดที่มากที่สุด + ค่าการวัดที่น้อยที่สุด

ข. ค่าการวัดที่มากที่สุด – ค่าการวัดที่น้อยที่สุด

ค. ค่าการวัดที่น้อยที่สุด – ค่าการวัดที่มากที่สุด

ง. ค่าการวัดที่น้อยที่สุด + ค่าการวัดที่มากที่สุด

12. ในการตรวจสอบการวัดซ้ำของไดอัลเกจ(Dial Gauge)ผลที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.003 มิลลิเมตร ไดอัลเกจเครื่องนี้มีความละเอียดเท่ากับข้อใด

ก. 0.002 มิลลิเมตร

ข. 0.001 มิลลิเมตร

ค. 0.01 มิลลิเมตร

ง. 0.02 มิลลิเมตร

13. การที่จะเลือกใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานประเภทไหนมาทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด เครื่องมือวัดมาตรฐานจะต้องมีความถูกต้องเป็นกี่เท่าของความถูกต้องของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบที่ดีที่สุด

ก. 1 เท่า

ข. 5 เท่า

ค. 7 เท่า

ง. 10 เท่า

14. ค่า Retrace Error และ Adjacent Error เป็นค่าที่ได้มาจากการตรวจสอบด้วยวิธีใด และเป็นวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดชนิดใด

ก. การตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัด ไมโครมิเตอร์วัดใน

ข. การตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัด ไฮเกจ

ค. การตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ ไดอัลเกจ

ง. การตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัด ไดอัลเกจ

คำเฉลยในแบบทดสอบ					
คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ
1	ข.	6	ก.	11	ข.
2	ค.	7	ข.	12	ข.
3	ก.	8	ก.	13	ง.
4	ค.	9	ข.	14	ง.
5	ก.	10	ค.		

แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจระหว่างฝึกอบรม
ในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
ส่วนที่ 4 วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านความรู้ความเข้าใจของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดวงกลมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

<u>คำอธิบายในแบบทดสอบ</u>

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ มีจำนวนข้อสอบ 9 ข้อ ใน 1 ข้อ มี 4 ตัวเลือก โดยเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย◯ ล้อมรอบข้อ ก. , ข., ค., ง. ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของท่าน

แบบทดสอบความรู้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

1. สัญลักษณ์ของค่าความไม่แน่นอนในการวัด มีสัญลักษณ์อย่างไร

ก. $\pm u$

ข. $+ u$

ค. $- u$

ง. μu

2. ค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TypeA มีความหมายสอดคล้องกับข้อใด

ก. การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยใช้การประเมินทางสถิติ และการประเมินที่ใช้วิธีการคาดการล่วงหน้า

ข. การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยใช้ข้อมูลจากคุณสมบัติของเครื่องมือวัดความละเอียดของเครื่องมือวัด

ค. การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยใช้หลักการทางสถิติเป็นการประเมิน

ง. การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยใช้ข้อมูลจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน

3. การคำนวณค่าความไม่แน่นอนใน TypeA เป็นการนำข้อมูลดิบมาคำนวณ แต่ต้องการทราบว่า มีการคำนวณในลักษณะใดบ้าง

ก. $\bar{x}$ $\frac{SD}{\sqrt{n}}$ SD

ข. SD $\frac{\text{Resolution}}{\sqrt{3}}$ $\bar{x}$

ค. $\bar{x}$ L SD

ง. L $\bar{x}$ $\frac{SD}{\sqrt{n}}$

4. มีข้อมูลดิบดังนี้ คือ 20.01 , 20.00 , 20.00 , 20.01 หน่วยมิลลิเมตร มีค่า $\bar{x}$ SD $\frac{SD}{\sqrt{n}}$ เท่ากับเท่าใด

ก. 20.005 0.0058 0.0028

ข. 20.005 0.0058 0.0029

ค. 20.004 0.0059 0.0029

ง. 20.005 0.0058 0.0030

5. ค่าใดเป็นค่าของการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TypeB

ก. $\frac{SD}{\sqrt{n}}$ $\frac{\text{Resolution}}{\sqrt{3}}$

ข. $\frac{\text{Resolution}}{\sqrt[3]{3}}$ $\frac{L \times \alpha \times \Delta T}{\sqrt{3}}$

ค. $\bar{x}$ $\frac{\text{Resolution}}{\sqrt[3]{3}}$

ง. $\frac{SD}{\sqrt{n}}$ $\frac{L \times \alpha \times \Delta T}{\sqrt{3}}$

6. ค่าการถดถอยของการสอบเทียบ(Drift Rate Since Last Calibration)เป็นค่าที่มีความสอดคล้องกับข้อใด

ก. ค่าความผิดพลาดของการวัดของเครื่องมือวัด เมื่อเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน

ข. ค่าของผลการวัดของเครื่องมือวัด

ค. ค่าของผลการวัดในครั้งที่ผ่านมา เมื่อเทียบกับครั้งปัจจุบันของเครื่องมือวัดมาตรฐาน

ง. ค่าของผลการวัดในครั้งปัจจุบันของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ

7. ข้อดีของการหาค่าถดถอยของการสอบเทียบคืออะไร

ก. ทำให้ทราบความผิดพลาดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ

ข. ทำให้ทราบค่าความถูกต้องของสภาพแวดล้อมที่ใช้สอบเทียบ

ค. ทำให้ทราบค่าความผิดพลาดจของเครื่องมือวัดมาตรฐานที่จากผลการสอบเทียบครั้งก่อนกับครั้งล่าสุด

ง. ทำให้ทราบค่าความละเอียดของเครื่องมือวัดมาตรฐาน

8. ถ้ามีการสอบเทียบไดอัลเกจที่เป็นแบบสเกล แล้วเข็มชี้สเกลอยู่ระหว่าง 0.05 กับ 0.06 แต่ค่อนมาทาง 0.05 หน่วยมิลลิเมตร จะอ่านค่าได้เท่าไร

ก. 0.054 มิลลิเมตร

ข. 0.053 มิลลิเมตร

ค. 0.051 มิลลิเมตร

ง. 0.050 มิลลิเมตร

9. ค่า U_c ที่ได้มานั้นจะต้องนำไปคูณกับค่า k (ซึ่งเป็นค่าปัจจัยควบคุม) ดังนั้นถ้าระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่เป็นค่าที่พร้อมออกในใบรายงานผล จะมีค่าเท่ากับเท่าไร เมื่อกำหนดให้ค่าองศาความเป็นอิสระ(Effective Degree of Freedom)มีค่าเป็น ∞ และ U_c เท่ากับ 0.0005 มิลลิเมตร

ก. 0.0014 มิลลิเมตร

ข. 0.0001 มิลลิเมตร

ค. 0.001 มิลลิเมตร

ง. 0.010 มิลลิเมตร

คำเฉลยในแบบทดสอบ					
คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ
1	ก.	4	ข.	7	ค.
2	ค.	5	ข.	8	ง.
3	ก.	6	ค.	9	ค.

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
ระหว่างฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
ส่วนที่ 1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยียีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดปฏิบัติตามขั้นตอนในแบบทดสอบ

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีหัวข้อที่เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบ ในแต่ละเครื่องที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องปฏิบัติ โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนนั้น แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ดี (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) และ ปรับปรุง (1 คะแนน) โดยนำไปประเมินในด้าน

ความถูกต้องในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรอบคอบในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรวดเร็วในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยมีคำอธิบายในเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ในด้านความถูกต้องเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเหมาะสมและถูกต้อง

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมในบางส่วนแต่ไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในการสอบเทียบ

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมจนทำให้เกิดความผิดพลาดจนต้องปฏิบัติใหม่

ในด้านความรอบคอบเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังและมีความเอาใจใส่ในเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังแต่ขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดแต่ไม่ส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาด

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบไม่มีความระมัดระวังขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดจนส่งผลให้ต้องทำการการสอบเทียบใหม่

ในด้านความรวดเร็วเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วตามความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วน้อยแต่ไม่ช้าจนทำให้การปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่รวดเร็วจนทำให้เกิดความช้าขึ้นในการปฏิบัติที่เกินกว่าระยะเวลาในการปฏิบัติตามปกติ แต่ไม่ถึงกับทำให้ขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์)

คำชี้แจง ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นผู้ปฏิบัติจริงตามหัวข้อคำสั่งในแบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในแบบทดสอบทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม

1. วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

ข้อที	รายการประเมิน	การประเมินผลในด้าน		
		ความถูกต้อง	ความรอบคอบ	ความรวดเร็ว
1.1	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด			
1.2	การตรวจสภาพเครื่องมือวัด			
1.3	การอ่านค่าการวัด			
1.4	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน			
1.5	การประกบเกจบล็อก			
1.6	การตรวจสอบความเรียบของเวอร์เนียร์ในขั้นตอนการสอบเทียบ			
1.7	การตรวจสอบความขนาน ของเวอร์เนียในขั้นตอนการสอบเทียบ			
1.8	การตรวจสอบความถูกต้องของสเกลในขั้นตอนการสอบเทียบ			

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
ระหว่างฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
ส่วนที่ 2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยียีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดปฏิบัติตามขั้นตอนในแบบทดสอบ

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีหัวข้อที่เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบ ในแต่ละเครื่องที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องปฏิบัติ โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนนั้น แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ดี (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) และ ปรับปรุง (1 คะแนน) โดยนำไปประเมินในด้าน

ความถูกต้องในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรอบคอบในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรวดเร็วในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยมีคำอธิบายในเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ในด้านความถูกต้องเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเหมาะสมและถูกต้อง

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมในบางส่วนแต่ไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในการสอบเทียบ

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมจนทำให้เกิดความผิดพลาดจนต้องปฏิบัติใหม่

ในด้านความรอบคอบเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังและมีความเอาใจใส่ในเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังแต่ขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดแต่ไม่ส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาด

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบไม่มีความระมัดระวังขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดจนส่งผลให้ต้องทำการการสอบเทียบใหม่

ในด้านความรวดเร็วเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วตามความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วน้อยแต่ไม่ช้าจนทำให้การปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่รวดเร็วจนทำให้เกิดความช้าขึ้นในการปฏิบัติที่เกินกว่าระยะเวลาในการปฏิบัติตามปกติ แต่ไม่ถึงกับทำให้ขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

แบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (ไมโครมิเตอร์วัดนอก)

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นผู้ปฏิบัติจริงตามหัวข้อคำสั่งในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในแบบทดสอบทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

<u>แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ</u>

<u>ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม</u>

2. วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก มีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

ข้อที	รายการประเมิน	การประเมินผลในด้าน		
		ความถูกต้อง	ความรอบคอบ	ความรวดเร็ว
2.1	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด			
2.2	การตรวจสภาพเครื่องมือวัด			
2.3	การอ่านค่าการวัด			
2.4	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน			
2.5	การประกบเกจบล็อก			
2.6	การตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอก			
2.7	การตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอก			
2.8	การตรวจสอบความถูกต้องของสเกลในขั้นตอนการสอบเทียบ			

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
ระหว่างฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยียีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดปฏิบัติตามขั้นตอนในแบบทดสอบ

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีหัวข้อที่เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบ ในแต่ละเครื่องที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องปฏิบัติ โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนนั้น แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ดี (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) และ ปรับปรุง (1 คะแนน) โดยนำไปประเมินในด้าน

ความถูกต้องในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรอบคอบในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรวดเร็วในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยมีคำอธิบายในเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ในด้านความถูกต้องเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเหมาะสมและถูกต้อง

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมในบางส่วนแต่ไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในการสอบเทียบ

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมจนทำให้เกิดความผิดพลาดจนต้องปฏิบัติใหม่

ในด้านความรอบคอบเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังและมีความเอาใจใส่ในเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังแต่ขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดแต่ไม่ส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาด

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบไม่มีความระมัดระวังขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดจนส่งผลให้ต้องทำการการสอบเทียบใหม่

ในด้านความรวดเร็วเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วตามความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วน้อยแต่ไม่ช้าจนทำให้การปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่รวดเร็วจนทำให้เกิดความช้าขึ้นในการปฏิบัติที่เกินกว่าระยะเวลาในการปฏิบัติตามปกติ แต่ไม่ถึงกับทำให้ขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (ไมโครมิเตอร์วัดใน)

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นผู้ปฏิบัติจริงตามหัวข้อคำสั่งในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในแบบทดสอบทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

<u>แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ</u>

<u>ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม</u>

3. วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน มีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

ข้อที่	รายการประเมิน	การประเมินผลในด้าน		
		ความถูกต้อง	ความรอบคอบ	ความรวดเร็ว
3.1	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด			
3.2	การตรวจสภาพเครื่องมือวัด			
3.3	การอ่านค่าการวัด			
3.4	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน			
3.5	การประกบเกจบล็อก			
3.6	การตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดใน			

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
ระหว่างฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
ส่วนที่ 4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยียีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดปฏิบัติตามขั้นตอนในแบบทดสอบ

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

<u>คำอธิบายในแบบทดสอบ</u>

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีหัวข้อที่เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบ ในแต่ละเครื่องที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องปฏิบัติ โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนนั้น แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ดี (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) และ ปรับปรุง (1 คะแนน) โดยนำไปประเมินในด้าน

ความถูกต้องในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรอบคอบในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรวดเร็วในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยมีคำอธิบายในเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ในด้านความถูกต้องเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเหมาะสมและถูกต้อง

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมในบางส่วนแต่ไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในการสอบเทียบ

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมจนทำให้เกิดความผิดพลาดจนต้องปฏิบัติใหม่

ในด้านความรอบคอบเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังและมีความเอาใจใส่ในเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังแต่ขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดแต่ไม่ส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาด

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบไม่มีความระมัดระวังขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดจนส่งผลให้ต้องทำการการสอบเทียบใหม่

ในด้านความรวดเร็วเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วตามความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วน้อยแต่ไม่ช้าจนทำให้การปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่รวดเร็วจนทำให้เกิดความช้าขึ้นในการปฏิบัติที่เกินกว่าระยะเวลาในการปฏิบัติตามปกติ แต่ไม่ถึงกับทำให้ขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (ไดอัลเกจ)

คำชี้แจง ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นผู้ปฏิบัติจริงตามหัวข้อคำสั่งในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในแบบทดสอบทักษะปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม

4. วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ มีรายละเอียดในการทดสอบประเมินดังนี้

ข้อที	รายการประเมิน	การประเมินผลในด้าน		
		ความถูกต้อง	ความรอบคอบ	ความรวดเร็ว
4.1	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด			
4.2	การตรวจสภาพเครื่องมือวัด			
4.3	การอ่านค่าการวัด			
4.4	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน			
4.5	การติดตั้งไดอัลเกจเข้ากับเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ			
4.6	การตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ			
4.7	การตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัด			

แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม
ในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านความรู้ความเข้าใจของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดวงกลมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีกานผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม หลังผ่านการฝึกอบรม ในแบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ มีจำนวนข้อสอบ 46 ข้อ ใน 1 ข้อ มี 4 ตัวเลือก โดยเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

แบบทดสอบความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย◯ ล้อมรอบข้อ ก. , ข., ค., ง. ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของท่าน

แบบทดสอบความรู้การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

เนื้อหาความสำคัญของการสอบเทียบ

1. การสอบเทียบ(Calibration)หมายถึงอะไร
   - ก. กรรมวิธีที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัดมาตรฐาน กับเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ
   - ข. กรรมวิธีที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัดโดยเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน
   - ค. กรรมวิธีที่ใช้คาดคเนความถูกต้องของเครื่องมือวัดและเครื่องมือวัดมาตรฐาน
   - ง. กรรมวิธีที่ใช้คาดคเนความผิดพลาดของเครื่องมือวัดและเครื่องมือวัดมาตรฐาน
2. มาตรวิทยา(Metrology)หมายถึงอะไร
   - ก. ศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัดในปริมาณทางด้านความยาว น้ำหนัก อุณหภูมิ เป็นต้น
   - ข. ศาสตร์ที่ว่าด้วยกระบวนการในการวัดโดยผลที่ได้จากการประมาณและคาดคะเน
   - ค. วิชาที่ว่าด้วยการวัดหรือประมาณคาดคะเน เพื่อให้ได้ผลการวัดในปริมาณทางด้านความยาว น้ำหนัก อุณหภูมิ เป็นต้น
   - ง. วิชาที่ว่าด้วยการประมาณการ เพื่อให้ได้ผลการวัดในปริมาณทางด้านความยาว น้ำหนัก อุณหภูมิ เป็นต้น
3. ความถูกต้อง(Accuracy)หมายถึงอะไร
   - ก. ความสามารถในการวัดที่บอกให้ทราบถึงขอบเขตของความคาดเคลื่อนของผลการวัดจากตัวเครื่องมือวัด ที่ผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดขึ้น
   - ข. ความสามารถของการวัดที่เครื่องมือวัด สามารถถ่ายทอดค่าการวัดได้

ค. ความสามารถของเครื่องมือวัด ที่ใช้กำหนดความสามารถของเครื่องมือวัดเครื่องอื่น

ง. ความสามารถของปริมาณการวัดจากการคาดคะเน

4. ความละเอียด(Resolution)หมายถึงอะไร

ก. ความสามารถในการบอกค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวัด

ข. ความสามารถในการอ่านค่าการวัดของเครื่องมือวัด

ค. ค่าความสามารถในการบอกค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัด

ง. ค่าความสามารถในการวัดซ้ำของเครื่องมือวัด

5. ในการสอบเทียบของด้านมิติ จะมีองค์ประกอบต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง อยากทราบว่า ถ้าวัตถุเกิดการยืดและขยายตัวตามหลักการเชิงเส้นจะเกี่ยวข้องกับอะไร

ก. แรงดัน

ข. น้ำหนัก

ค. อุณหภูมิ

ง. แสง

6. มาตรฐานใดเกี่ยวข้องกับการสอบเทียบโดยตรง

ก. ISO 9000

ข. ISO / IEC 17025

ค. ISO 14000

ง. QS 9000

7. การสอบเทียบทางด้านมิติมีหน่วยรากฐานคืออะไร

ก. มิลลิเมตร

ข. เซนติเมตร

ค. เมตร

ง. กิโลกรัม

8. ตัวแปรในข้อใดเป็นตัวแปรหลักในการสอบเทียบทางด้านมิติ

ก. ความชื้น

ข. อุณหภูมิ

ค. น้ำหนัก

ง. ฝุ่นละออง

วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ

9. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)มีลักษณะของเครื่องมือวัดเป็นอย่างไร

ก. เป็นเครื่องมือวัดที่มีลักษณะเป็นปากวัด โดยอ่านค่าการวัดจากสเกลของเครื่องมือ

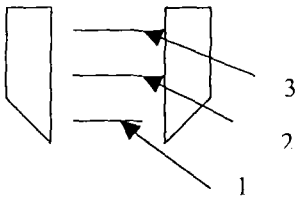
ข. เป็นเครื่องมือวัดที่มีลักษณะเป็นแกนวัด โดยอ่านค่าการวัดจากสเกลของเครื่องมือ

ค. เป็นเครื่องมือวัดที่มีลักษณะเป็นพื้นผิว โดยอ่านค่าการวัดจากสเกลของเครื่องมือ

ง. เป็นเครื่องมือวัดที่มีลักษณะเป็นปากวัด โดยอ่านค่าการวัดจากปากวัดของเครื่องมือ

10. ในการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)วัดงานควรใช้ปากวัดส่วนไหนทำการวัดชิ้นงาน เพื่อให้ได้ค่าถูกต้องมากที่สุด

ก. 1
ข. 2
ค. 3
ง. ถูกทุกข้อ



11. ในการตรวจความเรียบของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)เบื้องต้นที่ผู้ใช้งานสามารถทำได้ อย่างไรบ้าง

ก. เช็ดทำความสะอาดที่ปากวัดนอก แล้วเลื่อนปากวัดนอกมาสัมผัสกันสนิทแล้วนำไปส่องกับแสง
ข. เช็ดทำความสะอาดที่ปากวัดนอก แล้วนำไปวัดกับเกจบล็อก
ค. เช็ดทำความสะอาดที่ปากวัดนอก แล้วนำไปวัดกับเวอร์เนียร์อีกเครื่อง
ง. เช็ดทำความสะอาดที่ปากวัดนอก แล้วนำไปตรวจสอบกับกล้องกำลังขยายสูง

วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ

12. ไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Micrometer)มีลักษณะการทำงานอย่างไร

ก. มีลักษณะการทำงานในการเคลื่อนที่ของเกลียว
ข. มีลักษณะการทำงานในการเคลื่อนที่ของเฟือง
ค. มีลักษณะการทำงานในการเคลื่อนที่สไลด์
ง. มีลักษณะการทำงานในการเคลื่อนที่แรงดัน

13. ในการวัดชิ้นงานรูปร่างเป็นแผ่นเหล็กขนาดความกว้าง 20 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร โดยมีค่าพิกัด ± 0.01 มิลลิเมตร ควรเลือกใช้เครื่องมือวัดประเภทใดจึงจะเหมาะสมในการหาค่าที่ถูกต้อง

ก. ไมโครมิเตอร์วัดนอก ขนาด 25 มิลลิเมตร ความถูกต้อง ± 0.01 มิลลิเมตร ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร
ข. ไมโครมิเตอร์วัดนอก ขนาด 25 มิลลิเมตร ความถูกต้อง ± 0.05 มิลลิเมตรความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร
ค. ไมโครมิเตอร์วัดนอก ขนาด 25 มิลลิเมตร ความถูกต้อง ± 0.002 มิลลิเมตร ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร
ง. ไมโครมิเตอร์วัดนอก ขนาด 25 มิลลิเมตร ความถูกต้อง ± 0.05 มิลลิเมตร ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

14. ตำแหน่งในตัวเลขนี้ = 15.03 มิลลิเมตร ตำแหน่งในตัวเลขใดที่บอกให้ทราบถึงความละเอียดของไมโครมิเตอร์วัดนอก และความละเอียดของไมโครมิเตอร์เครื่องนี้มีความละเอียดเท่าไร

ก. ตำแหน่งในเลข 0 ความละเอียด 0.03 มิลลิเมตร
ข. ตำแหน่งในเลข 0 ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร
ค. ตำแหน่งในเลข 3 ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร
ง. ตำแหน่งในเลข 3 ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร

วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ

15. ไมโครมิเตอร์วัดใน(Inside Mircometer)ที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำการวัดขนาดภายในของชิ้นงาน ดังนั้นถ้าไม่ได้ Aligment การวัดจะเกิดความผิดพลาดขึ้น ความผิดพลาดนั้นจะเป็นความผิดพลาดในลักษณะใด

ก. Cosine Error

ข. Gerometric Error

ค. Parallax Error

ง. Bias

16. การกระทำในข้อใดจะส่งผลให้ ไมโครมิเตอร์วัดในเกิดความเสียหายได้มากที่สุด

ก. การไม่ Aligment

ข. การไม่ Set ค่าตำแหน่งศูนย์

ค. การเคลื่อนแกนวัดของไมโครมิเตอร์วัดในเกินพิสัยการวัด

ง. ถูกทุกข้อ

17. วัสดุประเภทใดที่ใช้ป้องกันการเกิดสนิมบนตัวไมโครมิเตอร์วัดใน

ก. วาสลีนขาว ครีมขัดเงา

ข. น้ำมันเครื่อง ครีมทำความสะอาด

ค. น้ำมันสน วาสลีนขาว

ง. วาสลีน น้ำมันเครื่อง

วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ

18. ไดอัลเกจ(Dial Gauge)เป็นเครื่องมือวัดด้านมิติที่มีรูปลักษณะคล้ายกับอะไร

ก. เข็มทิศ

ข. นาฬิกา

ค. ระดับน้ำ

ง. ผิดทุกข้อ

19. ไดอัลเกจ(Dial Gauge)ขนาด 1 มิลลิเมตร ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับใช้วัดความเรียบของพื้นผิวที่มีความคลาดเคลื่อนได้ในระดับใด

ก. 1.4 มิลลิเมตร, 0.5 มิลลิเมตร

ข. 0.2 มิลลิเมตร, 0.5 มิลลิเมตร

ค. 1.1 มิลลิเมตร, 0.2 มิลลิเมตร

ง. 1.1 มิลลิเมตร, 0.4 มิลลิเมตร

20. การตรวจเช็คเบื้องต้นของไดอัลเกจในค่าการวัดซ้ำสามารถทำได้ง่ายอย่างไรบ้าง

ก. ปรับเข็มชี้สเกลยาวให้ตรงที่เลขศูนย์แล้วดันแกนวัดให้เคลื่อนที่ขึ้นและปล่อย

ข. นำไดอัลเกจไปเช็คกับเกจบล็อก

ค. นำไดอัลเกจไปสอบเทียบ

ง. นำไดอัจเกจไปเช็คกับแผ่นหินแกรนิต

วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

21. ในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)สิ่งแรกที่ควรจะทำคืออะไร

ก. ตรวจสภาพเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ให้พร้อมก่อนทำการสอบเทียบ

ข. ตรวจสอบความพร้อมของวัสดุ/อุปกรณ์ในการทำการสอบเทียบ

ค. ตรวจสอบความเรียบของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ง. ตรวจสภาพเครื่องมือวัดมาตรฐานก่อนการใช้

22. ในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)มีรายละเอียดที่ต้องกระทำกี่อย่าง อะไรบ้าง

ก. 3 อย่าง ตรวจสอบความเรียบ ความขนาน ความกลม

ข. 3 อย่าง ตรวจสอบความเรียบ ความตรง ความถูกต้องของสเกล

ค. 3 อย่าง ตรวจสอบความเรียบ ความขนาน ความถูกต้องของสเกล

ง. 3 อย่าง ตรวจสอบความเรียบ ความขนาน ความตรง

23. การตรวจสอบความขนานของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์(Vernier Caliper)ใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานอะไร แล้วผลที่ได้จากการตรวจสอบจะนำมาคำนวณอย่างไร

ก. ไฮเกจ ผลที่ได้นำค่ามากที่สุด + ค่าน้อยที่สุด

ข. เกจบล็อก ผลที่ได้นำค่ามากที่สุด + ค่าน้อยที่สุด

ค. เกจบล็อก ผลที่ได้นำค่ามากที่สุด – ค่าน้อยที่สุด

ง. เกจบล็อก ผลที่ได้นำค่ามากที่สุด × ค่าน้อยที่สุด

24. ค่าเฉลี่ยหรือค่า $\bar{x}$ ที่ได้จากการสอบเทียบ เมื่อผลของค่า $\bar{x}$ มีค่าน้อยกว่าค่าที่ระบุ แสดงว่าเกิดความผิดพลาดทางใด

ก. แสดงว่าค่าความผิดพลาดไปทางบวกนั้น คือ อ่านผิดเกินไปจากค่าที่ระบุ

ข. แสดงว่าค่าความผิดพลาดไปทางลบนั้น คือ อ่านผิดเกินไปจากค่าที่ระบุ

ค. แสดงว่าค่าความผิดพลาดไปทางบวกนั้น คือ อ่านผิดขาดไปจากค่าที่ระบุ

ง. แสดงว่าค่าความผิดพลาดไปทางลบนั้น คือ อ่านผิดขาดไปจากค่าที่ระบุ

วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

25. ในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Mircometer)มีขั้นตอนในการสอบเทียบอะไรบ้าง

ก. การตรวจสอบความตรง การตรวจสอบความขนาน การตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกล

ข. การตรวจสอบความเรียบ การตรวจสอบความขนาน การตรวจสอบความตรง

ค. การตรวจสอบความเรียบ การตรวจสอบความขนาน การตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกล

ง. การตรวจสอบความเรียบ การตรวจสอบความตรง การตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกล

26. ในการตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Mircometer)จะตรวจสอบด้านใดบ้าง

ก. ด้าน Spindle

ข. ด้าน Anvil

ค. ด้าน Spindle และด้าน Anvil

ง. ด้านแถบรับ

27. ในการตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอก(Outside-Mircometer)จะตรวจสอบกี่ด้าน แล้วผลการตรวจสอบความขนานมีค่าเท่ากับ 1.92 μm แสดงว่ามีจำนวนแถบแสงสีแดงเป็นจำนวนเท่าไร(กำหนดให้ $\lambda = 0.64\ \mu m$)

ก. 2 ด้าน , แถบแสงสีแดงด้าน Anvil มี 3 แถบ และแถบแสงสีแดงด้าน Spindle มี 4 แถบ

ข. 2 ด้าน , แถบแสงสีแดงด้าน Anvil มี 2 แถบ และแถบแสงสีแดงด้าน Spindle มี 4 แถบ

ค. 2 ด้าน , แถบแสงสีแดงด้าน Anvil มี 2 แถบ และแถบแสงสีแดงด้าน Spindle มี 2 แถบ

ง. 2 ด้าน , แถบแสงสีแดงด้าน Anvil มี 1 แถบ และแถบแสงสีแดงด้าน Spindle มี 4 แถบ

28. ถ้าค่าความผิดพลาดที่แสดงออกมาจากการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.005 มิลลิเมตร โดยมีค่าที่ระบุเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ค่าที่วัดได้มีค่าเท่ากับเท่าไร

ก. 20.000 มิลลิเมตร

ข. 19.995 มิลลิเมตร

ค. 20.005 มิลลิเมตร

ง. 20.002 มิลลิเมตร

วิธีการสอบเทียบเครื่องมือด้านมิติ

29. การสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน(Inside-Mircometer)สิ่งแรกที่ควรทำในขั้นตอนของการสอบเทียบคืออะไร ที่เกี่ยวกับตัวไมโครมิเตอร์วัดใน

ก. การตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกล

ข. การปรับตั้งค่าศูนย์

ค. การตรวจสอบสภาพวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการสอบเทียบ

ง. การตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัดมาตรฐาน

30. ถ้าไมโครมิเตอร์วัดใน(Inside-Mircometer)มีค่าที่ต้องการสอบเทียบ คือค่าที่ 20 มิลลิเมตร แล้วผลการวัดมีค่าออกมาดังนี้คือ 20.01 , 20.02 , 20.05 , 20.03 มิลลิเมตร ถามว่าไมโครมิเตอร์วัดในเครื่องนี้มีความละเอียดเท่าไร

ก. 0.05 มิลลิเมตร

ข. 0.001 มิลลิเมตร

ค. 0.01 มิลลิเมตร

ง. 0.005 มิลลิเมตร

31. ผลจากการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน(Inside-Mircometer)มีผลดังนี้ คือ 30.00 , 30.01 , 30.01 , 30.00 มิลลิเมตร ถามว่าค่าที่วัดได้มีค่าเท่าไรและมีค่าความผิดพลาดเป็นเท่าไร โดยมีค่าระบุเท่ากับ 30 มิลลิเมตร

ก. 30.000 มิลลิเมตร ค่าความผิดพลาด 0.001 มิลลิเมตร

ข. 30.005 มิลลิเมตร ค่าความผิดพลาด 0.005 มิลลิเมตร

ค. 30.050 มิลลิเมตร ค่าความผิดพลาด 0.05 มิลลิเมตร

ง. 30.500 มิลลิเมตร ค่าความผิดพลาด 0.005 มิลลิเมตร

32. ความผิดพลาดในลักษณะใดน่าจะเกิดขึ้นกับการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน ถ้าไม่ทำการ Alignment

ก. Bias

ข. Cosine Error

ค. Parallax Error

ง. Gormatic Error

วิธีการสอบเทียบเครื่องมือด้านมิติ

33. การสอบเทียบไดอัลเกจ(Dial Gauge)ในขั้นตอนของการตรวจสอบการวัดซ้ำ มีผลการตรวจสอบ 5 ครั้ง ดังนี้ 5.00 , 5.01 , 5.01 , 5.00 , 5.00 มิลลิเมตร อยากทราบว่า ค่าการวัดซ้ำมีค่าเป็นเท่าไร โดยกำหนดค่าระบุเท่ากับ 5 มิลลิเมตร

ก. 0.10 มิลลิเมตร

ข. 0.01 มิลลิเมตร

ค. 0.20 มิลลิเมตร

ง. 0.02 มิลลิเมตร

34. ในการตรวจสอบการวัดซ้ำของไดอัลเกจ(Dial Gauge)ผลที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.003 มม ไดอัลเกจเครื่องนี้มีค่าตรงกับข้อใด

ก. 0.001, 0.002, 0.005, 0.003, 0.002

ข. 0.001, 0.002, 0.004, 0.003, 0.002

ค. 0.001, 0.002, 0.003, 0.003, 0.002

ง. 0.001, 0.002, 0.002, 0.003, 0.002

35. การสอบเทียบไดอัลเกจ(Dial Gauge)ที่มีขนาดพิกัด 0-5 มิลลิเมตร ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ค่าความถูกต้อง ± 0.02 มิลลิเมตร อยากทราบว่า เครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบมีความละเอียดในการอ่านค่าการวัดเป็นเท่าไร แล้วค่าความถูกต้องเป็นเท่าไร

ก. ค่าความละเอียด 0.002 มิลลิเมตร ค่าความถูกต้อง 0.01 มิลลิเมตร

ข. ค่าความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ค่าความถูกต้อง 0.002 มิลลิเมตร

ค. ค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร ค่าความถูกต้อง 0.002 มิลลิเมตร

ง. ค่าความละเอียด 0.002 มิลลิเมตร ค่าความถูกต้อง 0.02 มิลลิเมตร

36. การสอบเทียบไดอัลเกจ(Dial Gauge)ใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานที่มีชื่อว่าอะไร แล้วทำไมจึงใช้สอบเทียบไดอัลเกจ

ก. เครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ เพราะเป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่มีการเคลื่อนที่เป็นไปตามกันกับไดอัลเกจ

ข. เครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ เพราะสามารถที่จะขับให้ไดอัลเกจเคลื่อนที่ได้

ค. เครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ เพราะเครื่องมือวัดมาตรฐานเครื่องนี้ มีแกนวัดที่สัมผัสกับแกนวัดของไดอัลเกจเมื่อทำการสอบเทียบ

ง. เครื่องสอบเทียบไดอัลเกจ เพราะเครื่องมือวัดมาตรฐานเครื่องนี้ มีแกนวัดที่สัมผัสกับแกนวัดของไดอัลเกจที่ทำการสอบเทียบ และสามารถขับให้ไดอัลเกจเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ และมีความละเอียดและความถูกต้องสูงกว่าไดอัลเกจ

วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด

37. ค่าความไม่แน่นอนของการวัด(Uncertainty of Measurement)มีความหมายสอดคล้องกับข้อใด

ก. ค่าที่บอกความผิดพลาดของการวัด

ข. ค่าที่บอกถึงความวัดซ้ำของผลการวัด

ค. ค่าที่บอกถึงขอบเขตของความคลาดเคลื่อนของผลการวัด

ง. ค่าที่บอกถึงค่าระบุของตำแหน่งที่วัด

38. ค่าความไม่แน่นอนในการวัด(Uncertainty of Measurement)มีกี่แบบ แต่ละแบบเรียกว่าอะไร และมีความเกี่ยวข้องกับคำศัพท์ใด

ก. 2 แบบ Uncertainty TypeA(Random Error) , Uncertainty TypeB(Repeat Error)

ข. 2 แบบ Uncertainty TypeB(Random Error) , Uncertainty TypeB(Repeat Error)

ค. 2 แบบ Uncertainty TypeA(Random Error) , Uncertainty TypeB(Systematic Error)

ง. 2 แบบ Uncertainty TypeB(Random Error) , Uncertainty TypeA(Systematic Error)

39. ค่าความไม่แน่นอนในการวัดใน TypeB มีความสอดคล้องกับข้อใด

ก. ค่าคุณสมบัติของวัตถุที่ใช้สอบเทียบ, ค่าการวัดซ้ำ

ข. ค่าสัมประสิทธิการขยายตัวของวัสดุ, ค่าความละเอียดของเครื่องมือวัด

ค. ค่าการวัดในข้อมูลดิบ, ค่าการวัดซ้ำ

ง. ค่าการวัดซ้ำ, ค่าความละเอียดของเครื่องมือวัด

40. ในขั้นตอนของการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในวัดใน TypeA มีรายละเอียดอะไรบ้าง โดยให้เรียงตามกรรมวิธีการคำนวณ

ก. $\bar{x}$ Resolution SD

ข. $\bar{x}$ SD $\frac{SD}{\sqrt{n}}$

ค. $\bar{x}$ $\frac{SD}{\sqrt{n}}$ SD

ง. SD $\bar{x}$ $\frac{SD}{\sqrt{n}}$

41. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในค่ากลาง(Standard Error of Mean)คือค่าในข้อใด

ก. SD

ข. $\frac{SD}{\sqrt{n}}$

ค. $\bar{x}$

ง. $\frac{\mathrm{Re}solution}{\sqrt{3}}$

42. ค่าที่ได้จากใบรับรองของการสอบเทียบของเครื่องมือวัดมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 0.0005 มิลลิเมตร โดยมีค่า k เท่ากับ 2 ถ้าต้องการให้ได้ค่า U_{B1} ที่เป็นค่าจากใบรับรอง การสอบเทียบของเครื่องมือวัดมาตรฐาน จะมีค่าเท่ากับเท่าไร

ก. 0.00020

ข. 0.00024

ค. 0.00025

ง. 0.00026

43. ถ้าการสอบเทียบเกจบล็อกขนาด 20 มิลลิเมตร ครั้งแรกมีค่าเท่ากับ 20.00001 มิลลิเมตร ครั้งที่สอง 20.00003 มิลลิเมตร ค่าการถดถอยจะมีค่าเท่าไร

ก. 0.00002 มิลลิเมตร

ข. 0.00020 มิลลิเมตร

ค. 0.00040 มิลลิเมตร

ง. 0.00004 มิลลิเมตร

44. ค่าความละเอียดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร โดยเป็นเครื่องมือวัดที่มีการแสดงค่าการวัดเป็นดิจิตอล แล้วค่าความไม่แน่นอนในการวัดของ U_{B3} (ค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากค่าความละเอียดของเครื่องมือวัดที่ถูกสอบเทียบ)จะมีค่าเท่าไร

ก. 0.003887

ข. 0.002887

ค. 0.004887

ง. 0.005887

45. ถ้าอุณหภูมิอยู่ที่ 25 °C วัตถุที่ทำจากเหล็กที่มีความยาว 500 มิลลิเมตร จะมีความเปลี่ยนแปลงไปเท่าไร โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิความขยายตัวของวัสดุ = 11.5×10^{-6}

ก. เกิดการยืดตัวออกไปอีก 0.020 มิลลิเมตร

ข. เกิดการหดตัวไปอีก 0.020 มิลลิเมตร

ค. เกิดการยืดตัวออกไปอีก 0.029 มิลลิเมตร

ง. เกิดการหดตัวไปอีก 0.029 มิลลิเมตร

46. ค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่เป็นค่า U_C โดยการรวมเอาค่าความไม่แน่นอนในการวัดแต่ละชุดมารวมกันนั้น มีค่าใดบ้าง และคำนวณอย่างไร

ก. U_A , U_{B1} , U_{B2} , U_{B3} , $\sqrt{(U_A^2)+(U_{B1}^2)+(U_{B2}^2)+(U_{B3}^2)}$

ข. U_A , U_{B1} , U_{B2} , U_{B3} , U_{B4} , $\sqrt{(U_A^2)+(U_{B1}^2)+(U_{B2}^2)+(U_{B3}^2)+(U_{B4}^2)}$

ค. U_A , U_{B1} , U_{B2} , U_{B3} , U_{B4} , $\sqrt{(U_A^3)+(U_{B1}^2)+(U_{B2}^2)+(U_{B3}^2)+(U_{B4}^2)}$

ง. U_A , U_{B1} , U_{B2} , U_{B3} , U_{B4} , $\sqrt{(U_A^4)+(U_{B1}^2)+(U_{B2}^2)+(U_{B3}^2)+(U_{B4}^2)}$

คำเฉลยในแบบทดสอบ			
คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ
1	ข.	24	ง.
2	ก.	25	ค.
3	ก.	26	ค.
4	ข.	27	ข.
5	ค.	28	ค.
6	ข.	29	ข.
7	ค.	30	ค.
8	ข.	31	ข.
9	ก.	32	ข.
10	ข.	33	ข.
11	ก.	34	ข.
12	ก.	35	ค.
13	ค.	36	ง.
14	ค.	37	ค.
15	ก.	38	ค.
16	ค.	39	ข.
17	ง.	40	ข.
18	ข.	41	ข.
19	ข.	42	ค.
20	ก.	43	ก.
21	ก.	44	ข.
22	ค.	45	ค.
23	ค.	46	ข.

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของ
หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทาง
อุตสาหกรรม
ส่วนที่ 1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยียีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดปฏิบัติตามขั้นตอนในแบบทดสอบ

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

<u>คำอธิบายในแบบทดสอบ</u>

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีหัวข้อที่เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบในแต่ละเครื่องที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องปฏิบัติ โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนนั้น แบ่งเป็น 3 ระดับคือ ดี (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) และ ปรับปรุง (1 คะแนน) โดยนำไปประเมินในด้าน

ความถูกต้องในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรอบคอบในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรวดเร็วในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยมีคำอธิบายในเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ในด้านความถูกต้องเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเหมาะสมและถูกต้อง

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมในบางส่วนแต่ไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในการสอบเทียบ

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมจนทำให้เกิดความผิดพลาดจนต้องปฏิบัติใหม่

ในด้านความรอบคอบเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังและมีความเอาใจใส่ในเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังแต่ขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดแต่ไม่ส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาด

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบไม่มีความระมัดระวังขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดจนส่งผลให้ต้องทำการการสอบเทียบใหม่

ในด้านความรวดเร็วเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วตามความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วน้อยแต่ไม่ช้าจนทำให้การปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่รวดเร็วจนทำให้เกิดความช้าขึ้นในการปฏิบัติที่เกินกว่าระยะเวลาในการปฏิบัติตามปกติ แต่ไม่ถึงกับทำให้ขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์)

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นผู้ปฏิบัติจริงตามหัวข้อคำสั่งในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในแบบทดสอบทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

<u>แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ</u>

<u>ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม</u>

1. วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ มีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

ข้อที	รายการประเมิน	การประเมินผลในด้าน		
		ความถูกต้อง	ความรอบคอบ	ความรวดเร็ว
1.1	การเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบ			
1.2	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด			
1.3	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน			
1.4	การตรวจสอบสภาพเครื่องวัด			
1.5	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความเรียบ			
1.6	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความขนาน			
1.7	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความถูกต้องของสเกล			

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของ
หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทาง
อุตสาหกรรม
ส่วนที่ 2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยียีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดปฏิบัติตามขั้นตอนในแบบทดสอบ

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีหัวข้อที่เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบในแต่ละเครื่องที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องปฏิบัติ โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนนั้น แบ่งเป็น 3 ระดับคือ ดี (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) และ ปรับปรุง (1 คะแนน) โดยนำไปประเมินในด้าน

ความถูกต้องในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรอบคอบในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรวดเร็วในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยมีคำอธิบายในเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ในด้านความถูกต้องเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเหมาะสมและถูกต้อง

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมในบางส่วนแต่ไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในการสอบเทียบ

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมจนทำให้เกิดความผิดพลาดจนต้องปฏิบัติใหม่

ในด้านความรอบคอบเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังและมีความเอาใจใส่ในเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวัง

แต่ขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดแต่ไม่ส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาด

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบไม่มีความระมัดระวังขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดจนส่งผลให้ต้องทำการการสอบเทียบใหม่

ในด้านความรวดเร็วเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วตามความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วน้อยแต่ไม่ช้าจนทำให้การปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่รวดเร็วจนทำให้เกิดความช้าขึ้นในการปฏิบัติที่เกินกว่าระยะเวลาในการปฏิบัติตามปกติ แต่ไม่ถึงกับทำให้ขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (ไมโครมิเตอร์วัดนอก)

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นผู้ปฏิบัติจริงตามหัวข้อคำสั่งในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในแบบทดสอบทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

<u>แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ</u>

<u>ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม</u>

2. วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก มีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

ข้อที	รายการประเมิน	การประเมินผลในด้าน		
		ความถูกต้อง	ความรอบคอบ	ความรวดเร็ว
2.1	การเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบ			
2.2	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด			
2.3	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน			
2.4	การตรวจสอบสภาพเครื่องวัด			
2.5	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความเรียบ			
2.6	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความขนาน			
2.7	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความถูกต้องของสเกล			

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของ
หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทาง
อุตสาหกรรม
ส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยียีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดปฏิบัติตามขั้นตอนในแบบทดสอบ

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีหัวข้อที่เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบในแต่ละเครื่องที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องปฏิบัติ โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนนั้น แบ่งเป็น 3 ระดับคือ ดี (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) และ ปรับปรุง (1 คะแนน) โดยนำไปประเมินในด้าน

ความถูกต้องในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรอบคอบในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรวดเร็วในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยมีคำอธิบายในเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ในด้านความถูกต้องเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเหมาะสมและถูกต้อง

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมในบางส่วนแต่ไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในการสอบเทียบ

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมจนทำให้เกิดความผิดพลาดจนต้องปฏิบัติใหม่

ในด้านความรอบคอบเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังและมีความเอาใจใส่ในเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวัง

แต่ขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดแต่ไม่ส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาด

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบไม่มีความระมัดระวังขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดจนส่งผลให้ต้องทำการการสอบเทียบใหม่

ในด้านความรวดเร็วเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วตามความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วน้อยแต่ไม่ช้าจนทำให้การปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่รวดเร็วจนทำให้เกิดความช้าขึ้นในการปฏิบัติที่เกินกว่าระยะเวลาในการปฏิบัติตามปกติ แต่ไม่ถึงกับทำให้ขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (ไมโครมิเตอร์วัดใน)

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นผู้ปฏิบัติจริงตามหัวข้อคำสั่งในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในแบบทดสอบทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

<u>แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ</u>

<u>ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม</u>

3. วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน มีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

ข้อที่	รายการประเมิน	การประเมินผลในด้าน		
		ความถูกต้อง	ความรอบคอบ	ความรวดเร็ว
3.1	การเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบ			
3.2	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด			
3.3	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน			
3.4	การตรวจสอบสภาพเครื่องวัด			
3.5	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความถูกต้องของสเกล			

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของ
หน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทาง
อุตสาหกรรม
ส่วนที่ 4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบทักษะปฏิบัติ ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยียีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ
2. ได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
3. โปรดปฏิบัติตามขั้นตอนในแบบทดสอบ

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

<u>คำอธิบายในแบบทดสอบ</u>

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดปฏิบัติตามหัวข้อในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติให้มากที่สุด ในทุกหัวข้อ โดยการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ นั้นจะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริง ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยจะมีหัวข้อที่เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบในแต่ละเครื่องที่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะต้องปฏิบัติ โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนนั้น แบ่งเป็น 3 ระดับคือ ดี (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) และ ปรับปรุง (1 คะแนน) โดยนำไปประเมินในด้าน

ความถูกต้องในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรอบคอบในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ความรวดเร็วในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

โดยมีคำอธิบายในเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ในด้านความถูกต้องเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเหมาะสมและถูกต้อง

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมในบางส่วนแต่ไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในการสอบเทียบ

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่เหมาะสมจนทำให้เกิดความผิดพลาดจนต้องปฏิบัติใหม่

ในด้านความรอบคอบเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวังและมีความเอาใจใส่ในเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบมีความระมัดระวัง

แต่ขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดแต่ไม่ส่งผลให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาด

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความเป็นระเบียบไม่มีความระมัดระวังขาดการเอาใจใส่ในเครื่องมือวัดจนส่งผลให้ต้องทำการการสอบเทียบใหม่

ในด้านความรวดเร็วเกณฑ์การให้คะแนนคือ

3 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วตามความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัด

2 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความรวดเร็วน้อยแต่ไม่ช้าจนทำให้การปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

1 คะแนน หมายถึง ในขั้นตอนของการปฏิบัติในการสอบเทียบมีความไม่รวดเร็วจนทำให้เกิดความช้าขึ้นในการปฏิบัติที่เกินกว่าระยะเวลาในการปฏิบัติตามปกติ แต่ไม่ถึงกับทำให้ขั้นตอนของการสอบเทียบของแต่ละเครื่องมือวัดต้องยกเลิกไป

แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ (ไดอัลเกจ)

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเป็นผู้ปฏิบัติจริงตามหัวข้อคำสั่งในแบบทดสอบทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในแบบทดสอบทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม(ตามเกณฑ์ 80/80)

<u>แบบทดสอบทักษะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ</u>

<u>ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม</u>

4. วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ มีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

ข้อที่	รายการประเมิน	การประเมินผลในด้าน		
		ความถูกต้อง	ความรอบคอบ	ความรวดเร็ว
4.1	การเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบ			
4.2	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด			
4.3	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน			
4.4	การตรวจสอบสภาพเครื่องวัด			
4.5	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ			
4.6	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความผิดพลาดจากการวัด			

แบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความคิดเห็นจากผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรม ในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านความรู้และด้านการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้สอบถามกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ก่อนและหลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรม

2. ขอได้โปรดตอบแบบสอบถามฉบับนี้ ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรบการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบสอบถาม

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

<u>คำอธิบายในแบบสอบถาม</u>

แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความคิดเห็นจากผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการฝึกอบรม หลักสูตรการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม จะมีประสิทธิภาพในด้านความรู้และด้านการปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ขอได้โปรดตอบแบบสอบถามฉบับนี้ ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรบการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

แบบสอบถามฉบับนี้มี 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยสอบถามจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม

<u>ตอนที่ 1</u> ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย◯ ล้อมรอบ ข้อ ก, ข, ค, ง, สถานภาพของท่าน

1. ท่านชื่อ _____ นามสกุล _____ อายุ _____

ก. 20 – 35 ปี ข. 26 - 30 ปี

ค. 31 - 35 ปี ง. 36 ขึ้นไป

2. ท่านมีประสบการณ์ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ก. ไม่มี ข. 5 - 10 ปี

ค. 11 - 15 ปี ง. 16 - 20 ปี

3. ท่านมีความรู้พื้นฐานทางด้าน

ก. ฟิสิกส์ ข. วัสดุวิศวกรรม

ข. พื้นฐานวิศวกรรม ง. อื่น ๆ .....

<u>ตอนที่ 2</u> ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการฝึกอบรม ในหลักสูตรการฝึกอบรมการสอบเทียบ สามารถนำไปใช้งานเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในลักษณะการฝึกอบรม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในแต่ละข้อความที่เกี่ยวกับหลักสูตรฝึกอบรมให้สอดคล้องกับความคิดเห็นของท่านระดับใด

ข้อที่	เนื้อหาข้อมูลทางความรู้และทักษะของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	ระดับที่นำไปใช้งานก่อนการฝึกอบรม					ระดับที่นำไปใช้งานหลังการฝึกอบรม				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	ด้านความรู้										
1.	ความหมายของการสอบเทียบ , มาตรวิทยา										
2.	ความสำคัญของการสอบเทียบเครื่องมือวัดในงานอุตสาหกรรม										
3.	ระบบมาตรฐานที่เกี่ยวกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ										
4.	องค์ประกอบที่สำคัญในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ										
5.	การทราบถึงเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ให้สอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ										
6.	ความรู้ในการคำนวณค่าความผิดพลาดจากการวัด										
7.	ความรู้ในด้านการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์										
8.	ความรู้ในด้านการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก										
9.	ความรู้ในด้านการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน										
10.	ความรู้ในการสอบเทียบไดอัลเกจ										
11.	ความรู้ในด้านของการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัด										
12.	ความรู้ในด้านการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด										
13.	ความรู้และความเข้าใจในการเลือกใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานเพื่อการสอบเทียบ										
14.	สามารถที่จะสรุปผลการสอบเทียบได้										

ข้อที่	เนื้อหาข้อมูลทางความรู้และทักษะของผู้เข้ารับการฝึกอบรม	ระดับที่นำไปใช้งานก่อนการฝึกอบรม					ระดับที่นำไปใช้งานหลังการฝึกอบรม				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	ด้านทักษะการปฏิบัติ										
1.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้ Gauge Block ได้อย่างถูกต้อง										
2.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้เครื่องสอบเทียบ ไดอัลเกจ ได้อย่างถูกต้อง										
3.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้อย่างถูกต้อง										
4.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอกได้อย่างถูกต้อง										
5.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดในได้อย่างถูกต้อง										
6.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาไดอัลเกจได้อย่างถูกต้อง										
7.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้อย่างถูกต้อง										
8.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอกได้อย่างถูกต้อง										
9.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดในได้อย่างถูกต้อง										
10.	สามารถที่จะปฏิบัติในการใช้งานและบำรุงรักษาไดอัลเกจได้อย่างถูกต้อง										
11.	สามารถที่จะเลือกเครื่องวัดมาตรฐานที่จะใช้สอบเทียบได้										
12.	สามารถที่จะหาผลความผิดพลาดจากการวัดได้										
13.	สามารถที่จะคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้										
14.	สามารถที่จะอธิบายผลของการสอบเทียบได้										

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในหลักสูตรฝึกอบรม.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....

(..... .....)

ภาคผนวก ง
ข้อมูลการวิจัย

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ ค่าความเชื่อมั่น และค่าความยากง่าย ของแบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 4 และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในขั้นตอนการ (Try out)

ในระหว่างฝึกอบรมส่วนที่ / หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม	จำนวนข้อทั้งหมด	จำนวนข้อที่ยาก (p=1.00)	จำนวนข้อที่ง่าย (q=0.00)	ค่าความเชื่อมั่น	ผลการวิเคราะห์
ส่วนที่ 1	8	-	-	0.81	มีความสอดคล้องภายใน
ส่วนที่ 2	13	-	1	0.75	มีความสอดคล้องภายใน
ส่วนที่ 3	16	2	-	0.73	มีความสอดคล้องภายใน
ส่วนที่ 4	9	-	-	0.82	มีความสอดคล้องภายใน
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม	46	-	-	0.93	มีความสอดคล้องภายใน

จากตาราง 17 แสดงว่าค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในขั้นตอนการทดสอบ(Try out) วิเคราะห์ได้ผลดังนี้

ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.81 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.75 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.73 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.82 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.93 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน

จากการ ทดสอบ(Try out)) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน ได้ผลการวิเคราะห์ ค่าความเชื่อมั่น และค่าความยากง่าย ของแบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจแล้ว นำมาปรับปรุงในรูปแบบของข้อคำถามและคำตอบ เพื่อให้มีความเหมาะสมในการทำการทดลอง โดยให้ส่วนที่ 1 มี จำนวนข้อสอบ 8 ข้อ ส่วนที่ 2 มีจำนวนข้อสอบ 12 ข้อ ส่วนที่ 3 มีจำนวนข้อสอบ 14 ข้อ และ ส่วนที่ 4 มีจำนวนข้อสอบ 9 ข้อ ในแบบทดสอบที่ใช้ในระหว่างฝึกอบรมจบใน ส่วนที่ 1 ถึงส่วนที่ 4 และ ให้มีจำนวนคำถาม 46 ข้อ ในแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ทำการวิเคราะห์ผล และหาค่าความเชื่อมั่นอีกครั้งได้ผลดังนี้

ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.81 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.81 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.80 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.82 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.93 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน

การหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยใช้สูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสัน 20 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 123)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อ

p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = 1-p

S_2^1 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น(r_{tt})ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 1 เรื่อง ความสำคัญของการสอบเทียบที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น(r_{tt})ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติที่เป็นพื้นฐานของการสอบเทียบที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น(r_{tt})ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น(r_{tt})ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น(r_{tt})ของแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93

ตาราง 18 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 1 เรื่อง ความสำคัญของการสอบเทียบที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน

ข้อที่	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	ค่าความยากง่ายในกลุ่มสูง (U)	ค่าความยากง่ายในกลุ่มต่ำ (L)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ (R)	ค่าความยากง่าย (P)
1	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
2	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
3	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
4	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
5	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
6	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
7	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
8	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
รวม					4.333		4.833
เฉลี่ย					0.524		0.595

หาค่าระดับความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ในแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจ(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540:129-130)

$$P = \frac{R}{N}$$

$$r = \frac{Ru - Re}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ
R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ข้อ
N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด
r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
Ru แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง
Re แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน
N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-1 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความสามารถจำแนกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่รู้-ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่รู้ได้ดีและข้อสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมใน

ส่วนที่1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.33-0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.524และค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.50-0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.595

ตาราง 19 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 2 เรื่อง วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติของการสอบเทียบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 10 คน

ข้อที่	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	ค่าความยากง่ายในกลุ่มสูง (U)	ค่าความยากง่ายในกลุ่มต่ำ (L)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ (R)	ค่าความยากง่าย (P)
1	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
2	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
3	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
4	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
5	2	0	0.67	0.00	0.67	2	0.33
6	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
7	2	0	0.67	0.00	0.67	2	0.33
8	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
9	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
10	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
11	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
12	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
รวม					8.00		7.33
เฉลี่ย					0.667		0.611

หาค่าระดับความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ในแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจ(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540:129-130)

$$P = \frac{R}{N}$$

$$r = \frac{Ru - Re}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ข้อ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ

Ru แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง

Re แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-1 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความสามารถจำแนกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่รู้-ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่รู้ได้ดีและข้อสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในในส่วนที่ 2 มีค่าอยู่ในระดับ 0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.667และค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33-0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.611

ตาราง 20 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 3 เรื่อง วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน

ข้อที่	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	ค่าความยากง่ายในกลุ่มสูง (U)	ค่าความยากง่ายในกลุ่มต่ำ (L)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ (R)	ค่าความยากง่าย (P)
1	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
2	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
3	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
4	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
5	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
6	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
7	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
8	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
9	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
10	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
11	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
12	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
13	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
14	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
รวม					9.33		9.33
เฉลี่ย					0.667		0.667

การหาค่าระดับความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ในแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540:129-130)

$$P = \frac{R}{N}$$

$$r = \frac{Ru - Re}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ข้อ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ

Ru แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง

Re แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-1 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความสามารถจำแนกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่รู้-ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่รู้ได้ดีและข้อสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในในส่วนที่ 3 มีค่าอยู่ในระดับ 0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.667และค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ในระดับ 0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.667

ตาราง 21 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 4 เรื่อง วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน

ข้อที่	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	ค่าความยากง่ายในกลุ่มสูง (U)	ค่าความยากง่ายในกลุ่มต่ำ (L)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ (R)	ค่าความยากง่าย (P)
1	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
2	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
3	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
4	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
5	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
6	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
7	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
8	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
9	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
รวม					5.33		5.67
เฉลี่ย					0.593		0.630

การหาค่าระดับความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ในแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540:129-130)

$$P = \frac{R}{N}$$

$$r = \frac{Ru - Re}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ
R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ข้อ
N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด
r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
Ru แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง
Re แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน
N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-1 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความสามารถจำแนกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่รู้-ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่รู้ได้ดีและข้อสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในในส่วนที่ 4 มีค่าอยู่ในระหว่าง 0.33-0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.593และค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ในระหว่าง0.50-0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.630

ตาราง 22 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน

ข้อที่	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	ค่าความยากง่ายในกลุ่มสูง (U)	ค่าความยากง่ายในกลุ่มต่ำ (L)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ (R)	ค่าความยากง่าย (P)
1	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
2	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
3	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
4	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
5	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
6	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
7	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
8	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
9	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
10	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
11	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
12	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
13	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
14	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
15	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
16	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
17	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
18	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
19	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
20	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
21	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
22	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
23	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
24	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
25	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
26	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
27	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
28	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
29	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
30	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50

ตาราง 22(ต่อ)

ข้อที่	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	ค่าความยากง่ายในกลุ่มสูง (U)	ค่าความยากง่ายในกลุ่มต่ำ (L)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ (R)	ค่าความยากง่าย (P)
31	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
32	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
33	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
34	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
35	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
36	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
37	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
38	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
39	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
40	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
41	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
42	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
43	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
44	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
45	2	1	0.67	0.33	0.33	3	0.50
46	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
รวม					24.67		27.67
เฉลี่ย					0.536		0.601

การหาค่าระดับความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ในแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540:129-130)

$$P = \frac{R}{N}$$

$$r = \frac{Ru - Re}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ข้อ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ

Ru แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง

Re แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน
N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2-1 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความสามารถจำแนกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่รู้-ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่รู้ได้ดีและข้อสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมมีค่าอยู่ในระหว่าง 0.33-0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.536และค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ในระหว่าง 0.50-0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.601

ผลของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้ทำการทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรครอบบัค (Cronbach) ของแบบทดสอบทางด้านทักษะในขณะทำการฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 4 และหลังจากการเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 4 มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ ค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในขณะฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 ถึง ส่วนที่ 4 และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในส่วนที่ 1 ถึงส่วนที่ 4 ในขั้นตอนการ (Try out)

ในระหว่างฝึกอบรมส่วนที่ / ภายหลังฝึกอบรมส่วนที่	จำนวน ข้อทั้งหมด	ค่า ความเชื่อมั่น	ผลการวิเคราะห์
ในระหว่างฝึกอบรม			
ส่วนที่ 1	8	0.81	มีความสอดคล้องภายใน
ส่วนที่ 2	8	0.82	มีความสอดคล้องภายใน
ส่วนที่ 3	6	0.85	มีความสอดคล้องภายใน
ส่วนที่ 4	7	0.82	มีความสอดคล้องภายใน
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม			
ส่วนที่ 1	7	0.83	มีความสอดคล้องภายใน
ส่วนที่ 2	7	0.84	มีความสอดคล้องภายใน
ส่วนที่ 3	5	0.82	มีความสอดคล้องภายใน
ส่วนที่ 4	6	0.81	มีความสอดคล้องภายใน

จากตาราง 23 แสดงว่าค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติในเรื่องการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม ในขั้นตอนการทดสอบ(Try out) วิเคราะห์ได้ผลดังนี้

ในระหว่างฝึกอบรมจบ
ในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.81 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.82 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.85 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.82 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม
ในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.83 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.84 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.82 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
ในส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.81 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน

การหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยใช้สูตรของครอบบัค (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 125)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
n แทน จำนวนข้อ
S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ
S_2^1 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าความเชื่อมั่น(α)ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าความเชื่อมั่น(α)ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าความเชื่อมั่น(α)ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าความเชื่อ

มั่น(α)ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าความเชื่อมั่น(α)ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในส่วนที่ 1 วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าความเชื่อมั่น(α)ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในส่วนที่ 2 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าความเชื่อมั่น(α)ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในส่วนที่ 3 วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านทักษะปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าความเชื่อ(α)ของแบบทดสอบทักษะปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในส่วนที่ 4 วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 10 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

ตาราง 24 ผลการประเมินความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาในเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ด้านจุดประสงค์ในหลักสูตรประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้	
1	มีคำชี้แจงหลักการของการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมชัดเจน สมบูรณ์	1.00
2	สารบัญมีหัวข้อเนื้อหาที่สำคัญครบถ้วนสมบูรณ์	1.00
3	จุดประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรมมีความชัดเจน	1.00
	ด้านเนื้อหาในความสำคัญของการสอบเทียบประกอบไปด้วยเนื้อหาดังนี้	
1	มีรายละเอียดที่อธิบายถึงความสำคัญที่จะต้องมีการสอบเทียบ	1.00
2	มีเนื้อหาในความหมายของการสอบเทียบ	1.00
3	มีเนื้อหาในความหมายของมาตรวิทยา	1.00
4	มีเนื้อหาที่อธิบายในระบบการวัดมาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ มีเนื้อหาที่	1.00
5	อธิบายในเรื่องที่เกี่ยวกับองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการสอบเทียบ	1.00
6	มีเนื้อหาที่อธิบายในเรื่องของมาตรฐานต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ	1.00
	ด้านเนื้อหาในวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติประกอบไปด้วยเนื้อหาดังนี้	
1	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาเกจบล็อกไว้อย่างเหมาะสม	0.60
2	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาออปติคอลแฟลตไว้อย่างเหมาะสม	0.60
3	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาออปติคอลพาลาแลลไว้อย่างหมาะสม	0.60
4	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องสอบเทียบไดอัลเกจไว้อย่างหมาะสม	1.00
5	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาโต๊ะระดับไว้อย่างเหมาะสม	0.60
6	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไว้อย่างหมาะสม	1.00
7	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดนอกไว้อย่างหมาะสม	1.00
8	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาไมโครมิเตอร์วัดในไว้อย่างหมาะสม	1.00
9	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการใช้และบำรุงรักษาไดอัลเกจไว้อย่างหมาะสม	1.00
	ด้านเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติประกอบไปด้วยเนื้อหาดังนี้	
1	มีเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่มีการอธิบายในขั้นตอนต่าง ๆไว้อย่างเหมาะสม	1.00
2	มีเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกที่มีการอธิบายในขั้นตอนต่าง ๆไว้อย่างเหมาะสม	1.00
3	มีเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในที่มีการอธิบายในขั้นตอนต่าง ๆไว้อย่างเหมาะสม	1.00
4	มีเนื้อหาในวิธีการสอบเทียบไดอัลเกจที่มีการอธิบายในขั้นตอนต่าง ๆไว้อย่างเหมาะสม	1.00

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
5	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการคำนวณค่าที่ได้จากการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไว้อย่างเหมาะสม	1.00
6	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการคำนวณค่าที่ได้จากการสอบเทียบไมโครมิเตอรวัดนอกไว้อย่างเหมาะสม	1.00
7	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการคำนวณค่าที่ได้จากการสอบเทียบไมโครมิเตอรวัดในไว้อย่างเหมาะสม	1.00
8	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการคำนวณค่าที่ได้จากการสอบเทียบไดอัลเกจไว้อย่างเหมาะสม	1.00
	ด้านเนื้อหาในวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดโดยประกอบไปด้วยเนื้อหาดังนี้	
1	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงหลักการในการประเมินค่าความไม่นอน	1.00
2	มีเนื้อหาที่อธิบายในขั้นตอนของการประเมินค่าความไม่นอน	1.00
3	มีเนื้อหาที่อธิบายในการสรุปผลการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด	1.00

ตาราง 25 ผลการประเมินความเที่ยงตรงของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ด้านความรู้ ความสำคัญของการสอบเทียบ	
1	บอกลักษณะของสิ่งที่ใช้เปรียบเทียบถึงการสอบเทียบได้	0.60
2	บอกหน่วยวัดทางมาตรวิทยาได้	1.00
3	บอกถึงลักษณะของค่าความถูกต้องได้	1.00
4	บอกความหมายของค่าความละเอียดของเครื่องมือวัดได้	1.00
5	บอกถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตได้	0.60
6	บอกลักษณะของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้	1.00
7	บอกถึงประโยชน์ของการสอบเทียบเครื่องมือวัดได้	1.00
8	บอกอุณหภูมิมาตรฐานที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้	1.00
	ด้านความรู้ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดด้านมิติ	
1	บอกลักษณะของชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปใช้วัดได้	1.00
2	บอกลักษณะของชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการนำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ไปใช้วัดได้	1.00
3	บอกลักษณะของการตรวจสอบความเรียบของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
4	บอกส่วนประกอบของของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	0.60
5	บอกลักษณะของชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการนำไมโครมิเตอร์วัดนอกไปใช้วัดได้	1.00
6	บอกหลักการทำงานของไมโครมิเตอร์วัดนอกและเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
7	บอกการตรวจสอบสภาพเบื้องต้นของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
8	บอกขั้นตอนการใช้ไมโครมิเตอร์วัดในได้	1.00
9	บอกลักษณะของชิ้นงานที่มีผลต่อความผิดพลาดในการวัดของไมโครมิเตอร์วัดในได้	1.00
10	บอกหลักการทำงานของไดอัลเกจได้	1.00
11	บอกลักษณะของความผิดพลาดที่มีผลกับการนำไดอัลเกจไปใช้งานโดยใช้ไดอัลเกจไม่ถูกต้องได้	1.00
12	บอกลักษณะของการนำไดอัลเกจไปใช้งานได้	1.00

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ด้านความรู้ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	
1	บอกสิ่งที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
2	บอกขั้นตอนในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
3	บอกลักษณะของผลการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
4	บอกสิ่งที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์นอกได้	0.60
4	บอกผลของการตรวจสอบความเรียบของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	0.60
5	บอกผลของการตรวจสอบความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
6	บอกสิ่งที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจสอบค่าความถูกต้องของสเกลของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
7	บอกความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดกับค่าแก้ ได้	1.00
8	บอกสิ่งที่เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในได้	1.00
9	บอกความละเอียดของไมโครมิเตอร์วัดในกับผลการสอบเทียบได้	1.00
10	บอกลักษณะของความผิดพลาดได้	0.60
11	บอกวิธีการคำนวณในการตรวจสอบการวัดซ้ำของไดอัลเกจได้	0.60
12	บอกความสัมพันธ์ของผลการตรวจสอบการวัดซ้ำกับความละเอียดของไดอัลเกจได้	0.60
13	บอกลักษณะของความถูกต้องของเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบเครื่องมือวัดได้	1.00
14	บอกลักษณะของผลการตรวจสอบกับความสัมพันธ์ในวิธีการตรวจสอบเครื่องมือวัดได้	0.60
	ด้านความรู้ วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด	
1	บอกสัญลักษณ์ของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	0.60
2	บอกลักษณะของความสอดคล้องในความหมายของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	0.60
3	บอกลักษณะและผลของการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	0.60
4	บอกลักษณะและผลของการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
5	บอกลักษณะและผลของการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
6	บอกลักษณะและผลของการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
7	บอกลักษณะและผลของการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
8	บอกลักษณะและผลของการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
9	บอกลักษณะและผลของการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	
1	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	1.00
2	สามารถตรวจสภาพเครื่องมือวัดได้	1.00
3	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	1.00
4	สามารถอ่านค่าการวัดได้	1.00
5	สามารถใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานได้	1.00
6	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความเรียบของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
7	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความขนานของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
8	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของสเกลของการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก	
1	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	1.00
2	สามารถตรวจสภาพเครื่องมือวัดได้	1.00
3	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	1.00
4	สามารถอ่านค่าการวัดได้	1.00
5	สามารถใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานได้	1.00
6	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความเรียบของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
7	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความขนานของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
8	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของสเกลของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน	
1	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	1.00
2	สามารถตรวจสภาพเครื่องมือวัดได้	1.00
3	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	1.00
4	สามารถอ่านค่าการวัดได้	1.00

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
5	สามารถใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานได้	1.00
6	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของสเกลของการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในได้	1.00
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ	
1	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดได้	1.00
2	สามารถตรวจสภาพเครื่องมือวัดได้	1.00
3	สามารถทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐานได้	1.00
4	สามารถอ่านค่าการวัดได้	1.00
5	สามารถใช้เครื่องมือวัดมาตรฐานได้	1.00
6	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบการวัดซ้ำของการสอบเทียบไดอัลเกจได้	1.00
7	สามารถปฏิบัติในขั้นตอนของการตรวจสอบค่าความผิดพลาดจากการวัดของการสอบเทียบไดอัลเกจได้	1.00

ตาราง 26 ผลการประเมินความเที่ยงตรงของแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด (ข้อที่ 1 – 46)	
1	บอกความหมายของการสอบเทียบได้	1.00
2	บอกความหมายของมาตรวิทยาได้	1.00
3	บอกความหมายของนิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการการสอบเทียบได้	1.00
4	บอกความหมายของนิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการการสอบเทียบได้	1.00
5	บอกถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตได้	1.00
6	บอกมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบได้	1.00
7	บอกหน่วยวัดที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้	1.00
8	บอกตัวแปรหลักที่มีผลต่อการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติได้	0.60
9	บอกลักษณะของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
10	บอกลักษณะการใช้งานของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
11	บอกลักษณะการตรวจสอบความเรียบของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
12	บอกลักษณะการทำงานของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
13	บอกลักษณะของชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการนำไมโครมิเตอร์วัดนอกไปใช้วัดได้	1.00
14	บอกหลักการอ่านค่าการวัดของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
15	บอกลักษณะของความผิดพลาดจากการใช้ไมโครมิเตอร์วัดในได้	0.60
16	บอกหลักการใช้งานของไมโครมิเตอร์วัดในได้	1.00
17	บอกหลักการบำรุงรักษาของไมโครมิเตอร์วัดในได้	1.00
18	บอกลักษณะของไดอัลเกจได้	1.00
19	บอกลักษณะการใช้งานของไดแลเกจได้	1.00
20	บอกหลักการเบื้องต้นในใช้งานของไดอัลเกจได้	1.00
21	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
22	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
23	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
24	บอกหลักการในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในการวัดของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ได้	1.00
25	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
26	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ความสำคัญของการสอบเทียบ วิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดพื้นฐานทางด้านมิติ วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติและการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด (ข้อที่ 1 – 46) ต่อ	
27	บอกหลักการในการคำนวณหาค่าความขนานของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
28	บอกหลักการในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในการวัดของไมโครมิเตอร์วัดนอกได้	1.00
29	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในได้	1.00
30	บอกหลักการและรายละเอียดในการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดในได้	1.00
31	บอกหลักการในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในการวัดของไมโครมิเตอร์วัดในได้	1.00
32	บอกหลักการของความผิดพลาดในการวัดที่เกี่ยวข้องกับไมโครมิเตอร์วัดในได้	0.60
33	บอกหลักการและรายละเอียดในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในด้านต่าง ๆของกาสอบเทียบไดอัลเกจได้	1.00
34	บอกหลักการและรายละเอียดในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในด้านต่าง ๆของกาสอบเทียบไดอัลเกจได้	1.00
35	บอกหลักการและรายละเอียดในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในด้านต่าง ๆของกาสอบเทียบไดอัลเกจได้	1.00
36	บอกหลักการและรายละเอียดในการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในด้านต่าง ๆของกาสอบเทียบไดอัลเกจได้	1.00
37	บอกความหมายของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
38	บอกประเภทของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
39	บอกหลักการและการคำนวณค่าของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
40	บอกหลักการและการคำนวณค่าของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
41	บอกหลักการและการคำนวณค่าของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
42	บอกหลักการและการคำนวณค่าของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
43	บอกหลักการและการคำนวณค่าของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
44	บอกหลักการและการคำนวณค่าของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
45	บอกหลักการและการคำนวณค่าของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00
46	บอกหลักการและการคำนวณค่าของค่าความไม่แน่นอนในการวัดได้	1.00

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	
1	การเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบ	1.00
2	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด	1.00
3	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน	1.00
4	การตรวจสอบสภาพเครื่องวัด	1.00
5	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความเรียบ	1.00
6	การปฏิบัติติการสอบเทียบในการตรวจสอบความขนาน	1.00
7	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความถูกต้องของสเกล	0.60
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดนอก	
1	การเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบ	1.00
2	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด	1.00
3	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน	1.00
4	การตรวจสอบสภาพเครื่องวัด	1.00
5	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความเรียบ	1.00
6	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความขนาน	1.00
7	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความถูกต้องของสเกล	1.00
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไมโครมิเตอร์วัดใน	
1	การเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบ	0.60
2	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด	1.00
3	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน	1.00
4	การตรวจสอบสภาพเครื่องวัด	1.00
5	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความถูกต้องของสเกล	1.00
	ด้านทักษะ วิธีการสอบเทียบไดอัลเกจ	
1	การเตรียมเครื่องมือวัด/วัสดุ/อุปกรณ์ในการสอบเทียบ	1.00
2	การทำความสะอาดเครื่องมือวัด	1.00
3	การทำความสะอาดเครื่องมือวัดมาตรฐาน	1.00
4	การตรวจสอบสภาพเครื่องวัด	1.00
5	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบค่าการวัดซ้ำ	1.00
6	การปฏิบัติการสอบเทียบในการตรวจสอบความผิดพลาดจากการวัด	1.00

ตาราง 27 ผลการประเมินความเที่ยงตรงของประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ หน่วยปฏิบัติการ สอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ด้านการจัดการฝึกอบรม	
	ท่านเห็นว่าการจัดการฝึกอบรมควรมีรายละเอียดดังนี้หรือไม่	
1	ผู้เป็นวิทยากร ควรเป็นผู้ที่มีความรู้และปฏิบัติงานด้านการสอบเทียบ	1.00
2	ผู้เป็นวิทยากร ควรมีประสบการณ์ในด้านการบรรยายหรือการฝึกอบรม	1.00
3	ผู้เป็นวิทยากรควรเป็นผู้ที่สามารถใช้อุปกรณ์สื่อการสอนได้อย่างเหมาะสมกับหลักสูตรฝึกอบรม	1.00
4	ผู้เข้ารับการฝึกอบรมควรจะมีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ ในหลักสูตรฝึกอบรม	1.00
5	ในฝึกอบรมภาคทฤษฎีควรมีสถานที่ที่เหมาะสมในการฝึกอบรม	0.60
6	ในฝึกอบรมควรจัดให้มีอุปกรณ์ / เครื่องมือให้เหมาะสมกับการฝึกอบรม	1.00
7	ในการฝึกอบรมควรมีเอกสารประกอบการฝึกอบรม ที่มีเนื้อหาครบถ้วนสอดคล้องกับการบรรยาย	1.00
	ด้านหลักสูตรฝึกอบรม	
	ท่านเห็นว่าเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมควรมีความเหมาะสมดังนี้หรือไม่	
1	เนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมในหัวข้อต่าง ๆมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม	1.00
2	เนื้อหาของการฝึกอบรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อหลักของ หลักสูตร ฝึกอบรม	1.00
3	เนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมช่วยทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเห็นความสำคัญของการสอบเทียบ	0.60
4	เนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมช่วยทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ทางด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	1.00
5	เนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมช่วยส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีทักษะในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ	0.60
	ด้านรูปแบบการฝึกอบรม	
	ท่านเห็นว่า รูปแบบการฝึกอบรมมีความเหมาะสมและสอดคล้องในรายละเอียดดังนี้หรือไม่	
1	ในการฝึกอบรมวิทยากรมีการแจ้งวัตถุประสงค์ในหลักสูตรก่อนการบรรยาย	1.00
2	ในการฝึกอบรมได้นำหลักการในการฝึกอบรมแบบทฤษฎีเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการฝึกอบรม	1.00

ตาราง 27 (ต่อ)

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ด้านรูปแบบการฝึกอบรม	
	ท่านเห็นว่า รูปแบบการฝึกอบรมมีความเหมาะสมและสอดคล้องในรายละเอียดดังนี้หรือไม่ (ต่อ)	
3	ในการฝึกอบรมวิทยากรจะบรรยายตามเนื้อหา พร้อมกับมีแบบทดสอบให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ทำเป็นช่วงๆ	0.60
4	ในการฝึกอบรมวิทยากรควรบรรยายให้สอดคล้องกับเนื้อหาในเอกสารประกอบการฝึกอบรม	1.00
5	ในการฝึกอบรมวิทยากรจะต้องใช้สื่อการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม	1.00
6	ในการฝึกอบรมควรที่จะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีโอกาสได้สักถาม	1.00
7	ในการฝึกอบรมที่ต้องใช้เครื่องมือวัดด้านมิตินั้น ควรที่จะให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ลองปฏิบัติจริงกับเครื่องมือ	1.00
8	ในการฝึกอบรมควรที่จะฝึกอบรมให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ของหลักสูตรฝึกอบรม	1.00
9	ในการฝึกอบรมวิทยากร ควรที่จะมีการยกตัวอย่างประกอบเพื่อเกิดความเข้าใจมากขึ้น	1.00
10	ในการฝึกอบรมควรที่จะให้เนื้อหาหลักสูตรฝึกอบรมและการ บรรยายสัมพันธ์กับเวลาการฝึกอบรม	1.00
	การวัดประเมินผลการฝึกอบรม	
	การประเมินผลการฝึกอบรมจะต้องมีความเหมาะสมดังนี้หรือไม่	
1	ในการประเมินผลการฝึกอบรมควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม	1.00
2	ในการประเมินผลควรสอดคล้องกับเนื้อหาในของหลักสูตรฝึกอบรม	1.00
3	ในขั้นตอนของเกณฑ์ ในการประเมินผล ควรชัดเจน	1.00
4	ในการประเมินผลควรที่มีแบบทดสอบที่สอดคล้องกับหลักสูตร	1.00
5	ในแบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินผล ควรมีคำถามและคำตอบในแบบทดสอบที่ชัดเจน	1.00

ตาราง 28 ผลการประเมินความเที่ยงตรงของแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

ข้อคำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา
	ด้านความรู้	
1	ได้รับความรู้ในความสำคัญของการสอบเทียบ	1.00
2	ได้เข้าใจในความหมายของการสอบเทียบ	1.00
3	ได้เข้าใจในหลักการการสอบเทียบ	1.00
4	ได้เข้าใจในความหมายของมาตรวิทยา	1.00
5	ได้รับความรู้ความเข้าใจในวิธีการสอบเทียบ	1.00
6	ได้รับความรู้ความเข้าใจในหลักการประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัด	1.00
7	ได้รับความรู้ความเข้าใจในมาตรฐานที่เกี่ยวกับการสอบเทียบ	1.00
8	การเห็นความสำคัญของสายงานการสอบเทียบ	1.00
	ด้านทักษะการปฏิบัติ	
1	สามารถที่จะเลือกใช้เครื่องมือวัดด้านมิติได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	1.00
2	สามารถที่จะตรวจสอบเครื่องมือวัดด้านมิติได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	1.00
3	สามารถที่จะใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดทางมิติได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	1.00
4	สามารถที่จะปฏิบัติในการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	1.00
5	สามารถที่จะใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดมาตรฐานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	1.00

ภาคผนวก จ
จดหมายขอความอนุเคราะห์

ที่ ศธ 0519.12/[illegible]

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

11 มิถุนายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการฝ่ายบริหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และหลักสูตรฝึกอบรม

เนื่องด้วย นายกัมปนาท อ่วมกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ชัชพล ชัชชู รองผู้อำนวยการ และ อาจารย์เบญจมาศ จินตเกษกรรม นักวิจัย เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม แบบประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบประเมินความเหมาะสมของเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม และแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังผ่านการฝึกอบรม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และหลักสูตรฝึกอบรม ให้ นายกัมปนาท อ่วมกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-9428567 ต่อ 105

ที่ ศธ 0519.12/5[illegible]

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

11 มิถุนายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และหลักสูตรฝึกอบรม

เนื่องด้วย นายกัมปนาท อ่วมกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอนเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์วโรดม ตู้จินดา นักวิจัย เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม แบบประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบประเมินความเหมาะสมของเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม และแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังผ่านการฝึกอบรม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และหลักสูตรฝึกอบรม ให้ นายกัมปนาท อ่วมกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-9428567 ต่อ 105

ที่ ศธ 0519.12/ [illegible]

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

// มิถุนายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการวิชาการ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยบูรพา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และหลักสูตรฝึกอบรม

เนื่องด้วย นายกัมปนาท อ่วมกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ประกิจ ทองระดา เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม แบบประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบประเมินความเหมาะสมของเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม และแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังผ่านการฝึกอบรม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และหลักสูตรฝึกอบรม ให้ นายกัมปนาท อ่วมกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-9428567 ต่อ 105

ที่ ศธ 0519.12/[illegible]

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

// มิถุนายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และหลักสูตรฝึกอบรม

เนื่องด้วย นายกัมปนาท อ่วมกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอนเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ธีรพงศ์ สมประจน นักวิชาการ 6 เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามรายละเอียดของผู้เข้ารับการฝึกอบรม แบบประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบประเมินความเหมาะสมของเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ แบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม และแบบทดสอบในด้านความรู้และทักษะการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังผ่านการฝึกอบรม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และหลักสูตรฝึกอบรม ให้ นายกัมปนาท อ่วมกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-9428567 ต่อ 105

ที่ ศธ 0519.12/๕๑๘๖

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๖ กันยายน 2547

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

สิ่งที่ส่งมาด้วย หลักสูตรฝึกอบรม แบบทดสอบ และแบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายกัมปนาท อ่วมกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้ห้องฝึกอบรม (ห้อง 208) และห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด เพื่อจัดหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และตอบแบบสอบถามทัศนะคติของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และแบบทดสอบความรู้และทักษะระหว่างการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และหลังผ่านการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ ในระหว่างเดือนกันยายน - พฤศจิกายน 2547

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายกัมปนาท อ่วมกุล ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-9428567 ต่อ 105

ที่ ศธ 0519.12/ว/๗

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๑ กรกฎาคม 2547

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายกัมปนาท อ่วมกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติของหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขอใช้ห้องอบรม 208 และห้องปฏิบัติงานในหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด เพื่อใช้เป็นสถานที่จัดฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ กับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ และสาขาวิทยาศาสตร์ และกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ พร้อมทั้งเป็นกลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามทัศนะและความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมต่อการฝึกอบรมการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติ และแบบทดสอบความรู้และทักษะของการสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านมิติระหว่างการฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรม ในระหว่างเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม 2547

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายกัมปนาท อ่วมกุล ได้ใช้สถานที่เพื่อจัดฝึกอบรมดังกล่าว และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 02-9428567 ต่อ 105

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. อาจารย์ ดร. ชัชพล ซังชู	ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยี การผลิตทางอุตสาหกรรม
2. อาจารย์ ดร. วโรดม ตู้จินดา	ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยี การผลิตทางอุตสาหกรรม
3. อาจารย์ เบญจมาศ จินตะเกษกรรม	ตำแหน่ง นักวิจัย สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยี การผลิตทางอุตสาหกรรม
4. อาจารย์ ประกิจ ทองระอา	ตำแหน่ง ผู้จัดการวิชาการ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาห กรรม มหาวิทยาลัยบูรพา
5. นาย ธีระพงษ์ สมประจบ	ตำแหน่ง นักวิชาการ 7 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นายกัมปนาท อ่วมกุล
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 12 มกราคม พ.ศ. 2519
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	154 หมู่3 ซอยสุขสวัสดิ์ 26 แขวงบางปะกอก เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร 10140
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทาง อุตสาหกรรม 50 (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทร. 0-2942-8567
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2537	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก โรงเรียนมธัยมวัดมกุฏกษัตริย์
พ.ศ. 2539	อ.วท. วิทยาศาสตร์ (ไฟฟ้า) จาก สถาบันราชภัฏธนบุรี
พ.ศ. 2541	ว.ทบ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ไฟฟ้าอุตสาหกรรม) จาก สถาบันสถาบันราชภัฏพระนคร
พ.ศ. 2548	กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) จาก มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ