รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, เอกสารการสัมมนา การบริหารคุณภาพโดยรวม, หน้า 7-18 พ.ศ. 2535

จารุณี เหลืองเพชรงาม, การศึกษาระบบการควบคุมคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จแบบหลายโรงผสม, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ชัยยศ วัชรอยู่, การปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุง เพื่อเพิ่มผลผลิตของอุตสาหกรรมทอผ้าขนาดกลาง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

ชุมพล ศฤงคารศิริ, การวางแผนและควบคุมการผลิต. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, 2536.

ฐิตินันท์ ชัยพัฒนาการ, การออกแบบระบบการวางแผนงานบำรุงรักษา : กรณีของโรงงานผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหาร, บ.ซีเอ็ดยูเกชั่น จำกัด, กรุงเทพมหานคร, พ.ศ. 2533.

วินัย เวชวิทยาขลัง, จะวางแผนฝึกอบรมการซ่อมบำรุงอย่างไร, หน้า 311-319, A4 เรื่องน่ารู้เทคนิคการจัดการสำหรับผู้บริหาร, ซีเอ็ดยูเกชั่น จำกัด, พ.ศ. 2536.

วีรศักดิ์ กรัยวิเชียร, การจัดการด้านอะไหล่ของเครื่องจักรกล. หน้า 291-296, A4 เรื่องน่ารู้เทคนิคการจัดการสำหรับผู้บริหาร, ซีเอ็ดยูเกชั่น จำกัด, พ.ศ.2536.

สมชาย พัวจินดาเนตร, การออกแบบระบบข้อสนเทศการผลิตสำหรับโรงงานเม็ดพลาสติกพีวีซี (PVC), วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528

สมนึก วิสุทธิแพทย์, การปรับปรุงแผนการผลิตของโรงงานผลิตกระป๋องโลหะขนาดเล็กในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

สมศักดิ์ กีรติวุฒเศรษฐ์, หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, 2529.

สวัสดิ์ สุขะอาจิณ, การศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการประกันคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมแหอวน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 9002 ระบบคุณภาพ : แบบการประกันคุณภาพในการผลิตและการติดตั้ง พ.ศ.2534, มอก. 9000 การบริหารงานคุณภาพและการประกันคุณภาพ : แนวทางการเลือกและการใช้.

อัจฉรา เจริญสุข, เอกสารบรรยายห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบตาม ISO/IEC GUIDE 25. กรมวิทยาศาสตร์บริการ, พ.ศ. 2535.

ภาษาอังกฤษ

GARY E. MACLEAN, DOCUMENTING QUALITY FOR ISO 9000 AND INDUSTRY STANDARDS, ASQC QUALITY PRESS, MILWAKEE, WISCONSIN, 1993

MYER KUTE, MECHANICAL ENGINEERINGS HANDBOOK, PP. 1020-1024 A WILEY - INTERSCIENCE PUBLICATION, 1986

TIM ALCOCK, SEMINAR DOCUMENTS ON MEASUREMENT AND CALIBRATION SYSTEM COMPLYING WITH BS 5750/ISO 9000 AND ISO 10012-1 : QUALITY ASSURANCE REQUIREMENTS FOR MEASURING EQUIPMENT. SIRIKIT NATIONAL CONVENTION CENTER, BANGKOK, 1995.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ใบบันทึกการสอบเทียบ

(Callbration Record Sheet)

ชื่อหน่วยงาน .....

ชื่ออุปกรณ์ .....
TAG NO_ .....
เลขประจำตัวอุปกรณ์ .....
ช่วงการสอบเทียบ .....
วิธีการ/มาตรฐานที่ใช้ .....
อุณหภูมิแวดล้อม .....
วันที่สอบเทียบ .....

ผลการสอบเทียบ

☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ความคลาดเคลื่อน (Error) .....
ความแม่นยำ (Accuracy) .....
กำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป .....

หมายเหตุ .....
.....
.....

ผู้สอบเทียบ .....
ตำแหน่ง .....
ผู้อนุมัติ .....
ตำแหน่ง .....
วันที่ .....

ตารางที่ 15 แสดงรายละเอียดในใบบันทึกการสอบเทียบ

ใบรับรองการสอบเทียบ

(Calibration Certificate)

ออกโดย .....
วันที่ .....

ชื่ออุปกรณ์ .....
รุ่น .....
เลขประจำตัวอุปกรณ์ .....

วิธีปฏิบัติการสอบเทียบ

☐ STD ☐ MFG.MANUAL

ผลการสอบเทียบ

☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

RANGE	SETTING	READING

มาตรฐาน .....รับรองโดย ..... กำหนดเวลา .....

1. STD 1 ± .....
2. STD 2 ± .....

อุณหภูมิแวดล้อม .....°C
ความชื้นสัมพัทธ์ ..... %

ลายเซนต์ .....
ตำแหน่ง .....
วันที่ .....

ตารางที่ 16 แสดงรายละเอียดในใบรับรองการสอบเทียบ

บันทึกการใช้งาน (Record of Usage)						หมายเลขเอกสาร ..... แผ่นที่ ..... ของจำนวน	
ชื่ออุปกรณ์						การใช้งานสูงสุดก่อนสอบเทียบ	
วันที่ออก	ออกโดย	วัตถุประสงค์	สถานที่ตั้ง	หมายเลขงาน	จำนวนการใช้งาน	วันที่เริ่มใช้งาน	หมายเหตุ

ตารางที่ 17 แสดงรายละเอียดในใบบันทึกการใช้งาน

ทะเบียนการยืม/เช่าอุปกรณ์

(LOANED/HIRED EQUIPMENT REGISTER)

ออกเมื่อวันที่ .....

หมายเลขอุปกรณ์	รายละเอียดอุปกรณ์	วันที่ยืม/เช่า	แหล่งที่ยืม/เช่า	หมายเลขใบรับรองการสอบเทียบ	กำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป	ความถี่ในการสอบเทียบ	วิธีการสอบเทียบ	วันที่ส่งคืน

ตารางที่ 18 แสดงรายละเอียดทะเบียนการยืม/เช่าอุปกรณ์

ตารางค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (TABLE OF PERMISSIBLE ERRORS)				
ชื่ออุปกรณ์ :				
	ค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้			
ลักษณะการทำงาน	ค่าบวก		ค่าลบ	
	FULL SCALE	PSI	FULL SCALE	PSI

ตารางที่ 19 แสดงรายละเอียดความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ
(CALIBRATION STATUS LABELS)

1. ป้ายสำหรับอุปกรณ์ของบริษัท

ป้ายการสอบเทียบ
หมายเลขอุปกรณ์ :
ทำการสอบเทียบแล้วเมื่อ :
กำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป :
ผู้สอบเทียบ :

2. ป้ายสำหรับอุปกรณ์ยืมหรือเช่า

ป้ายการสอบเทียบ
หมายเลขอุปกรณ์ :
ทำการสอบเทียบแล้วเมื่อ :
กำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป :
ผู้สอบเทียบ :
ใบรับรองการสอบเทียบหมายเลข :

3. ป้ายสำหรับอุปกรณ์ที่ห้ามนำไปใช้งาน

ป้ายการสอบเทียบ	
หมายเลขอุปกรณ์ :	
ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง NO SERVICE OUT OF CALIBRATION	
วันที่	เอกสารหมายเลข
ผู้อนุมัติ :	

ตารางที่ 20 แสดงรายละเอียดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ

ใบรายละเอียดค่าการสอบเทียบ

(Callbration Log Sheet)

ลำดับ	ชนิดอุปกรณ์	ช่วงการวัด	ความแม่นยำ	ค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้		อุณหภูมิแวดล้อม	หมายเหตุ
				บวก	ลบ		

ตารางที่ 21 ใบรายละเอียดค่าการสอบเทียบ

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 3

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การประเมินระยะเวลาของระบบการวัดและการสอบเทียบ	ออกเมื่อวันที่ .....

1. วัตถุประสงค์
   เพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตรวจสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนด

2. นโยบาย
   ระบบการวัดและการสอบเทียบ จะต้องมีรายงานส่งมาเพื่อตรวจสอบเป็นการภายใน เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ายังคงไว้ซึ่งความถูกต้องและเป็นไปตามข้อกำหนด

3. ขอบข่าย
   ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับห้องปฏิบัติการสอบเทียบของแผนกเครื่องมือวัดหรือพื้นที่ที่มีการสอบเทียบอุปกรณ์เครื่องมือวัด

4. คำจำกัดความ
   ไม่มี

5. เอกสารอ้างอิง
   ไม่มี

6. ระเบียบการปฏิบัติงาน
   6.1 การตรวจสอบภายในประจำปี
   แผนกเครื่องมือวัดจะทำการส่งรายงานการตรวจสอบประจำปี
   6.2 การตรวจสอบประจำเดือนภายในแผนก
   แผนกเครื่องมือวัดจะต้องส่งรายงานการตรวจสอบภายในแผนกอย่างน้อย 9 ครั้งต่อปี การตรวจสอบนี้ให้ยึดถือตามความเห็นเหมาะสมของวิศวกรแผนกเครื่องมือวัดหรือหัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

6.2.1 ความรับผิดชอบและอำนาจสั่งการ

6.2.1.1 วิศวกรเครื่องมือวัด

- เพื่อให้แน่ใจว่าการตรวจสอบประจำเดือนเป็นไปอย่างถูกต้อง
- อนุมัติรายงานการตรวจสอบประจำเดือน

6.2.1.2 ช่างเทคนิคเครื่องมือวัด

- ทำการตรวจรายงานแต่ละเดือน
- รายการแก้ไขปรับปรุงทั้งหมดจะต้องอยู่ในระยะเวลาที่กำหนดไว้
- จัดเก็บเอกสารรายงานการตรวจสอบ

6.2.2 การวางแผน

การตรวจสอบภายในประจำเดือน จะไม่มีการวางโครงการไว้ล่วงหน้า

6.2.3 กลุ่มที่ใช้ในการตรวจสอบ

กลุ่มที่จะใช้ตรวจสอบ จะต้องประกอบด้วยสมาชิกอย่างน้อย 2 คน โดยจะต้องมีช่างเทคนิคเครื่องมือวัดอย่างน้อย 1 คน

6.2.4 ระเบียบการปฏิบัติงาน

การตรวจสอบภายในประจำเดือน จะต้องทำเป็นระยะเพื่อความมั่นใจว่ารูปแบบของระบบคุณภาพได้มีการดูแลอยู่ตลอดเวลา อุปกรณ์เครื่องมือวัดจะมีการถูกสุ่มตัวอย่างขึ้นมาเพื่อทดสอบและตรวจสอบการจะประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

6.2.4.1 การควบคุมในการทำการตรวจสอบที่ผ่านมา

- ได้มีการแก้ไขปรับปรุงในการตรวจสอบที่ผ่านมาหรือไม่
- ได้มีการแก้ไขปรับปรุงอย่างสมบูรณ์หรือเหมาะสมหรือไม่
- มีผลเกิดขึ้นตามการกระทำเป็นอย่างไร

6.2.4.2 การตรวจสอบเครื่องมือวัด

- ตำแหน่งที่ติดตั้งของอุปกรณ์ถูกต้องหรือไม่ หรืออุปกรณ์ติดตั้งที่ไหน
- อุปกรณ์ได้มีการติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบแล้วหรือไม่
- ระยะเวลาการสอบเทียบได้สิ้นสุดลงหรือยัง
- มีระเบียบการปฏิบัติการสอบเทียบสำหรับเครื่องมือวัดหรือไม่

6.2.4.3 การสอบกลับ

- แผนภูมิควบคุมการสอบเทียบถูกต้องสมบูรณ์หรือไม่
- มาตรฐานการสอบเทียบสามารถจัดตั้งขึ้นได้หรือไม่
- มีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใดในการกำหนดการสอบเทียบให้เป็นมาตรฐานระดับชาติ

6.2.4.4 สภาวะแวดล้อม

- มีความเป็นไปได้ในการกำหนดสภาวะแวดล้อมในการสอบเทียบที่เป็นจริงได้มากน้อยเพียงใด
- เป็นสถานที่ซึ่งมีสภาวะแวดล้อมปกติหรือไม่

6.2.5 การรายงาน

วัตถุประสงค์ในการตรวจสอบรายงาน คือ

- เพื่อรายงานถึงข้อขัดแย้งต่าง ๆ
- เพื่ออธิบายการแก้ไขปรับปรุงการวัดต่าง ๆ
- เพื่อกำหนดความรับผิดชอบและระยะเวลาเป้าหมาย
- เพื่ออธิบายสิ่งที่แก้ไขปรับปรุงที่ผ่านมา
- เพื่อบอกให้ทราบในส่วนของระบบที่เป็นไปตามความต้องการ

รายงานการตรวจสอบเป็นประจำเดือน จะถูกเก็บไว้ในแฟ้มเอกสารในที่ทำงานของแผนกเครื่องมือวัด เป็นระยะเวลา 3 ปี

7. **การอนุมัติ**

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 4

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	อุปกรณ์เครื่องมือวัดใหม่	ออกเมื่อวันที่ .....

1. วัตถุประสงค์
   เพื่ออธิบายถึงวิธีการดูแลรักษาอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่จัดซื้อเข้ามาใหม่ให้เป็นไปตามระบบคุณภาพ

2. นโยบาย
   ระบบควบคุมของเครื่องมือในกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะต้องได้รับการสอบเทียบโดยเครื่องมือสอบเทียบ อุปกรณ์ที่ Workshop ของแผนกเครื่องมือวัด ซึ่งรวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่จัดซื้อเข้ามาใหม่ เพื่อตรวจสอบให้เป็นไปตามระบบควบคุมคุณภาพก่อนที่จะนำไปใช้งาน มีการลงทะเบียนหมายเลขอุปกรณ์ เพื่อจะได้ติดตามและตรวจสอบได้ง่าย

3. ขอบข่าย
   ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่จัดซื้อหรือจัดหาเข้ามาใหม่ เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตในทุกพื้นที่

4. คำจำกัดความ
   ไม่มี

5. เอกสารอ้างอิง
   5.1 ระเบียบปฏิบัติระบบคุณภาพของ Workshop แผนกเครื่องมือวัด
   5.2 คู่มือการใช้งานและการติดตั้งจากบริษัทผู้ผลิต

6. ระเบียบการปฏิบัติงาน
   6.1 รายชื่อของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบจะต้องเก็บไว้ในแผนกเครื่องมือวัดและทำการตรวจเช็คอุปกรณ์อยู่เสมอ
   6.2 วิศวกรแผนกเครื่องมือวัดจะทำการพิจารณาและตัดสินใจในการสั่งซื้ออุปกรณ์ใหม่โดยได้รับการอนุมัติจากหัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด
   6.3 ในการร้องขอสั่งซื้ออุปกรณ์เครื่องมือวัดใหม่ จะต้องปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติในการสั่งซื้อของบริษัทที่กำหนดไว้

6.4 ให้มีการลงรายละเอียดข้อมูลจำเพาะทางเทคนิคของอุปกรณ์ที่จะสั่งซื้อและตรวจสอบให้ถูกต้อง และลงลำดับของความต้องการเร่งด่วน (Priority) ในการใช้งานของอุปกรณ์ในใบสั่งซื้อ (Purchasing Order)

6.5 เก็บสำเนาใบสั่งซื้อเข้าแฟ้มเอกสารการสั่งซื้ออุปกรณ์ใหม่ และติดตามเมื่อถึงกำหนดระยะเวลาส่งมอบอุปกรณ์ (Delivery Time)

6.6 อุปกรณ์เครื่องมือวัดใหม่จะต้องมีการกำหนดหมายเลขอุปกรณ์ ซึ่งเป็นการปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติของระบบคุณภาพของแผนกเครื่องมือวัด

6.7 การสอบเทียบอุปกรณ์ใหม่ให้ปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติของระบบคุณภาพแผนกเครื่องมือวัดก่อนที่จะนำไปใช้งาน

6.8 การเก็บรักษา การเคลื่อนย้าย และการนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานให้ปฏิบัติตามคู่มือคำแนะของบริษัทผู้ผลิต

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 5

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การซ่อมหรือการถอดเปลี่ยนเกจ์วัดความดัน (Pressure Gauge)	ออกเมื่อวันที่ .....

1. วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานกับ Pressure Gauge ในการซ่อมหรือถอดเปลี่ยน เพื่อลดอันตรายและความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการรั่วไหลของสารเคมีอันตราย

2. นโยบาย

พนักงานที่ปฏิบัติเกี่ยวข้องกับการซ่อมหรือถอดเปลี่ยน Pressure Gauge

3. ขอบข่าย

3.1 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับทุกพื้นที่ในโรงงาน

3.2 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับการซ่อมหรือถอดเปลี่ยน Pressure Gauge เท่านั้น

4. คำจำกัดความ

ไม่มี

5. เอกสารอ้างอิง

5.1 คู่มือการติดตั้ง การใช้งานและการบำรุงรักษา Pressure Gauge จากบริษัทผู้ผลิต

5.2 คู่มือความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area)

6. ระเบียบการปฏิบัติงาน

6.1 ข้อควรระวัง

6.1.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อช่วยป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีอันตรายที่อาจรั่วไหลออกมาได้

6.1.2 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับในด้านความปลอดภัยในพื้นที่

6.1.3 ศึกษาและตรวจสอบดูถึงผลกระทบที่อาจมีต่ออุปกรณ์อื่น (Interlocks)

6.2 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อน

6.2.1 ทำการตัดตอนหรือปิดระบบจ่ายไฟฟ้าหรือจุดต่อแรงดันที่เข้ามายัง Pressure Gauge

6.2.2 ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยอื่นๆ ที่ช่วยลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับการปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีสารเคมี

6.3 วิธีการปฏิบัติ

6.3.1 มั่นใจว่า Pressure Gauge ได้ถูกแยกออกจากระบบอย่างสมบูรณ์แล้ว

6.3.2 ศึกษารายละเอียดของข้อมูล Pressure Gauge จากคู่มือของผู้ผลิต

6.3.3 ถอด Pressure Gauge ออกจากระบบอย่างถูกวิธีและใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

6.3.4 ทำความสะอาด ตรวจเช็คหรือซ่อมตามคู่มือการบำรุงรักษาของผู้ผลิต ตรวจสอบข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค และวัสดุส่วนประกอบถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน

6.3.5 ก่อนทำการติดตั้ง Pressure Gauge ให้ตรวจสอบดูว่ามีความเสียหายเกิดขึ้นในระหว่างการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งหรือไม่

6.3.6 ตรวจสอบด้วยสายตาดูท่อที่ต่อเข้ากับ Pressure Gauge ต้องสะอาดและปราศจากสิ่งเปรอะเปื้อน

6.3.7 ติดตั้ง Pressure Gauge เข้ากับระบบตามคำแนะนำในคู่มือของผู้ผลิต

6.3.8 ตรวจเช็คค่าหรือข้อมูลทางเทคนิคตามคู่มือของผู้ผลิต เพื่อความมั่นใจว่าถูกต้องตามต้องการ

6.3.9 ติดต่อสื่อสารแจ้งไปยังฝ่ายผลิต เมื่องานเสร็จสมบูรณ์แล้ว

6.3.10 จำหน่ายออกหรือกำจัดอุปกรณ์ที่เสียหายชำรุดถ้าจำเป็น

6.3.11 ส่งอุปกรณ์ที่เสียหรือชำรุดไปซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้

6.4 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

6.4.1 กรอกใบสั่งงาน (Work Order) และวางแผนงานร่วมกับฝ่ายผลิต

6.4.2 เมื่อเสร็จงาน ให้กรอกรายละเอียดการซ่อม การถอดเปลี่ยน และเหตุผลของการซ่อมและอื่น ๆ ลงในสมุดบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน (Log Book)

6.4.3 มีการลงบันทึกรายละเอียดการซ่อมหรือตรวจเช็คลงในใบประวัติอุปกรณ์ (History Card)

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 6

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน เครื่องส่งถ่ายสัญญาณ (Transmitter)	ออกเมื่อวันที่ .....

---

1. <u>วัตถุประสงค์</u>

   เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานกับ Transmitter ในการถอดเปลี่ยนหรือการซ่อม เพื่อลดอันตรายและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการรั่วไหลของสารเคมีอันตราย

2. <u>นโยบาย</u>

   พนักงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน Transmitter

3. <u>ขอบข่าย</u>

   3.1 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับทุกพื้นที่ของโรงงาน

   3.2 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับการถอดเปลี่ยนหรือการซ่อม Transmitter เท่านั้น

4. <u>คำจำกัดความ</u>

   ไม่มี

5. <u>เอกสารอ้างอิง</u>

   5.1 คู่มือการติดตั้งการใช้งานและการบำรุงรักษา Transmitter จากโรงงานผู้ผลิต

   5.2 คู่มือความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในพื้นที่อันตรวย (Hazardous Area)

6. <u>ระเบียบการปฏิบัติงาน</u>

   6.1 ข้อควรระวัง

   6.1.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อช่วยป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีอันตรายที่อาจรั่วไหลออกมาได้

   6.1.2 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับในด้านความปลอดภัยในพื้นที่นั้น

   6.1.3 ศึกษาและตรวจสอบถึงผลกระทบที่อาจมีต่ออุปกรณ์อื่น (Interlocks)

6.2 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อน

6.2.1 ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงานเกี่ยวกับท่อ (Line Entry Permit) เพื่อช่วยป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับพนักงานที่ถอดอุปกรณ์หรือถอดท่อ

6.2.2 ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยอื่นๆ ที่ช่วยลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับการปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีสารเคมี

6.2.3 ทำการตัดถอนหรือปิดระบบจ่ายไฟฟ้า หรือจุดต่อที่มีความดันที่เข้ามายัง Transmitter ถ้าระบบเสียหายให้ปฏิบัติตามขั้นตอน 6.3.5, 6.3.6, 6.3.10, 6.3.11 และ 6.3.13

6.3.4 ถอดหรือยก Transmitter ออกจากระบบอย่างถูกวิธี

6.3.5 ทำความสะอาด หรือซ่อมและตรวจเช็คตามคู่มือการบำรุงรักษาของผู้ผลิต ตรวจสอบถึงข้อมูลทางเทคนิคจำเพาะ และวัสดุส่วนประกอบให้ถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน

6.3.6 ก่อนทำการติดตั้ง Transmitter ให้ตรวจสอบว่ามีการชำรุดเสียหายเนื่องจากการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งหรือไม่

6.3.7 ตรวจสอบด้วยสายตาดูท่อและ Transmitter ที่จุดต่อต้องสะอาดและปราศจากสิ่งเปรอะเปื้อน

6.3.8 ติดตั้ง Transmitter เข้ากับระบบตามคำแนะนำในคู่มือผู้ผลิต

6.3.9 ปะเก็น (Gasket) ที่ใช้ในการต่อหน้าแปลน (Flange) จะต้องถูกต้องและเหมาะสมในการใช้งาน (ในกรณีของ Level Transmitter)

6.3.10 ตรวจสอบค่าตามคู่มือผู้ผลิต เพื่อมั่นใจว่าค่าที่ต้องการถูกต้องสำหรับการใช้งาน

6.3.11 ติดต่อสื่อสารแจ้งไปยังฝ่ายผลิต เมื่องานเสร็จเรียบร้อยแล้ว

6.3.12 จำหน่ายออกหรือกำจัดอุปกรณ์เครื่องวัดที่เสียหายหรือชำรุดถ้าจำเป็น

6.3.13 ส่งอุปกรณ์ที่เสียกลับไปซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้

6.4 เอกสารที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงาน

6.4.1 กรอกใบสั่งงาน (Work Order) และวางแผนงานร่วมกับฝ่ายผลิต

6.4.2 เมื่อเสร็จงาน ให้กรอกรายละเอียดการซ่อม และเหตุผลของการเสีย และอื่น ๆ ลงในสมุดบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน (Log Book)

6.4.3 มีการลงบันทึกรายละเอียดการซ่อมหรือตรวจเช็คทั้งหมดลงในใบประวัติอุปกรณ์ (History Card) ของ Transmitter

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 7

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การซ่อมหรือการถอดเปลี่ยนวาล์วควบคุม (Control Valve)	ออกเมื่อวันที่ .....

1. <u>วัตถุประสงค์</u>
   เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานกับวาล์วควบคุมในการถอดเปลี่ยนหรือการซ่อม เพื่อลดอันตราย และความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น จากการรั่วของสารเคมีอันตราย

2. <u>นโยบาย</u>
   พนักงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับวาล์วควบคุมในการถอดเปลี่ยนหรือการซ่อม

3. <u>ขอบข่าย</u>
   3.1 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับทุกพื้นที่ของโรงงาน
   3.2 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับการถอดเปลี่ยนหรือการซ่อมวาล์วควบคุมเท่านั้น

4. <u>คำจำกัดความ</u>
   ไม่มี

5. <u>เอกสารอ้างอิง</u>
   5.1 คู่มือการติดตั้ง การใช้งานและการบำรุงรักษาวาล์วควบคุมจากโรงงานผู้ผลิต
   5.2 คู่มือความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area)

6. <u>ระเบียบการปฏิบัติงาน</u>
   6.1 ข้อควรระวัง
      6.1.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อช่วยป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีที่อาจรั่วไหลออกมาได้
      6.1.2 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับในด้านความปลอดภัยในพื้นที่นั้น
      6.1.3 ศึกษาและตรวจสอบดูถึงผลกระทบที่อาจมีต่ออุปกรณ์อื่น (Interlocks)

6.2 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อน

6.2.1 ปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติงานเกี่ยวกับท่อ (Line Entry Permit) เพื่อช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นกับพลังงานที่ถอดอุปกรณ์หรือถอดท่อ

6.2.2 ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยอื่น ๆ ที่ช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับการปฏิบัติงานในที่ที่มีสารเคมี

6.2.3 ทำการตัดถอนหรือปิดระบบไฟฟ้า หรือแหล่งจ่ายแรงดันให้กับวาล์วควบคุมทุกครั้งก่อนทำการถอดหรือเปลี่ยน

6.3 วิธีปฏิบัติ

6.3.1 มั่นใจว่าวาล์วควบคุมถูกแยกออกจากระบบอย่างถูกต้องแล้ว และความดันที่มีอยู่ในระบบได้ระบายทิ้งแล้ว

6.3.2 ก่อนจะนำวาล์วควบคุมออกจากท่อ ต้องมั่นใจว่าทั้งตัววาล์ว (body) และ actuator ได้ถูกลดความดันเรียบร้อยแล้ว

6.3.3 ใช้เครื่องทุ่นแรงที่เหมาะสมในการยกหรือเคลื่อนย้ายวาล์วควบคุมออกจากท่ออย่างถูกวิธี

6.3.4 ก่อนที่จะติดตั้งวาล์วตัวใหม่ ให้ตรวจสอบดูว่าตัววาล์วและส่วนประกอบมีความเสียหายเนื่องจากการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายหรือไม่ ตรวจสอบข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค และข้อกำหนดของอุปกรณ์ เพื่อความมั่นใจว่าเป็นอุปกรณ์ที่ถูกต้อง

6.3.5 ตรวจสอบด้วยสายตาดูท่อและวาล์วควบคุมที่จะต้องตั้งนั้นไม่มีสิ่งสกปรก หรือวัตถุอื่น ๆ อยู่ในระบบ

6.3.6 ติดตั้งวาล์วควบคุมโดยตรวจสอบว่าทิศทางการไหลถูกต้องตามทิศทางการไหลในท่อ

6.3.7 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยในการติดตั้งอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะเปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้าและแหล่งจ่ายความดันมายังวาล์วควบคุม

6.3.8 ติดต่อสื่อสารแจ้งไปยังฝ่ายผลิต เมื่องานเสร็จสมบูรณ์แล้ว

6.3.9 จำหน่ายออกหรือกำจัดอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนที่เสียหายชำรุดถ้าจำเป็น

6.3.10 ส่งอุปกรณ์ที่เสียกลับไปซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้

6.4 เอกสารที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงาน

6.4.1 กรอกใบสั่งงาน (Work Order) และวางแผนงานร่วมกับฝ่ายผลิต

6.4.2 เมื่อเสร็จงาน ให้กรอกรายละเอียดการซ่อม การถอดเปลี่ยน และเหตุผลของการเสีย และอื่น ๆ ลงในสมุดบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน (Log Book)

6.4.3 มีการลงบันทึกในใบประวัติอุปกรณ์ (History Card) ถึงรายละเอียดทั้งหมดที่ปฏิบัติงานกับวาล์วควบคุม

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 8

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การบำรุงรักษาเชิงป้องกันวาล์วควบคุม (Control Valve Preventive Maintenance)	ออกเมื่อวันที่ .....

1. <u>วัตถุประสงค์</u>
   เพื่อจัดให้มีการวางแนการจัดทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของวาล์วควบคุม (Control Valve) และมีการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย

2. <u>นโยบาย</u>
   สำหรับพนักงานทุกคนที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับวาล์วควบคุม (Control Valve) เพื่อการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และปลอดภัย

3. <u>ขอบข่าย</u>
   3.1 ระเบียบปฏิบัติงานนี้ใช้กับวาล์วควบคุมทั้งหมดในโรงงาน
   3.2 ระเบียบปฏิบัติงานนี้มีรายละเอียดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของวาล์วควบคุมเท่านั้น

4. <u>คำจำกัดความ</u>
   ไม่มี

5. <u>เอกสารอ้างอิง</u>
   5.1 คู่มือการติดตั้งการใช้งานและการบำรุงรักษาของวาล์วควบคุมจากโรงงานผู้ผลิต
   5.2 คู่มือความปลอดภัยในพื้นที่ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต

6. <u>ระเบียบการปฏิบัติงาน</u>
   6.1 ข้อควรระวัง (Precautions)
      6.1.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็นเมื่อต้องเข้าไปปฏิบัติงานในพื้นที่ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ (Hazardous Area)
      6.1.2 ปฏิบัติตามคู่มือความปลอดภัยในพื้นที่ที่ปฏิบัติงาน (Area Safety Mannal)

6.2 สิ่งที่จะต้องปฏิบัติก่อน (Prerequisites)

6.2.1 ศึกษารายละเอียดในคู่มือการใช้งานของวาล์วควบคุม และทำความเข้าใจเพื่อป้องกันการได้รับอันตรายหรือบาดเจ็บจากการปฏิบัติงาน

6.2.2 ควรมีการขออนุญาตเข้าไปปฏิบัติงานในพื้นที่ต่อฝ่ายที่รับผิดชอบดูแลพื้นที่ เพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

6.3 ข้อแนะนำ (Instruction)

6.3.1 การถอดหรือประกอบวาล์วควบคุม ตลอดจนการสอบเทียบ ให้เป็นไปตามระเบียบวิธีการปฏิบัติในการถอดหรือประกอบ

6.3.2 อ้างอิงถึงรายละเอียด แบบ หรือคู่มือการปฏิบัติงานจากผู้ผลิต

6.3.3 มีการติดตั้งประสานงานกับฝ่ายผลิตและฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเข้าไปปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

6.3.4 ตรวจสอบการทำงานของวาล์วควบคุมว่าทำงานถูกต้องตามความต้องการในการควบคุมกระบวนการผลิตหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้อง จะต้องมีการซ่อมหรือการสอบเทียบใหม่ตามวิธีการสอบเทียบที่กำหนดไว้

6.3.5 การหล่อลื่น (Lubrication) ให้ปฏิบัติตามกำหนดระยะเวลาที่ปงชี้ในคู่มือการใช้งานจากผู้ผลิต

6.3.6 ตรวจสอบสภาพภายนอก ทำความสะอาดด้วยความระมัดระวัง

6.3.7 ติดต่อประสานงานกับพนักงานฝ่ายผลิตเพื่อแจ้งให้ทราบเมื่อการปฏิบัติงานสิ้นสุดลงแล้ว

6.4 เอกสารประกอบ

6.4.1 มีการใช้เอกสารประกอบและการติดต่อสื่อสาร เช่น ใบสั่งงาน (Work Order) และการวางแผนงานร่วมกับฝ่ายผลิต

6.4.2 จัดทำตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้สมบูรณ์ที่สุด (ดูรายละเอียดและข้อมูลจำเพาะจากคู่มือการใช้งานจากบริษัทผู้ผลิต

6.4.3 ให้แน่ใจว่ามีการจดบันทึกรายละเอียดลงในเอกสารหรือตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เช่น พบว่าอุปกรณ์มีสภาพเช่นไร และได้ทำอะไรกับอุปกรณ์นั้นบ้าง

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 9

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การซ่อมหรือการถอดเปลี่ยนเครื่องวัดอัตราการไหล (Flowmeter)	ออกเมื่อวันที่ .....

1. วัตถุประสงค์
   1.1 เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานกับ Flowmeter ในการซ่อมหรือถอดเปลี่ยน เพื่อลดอันตรายและความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการรั่วไหลของสารเคมีอันตราย
   1.2 ระเบียบปฏิบัตินี้ครอบคลุมถึงเครื่องวัดอัตราไหลชนิด Rota เครื่องวัดอัตราการไหลชนิดแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) เครื่องวัดอัตราการไหลชนิด Turbine เครื่องวัดอัตราการไหลชนิดแมกเนติก (Magnetic) แต่จะไม่รวมถึงเครื่องวัดอัตราการไหลชนิด Positive Displacement Meters

2. นโยบาย
   พนักงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน Flowmeter

3. ขอบข่าย
   3.1 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับทุกพื้นที่ในโรงงาน
   3.2 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน Flowmeter เท่านั้น

4. คำจำกัดความ
   ไม่มี

5. เอกสารอ้างอิง
   5.1 คู่มือการติดตั้ง การใช้งานและการบำรุงรักษา Flowmeter จากบริษัทผู้ผลิต
   5.2 คู่มือความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area)

6. ระเบียบการปฏิบัติงาน
   6.1 ข้อควรระวัง
      6.1.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อช่วยป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีอันตรายที่อาจรั่วไหลออกมาได้

6.1.2 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับในด้านความปลอดภัยในพื้นที่นั้น

6.1.3 ศึกษาและตรวจสอบดูถึงผลกระทบที่อาจมีต่ออุปกรณ์อื่น (Interlocks)

6.2 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อน

6.2.1 ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงานเกี่ยวกับท่อ (Line Entry Permit) เพื่อช่วยลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับพนักงานที่ถอดอุปกรณ์หรือถอดท่อ

6.2.2 ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยอื่น ๆ ที่ช่วยลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับการปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีสารเคมี

6.2.3 ทำการตัดดอนหรือปิดระบบจ่ายไฟฟ้าหรือจุดต่อที่มีความดันที่เข้ามายัง Flowmeter

6.3 วิธีการปฏิบัติ

6.3.1 มั่นใจว่า Flowmeter ได้ถูกแยกออกจากระบบอย่างสมบูรณ์แล้ว

6.3.2 ศึกษารายละเอียดของ Flowmeter จากคู่มือของผู้ผลิต

6.3.3 ศึกษาถึงการแก้ปัญหา และการตรวจหาจุดบกพร่องของระบบ electronics ถ้าระบบเสียหายให้ปฏิบัติตามขั้นตอน 6.3.5, 6.3.6, 6.3.10, 6.3.11, 6.3.13

6.3.4 ถอดหรือยก Flowmeter ออกจากระบบอย่างถูกวิธีและใช้เครื่องทุ่นแรงที่เหมาะสม

6.3.5 ทำความสะอาด ตรวจเช็คหรือซ่อมตามคู่มือการบำรุงรักษาของผู้ผลิต ตราจสอบข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค และวัสดุส่วนประกอบถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน

6.3.6 ก่อนทำการติดตั้ง Flowmeter ให้ตรวจสอบดูความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการเคลื่อนย้ายหรือขนส่ง

6.3.7 ตรวจสอบด้วยสายตาดูท่อ และ Flowmeter ที่จุดต่อต้องสะอาดและปราศจากสิ่งเปรอะเปื้อน

6.3.8 ติดตั้ง Flowmeter เข้ากับระบบตามคำแนะนำในคู่มือของผู้ผลิต

6.3.9 ปะเก็น (Gasket) ที่ใช้ในการต่อหน้าแปลน (Flange) จะต้องถูกต้องและเหมาะสมกับการใช้งาน

6.3.10 ตรวจเช็คค่าต่าง ๆ ตามคู่มือของผู้ผลิต เพื่อความมั่นใจว่าได้ค่าถูกต้องตามต้องการ

6.3.11 ติดต่อสื่อสารแจ้งไปยังฝ่ายผลิต เมื่องานเสร็จสิ้นแล้ว

6.3.12 จำหน่ายออกหรือกำจัดอุปกรณ์ที่เสียหายชำรุดถ้าจำเป็น

6.3.13 ส่งอุปกรณ์ที่เสียหรือชำรุดกลับไปซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้

6.4 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน

6.4.1 กรอกใบสั่งงาน (Work Order) และวางแผนงานร่วมกับฝ่ายผลิต

6.4.2 เมื่อเสร็จงาน ให้กรอกรายละเอียดการซ่อม การถอดเปลี่ยน เหตุผลของการซ่อมและอื่น ๆ ลงในสมุดบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน (Log Book)

6.4.3 มีการลงบันทึกรายละเอียดการซ่อมหรือตรวจเช็คทั้งหมดลงในใบประวัติอุปกรณ์ (History Card) ของ Flowmeter

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 10

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การซ่อมหรือการถอดเปลี่ยนอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ชนิด RTD/Thermocouple	ออกเมื่อวันที่ .....

1. <u>วัตถุประสงค์</u>
   เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานกับ RTD/Thermocouple ในการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน เพื่อลดอันตรายหรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการรั่วไหลของสารเคมีอันตราย หรือสารที่มีความร้อนสูง

2. <u>นโยบาย</u>
   พนักงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน RTD/Thermocouple

3. <u>ขอบข่าย</u>
   3.1 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับทุกพื้นที่ในโรงงาน
   3.2 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน RTD/Thermocouple เท่านั้น

4. <u>คำจำกัดความ</u>
   ไม่มี

5. <u>เอกสารอ้างอิง</u>
   5.1 คู่มือการติดตั้ง การใช้งานและการบำรุงรักษา RTD/Thermocouple จากบริษัทผู้ผลิต
   5.2 คู่มือความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area)

6. <u>ระเบียบการปฏิบัติงาน</u>
   6.1 ข้อควรระวัง
      6.1.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อช่วยป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีอันตรายที่อาจรั่วไหลออกมาได้
      6.1.2 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับในด้านความปลอดภัยในพื้นที่นั้น
      6.1.3 ศึกษาและตรวจสอบดูถึงผลกระทบที่อาจมีต่ออุปกรณ์อื่น (Interlocks)

6.2 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อน

6.2.1 ทำการตัดดอนหรือปิดระบบจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เข้ามายัง RTD/Thermocouple หรือจุดท่อที่มีความดันที่เข้ามายัง Thermowell

6.2.2 ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยอื่น ๆ ที่ช่วยลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับการปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีสารเคมี

6.2.3 ปฏิบัติตามวิธีปฏิบัติงานเกี่ยวกับท่อ (Line Entory Permit) เพื่อช่วยลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับพนักงานที่ถอดอุปกรณ์หรือถอดท่อ

6.3 วิธีการปฏิบัติ

6.3.1 มั่นใจว่า RTD/Thermocouple ได้ถูกแยกออกจากระบบอย่างสมบูรณ์แล้ว

6.3.2 ศึกษารายละเอียดของ RTD/Thermocouple จากคู่มือของผู้ผลิต

6.3.3 ศึกษาถึงการแก้ปัญหา และการตรวจหาจุดบกพร่องของระบบการวัด

6.3.4 ถอดหรือยก RTD/Thermocouple ออกจากระบบอย่างถูกวิธีและใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

6.3.5 ทำความสะอาด ตรวจเช็คหรือซ่อมตามคู่มือการบำรุงรักษาของผู้ผลิต ตราจสอบข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค และวัสดุส่วนประกอบถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน

6.3.6 ก่อนทำการติดตั้ง RTD/Thermocouple ให้ตรวจสอบดูความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการเคลื่อนย้ายหรือขนส่ง

6.3.7 ตรวจสอบด้วยสายตาดูท่อ Thermowell และ RTD/Thermocouple ที่จุดต่อต้องสะอาดและปราศจากสิ่งเปรอะเปื้อน

6.3.8 ติดตั้ง RTD/Thermocouple เข้ากับระบบตามคำแนะนำในคู่มือของผู้ผลิต

6.3.9 ปะเก็น (Gasket) ที่ใช้ในการต่อหน้าแปลน (Flange) ของ Thermowell กับ RTD/Thermocouple จะต้องถูกต้องและเหมาะสมกับการใช้งาน

6.3.10 ตรวจเช็คค่าต่าง ๆ ตามคู่มือของผู้ผลิต เพื่อความมั่นใจว่าได้ค่าในการวัดถูกต้องตามต้องการ

6.3.11 ติดต่อสื่อสารแจ้งไปยังฝ่ายผลิต เมื่องานเสร็จสิ้นแล้ว

6.3.12 จำหน่ายออกหรือกำจัดอุปกรณ์ที่เสียหายชำรุดถ้าจำเป็น

6.3.13 ส่งอุปกรณ์ที่เสียหรือชำรุดกลับไปซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้

6.4 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน

6.4.1 กรอกใบสั่งงาน (Work Order) และวางแผนงานร่วมกับฝ่ายผลิต

6.4.2 เมื่อเสร็จงาน ให้กรอกรายละเอียดการซ่อม การถอดเปลี่ยน เหตุผลของการซ่อมและอื่น ๆ ลงในสมุดบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน (Log Book)

6.4.3 มีการลงบันทึกรายละเอียดการซ่อมหรือตรวจเช็คทั้งหมดลงในใบประวัติอุปกรณ์ (History Card)

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 11

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การซ่อมหรือการถอดเปลี่ยนเครื่องควบคุม (Controller)	ออกเมื่อวันที่ .....

1. <u>วัตถุประสงค์</u>
   เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานกับ Controller ในการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน เพื่อลดอันตรายและความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะทำการซ่อมหรือถอดเปลี่ยน

2. <u>นโยบาย</u>
   พนักงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน Controller

3. <u>ขอบข่าย</u>
   3.1 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับทุกพื้นที่ในโรงงาน
   3.2 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน Controller เท่านั้น

4. <u>คำจำกัดความ</u>
   ไม่มี

5. <u>เอกสารอ้างอิง</u>
   5.1 คู่มือการติดตั้ง การใช้งานและการบำรุงรักษา Controller จากบริษัทผู้ผลิต
   5.2 คู่มือความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area)

6. <u>ระเบียบการปฏิบัติงาน</u>
   6.1 ข้อควรระวัง
      6.1.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือความดัน
      6.1.2 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับในด้านความปลอดภัยในพื้นที่นั้น
      6.1.3 ศึกษาและตรวจสอบดูถึงผลกระทบที่อาจมีต่ออุปกรณ์อื่น (Interlocks)

6.2 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อน

6.2.1 ทำการตัดตอนหรือปิดระบบจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือจุดต่อที่มีความดัน ที่ต่อเข้า Controller

6.2.2 ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยอื่น ๆ ที่ช่วยลดอันตรายหรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน

6.3 วิธีการปฏิบัติ

6.3.1 มั่นใจว่า Controller ได้ถูกแยกออกจากระบบอย่างสมบูรณ์แล้ว

6.3.2 ศึกษารายละเอียดของ Controller จากคู่มือของผู้ผลิต

6.3.3 ศึกษาถึงการแก้ปัญหา และการตรวจหาจุดบกพร่องของระบบ electronics ถ้าระบบเสียหายให้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 6.3.5 จนถึงขั้นตอนที่ 6.3.12

6.3.4 ถอดหรือยก Controller ออกจากระบบอย่างถูกวิธีและใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการถอดที่ถูกต้องเหมาะสม

6.3.5 ทำความสะอาด ตรวจเช็คหรือซ่อมตามคู่มือการบำรุงรักษาของผู้ผลิต ตราจสอบข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค และวัสดุส่วนประกอบถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน

6.3.6 ก่อนทำการติดตั้ง Controller ให้ตรวจสอบดูความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการเคลื่อนย้ายหรือขนส่ง

6.3.7 ตรวจสอบด้วยสายตาที่จุดต่อต่าง ๆ ของสายไฟฟ้าและที่ Controller ต้องสะอาดและปราศจากสิ่งเปรอะเปื้อน

6.3.8 ติดตั้ง Controller เข้ากับระบบตามคำแนะนำในคู่มือของผู้ผลิต

6.3.9 ตรวจเช็คค่าต่าง ๆ ตามคู่มือของผู้ผลิต เพื่อความมั่นใจว่าค่าถูกต้องตามต้องการ

6.3.10 ติดต่อสื่อสารแจ้งไปยังฝ่ายผลิต เมื่องานเสร็จสิ้นแล้ว

6.3.11 จำหน่ายออกหรือกำจัดอุปกรณ์ที่เสียหายชำรุดถ้าจำเป็น

6.3.12 ส่งอุปกรณ์ที่เสียหรือชำรุดกลับไปซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้

6.4 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน

6.4.1 กรอกใบสั่งงาน (Work Order) และวางแผนงานร่วมกับฝ่ายผลิต

6.4.2 เมื่อเสร็จงาน ให้กรอกรายละเอียดการซ่อม การถอดเปลี่ยน เหตุผลของการซ่อม และอื่น ๆ ลงในสมุดบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน (Log Book)

6.4.3 มีการลงบันทึกรายละเอียดการซ่อมหรือตรวจเช็คทั้งหมดลงในใบประวัติอุปกรณ์ (History Card) ของ Controller

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 12

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การซ่อมหรือการถอดเปลี่ยนเครื่องบันทึกค่า (Recorder)	ออกเมื่อวันที่ .....

1. <u>วัตถุประสงค์</u>
   เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานกับ Recorder ในการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน เพื่อลดอันตรายและความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะทำการซ่อมหรือถอดเปลี่ยน

2. <u>นโยบาย</u>
   พนักงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน Recorder

3. <u>ขอบข่าย</u>
   3.1 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับทุกพื้นที่ในโรงงาน
   3.2 ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับการซ่อมหรือการถอดเปลี่ยน Recorder เท่านั้น

4. <u>คำจำกัดความ</u>
   ไม่มี

5. <u>เอกสารอ้างอิง</u>
   5.1 คู่มือการติดตั้ง การใช้งานและการบำรุงรักษา Recorder จากบริษัทผู้ผลิต
   5.2 คู่มือความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area)

6. <u>ระเบียบการปฏิบัติงาน</u>
   6.1 ข้อควรระวัง
      6.1.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และอุปกรณ์ความปลอดภัยอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือความดัน
      6.1.2 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับในด้านความปลอดภัยในพื้นที่นั้น
      6.1.3 ศึกษาและตรวจสอบดูถึงผลกระทบที่อาจมีต่ออุปกรณ์อื่น (Interlocks)

6.2 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อน

6.2.1 ทำการตัดตอนหรือปิดระบบจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือจุดต่อที่มีความดัน ที่ต่อเข้ามายัง Recorder

6.2.2 ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยอื่น ๆ ที่ช่วยลดอันตรายหรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน

6.3 วิธีการปฏิบัติ

6.3.1 มั่นใจว่า Recorder ได้ถูกแยกออกจากระบบอย่างสมบูรณ์แล้ว

6.3.2 ศึกษารายละเอียดของ Recorder จากคู่มือของผู้ผลิต

6.3.3 ศึกษาถึงการแก้ปัญหา และการตรวจหาจุดบกพร่องของระบบ electronics ถ้าระบบเสียหายให้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 6.3.5 จนถึงขั้นตอนที่ 6.3.12

6.3.4 ถอด Recorder ออกจากระบบอย่างถูกวิธีและใช้เครื่องมือในการถอดที่เหมาะสม

6.3.5 ทำความสะอาด ตรวจเช็คหรือซ่อมตามคู่มือการบำรุงรักษาของผู้ผลิต ตราจสอบข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค และวัสดุส่วนประกอบถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน

6.3.6 ก่อนทำการติดตั้ง Recorder ให้ตรวจสอบดูความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการเคลื่อนย้ายหรือขนส่ง

6.3.7 ตรวจสอบด้วยสายตาที่จุดต่อต่าง ๆ ของสายไฟฟ้าและที่ Recorder ต้องสะอาดและปราศจากสิ่งเปรอะเปื้อน

6.3.8 ติดตั้ง Recorder เข้ากับระบบตามคำแนะนำในคู่มือของผู้ผลิต

6.3.9 ตรวจเช็คค่าต่าง ๆ ตามคู่มือของผู้ผลิต เพื่อความมั่นใจว่าค่าถูกต้องตามต้องการ

6.3.10 ติดต่อสื่อสารแจ้งไปยังฝ่ายผลิต เมื่องานเสร็จสิ้นแล้ว

6.3.11 จำหน่ายออกหรือกำจัดอุปกรณ์ที่เสียหายชำรุดถ้าจำเป็น

6.3.12 ส่งอุปกรณ์ที่เสียหรือชำรุดกลับไปซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้

6.4 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน

6.4.1 กรอกใบสั่งงาน (Work Order) และวางแผนงานร่วมกับฝ่ายผลิต

6.4.2 เมื่อเสร็จงาน ให้กรอกรายละเอียดการซ่อม การถอดเปลี่ยน เหตุผลของการซ่อมและอื่น ๆ ลงในสมุดบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน (Log Book)

6.4.3 มีการลงบันทึกรายละเอียดการซ่อมหรือตรวจเช็คทั้งหมดลงในใบประวัติอุปกรณ์ (History Card) ของ Recorder

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 13

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	ระเบียบปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนัก (Weighscale)	ออกเมื่อวันที่ .....

1. <u>วัตถุประสงค์</u>
   เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานในการสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนัก ที่ใช้งานอยู่ในกระบวนการผลิต และมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สอดคล้องกับระบบควบคุมคุณภาพ

2. <u>นโยบาย</u>
   พนักงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการสอบเทียบ (Calibration) เครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้ในกระบวนการผลิตและมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

3. <u>ขอบข่าย</u>
   ระเบียบปฏิบัตินี้ใช้กับการปฏิบัติงานสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมด

4. <u>คำจำกัดความ</u>
   ไม่มี

5. <u>เอกสารอ้างอิง</u>
   5.1 คู่มือการติดตั้ง การใช้งานและการบำรุงรักษา Weighscale จากบริษัทผู้ผลิต
   5.2 คู่มือความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area)

6. <u>ระเบียบการปฏิบัติงาน</u>
   6.1 ข้อควรระวัง
      6.1.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล หรืออุปกรณ์ความปลอดภัยอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน
      6.1.2 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับด้านความปลอดภัยในพื้นที่ที่ปฏิบัติงาน
      6.1.3 ศึกษาและตรวจสอบผลกระทบที่อาจมีต่ออุปกรณ์อื่น (Interlocks)

6.2 สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อน

6.2.1 ทำการตัดตอนหรือปิดระบบจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือจุดต่อที่มีความดันหรือน้ำหนักที่เข้ามายัง Weighscale

6.2.2 ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยอื่น ๆ ที่ช่วยลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน ในพื้นที่ที่มีสารเคมี

6.3 วิธีการปฏิบัติ

6.3.1 ฝ่ายผลิตจะต้องระบุอย่างชัดเจนถึง Weighscale ที่จะต้องทำการสอบเทียบ โดยพื้นฐานของความสำคัญของ Weighscale ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

6.3.2 Weighscale ที่ใช้งานอยู่จะต้องมีการตรวจสอบค่าการวัดหรือชั่งทุกเดือน โดยใช้ลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน ค่าเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นต้องระบุลงในใบรายงานการตรวจสอบประจำเดือนของ Weighscale

6.3.3 ถ้า Weighscale ไม่สามารถอ่านค่าน้ำหนักได้ถูกต้อง ในขอบเขตที่ยอมรับได้ จะต้องหยุดใช้งาน พบว่ามีการสอบเทียบหรือซ่อมแก้ไขให้ถูกต้อง

6.3.4 ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบจะต้องติดไว้ที่ Weighscale

6.3.5 ลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานจะต้องได้รับการสอบเทียบปีละครั้ง

6.3.6 การสอบเทียบ Weighscale จะต้องปฏิบัติตามวิธีการสอบเทียบ (Calibration Instruction) ที่ได้กำหนดไว้

6.3.7 รายชื่อของ Weighscale ทุกเครื่องจะต้องเก็บไว้ในรายการทะเบียนคุมอุปกรณ์ของแผนกเครื่องมือวัด

6.4 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน

6.4.1 กรอกใบสั่งงาน (Work Order) และวางแผนงานร่วมกับฝ่ายผลิต

6.4.2 เมื่อเสร็จงานให้กรอกรายละเอียดการซ่อม การถอดเปลี่ยน เหตุผลของการซ่อมและอื่น ๆ ลงในสมุดบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน (Log Book)

6.4.3 มีการลงบันทึกรายละเอียดการซ่อมหรือการตรวจเช็คทั้งหมดลงในใบประวัติอุปกรณ์ (History Card) ของ Weighscals

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ตัวอย่างระเบียบปฏิบัติ 14

บริษัท จุฬาอุตสาหกรรม จำกัด
ระเบียบปฏิบัติงานบำรุงรักษา

ฝ่าย :	ซ่อมบำรุงรักษา	หมายเลขเอกสาร .....
แผนก :	เครื่องมือวัด	หน้าที่ ..... ของจำนวน .....
		REV. No_ .....
หัวข้อ :	การเคลื่อนย้าย การรักษา และการจัดเก็บเครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ	ออกเมื่อวันที่ .....

1. <u>วัตถุประสงค์</u>
   เพื่อให้มั่นใจว่าการเคลื่อนย้าย การรักษา และการจัดเก็บอุปกรณ์เครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบยังคงไว้ซึ่งความแม่นและความเหมาะกับการใช้งานของเครื่องมือนั้น

2. <u>นโยบาย</u>
   เครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ จะต้องมีการควบคุมดูแลในการเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บอย่างเหมาะสมตามคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษา

3. <u>ขอบข่าย</u>
   เครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบที่ใช้ในโรงงานทั้งหมด

4. <u>คำจำกัดความ</u>
   ไม่มี

5. <u>เอกสารอ้างอิง</u>
   5.1 ระเบียบปฏิบัติงานระบบคุณภาพของ Workshop แผนกเครื่องมือวัด
   5.2 คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาจากบริษัทผู้ผลิต

6. <u>ระเบียบการปฏิบัติงาน</u>
   6.1 การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์
      6.1.1 ศึกษาคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาโดยละเอียดถึงขั้นตอนการเคลื่อนย้ายหรือนำอุปกรณ์ไปใช้งาน และทำความเข้าใจ
      6.1.2 ปฏิบัติตามกฎข้อบังคับในด้านความปลอดภัยในการเคลื่อนย้ายหรือนำอุปกรณ์เข้าในพื้นที่การผลิต
      6.1.3 ดูแลรักษาอุปกรณ์อย่างเหมาะสมและถูกวิธีในระหว่างใช้งาน

6.1.4 ลงบันทึกการเบิกจ่ายอุปกรณ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้งานนอก Workshop (ในกรณีของอุปกรณ์หลักในการสอบเทียบ)

6.1.5 ตรวจเช็คอุปกรณ์ถึงความเสียหายหรือชำรุด เมื่อนำกลับคืนหลังเสร็จสิ้นการใช้งาน

6.2 การจัดเก็บอุปกรณ์

6.2.1 จัดเก็บอุปกรณ์อย่างถูกวิธีตามคำแนะนำในคู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษา

6.2.2 มีการลงหมายเลขอุปกรณ์และรายละเอียดในใบทะเบียนคุมอุปกรณ์ ซึ่งเก็บรักษามาไว้ในแฟ้มทะเบียนอุปกรณ์ของแผนกเครื่องมือวัด

6.2.3 สถานที่จัดเก็บจะต้องมีการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสม สะอาด ปราศจากฝุ่นละออง จัดเก็บบนชั้นเก็บของอย่างเป็นระเบียบและมีหมายเลขติดอยู่ที่ชั้นวาง

6.2.4 อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนที่เป็น Electronics จะถูกแยกเก็บในห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ และรักษาอุณหภูมิของห้องเก็บอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนไม่เกิน 24°C และความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 70 เปอร์เซนต์

6.2.5 นำอุปกรณ์ไปทำการสอบเทียบเมื่อถึงกำหนดการสอบเทียบตามที่ระบุไว้ในแผนการสอบเทียบอุปกรณ์ (Calibration Plan)

7. <u>การอนุมัติ</u>

จัดทำโดย : ..... วันที่ : .....

( )

หัวหน้าแผนกเครื่องมือวัด

ตรวจทานโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา

อนุมัติโดย : ..... วันที่ : .....

( )

ผู้จัดการโรงงาน

ภาคผนวก ค.

ตัวอย่าง WORK INSTRUCTION 3

วิธีการสอบเทียบ (Calibration Instruction)

หัวข้อ : การสอบเทียบ Level Transmitter ชนิดไดอะแฟรม

1. **วัตถุประสงค์**

   เพื่อให้มั่นใจว่า Level Transmitter ที่ใช้ในกระบวนการผลิตให้มีการสอบเทียบอย่างถูกต้องตามค่ามาตรฐาน และข้อกำหนดจำเพาะ

2. **การอ้างอิง**

   2.1 คู่มือวิธีการใช้งานของ Level Transmitter

3. **อุปกรณ์ที่ใช้**

   3.1 แหล่งจ่ายความดันลม 8 bar
   3.2 Digital Multimeter
   3.3 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
   3.4 ท่อลม (Pneumatic tube) พร้อมข้อต่อ
   3.5 แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 24 V.AC
   3.6 ไขควงชุด ประแจเลื่อนขนาด 9 นิ้ว
   3.7 Field pressure Calibrator ที่ได้รับการสอบเทียบจากมาตรฐานแห่งชาติแล้ว
   3.8 หน้าแปลน (Flange) สำหรับสอบเทียบ Level Transmitter ชนิดไดอะแฟรม
   3.9 ใบบันทึกการสอบเทียบ
   3.10 ใบรายละเอียดค่าการสอบเทียบ (Calibration Log Sheet)
   3.11 ใบรับรองการสอบเทียบ (กรณีสอบเทียบจากแหล่งภายนอก)
   3.12 ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ

4. **บันทึกทั่วไป**

   ผู้ทำการสอบเทียบจะต้องศึกษาถึงคำเตือนหรือข้อควรระวังในการทำการสอบเทียบ Level Transmitter อย่างละเอียด และทำความเข้าใจเพื่อการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยกับการทดสอบที่มีกัน ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในคู่มือแนะนำวิธีการใช้งาน

5. **วิธีการสอบเทียบ**

   5.1 ตรวจวัดอุณหภูมิแวดล้อม และจดบันทึกลงในใบบันทึกการสอบเทียบ
   5.2 ต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า 24 V. เข้าที่ Power Supply ของ Transmitter

5.3 ติดตั้งหน้าแปลนสำหรับสอบเทียบเข้ากับหน้าแปลนของไดอะแฟรมของ Level Transmitter

5.4 ต่อท่อลมจากแหล่งอ่านความดันเข้ากับ Pressure input ของ Calibrator และต่อ Output ของ Calibrator เข้ากับหน้าแปลนสำหรับสอบเทียบ

5.5 ต่อสาย Digital Multimeter เข้าที่จุด Signal output ของ Level Transmitter

5.6 ปรับความดันเพื่อป้อนเข้ายังหน้าแปลนสำหรับ Calibrator โดยใช้ Calibrator โดยเริ่มที่ค่าความดันเทียบเป็นเปอร์เซนต์ดังนี้

- ความดัน 0 % สัญญาณมาตรฐานจะวัดได้ 4 mA
- ความดัน 25 % " " 8 "
- ความดัน 50 % " " 12 "
- ความดัน 75 % " " 16 "
- ความดัน 100 % " " 20 "

จดบันทึกค่าที่วัดได้ตามลำดับ บนใบบันทึกการสอบเทียบ

5.7 ความดันลงเป็น 75%, 50%, 25% และ 0% ตามลำดับ และจดบันทึกค่าทุกขั้นตอนลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ

5.8 เทียบค่าที่วัดได้กับค่ามาตรฐาน ถ้าอยู่ในช่วงของค่าความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบไว้ที่ตัวของ Transmitter พร้อมทั้งลงวันที่ผู้สอบเทียบ และกำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป

5.9 ถ้าค่าที่วัดได้อยู่นอกเกณฑ์ของค่าที่ยอมรับได้ที่แสดงไว้ใน Calibration Log Sheet ให้ทำการปรับที่จุด Zero และ Span โดยทวนซ้ำตั้งแต่ข้อ 5.6 ถึงข้อ 5.8

5.10 ถ้าไม่สามารถสอบเทียบค่าให้ถูกต้องได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ "ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง" ไว้ที่ด้านข้าง Transmitter เพื่อรอส่งซ่อมหรือจำหน่ายออกตามขั้นตอนที่กำหนดต่อไป

6. <u>ความถี่ในการสอบเทียบ</u>

6.1 ภายในโรงงาน ทุก ๆ 4 เดือน

7. <u>การบันทึก</u>

7.1 จดรายละเอียดการสอบเทียบลงในใบบันทึกการสอบเทียบ พร้อมทั้งลงวันที่และผู้ทำการสอบเทียบ

7.2 เซ็นต์ชื่อลงวันที่และกำหนดการสอบเทียบครั้งต่อไปลงบนป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ

ตัวอย่าง WORK INSTRUCTION 4

วิธีการสอบเทียบ (Calibration Instruction)

หัวข้อ : การสอบเทียบ RTD/Thermocouple

1. **วัตถุประสงค์**

   เพื่อให้มั่นใจว่า RTD/Trermocouple ที่ใช้วัดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตได้มีการสอบเทียบค่าการวัดอย่างถูกต้องตามมาตรฐาน และข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค

2. **เอกสารอ้างอิง**

   2.1 คู่มือคำแนะนำการใช้งาน RTD/Thermocouple จากบริษัทผู้ผลิต

3. **อุปกรณ์ที่ใช้**

   3.1 แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V.
   3.2 Digital Multimeter
   3.3 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
   3.4 เครื่องมือสอบเทียบอุณหภูมิ (Dry Box Temperature Calibrator) ที่ได้รับการสอบเทียบจากมาตรฐานแห่งชาติแล้ว
   3.5 แสดงรายละเอียดค่าการสอบเทียบ (Calibration Log Sheet)
   3.6 ใบบันทึกการสอบเทียบ
   3.7 ใบรับรองการสอบเทียบ (กรณีสอบเทียบจากแหล่งสอบเทียบภายนอก)
   3.8 ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ
   3.9 ตารางสอบเทียบค่าของ RTD/Thermocouple กับอุณหภูมิ

4. **บันทึกทั่วไป**

   ผู้ทำการสอบเทียบจะต้องศึกษา ถึงคำเตือนหรือข้อควรระวังในการทำการสอบเทียบ RTD/Thermocouple อย่างละเอียดและทำความเข้าใจเพื่อการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยกับการทดสอบที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งรายละเอียดจะปรากฏอยู่ในคู่มือแนะนำวิธีการใช้งานจากบริษัทผู้ผลิต

5. **วิธีการสอบเทียบ**

   5.1 ตรวจสอบอุณหภูมิรายสอบ และจดบันทึกลงในใบบันทึกการสอบเทียบ
   5.2 ต่อ Power supply ของ Temperature Calibrator
   5.3 ใส่ RTD/Thermocouple ลงใน Insert Hole ของ Calibrator
   5.4 ต่อสาย RTD/Thermocouple เข้ากับจุดต่อ imput ของ Calibrator
   5.5 เลือกชนิดขององศาจาก C / F Switch
   5.6 ปรับค่าอุณหภูมิที่จุด Temp.Set โดยดูค่าจาก Display จนได้ค่าที่ต้องการ

5.7 ปรับ Selector Switch ไปที่ Read เพื่อดูค่าที่ได้จาก RTD/Thermocouple จาก Display แล้วจดบันทึกค่าลงในใบบันทึกการสอบเทียบ

5.8 ปรับค่าอุณภูมิตามขั้นตอนที่ 5.6 โดยอาจเลือกอุณภูมิที่จะท 75%, และ 100% แล้วจดบันทึกค่าตามขั้นตอนที่ 5.7

5.9 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการสอบเทียบกับ Calibration Log Sheet ถ้าอยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบที่ตัว RTD/Thermocouple พร้อมทั้งใส่วันที่ทำการสอบเทียบ ผู้ทำการสอบเทียบ และวันครบกำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป

5.10 ถ้าค่าที่อ่านได้ อยู่ภายนอกเกณฑ์ของค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ให้ทำการตรวจเช็คที่ จุดต่อสายและ element ของ RTD/Thermocouple ถ้าเสียหรือชำรุด ทำการส่งซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตตาม ขั้นตอนการส่งซ่อมของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ และติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ "ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง" ไว้ที่ RTD/Thermocouple เพื่อรอส่งซ่อมหรือจำหน่ายออกตามขั้นตอนที่กำหนดต่อไป

6. <u>ความถี่ในการสอบเทียบ</u>

6.1 ภายในโรงงานทุก ๆ 4 เดือน

7. <u>การบันทึก</u>

7.1 จดรายละเอียดการสอบเทียบลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ

7.2 ลงชื่อ ลงวันที่ทำการสอบเทียบ และกำหนดการสอบเทียบครั้งต่อไปในใบแสดงสถานะ การสอบเทียบ

ตัวอย่าง WORK INSTRUCTION 5

วิธีการสอบเทียบ (Calibration Instruction)

หัวข้อ : การสอบเทียบ Pressure Transmitter ชนิดไดอะแฟรม

1. **วัตถุประสงค์**

   เพื่อให้มั่นใจว่า Pressure Transmitter ที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้มีการสอบเทียบอย่างถูกต้องตามมาตรฐานและข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค

2. **เอกสารอ้างอิง**

   2.1 คู่มือคำแนะนำการใช้งาน Pressure Transmitter จากบริษัทผู้ผลิต

3. **อุปกรณ์ที่ใช้**

   3.1 แหล่งจ่ายแรงดันลม 8 bar พร้อมด้วย Pressure Regulator Range 0-10 bar
   3.2 Digital Multimeter
   3.3 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
   3.4 ท่อลม (Pneumatic tube) พร้อมข้อต่อ
   3.5 แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 24 V.AC.
   3.6 ไขควงชุด ประแจเลื่อนขนาด 9 นิ้ว
   3.7 Field pressure Calibrator, Range 0-8 bar ที่ให้รับการสอบเทียบจากมาตรฐานแห่งชาติแล้ว
   3.8 เกจ์มาตรฐาน (Standard gauge) Range 0-20 bar
   3.9 ใบแสดงรายละเอียดค่าการสอบเทียบ (Calibration Log Sheet)
   3.10 ใบรับรองการสอบเทียบ (กรณีสอบเทียบจากแหล่งภายนอก)
   3.11 ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ
   3.12 บันทึกการสอบเทียบ

4. **บันทึกทั่วไป**

   ผู้ทำการสอบเทียบจะต้องศึกษาถึงคำเตือน หรือข้อควรระวังในการทำการสอบเทียบ Pressure Transmitter อย่างละเอียดและทำความเข้าใจ เพื่อการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยกับการทดสอบที่มีแรงดัน ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในคู่มือแนะนำวิธีการใช้งาน

5. **วิธีการสอบเทียบ**

   5.1 ตรวจสอบอุณหภูมิแวดล้อม และจดบันทึกลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ
   5.2 ต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า 24 V.AC. เข้าที่ Power Supply ของ Transmitter
   5.3 ต่อความดันลมเข้าที่ Pressure Input ของ Calibrator และต่อ Pressure Output ของ Calibrator เข้าที่ Pressure Input ของ Transmitter

5.4 ต่อสาย Digital Multimeter เข้าที่ Signal output ของ Transmitter

5.5 ปรับความดันเพื่อป้อนเข้า Transmitter โดยผ่าน Field Pressure Calibrator โดยเริ่มที่ค่าความดันเทียบเป็นเปอร์เซนต์ดังนี้

- ความดัน 0 % สัญญาณมาตรฐานจะวัดได้ 4 mA.
- ความดัน 25 % " " 8 mA.
- ความดัน 50 % " " 12 mA.
- ความดัน 75 % " " 16 mA.
- ความดัน 100 % " " 20 mA.

จดบันทึกค่าที่วัดได้ลงในบันทึกการสอบเทียบ

5.6 ทำการลดความดันลงเป็น 75%, 50%, 25%, และ 0% ตามลำดับ และจดบันทึกค่าทุกขั้นตอนลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ

5.7 เปลี่ยนค่าที่วัดได้กับค่าใน Calibration Log Sheet ถ้าอยู่ในช่วงของค่าความผิดพลาดคลาดเคลื่อน ที่ยอมรับได้ ให้ติดป้ายแสดงสภานะการสอบเทียบไว้ที่ Transmitter พร้อมลงวันที่สอบเทียบ ผู้สอบเทียบ และกำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป

5.8 ถ้าค่าที่วัดได้อยู่นอกเกณฑ์ค่าความผิดพลาดความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ทำการปรับที่จุด Zero และ Span โดยทวนซ้ำตั้งแต่ข้อ 5.5 ถึงข้อ 5.7

5.9 ถ้าไม่สามารถสอบเทียบค่าให้ถูกต้องได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ "ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง" ไว้ที่ด้านข้างของ Transmitter เพื่อรอส่งซ่อมหรือจำหน่ายออกตามขั้นตอนที่กำหนดต่อไป

6. <u>ความถี่ในการสอบเทียบ</u>

6.1 ภายในโรงงานทุก ๆ 4 เดือน

7. <u>การบันทึก</u>

7.1 จดรายละเอียดการสอบเทียบลงบนใบบันทึกการสอบเทียบพร้อมทั้งลงวันที่และผู้ทำการสอบเทียบ

7.2 เซ็นต์ชื่อ ลงวันที่ และกำหนดการสอบเทียบครั้งต่อไปลงบนป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบทุกครั้ง

ตัวอย่าง WORK INSTRUCTION 6

วิธีการสอบเทียบ (Calibration Instruction)

หัวข้อ : การสอบเทียบ Differential Pressure Transmitter (D/P Transmitter) ชนิดไดอะแฟรม

1. **วัตถุประสงค์**

   เพื่อให้มั่นใจว่า D/P Transmitter ที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้มีการสอบเทียบอย่างถูกต้องตามมาตรฐานและข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค

2. **เอกสารอ้างอิง**

   2.1 คู่มือคำแนะนำการใช้งาน D/P Transmitter จากบริษัทผู้ผลิต

3. **อุปกรณ์ที่ใช้**

   3.1 แหล่งจ่ายความดันลม 8 bar พร้อมด้วย Pressure Regulator Range 0-10 bar
   3.2 Digital Multimeter
   3.3 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
   3.4 ท่อลม (Pneumatic tuble) พร้อมข้อต่อ
   3.5 แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 24 V.AC.
   3.6 ไขควงชุด ประแจเลื่อนขนาด 9 นิ้ว
   3.7 Field Pressure Calibrator, Range 0-8 bar ที่ให้รับการสอบเทียบจากมาตรฐานแห่งชาติแล้ว
   3.8 เกจ์มาตรฐาน (Standard Gauge) Range 0-20 bar
   3.9 ใบแสดงรายละเอียดค่าการสอบเทียบ (Calibration Log Sheet)
   3.10 ใบรับรองการสอบเทียบ (กรณีสอบเทียบจากแหล่งภายนอก)
   3.11 ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ
   3.12 บันทึกการสอบเทียบ

4. **บันทึกทั่วไป**

   ผู้ทำการสอบเทียบจะต้องศึกษาถึงคำเตือน หรือข้อควรระวังในการทำการสอบเทียบ Pressure Transmitter อย่างละเอียดและทำความเข้าใจ เพื่อการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยกับการทดสอบที่มีความดัน ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในคู่มือแนะนำวิธีการใช้งาน

5. **วิธีการสอบเทียบ**

   5.1 ตรวจสอบอุณหภูมิแวดล้อม และจดบันทึกลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ
   5.2 ต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า 24 V.AC. เข้าที่ Power Supply ของ Transmitter

5.3 ต่อความดันลมเข้าที่ Pressure input ของ Calibrator และต่อ Pressure Output ของ Calibrator เข้าที่ด้าน High ของ Transmitter และต่อเข้าที่จุดต่อคามดันของเกจ์มาตรฐาน (Standard Gauge)

5.4 ต่อสาย Digital Multimeter เข้าที่ Signal output ของ Transmitter

5.5 เปิดด้าน Low Side ของ Transmitter สู่บรรยากาศ

5.6 ปรับความดันเพื่อป้อนเข้า Transmitter โดยผ่าน Field Pressure Calibrator โดยเริ่มที่ค่าความดันเทียบเป็นเปอร์เซนต์ดังนี้

- ความดัน 0 % สัญญาณมาตรฐานจะวัดได้ 4 mA.
- ความดัน 25 % " " 8 mA.
- ความดัน 50 % " " 12 mA.
- ความดัน 75 % " " 16 mA.
- ความดัน 100 % " " 20 mA.

จดบันทึกค่าที่วัดได้ลงในบันทึกการสอบเทียบ

5.7 ทำการลดความดันลงเป็น 75%, 50%, 25%, และ 0% ตามลำดับ และจดบันทึกค่าทุกขั้นตอนลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ

5.8 เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าใน Calibration Log Sheet ถ้าอยู่ในช่วงของค่าความผิดพลาดคลาดเคลื่อน ที่ยอมรับได้ ให้ติดป้ายแสดงสภานะการสอบเทียบไว้ที่ Transmitter พร้อมลงวันที่สอบเทียบ ผู้สอบเทียบ และกำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป

5.8 ถ้าค่าที่วัดได้อยู่นอกเกณฑ์ของค่าความผิดพลาด ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ทำการปรับที่จุด Zero และ Span โดยทวนซ้ำตั้งแต่ข้อ 5.5 ถึงข้อ 5.7

5.9 ถ้าค่าที่วัดได้อยู่นอกเกณฑ์ของค่าความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ทำการปรับที่จุด Zero และ Span โดยทวนซ้ำตั้งแต่ข้อ 5.6 ถึงข้อ 5.8

5.10 ถ้าไม่สามารถสอบเทียบค่าให้ถูกต้องได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ "ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง" ไว้ที่ด้านข้างของ Transmitter เพื่อรอส่งซ่อมหรือจำหน่ายออกตามขั้นตอนที่กำหนดต่อไป

6. <u>ความถี่ในการสอบเทียบ</u>

6.1 ภายในโรงงานทุก ๆ 4 เดือน

7. <u>การบันทึก</u>

7.1 จดรายละเอียดการสอบเทียบลงบนใบบันทึกการสอบเทียบพร้อมทั้งลงวันที่และผู้ทำการสอบเทียบ

7.2 เซ็นต์ชื่อ ลงวันที่ และกำหนดการสอบเทียบครั้งต่อไปลงบนป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบทุกครั้ง

ตัวอย่าง WORK INSTRUCTION 7

วิธีการสอบเทียบ (Calibration Instruction)

หัวข้อ : การสอบเทียบเครื่องวัดอัตราการไหล (Flowmeter) แบบ Positive Displacement

1. **วัตถุประสงค์**

   เพื่อให้มั่นใจว่า Flowmeter ที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้มีการสอบเทียบอย่างถูกต้องตามมาตรฐานและข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค

2. **เอกสารอ้างอิง**

   2.1 คู่มือคำแนะนำการใช้งาน Flowmeter จากบริษัทผู้ผลิต

3. **อุปกรณ์ที่ใช้**

   3.1 แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V.
   3.2 Flow Counter ที่ได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานแห่งชาติแล้ว
   3.3 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ไขควงชุด และประแจเลื่อนขนาด 9 นิ้ว
   3.4 แหล่งจ่ายน้ำพร้อมวาล์วปิดเปิด ความดันน้ำ 4 bar
   3.5 ข้อต่อสำหรับต่อท่อน้ำเข้ากับ Flowmeter พร้อมสายยางท่อน้ำ
   3.6 ถังน้ำขนาด 200 ลิตร ที่ได้รับการสอบเทียบปริมาตรจากเครื่องมือสอบเทียบมาตรฐานแล้ว และมีเครื่องหมายบอกที่ค่า 50 ลิตร 100 ลิตร 150 ลิตร และ 200 ลิตร
   3.7 นาฬิกาจับเวลา
   3.8 ใบบันทึกการสอบเทียบ
   3.9 ใบ Calibration Log Sheet
   3.10 ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ

4. **บันทึกทั่วไป**

   ผู้ทำการสอบเทียบจะต้องศึกษาถึงคำเตือน หรือข้อควรระวังในการทำการสอบเทียบ Flowmeter อย่างละเอียดและทำความเข้าใจ เพื่อการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยกับการทดสอบที่มีความดัน ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในคู่มือแนะนำวิธีการใช้งาน

5. **วิธีการสอบเทียบ**

   5.1 ตรวจสอบอุณหภูมิแวดล้อม และจดบันทึกลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ
   5.2 ต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า 24 V เข้าที่ Power Supply ของ Flowmeter
   5.3 ต่อแหล่งจ่ายน้ำเข้าที่ Flowmeter ด้าน inlet และต่อท่อน้ำจากด้าน outlet ไปสู่ถังน้ำมาตรฐานที่จะทำการสอบเทียบค่า
   5.4 ต่อจุด Signal input ของ Flow Counter เข้าที่จุด Signal output ของ Flowmeter

5.5 เปิดวาล์วให้น้ำไหลผ่าน Flowmeter พร้อมกับจับเวลา และจดเวลาเมื่อน้ำขึ้นถึงเครื่องหมาย 50 ลิตร, 100 ลิตร, 150 ลิตร และ 200 ลิตร

5.6 ทำซ้ำข้อ 5.5 อีกครั้งหนึ่ง แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัดอัตราการไหลกับค่าจำเพาะทางเทคนิคของ Flowmeter

5.7 ถ้าค่าที่วัดได้อยู่ในเกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ทำการติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ พร้อมลงวันที่ทำการสอบเทียบ ผู้สอบเทียบ และวันครบกำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป

5.8 ถ้าค่าที่วัดได้อยู่นอกเกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ "ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง" แล้วรอส่งไปซ่อมยังบริษัทผู้ผลิตตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้

6. <u>ความถี่ในการสอบเทียบ</u>

6.1 ภายในโรงงานทุก ๆ 3 เดือน

7. <u>การบันทึก</u>

7.1 จดรายละเอียดการสอบเทียบลงบนใบบันทึกการสอบเทียบพร้อมทั้งลงวันที่และผู้ทำการสอบเทียบ

7.2 เซ็นต์ชื่อ ลงวันที่ และกำหนดการสอบเทียบครั้งต่อไปลงบนป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ

<u>หมายเหตุ</u> : คำอธิบายเพิ่มเติม

- เครื่องวัดอัตราการไหลแบบ Positive Displacement แบ่งได้ตามลักษณะการหมุนของตัววัดได้ 3 แบบ คือ
  1. แบบนิวเตติ้งดิสค์ (Nutating Disk)
  2. แบบลูกรูปหมุน (Oscillating Piston)
  3. แบบโอวอล เกียร์ (Oval Gear)

ตัวอย่าง WORK INSTRUCTION 8

วิธีการสอบเทียบ (Calibration Instruction)

หัวข้อ : การสอบเทียบเครื่องควบคุม (Controller)

1. **วัตถุประสงค์**

   เพื่อให้มั่นใจว่า Controller ที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้มีการสอบเทียบอย่างถูกต้องตามมาตรฐานและข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค

2. **เอกสารอ้างอิง**

   2.1 คู่มือคำแนะนำการใช้งาน Controller จากบริษัทผู้ผลิต

3. **อุปกรณ์ที่ใช้**

   3.1 แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V.
   3.2 Digital Multimeter
   3.3 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
   3.4 สาย Probe สำหรับต่อสัญญาณไฟฟ้า
   3.5 Signal Simulator 4-20 mA. ที่ได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานแห่งชาติแล้ว
   3.6 ไขควงชุด ประแจเลื่อนขนาด 9 นิ้ว
   3.7 Calibration Log Sheet
   3.8 บันทึกการสอบเทียบ
   3.9 ใบรับรองการสอบเทียบ (กรณีสอบเทียบจากแหล่งภายนอก)
   3.10 ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ

4. **บันทึกทั่วไป**

   ผู้ทำการสอบเทียบจะต้องศึกษาถึงคำเตือน หรือข้อควรระวังในการทำการสอบเทียบ Controller อย่างละเอียดและทำความเข้าใจ เพื่อการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยกับการทดสอบที่แรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในคู่มือแนะนำวิธีการใช้งาน

5. **วิธีการสอบเทียบ**

   5.1 ตรวจสอบอุณหภูมิรายรอบ และจดบันทึกลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ
   5.2 ต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V. เข้าที่จุด Power Supply ของ Controller
   5.3 ต่อสายวัดของ Digital Multmeter เข้าที่จุด Signal output ของ Controller
   5.4 ต่อสัญญาณจาก Signal Simulator เข้าที่จุด Signal input ของ Controller
   5.5 ป้อนสัญญาณจาก Signal Simulator ด้วยค่า 4 mA, 8 mA, 12 mA, 16 mA และ 20 mA ตามลำดับ แล้วจดบันทึกค่าที่ห้ามชี้ของ Controller ชี้บอกค่าเป็นเปอร์เซนต์

5.6 ลดค่าสัญาณลงมาจาก 20 mA, 16 mA, 12 mA, 8 mA. และ 4 mA. แล้วจดบันทึกค่าที่ Controller ชี้บอกอีกครั้งตามลำดับ

5.7 เปรียบเทียบค่าที่ได้ทั้งสองครั้งจากข้อ 5.5 และ 5.6 กับตาราง Calibration Log Sheet ถ้าค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ จึงเป็นการเสร็จสมบูรณ์ของการสอบเทียบ ค่าบ่งชี้ที่ถูกต้องต้องเมื่อรับสัญญาณมาจากภายนอก

5.8 ถ้าค่าที่เปรียบเทียบแล้วอยู่นอกเกณฑ์ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ทำการปรับค่าชี้ 0 ที่จุด Zero และปรับที่จุด span สำหรับช่วงกาชี้บอกค่าอื่น ๆ ของ Controller จนได้ค่าที่ถูกต้องตามต้องการ แล้วจึงติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ

5.9 ถ้าการสอบเทียบค่า Signal Input ที่เข้ามายัง Controller ไม่สามารถทำให้ถูกต้องได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบเป็น "ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง" พร้อมทั้งลงวันที่สอบเทียบ ผู้สอบเทียบ ลงบนป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ ติดไว้ที่ตัว Controller

5.10 ถ้าการสอบเทียบค่า Signal Input ของ Controller ถูกต้องดามขั้นดอนต่อไปให้สอบเทียบค่า Signal Output ของ Controller โดยปรับค่า Output ไปที่ 25%, 50%, 75%, และ 100% ดามลำดับ อ่านค่าสัญญาณที่ได้จาก Digital Multimeter และจดบันทึกค่า

5.11 ทำการลดความดันลงเป็น 75%, 50%, 25%, และ 0% ตามลำดับ และจดบันทึกค่าทุกขั้นตอนลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ

5.12 เปรียบเทียบค่าที่จดบันทึกไว้ทั้งสองครั้งกับตารางความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ถ้าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบและลงวันที่สอบเทียบ ผู้ทำการสอบเทียบและกำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป

5.13 ถ้าค่าที่สอบเทียบอยู่นอกเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ให้ทำการปรับปรุง 0 ที่จุด Zero และปรับ Span สำหรับการสอบเทียบค่าอื่น ๆ (จุด Zero และ Span Adjustment นี้ จะอยู่ในส่วนของ Signal Output ไม่ใช่เป็นจุดเดียวกันกับ Signal Input)

5.14 เมื่อปรับแต่งค่าและเปรียบเทียบค่ากับ Calibration Log Sheet แล้ว ยังไม่ได้ค่าการสอบเทียบที่ถูกต้อง ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ "ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง" ติดไว้ที่ Controller พร้อมทั้งลงวันที่สอบเทียบ ผู้สอบเทียบหรือผู้อนุมัติ เพื่อรอส่งซ่อมหรือจำหน่ายออกตามขั้นตอนของบริษัทที่ได้กำหนดไว้

6. <u>ความถี่ในการสอบเทียบ</u>

6.1 ภายในโรงงานทุก ๆ 3 เดือน

7. <u>การบันทึก</u>

7.1 จดรายละเอียดการสอบเทียบลงบนใบบันทึกการสอบเทียบพร้อมทั้งลงวันที่และผู้ทำการสอบเทียบ

7.2 เซ็นต์ชื่อ ลงวันที่ และกำหนดการสอบเทียบครั้งต่อไปลงบนป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบทุกครั้ง

ตัวอย่าง WORK INSTRUCTION 9

วิธีการสอบเทียบ (Callbration Instruction)

หัวข้อ : การสอบเทียบเครื่องบันทึกค่า (Recorder)

1. **วัตถุประสงค์**

   เพื่อให้มั่นใจว่า Recorder ที่ใช้สำหรับบันทึกค่าการวัดในกระบวนการผลิตได้มีการสอบเทียบอย่างถูกต้องตามมาตรฐานและข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค

2. **เอกสารอ้างอิง**

   2.1 คู่มือคำแนะนำการใช้งาน Recorder จากบริษัทผู้ผลิต

3. **อุปกรณ์ที่ใช้**

   3.1 แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V.
   3.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
   3.3 Signal Simulator 4-20 mA. ที่ได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานแห่งชาติแล้ว
   3.4 ไขควงชุด ประแจเลื่อนขนาด 9 นิ้ว
   3.5 Calibration Log Sheet
   3.6 บันทึกการสอบเทียบ
   3.7 ใบรับรองการสอบเทียบ (กรณีสอบเทียบจากแหล่งภายนอก)
   3.8 ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ

4. **บันทึกทั่วไป**

   ผู้ทำการสอบเทียบจะต้องศึกษาถึงคำเตือน หรือข้อควรระวังในการทำการสอบเทียบ Recorder อย่างละเอียดและทำความเข้าใจ เพื่อการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยกับการทดสอบที่แรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในคู่มือแนะนำวิธีการใช้งาน

5. **วิธีการสอบเทียบ**

   5.1 ตรวจสอบอุณหภูมิแวดล้อม และจดบันทึกลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ
   5.2 ต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V. เข้าที่จุด Power Supply ของ Recorder
   5.3 ป้อนสัญญาณจาก Signal Simulator ด้วยค่า 4 mA, 8 mA, 12 mA, 16 mA และ 20 mA ตามลำดับ แล้วจดบันทึกค่าที่ห้ามชี้ของ Recorder ชี้บอกค่าเป็นเปอร์เซนต์
   5.4 ลดค่าสัญญาณจาก Signal Simulator ด้วยค่า 4 mA, 8 mA, 12 mA, 16 mA. และ 20 mA. ตามลำดับ แล้วจดบันทึกค่าที่ Recorder ชี้บอกอีกครั้งตามลำดับ
   5.5 ลดสัญญาณจาก Signal Simulator ลงมาที่ 16 mA, 12 mA, 8 mA, และ 4 mA. แล้วจดบันทึกค่าที่ได้

5.6 เปรียบเทียบค่าที่ได้ทั้งสองครั้งจากข้อ 5.4 และ 5.5 กับตาราง Calibration Log Sheet ถ้าค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบที่ตัว Recorder และลงวันที่สอบเทียบ ผู้สอบเทียบ และกำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป

5.7 ถ้าค่าที่ได้จากข้อ 5.4 และ 5.5 อยู่นอกเกณฑ์ของค่าความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่กำหนดให้ให้ทำการปรับค่าของ 0 โดยปรับที่จุด Zero และปรับค่าช่องการวัดค่าต่าง ๆ ที่จุด Span จนได้ค่าที่ถูกต้องตามต้องการ จึงติดป้ายแสดงสถานะ

5.8 ถ้าค่าที่ได้รับหลังจากการปรับแต่งตามข้อ 5.7 แล้ว ยังไม่ได้ค่าที่ถูกต้องให้ติดป้าย "ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง" ติดไว้ที่ Recorder พร้อมทั้งลงวันที่สอบเทียบ ผู้สอบเทียบ หรือผู้อนุมัติ เพื่อรอส่งซ่อมหรือจำหน่ายออกตามขั้นตอน

6. <u>ความถี่ในการสอบเทียบ</u>

6.1 ภายในโรงงานทุก ๆ 4 เดือน

7. <u>การบันทึก</u>

7.1 จดรายละเอียดการสอบเทียบลงบนใบบันทึกการสอบเทียบพร้อมทั้งลงวันที่และผู้ทำการสอบเทียบ

7.2 เซ็นต์ชื่อ ลงวันที่ และกำหนดการสอบเทียบครั้งต่อไปลงบนป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบทุกครั้ง

ตัวอย่าง WORK INSTRUCTION 10

วิธีการสอบเทียบ (Calibration Instruction)

หัวข้อ : การสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักอีเลคโทรนิคส์ (Electronic Weighscale)

1. **วัตถุประสงค์**

   เพื่อให้มั่นใจว่า Electronic Weighscale ที่ใช้อยู่ในกระบวนการผลิตได้มีการสอบเทียบอย่างถูกต้องตามมาตรฐานและข้อกำหนดจำเพาะทางเทคนิค

2. **เอกสารอ้างอิง**

   2.1 คู่มือคำแนะนำการใช้งานของ Electronic Weighscale บริษัทผู้ผลิต

3. **อุปกรณ์ที่ใช้**

   3.1 แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V.
   3.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท
   3.3 Digital Multimeter
   3.4 น้ำหนักมาตรฐาน (Calibrated Weigh) ที่ได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานแห่งชาติแล้ว
   3.5 ไขควงชุด ประแจเลื่อนขนาด 9 นิ้ว
   3.6 บันทึกการสอบเทียบ
   3.7 ใบรับรองการสอบเทียบ (กรณีสอบเทียบจากแหล่งภายนอก)
   3.8 ป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ

4. **บันทึกทั่วไป**

   ผู้ทำการสอบเทียบจะต้องศึกษาถึงคำเตือน หรือข้อควรระวังในการทำการสอบเทียบ Electronic Weighscale อย่างละเอียดและทำความเข้าใจ เพื่อการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยกับการทดสอบที่แรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในคู่มือแนะนำวิธีการใช้งาน

5. **วิธีการสอบเทียบ**

   5.1 ตรวจสอบอุณหภูมิแวดล้อม และจดบันทึกลงบนใบบันทึกการสอบเทียบ
   5.2 ต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V. เข้าที่จุด Power Supply ของ Electronic Weighscale
   5.3 Reset ค่าที่จอ Display ให้ค่าแสดงเป็น 0 ในดอนเริ่มต้นโดยยังไม่ใส่น้ำหนัก
   5.4 ใส่น้ำหนักมาตรฐานลงบนแท่นรับน้ำหนัก โดยเริ่มที่ 25 เปอร์เซนต์ ของค่าน้ำหนักสูงสุด แล้วจดบันทึกค่า แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 50%, 75% และ 100% ตามลำดับ แล้วทำการจดบันทึกค่าตามลำดับ
   5.5 ลดค่าน้ำหนักลงมาที่ 75%, 50%, 25% และ 0% ตามลำดับ และจดบันทึกค่าตามลำดับ

5.6 เปรียบเทียบค่าที่ได้ทั้งสองครั้งจากข้อ 5.4 และ 5.5 กับ Calibration Log Sheet ถ้าค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ให้ติดป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบ พร้อมทั้งลงวันที่สอบเทียบ ผู้สอบเทียบ และกำหนดสอบเทียบครั้งต่อไป

5.7 ถ้าค่าที่ได้จากข้อ 5.4 และ 5.5 ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่จะยอมรับได้ ให้ทำการปรับที่จุด Weigh Adjust แล้วเริ่มขั้นดอนที่ 5.4, 5.5 และ 5.6 อีกครั้งหนึ่ง และปรับค่าที่จุด Weigh Adjust จนได้ค่าที่ถูกต้องตามต้องการ

5.8 ถ้าค่าที่ได้รับยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ให้ติดป้าย "ห้ามนำไปใช้งาน ค่าการสอบเทียบไม่ถูกต้อง" ลงชื่อวันที่สอบเทียบ ผู้สอบเทียบ หรือผู้อนุมัติ เพื่อรอส่งซ่อมหรือจำหน่ายต่อไปดามขั้นดอนที่กำหนดไว้

6. <u>ความถี่ในการสอบเทียบ</u>

6.1 ภายในโรงงานทุก ๆ 2 เดือน

7. <u>การบันทึก</u>

7.1 จดรายละเอียดการสอบเทียบลงบนใบบันทึกการสอบเทียบพร้อมทั้งลงวันที่และผู้ทำการสอบเทียบ

7.2 เซ็นต์ชื่อ ลงวันที่ และกำหนดการสอบเทียบครั้งต่อไปลงบนป้ายแสดงสถานะการสอบเทียบทุกครั้ง

ภาคผนวก ง.

ตารางที่ 22 รายชื่ออ้างอิงซึ่งกันและกันของหัวข้อต่าง ๆ ในระบบคุณภาพ

ใน มอก. 9004	ชื่อหัวข้อ	มอก. 9001	มอก. 9002	มอก. 9003
ข้อ 4	ความรับผิดชอบด้านการบริหาร	ข้อ 4.1 ●	ข้อ 4.1 ⊕	ข้อ 4.1 ○
ข้อ 5	หลักการระบบคุณภาพ	ข้อ 4.2 ●	ข้อ 4.2 ●	ข้อ 4.2 ⊕
ข้อ 5.4	การตรวจติดตามระบบคุณภาพ (ภายใน)	ข้อ 4.17 ●	ข้อ 4.16 ⊕	-
ข้อ 6	เศรษฐศาสตร์-คุณภาพเกี่ยวกับข้อพิจารณาค่าใช้จ่าย	-	-	-
ข้อ 7	คุณภาพในการตลาด (การทบทวนข้อตกลง)	ข้อ 4.3 ●	ข้อ 4.3 ●	-
ข้อ 8	คุณภาพในข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพและการออกแบบ (การควบคุมการออกแบบ)	ข้อ 4.4 ●	-	-
ข้อ 9	คุณภาพในการจัดหา (การจัดซื้อ)	ข้อ 4.6 ●	ข้อ 4.5 ●	-
ข้อ 10	คุณภาพในการผลิต (การควบคุมกระบวนการ)	ข้อ 4.9 ●	ข้อ 4.8 ●	-
ข้อ 11	การควบคุมการผลิต	ข้อ 4.9 ●	ข้อ 4.8 ●	-
ข้อ 11.2	การควบคุมวัสดุและการสอบกลับได้ (การชี้บ่งและการสอบกลับได้ของผลิตภัณฑ์)	ข้อ 4.8 ●	ข้อ 4.7 ●	ข้อ 4.4 ⊕
ข้อ 11.7	การควบคุมสภานะการทวนสอบ (สถานะการตรวจและการทดสอบ)	ข้อ 4.12 ●	ข้อ 4.11 ●	ข้อ 4.7 ⊕
ข้อ 12	การทวนสอบผลิตภัณฑ์ (การตรวจสอบและการทดสอบ)	ข้อ 4.10 ●	ข้อ 4.9 ●	ข้อ 4.5 ⊕
ข้อ 13	การควบคุมการวัดและเครื่องมือทดสอบ (เครื่องตรวจ เครื่องวัด และเครื่องทดสอบ)	ข้อ 4.11 ●	ข้อ 4.10 ●	ข้อ 4.6 ⊕
ข้อ 14	ความไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (การควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด)	ข้อ 4.13 ●	ข้อ 4.12 ●	ข้อ 4.8 ⊕
ข้อ 15	การปฏิบัติการแก้ไข	ข้อ 4.14 ●	ข้อ 4.13 ●	-
ข้อ 16	การเคลื่อนย้ายและหน้าที่การผลิตในโรงงาน (การเคลื่อนย้าย การเก็บ การบรรจุและการส่งมอบ)	ข้อ 4.15 ●	ข้อ 4.14 ●	ข้อ 4.9 ⊕
ข้อ 16.2	การบริการหลังการส่งมอบ	ข้อ 4.19 ●	-	-
ข้อ 17	การเอกสารและการบันทึกคุณภาพ (การควบคุมเอกสาร)	ข้อ 4.5 ●	ข้อ 4.4 ●	ข้อ 4.3 ⊕
ข้อ 17.3	บันทึกคุณภาพ	ข้อ 4.16 ●	ข้อ 4.15 ●	ข้อ 4.10 ⊕
ข้อ 18	บุคลากร (การฝึกอบรม)	ข้อ 4.18 ●	ข้อ 4.17 ⊕	ข้อ 4.11 ○
ข้อ 19	ความปลอดภัยและการรับผิดในผลิตภัณฑ์	-	-	-
ข้อ 20	การใช้วิธีทางสถิติ (กลวิธีทางสถิติ)	ข้อ 4.20 ●	ข้อ 4.18 ●	ข้อ 4.12 ⊕
	ผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบโดยผู้ซื้อ	ข้อ 4.7 ●	ข้อ 4.6 ●	-

ความหมายของเครื่องหมายในตาราง

- ● หมายถึง เต็มข้อกำหนด
- ⊕ หมายถึง เข้มงวดน้อยกว่า มอก. 9001
- ○ หมายถึง เข้มงวดน้อยกว่า มอก. 9002
- - หมายถึง ไม่กำหนดไว้

หมายเหตุ 1. ชื่อหัวข้อ (หรือหัวข้อย่อย) ในตารางคือ ชื่อตาม มอก. 9004 แต่ชื่อหัวข้อในวงเล็บคือ ชื่อหัวข้อหรือหัวข้อย่อยตาม มอก. 9001 มอก. 9002 และ มอก. 9003 ที่สมนัยกัน

2. ข้อกำหนดหัวข้อย่อยในระบบคุณภาพใน มอก. 9001 มอก. 9002 และ มอก. 9003 เหมือนกันในหลายหัวข้อแต่ไม่ทุกหัวข้อ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

1. อุณหภูมิ และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

1. อุณหภูมิและมาตราวัดอุณหภูมิ

1.1 หน่วยวัดและมาตราวัดอุณหภูมิ (Temperature Units and Temperature Scales)

อุณหภูมิเป็นหน่วยมูลฐานที่สำคัญ และใช้มากที่สุดค่าหนึ่งในอุตสาหกรรม หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายหน่วยด้วยกัน ที่สำคัญคือ เซลเซียส (Celcius) เคลวิน (Kelvin) ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit)

เซลเซียส เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน Anders Celcius (1701-1744) โดย เซลเซียส พบว่า ณ ความดันบรรยากาศน้ำบริสุทธิ์จะมีจุดที่ทางอุณหภูมิอยู่สองจุดคือ จุดเยือกแข็งของน้ำ และจุดที่น้ำเดือด เขาจึงได้กำหนดจุด 0 องศาที่จุดเยือกแข็งของน้ำและ 100 องศา ที่ จุดเดือดของน้ำ

ฟาเรนไฮต์ เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวดัทช์ Deniel Grabriel Fahrenheit (1688-1736) โดย ฟาเรนไฮต์ ได้พยายามหาจุดต่ำสุดของอุณหภูมิโดยการทดลองกับสารต่าง ๆ หลาย ๆ อย่าง และพบว่าจุดเยือกแข็งของแอมโมเนียมคลอไรด์ เป็นจุดต่ำสุดของอุณหภูมิเท่าที่เขาทดลองได้ จึงกำหนดจุดนี้เป็นจุด 0 องศา ส่วนจุดบนของสเกลนั้นเขาพบว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์เป็นจุดที่อุณหภูมิ คงที่ จึงกำหนดจุดนี้เป็น 98 องศา สาเหตุที่ไม่กำหนดจุดบนของสเกลเป็น 100 องศาเพราะต้องการให้มีค่าเป็น สัดส่วนทวีคูณของ 12 ตามหน่วยอื่น ๆ ที่นิยมในสมัยนั้น

ทั้งหน่วยเซลเซียสและฟาเรนไฮต์ก็เป็นมาตรวัดอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองหาสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิของสาร ณ จุดต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในย่านบรรยากาศของพื้นโลกและแบ่งสเกล ให้เป็นไปตามความสะดวกเหมาะสมมิได้มีหลักเกณฑ์ตายตัวอะไร ต่อมานักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษลอร์ดเคลวินเป็นผู้คันคิดหน่วยของอุณหภูมิทางวิทยาศาสตร์ขึ้นในปี 1851 เรียกว่ามาตราเคลวิน โดยกำหนดจุดอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ (zero absolute temperature) ขึ้น ณ จุดที่เป็น ideal นี้ อีเล็คตรอนในอะตอมของสารต่าง ๆ จะหยุดโคจรรอบนิวเคลียสโดยไม่มีพลังงานความร้อนหลงเหลืออยู่ในสารนั้น ๆ อีกต่อไป ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้เย็นจัดถึงจุดนี้ได้ (กำหนดได้จากการคำนวณ) และแบ่งช่วงของมาตราตามมาตราเซลเซียส ระบบหน่วยสากล (The Systeme International d'Unites) ซึ่งเรียกย่อว่า SI ได้กำหนดหน่วยสากลของอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิก เป็น มาตรเคลวิน และหน่วยของอุณหภูมิทั่ว ๆ ไปเป็น เซลเซียส

1.2 หลักการวัดอุณหภูมิ

เครื่องวัดอุณหภูมิมีหลายชนิด โดยเครื่องมือแต่ละชนิดอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสาร คือ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ เมื่ออุณหภูมิที่วัดเปลี่ยนไป และการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่แน่นอนและพิสูจน์ได้

- หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเชิงกล

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
ใช้ของเหลวบรรจุในหลอดแล้วปิด (thermometer)	Δ อุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์ → Δ การขยายตัวของของเหลว	ปรอท แอลกอฮอล์	-130 ถึง 315°C [-200 ถึง 600°F]
เปลี่ยนการขยายตัวเป็นความดัน (Filled Thermal)	Δ อุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์ Filled Thermal → Δ ความดัน → Δ ปริมาตร	ปรอท แอลกอฮอล์	-185 ถึง 540°C [-300 ถึง 1000°F]
แบบแถบโลหะคู่	Δ อุณหภูมิ → ตัววัด Bimetal → Δ ระยะทาง	INVAR-Ni+Fe+Cr.	-60 ถึง 425°C [-30 ถึง 800°F]

- หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
เทอร์โมมิเตอร์	Δ อุณหภูมิ → เทอร์โมคัปเปิล → Δ แรงเคลื่อนไฟฟ้า	- type B	600 ~ + 1,700°C
		- type S	0 ~ + 1,600°C
		- type R	0 ~ + 1,600°C
		- type K	-200 ~ + 1,200°C
		- type E	-200 ~ + 800°C
		- type J	-200 ~ + 800°C
		- type T	-200 ~ + 350°C
อาร์ทีดี	Δ อุณหภูมิ → RTD → Δ ความต้านทาน	พลาตินัม Pt	-258 ~ 900°C
		นิเกิล	-150 ~ 300°C
		ทองแดง	-200 ~ 120°C
เทอร์มิสเตอร์	Δ อุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์ → Δ ความต้านทาน	เทอร์มิสเตอร์	- 30 ~ 300°C

- หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงแสงและการแผ่รังสี

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
ออพติคอล-ไพโรมิเตอร์	ความเข้มของแสง → เปรียบเทียบความ → อุณหภูมิ	-	> 700°C

- หลักการวัดอุณหภูมิโดยวิธีทางเคมี

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
crayon แล็คเคอร์	Δ อุณหภูมิ → แล็คเคอร์ → หลอมละลาย → เปลี่ยนสี	สารเคมี	37 ถึง 150°C 100 ถึง 300°C

2. <u>เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการเชิงไฟฟ้า</u>

2.1 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples)

ตามาตรฐาน ANSI ได้แบ่งเทอร์โมคัปเพิลเป็น 7 ประเภทตามวัสดุของสายเทอร์โมคัปเพิลดังตารางที่ 24 ส่วนลักษณะสภาพของการใช้งานและข้อจำกัดของเทอร์โมคัปเพิลแต่ละประเภท อาจสรุปได้ ดังตารางที่ 25

นอกจากเทอร์โมคัปเพิลมาตรฐานทั้ง 7 ประเภทที่กล่าวมานี้ ยังมีเทอร์โมคัปเพิลที่ไม่ได้จัดเข้ามาตรฐานสำหรับใช้งานเฉพาะบางประเภทซึ่งมีสภาพใช้งานยุ่งยากกว่า เช่น การใช้งานต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 1400 - 1800°C เทอร์โมคัปเพิลแบบ platinum - 40% rhodium กับ platinum - 20% rhodium จะใช้งานได้ดีเมื่อพิจารณาในแง่ความทนต่อสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามในสภาพที่เทอร์โมคัปเพิลประเภท B สามารถจะ ใช้ได้ก็ควรใช้ประเภท B มากกว่า เพราะให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่า (สะดวกในการวัดและวัดได้ละเอียดกว่า) และยังราคาถูกกว่าด้วย เทอร์โมคัปเพิลที่ไม่ได้จัดเข้ามาตรฐานที่มีขายในท้องตลาดนอกจากประเภทที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้แก่ iridium-rhodium, platinel, mickel-chronium, nickel-molybdenum และ tungsten-rhenium

ตารางที่ 23 การแบ่งประเภทของเทอร์โมคัปเพิลตามมาตรฐาน ANSI

ประเภท	วัสดุด้านบวก	วัสดุด้านลบ	อุณหภูมิสูงสุด°C**
B	platinum-30% rhodium	platinum-6% rhodium	1700
E	nickel-10% rhromium	constantan*	870
J	iron	constantan	760
K	nickel-10% chromium	nickel-5% aluminum or silicon	1260
R	platinum-13% rhodium	platinum	1480
S	platinum-10% rhodium	platinum	1480
T	copper	constantan	370

* constantan คือ โลหะผสม 45% nickel - 55% copper

** อุณหภูมิสูงสุดขึ้นกับขนาดของสายเทอร์โมคัปเพิลด้วย อุณหภูมิที่แสดงในตารางนี้ สำหรับสายเทอร์โมคัปเพิลขนาดเบอร์ 8 AWG (3.25 mm.) ยกเว้นประเภท B, R และ S เป็นเบอร์ 24 (0.51 mm.) อุณหภูมิสูงสุดที่กำหนดนี้เป็นกรณีที่ตัวเทอร์โมคัปเพิลมีท่อป้องกัน หรือบรรจุอยู่ในท่อปลายปิดโดยเทอร์โมคัปเพิลมีอายุ ใช้งานยาวพอสมควร ในการใช้งานจริงอาจมีบางขณะสั้น ๆ ที่อุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดในตารางนี้ได้

ตารางที่ 24 ลักษณะสภาพการใช้งานและข้อจำกัดของเทอร์โมคัปเพิล

ประเภทของเทอร์โมคัปเพิล	ลักษณะสภาพของการใช้งานและข้อจำกัด
ประเภท B	- ใช้งานต่อเนื่องในสภาพแวดล้อม oxidising หรือ inert ถึง 1760°C - ใช้งานระยะสั้นในสุญญากาศ - ไม่ควรใช้ในสภาพแวดล้อม Reducing หรือมีไอของโลหะหรืออโลหะ เว้นแต่จะมีท่อป้องกันที่ไม่ใช่โลหะ
ประเภท E	- ใช้งานต่อเนื่องในสภาพแวดล้อม oxidising หรือ inert ถึง 870°C - ใช้งานได้ดีสำหรับอุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์ ถึง -250°C เนื่องจากไม่มีปัญหาของการผุกร่อนจากความชื้น อย่างไรก็ตามที่ช่วงอุณหภูมินั้นไม่มีมาตรฐานจำกัดค่าคลาดเคลื่อนสำหรับเทอร์โมคัปเพิลประเภทนี้ - ในสภาพแวดล้อม Reducing หรือสภาพแวดล้อมที่กำมะถันจะต้องมีท่อป้องกันที่เหมาะสม
ประเภท J	- ใช้งานต่อเนื่องในสภาพแวดล้อม oxidising, reducing, inert หรือสภาพสูญญากาศ ถึง 760°C - สายเทอร์โมคัปเพิลเปลือยไม่ควรใช้ในสภาพที่มีกำมะถัน และอุณหภูมิสูงกว่า 540°C
ประเภท K	- ใช้ได้ในอุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์ ถึง -200°C แต่มีข้อจำกัดด้านความละเอียดถูกต้อง เช่นเดียวกับประเภท E - ใช้งานต่อเนื่องในสภาพ oxidising หรือ inert ถึง 1260°C - ใช้กันมากสุดสำหรับช่วงอุณหภูมิเกิน 540°C - ใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์ ถึง -250°C แต่มีข้อจำกัดเช่นเดียวกับประเภท E
ประเภท R และ S	- สภาพการใช้งานโดยทั่วไปเหมือนประเภท B แต่อุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าประเภท B และความละเอียดถูก ต้องที่อุณหภูมิสูง ๆ จะสู้ประเภท B ไม่ได้
ประเภท T	- ใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์ ถึง -250°C ไม่มีปัญหาความผุกร่อนจากความชื้น และยังเป็นเทอร์โม คัปเพิลประเภทเดียวที่มีมาตรฐานจำกัดความคลาดเคลื่อนสำหรับอุณหภูมิในช่วงนี้ - ใช้งานต่อเนื่องในสภาพ oxidising, reducing หรือ inert ถึง 370°C

2. ความดันและเครื่องมือวัดความดัน

1. ความดันและหน่วยวัดความดัน (Pressure and its Measuring Units)

ความดันเป็น ค่าตัวแปร (Variable) ที่สำคัญมากตัวหนึ่ง ค่าของตัวแปรอื่น ๆ ในระบบ (process measurement) สามารถวัดได้ในรูปของความดันทั้งสิ้น เช่น

- การวัดค่า flow แบบใช้ตัววัดลักษณะ ออริฟิส ทำให้เกิดค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียล
- วัดระดับของของเหลวในภาชนะโดยใช้หลักการวัดความดันดิฟเฟอรเรนเชียล ที่เกิดจากสแตติกเฮด (static head)
- การวัดอุณหภูมิแบบเติมของเหลวในกระเปาะ (filled thermal) เปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็นความดันก่อนแล้วอ่านอุณหภูมิในรูปของความดัน

ความดันหมายถึง แรงที่กระทำลงอย่างสม่ำเสมอในแนวตั้งฉากบนพื้นที่ที่กำหนด ถ้ากำหนดให้ F คือแรงที่กระทำ A คือพื้นที่ที่ถูกกระทำ P คือ ความดันที่เกิดขึ้น

จะได้

$$P = F/A \quad \text{..... *}$$

แรงที่กระทำอาจเกิดจากของเหลว (liquids), ก๊าซ หรือ ของแข็ง (solids) ก็ได้

หน่วยมาตรฐานสากลของความดัน (S.I.Units)

แรงที่กระทำมีหน่วยเป็นนิวตัน (newton) $1\ N = 1\ kg\ \frac{m}{S^2}$ กระทำลงบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร

จะได้ ความดัน = 1 ปาสคาล (เขียนย่อ Pa)

$$1\ Pa = 1\ \frac{N}{m^2} \quad \text{..... *}$$

ผู้ที่กำหนดหน่วยความดันนี้ขึ้นมาคือ Blaise Passcal แต่ปาสคาลเป็นหน่วยเล็กต่อมา "bar" จึงได้กำหนดหน่วยในทางปฏิบัติขึ้น (Pascal และ Bar เป็นนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส)

$$1\ bar = 100{,}000\ Pa = 10^5\ Pa \quad \text{.....*}$$

ค่าความดัน 1 bar นี้ มีค่าใกล้เคียงกับค่าความดัน 1 บรรยากาศ และ 1 kg/cm^2 มาก หน่วยความดัน "bar" นี้ต่อไปจะเป็นหน่วยมาตรฐานสากลของทุกประเทศ

ค่าเปรียบเทียบกับหน่วยที่มีอยู่เดิม

ค่าความดันบรรยากาศโดยประมาณ (technical atmosphere)

1 kg/cm^2 = 0.981 bar

ค่าความดันบรรยากาศทางฟิสิกส์ (physical atmospher)

1 atm = 1.01325 bar

หน่วยอังกฤษ

1 psi = 0.068947 bar

ในรูปความสูงของน้ำและปรอท

1 mH_2O = 0.09806 bar

1 inH_2O = 0.00254 bar

1 inHg = 0.034531 bar

โดยกำหนดให้

1 บรรยากาศ = 760 mmHg ที่ปรอท 0 °C และมีความเร่งอันเกิดแรงโน้มถ่วง = 9.80665 m/s^2

1 mmHg = ความดันอันเกิดจากความสูงของปรอท 1 mm ที่ปรอท 0°C, มีค่าความหนาแน่น = 13.5951 g/cm^2 และมีค่าความเร่งอันเกิดจากแรงโน้มถ่วง 9.80665 m/s^2

1 mH_2O = ความดันอันเกิดจากความสูงของน้ำ 1 เมตร มีค่าความหนาแน่นคงที่ 1 g/cm^2 และมีค่าความเร่งอันเกิดจากแรงโน้มถ่วง = 9.80665 m/s^2

1.1 ความดันที่เกิดจากก๊าซ (Pressure of Gases)

โมเลกุลของก๊าซแต่ละตัวเปรียบเสมือนลูกบอลเล็ก ๆ ที่เคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาในภาชนะปิด ระหว่างที่มันเคลื่อนที่อยู่นั้น มันจะชนกันเองและชนกับพื้นที่ผิวภายในของภาชนะ การเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา, การเกิดปะทะกันเอง และปะทะกับพื้นผิวภายในของภาชนะเช่นนี้จะเกิดความดันขึ้น ถ้ากำหนดให้

m เป็นมวลของโมเลกุลก๊าซมีหน่วยเป็น kg

v เป็นความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของโมแลกุลก๊าซมีหน่วยเป็น m/s และ

n เป็นจำนวนของโมเลกุลก๊าซ ที่บรรจุอยู่ในภาชนะปริมาตร 1 m^3

จะได้ $P = 1/3\ n.m.v^2$

เมื่อก๊าซได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซสูงขึ้น หรือเมื่อก๊าซถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลงทำให้มีจำนวนโมเลกุลของก๊าซต่อ 1 m^3 สูงขึ้น ผลที่ได้คือจะทำให้ความดันสูงขึ้น

1.2 ความดันที่เกิดจากของเหลว (Pressure of Liquids)

ของเหลวมีมวลหนาแน่นกว่าก๊าซมากในทางปฏิบัติถือว่า ของเหลวเป็นสารที่อัดตัวไม่ลง (incompressible) ถ้าเปรียบเทียบกับก๊าซแล้ว ก๊าซเป็นสารที่อัดตัวลง (compressible) เมื่อของเหลวถูกบรรจุอยู่ในภาชนะโมเลกุลของของเหลวจะทับถมกันลงไปเรื่อย ๆ จากบนลงสู่ล่างทำให้ความดันเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามขนาดความสูงของของเหลวนั้น

ความดันที่เกิดจากของเหลวลักษณะนี้เรียกว่า สแตดิกเฮด (static head) หรือเรียกสั้นๆ ว่า เฮด (head)

ถ้ากำหนดให้ P คือ ความดันอันเกิดจากของเหลวมีหน่วยเป็น bar

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลวมีหน่วยเป็น kg/m^3

H คือ ความสูงของของเหลวมีหน่วยเป็น m

และ g คือ แรงโน้มถ่วงมีหน่วยเป็น m/s^2

จะได้ $P = h.\rho.g$

ค่าสแตดิกเฮดของของเหลวที่มีความสูงเท่ากันจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของของเหลวนั้น ปรอทจะทำให้เกิดสแตดิกเฮด 13.6 เท่าของน้ำในความสูงที่เท่ากัน

การวัดความดันโดยอาศัยความต่างระดับของของเหลว ค่าความดันหาได้จากสูตร

$$P = P_1 - P_2 = H.\rho.g \quad \text{.....*}$$

เครื่องวัดแบบนี้เรียกว่า มาโมมิเตอร์ (manometer) เป็นวิธีการวัดที่เก่าแก่ที่สุดเมื่อสมัยยุคแรกของเครื่องจักรไอน้ำก่อนที่จะมีเครื่องมือวัดหลายอย่างเช่นในปัจจุบัน

1.3 รูปแบบของความดัน (Types of Pressure)

รูปแบบของความดันแตกต่างกันไปตามจุดอ้างอิง (reference) ที่มีค่าเป็นศูนย์ ในทางปฏิบัติ จะมี 4 รูปแบบ คือ

- ความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure)
- ความดันเกจ (Gauge pressure)
- ความดันดิฟเฟอเรนเชียล (Differential pressure)
- ความดันในช่วงต่ำกว่าบรรยากาศ (Vacuum)

1.4 ค่าความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure)

ค่าความดันสัมบูรณ์ มีจุดศูนย์อยู่ที่จุดสูญญากาศ (absolute vacuum) ค่าที่กำหนดเป็นความดันสัมบูรณ์จะมีตัวย่อต่อท้ายเป็น "abs" หรือ "a" เช่น bar_{abs} ,Psia หรือ kg/cm^2_{abs} ค่าความดันสัมบูรณ์นี้เป็นค่าที่ใช้สำหรับการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิค เช่น การหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (boiler)

1.5 ค่าความดันเกจ (Gauge Pressure)

ค่าความดันเกจ จะอ้างอิงค่าศูนย์ (Zero reference) ที่ความดันบรรยากาศโดยค่าที่บอกจะเป็นค่าที่สูงกว่า ความดันบรรยากาศขึ้นไป ซึ่งค่าความดันบรรยากาศนี้จะถือที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (mean sea level) มีค่าเท่ากับ 1.01325 bar_{abs} ถ้าวัด ณ จุดใด ๆ บนพื้นโลกจะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 5% ในทางปฏิบัติจะถือโดยประมาณว่าเท่ากัน งานส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมจะบอกเป็นความดันเกจแทบทั้งสิ้น ค่าที่กำหนดเป็นความดันเกจนี้ จะมีตัวย่อต่อท้ายเป็น g หรือ G เช่น bar_g, kg/cm^2_G หรือ Psig

ถ้าเรียบเทียบค่าความดันสัมบูรณ์กับความดันเกจแล้ว ความดันสัมบูรณ์จะมีค่ามากกว่า 1.01325 bar หรือ 14.696 Psi

$$P_{abs} = P_g + Atmospher$$

1.6 ความดันดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Pressure)

เป็นการบอกค่าความแตกต่างความดันระหว่างจุด 2 จุด ความดันดิฟเฟอรเรน-เชียล จะมีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันทั้งสองจุดที่วัดมีค่าเท่ากัน

ค่าที่กำหนดเป็นความดันแตกต่างจะมีตัวย่อต่อท้ายว่า d หรือ D เช่น kg/cm^2_D Psid หรือ bar_d บางครั้งอาจเขียนย่อว่า ▲ P ซึ่งหมายถึงค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลเช่นเดียวกัน ในการใช้งาน ตัวกรองน้ำมัน (strainer) เราสามารถกำหนดเวลาทำความสะอาดของตัวกรองนี้ได้โดยดูค่าความดันดิฟเฟอเรน-เชียล ที่หน้าและหลังตัวกรอง ถ้าค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลน้อย แสดงว่าตัวกรองยังสะอาดแต่ถ้าค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลสูงขึ้นแสดงว่ามีสิ่งสกปรกมาติดมากแล้ว จะชี้บอกว่าถึงเวลาเปลี่ยนตัวกรองได้หรือยัง

1.7 Vacuum

จะอ้างอิงจุดศูนย์ที่ความดันบรรยากาศและค่าจะมากขึ้นเมื่อความดันลดลง ค่าจะได้สูงสุดที่จุดศูนย์ของความดันสัมบูรณ์ (Zero Absolute) Vacuum นี้ บางทีจะเรียกว่าความดันลบ (negative pressure) นิยมกำหนดหน่วยเป็นค่าความสูงของของเหลว เช่น mmHg., inHg. หรือถ้ามีค่าน้อย ๆ อาจกำหนดเป็น mm H_2O, inH_2O และจะมีตัวย่อต่อท้ายด้วย Vac เช่น 758 $mmHg_{Vac.}$ ซึ่งหมายถึงมีค่าความดันต่ำกว่าบรรยากาศลงไป 758 mm.Hg

โดยปกติช่วงการวัดระดับ vacuum แบ่งเป็น 4 ระดับคือ

1. ระดับกลาง (medium) ตั้งแต่ 25 $mmHg_{Vac.}$ ถึง 736 $mmHg_{Vac.}$
2. ระดับค่อนข้างสูง (medium high) ตั้งแต่ 1 ถึง 10^{-3} torr.
3. ระดับสูง (high) 10^{-3} ถึง 10^{-7} torr
4. ระดับสูงสุด (ultrahigh) น้อยกว่า 10^{-7} torr

ในช่วงที่เป็น Vacuum สูง หน่วยที่ใช้จะเรียกเป็น torr "1 torr หมายถึง 1 mmHg" จุดศูนย์อยู่ที่จุดความดันศูนย์สัมบูรณ์ ซึ่งหน่วยนี้ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่ "torricelli" นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีที่เป็นผู้ค้นพบว่าความดัน 1 บรรยากาศมีค่า 760 mmHg

2. เครื่องมือวัดความดัน (Pressure Measuring Instrument)

เครื่องมือวัดความดันมีหลายประเภท แต่ละประเภทก็มีลักษณะการใช้งานและข้อดีข้อเสียต่างกันไปแบบที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้คือ มาโนมิเตอร์ (manometer) บูร์ดอง (Bourdon tube)เบลโลว์ (bellow) ไดอะแฟรมและตัววัดแบบอื่น ๆ ที่มีใช้งานอยู่โดยทั่วไป

2.1 มาโนมิเตอร์ (Manometer)

มาโนมิเตอร์ เป็นการวัดความดันโดยวิธีตรงและเป็นเครื่องมือวัดความดันที่เกิดขึ้นชนิดแรก

หลักการ มาโนมิเตอร์อาศัยหลักการความสมดุลของแรงโน้มถ่วง (gravity balance) โดยให้ความดันแตกต่างมีค่าเท่ากับความสูงแตกต่างของของเหลวในท่อแก้ว

ก. มาโนมิเตอร์รูปตัว U (U-tube Manometer)
ข. มาโนมิเตอร์แบบใช้ของเหลว 2 ชนิด (2 liquies type Manometer)
ค. มาโนมิเตอร์แบบท่อเดี่ยว (Singh Tube Manometer)
ง. มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง (Inclided Manomater)
จ. มาโนมิเตอร์แบบแรงสมดุลบนวงแหวน (Ring Balanced)

<u>เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของมาโนมิเตอร์</u>

<u>ข้อดี (Advantages)</u>

1. เหมาะสำหรับงานวัดค่าความดันต่ำ ๆ จาก 1-2 mm.H_2O ไปจนถึง 1 bar, สามารถใช้วัด vacuum หรือความดันดิฟเฟอเรนเชียลค่าต่ำ ๆ ได้ดี
2. ให้ความเที่ยงตรง (accuracy) และความไวในการวัดสูง (sensitivity)
3. สามารถเลือกของเหลวที่มีความหนาแน่น (density) ต่าง ๆ กันได้มาก
4. เป็นแบบที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด ราคาถูก สามารถทำขึ้นใช้เอง

<u>ข้อเสีย (Disadvantages)</u>

1. ไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน เมื่อเกิดความดันเกินขนาด (over range)
2. วัดความดันได้ในย่านต่ำ ๆ เท่านั้น
3. อาจเกิดปฏิกิริยาทางเคมีหรือเกิดการระเหยตัว กลั่นตัว ถ้าเลือกของเหลวที่ใช้เดิมไม่ถูก
4. ต้องปรับระดับก่อนการใช้งานทุกครั้ง

3. <u>บูร์ดอง</u>

ในสมัยแรก ๆ ที่มีการประดิษฐ์เครื่องจักรไอน้ำ Otto Von Guericke (1602-1686) ได้ใช้มาโนมิเตอร์ในการวัดความดัน แต่ย่านการวัดของมันก็ยังไม่พอเพียง Guericke ต่อท่อตัววัดขึ้นไปถึง 10 เมตรเหนือหลังคาบ้านเขา

ต่อมาในปี 1846 Schinz วิศวกรชาวเยอรมันได้ประดิษฐ์ตัววัดลักษณะนี้ขึ้นมาก่อน และในปี 1848 Eugene Bourdon วิศวกรชาวฝรั่งเศส ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ขึ้นหลังจากที่ปรับปรุงจนใช้งานได้ บูร์ดองเป็นตัววัดความดันที่ประดิษฐ์ขึ้นได้ก่อน ไดอะแฟรมซึ่งถูกประดิษฐ์ขึ้นมาในปี 1850 โดย Schaffer วิศวกรชาวเยอรมัน

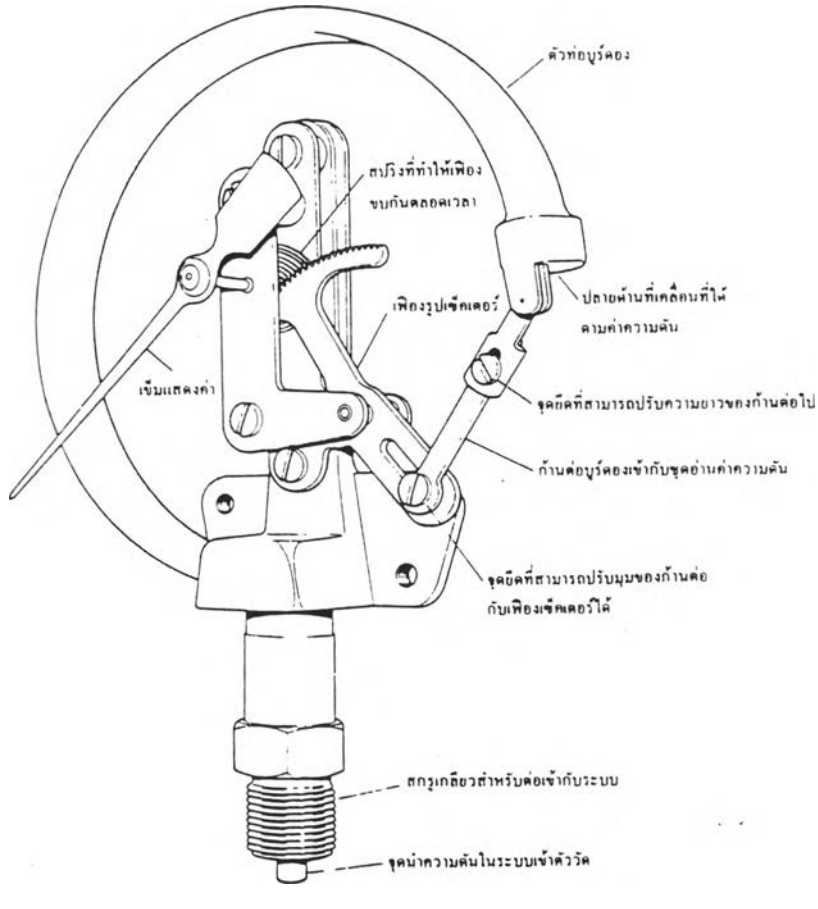
บูร์ดองเป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุดในงานอุตสาหกรรมประมาณ 95% ของเกจวัดความดันที่พบเป็นบูร์ดองทั้งสิ้น เพราะเป็นแบบที่มีโครงสร้างง่าย ราคาถูก วัดความดันได้ถึงย่านสูง ๆ แบบพิเศษอาจถึง 6,800 bar หรือ 100,000 Psig ความเที่ยงตรงดี เมื่อเทียบกับราคาและสามารถออกแบบให้ใช้งานร่วมกันทรานสมิตเตอร์หรือเครื่องบันทึกค่าได้

3.1 หลักการทำงานและโครงสร้างของตัววัดแบบบูร์ดอง

บูร์ดองเป็นท่อโลหะที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรี (oval) และงอขึ้นเป็นส่วนโค้งของวงกลม หรือเป็นขดปลายข้างหนึ่งปิด เมื่อมีความดันต่อเข้าปลายอีกข้างหนึ่งที่เปิดและถูกตรึงอยู่กับที่

ความดันที่ต่อเข้าตัวบูร์ดอง จะทำให้เกิดความเครียด (stress) บูร์ดองจะพยายามเหยียดตัวออกให้ตรงทำให้ปลายข้างที่ปิดเคลื่อนที่ไป การเคลื่อนที่ของปลายท่อด้านนี้จะเปลี่ยนไปเป็นอัตราส่วนกับความดันที่อยู่ภายในท่อ เราจึงสามารถทราบค่าของความดันจากระยะการเคลื่อนที่ไปนี้

บูร์ดองมี 3 แบบ คือ แบบรูปตัว C แบบขดก้นหอย (spiral) และแบบขดซ้อน (helix)



รูปที่ 14 โครงสร้างของตัววัดแบบบูร์ดอง

3.2 ข้อเปรียบเทียบ ข้อดี และข้อเสียของบูร์ดอง (Bourdon tube)

ข้อดี

1. ราคาค่อนข้างถูก
2. มีโครงสร้างง่าย
3. มีขนาดทุกย่านการใช้งาน (range) ให้เลือกตั้งแต่ 15 Psig จนถึง 100,000 Psig
4. สามารถออกแบบให้เข้ากับทรานสดิวเซอร์แบบต่าง ๆ ตั้งแบบนิวแมติก และอิเล็กทรอนิกส์ได้
5. ให้ความเที่ยงตรงในการวัด

ข้อเสีย

1. ฮีสเตอร์รีซิสกว้าง
2. ใช้กับงานในจุดที่มีความสั่นสะเทือนหรือช็อคสูง ๆ จะมีปัญหายกเว้นแบบที่ไม่ใช้เฟืองสำหรับขยาย Mechanical Movement
3. ตัววัดแบบบูร์ดองจะใช้วัดได้ดีสำหรับความดันที่มีค่ามากกว่า 15 Psig หรือ 1 bar ขึ้นไปถึง 100,000 Psig หรือ 6800 bar สำหรับค่าความดันน้อยกว่า 15 Psig ลงมาเนื่องจากบูร์ดองมีคุณสมบัติ low spring gradient จึงไม่นิยมใช้ในย่าน ความดันต่ำ ๆ โดยทั่ว ๆ ไป

แบบ C จะวัดความดันได้จาก 1-6800 bar ค่าผิดพลาด $\pm$ 0.5 - 5% ของค่าเต็มสเกล

แบบก้นหอย จะวัดความดันได้สูงถึง 6800 bar ค่าผิดพลาด ประมาณ $\pm$ 0.5% ของค่าเต็สสเกล

แบบขดซ้อน จะวัดความดันได้จาก 14-5330 bar (200-80,000 Psig) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำ

3.3 วัสดุที่ใช้ทำตัวบูร์ดอง (Bourdon tube)

วัสดุที่ใช้ทำตัวบูร์ดอง มีหลายชนิดแล้วแต่ลักษณะของงาน เช่น ฟอสเฟอร์บรอนซ์, เบอรีลเลียมทองแดง, 4130 อัลลอยสตีล, 316 และ 403 สเตนเลสสตีล, K-monel และ Ni-Span C การเลือกใช้วัสดุทำตัววัดบูร์ดอง ขึ้นอยู่กับ fluid ในระบบ, ย่านความดัน, อุณหภูมิและสภาพการกัดกร่อนของ fluid นั้น เช่น ในระบบที่มีความดันต่ำและไม่กัดกร่อน ฟอสเฟอร์บรอนซ์จะใช้ได้ดี แต่ถ้าสภาพงานที่มี

ความดันค่อนข้างสูงและ fluid เป็นสารกัดกร่อนสเตนเลสสตีลเป็นวัสดุที่เหมาะสม แต่ในสภาพงานที่เผชิญปัญหาหลายด้าน เช่น fluid ที่มีความหนืดสูง, กัดกร่อนและมีอุณหภูมิสูงจะต้องใช้ระบบเคมีคอลซีล (chemical seal) เข้าช่วย

แบบ C จะวัดความดันได้จาก 1-6800 bar ค่าผิดพลาด ± 0.5 - 5% ของค่าเต็มสเกล

แบบกันหอย จะวัดความดันได้สูงถึง 6800 bar ค่าผิดพลาด ประมาณ ± 0.5% ของค่าเต็สสเกล

แบบขดซ้อน จะวัดความดันได้จาก 14-5330 bar (200-80,000 Psig) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำ

3.3 วัสดุที่ใช้ทำตัวบูร์ดอง (Bourdon tube)

วัสดุที่ใช้ทำตัวบูร์ดอง มีหลายชนิดแล้วแต่ลักษณะของงาน เช่น ฟอสเฟอร์บรอนซ์, เบอรีลเลียมทองแดง, 4130 อัลลอยสตีล, 316 และ 403 สเตนเลสสตีล, K-monel และ Ni-Span C การเลือกใช้วัสดุทำดัววัดบูร์ดอง ขึ้นอยู่กับ fluid ในระบบ, ย่านความดัน, อุณหภูมิและสภาพการกัดกร่อนของ fluid นั้น เช่น ในระบบที่มีความดันต่ำและไม่กัดกร่อน ฟอสเฟอร์บรอนซ์จะใช้ได้ดี แต่ถ้าสภาพงานที่มีความดันค่อนข้างสูงและ fluid เป็นสารกัดกร่อนสเตนเลสสตีลเป็นวัสดุที่เหมาะสม แต่ในสภาพงานที่เผชิญปัญหาหลายด้าน เช่น fluid ที่มีความหนืดสูง, กัดกร่อนและมีอุณหภูมิสูงจะต้องใช้ระบบเคมีคอลซีล (chemical seal) เข้าช่วย

3.8 <u>การวัดระดับ</u> (Level Measurement)

ในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท จะมีงานวัดระดับแทรกอยู่ด้วยเสมอ เช่น การวัดระดับน้ำมัน น้ำในถังพัก การวัดระดับน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ โดยอาศัยหลักการวัดโดยวิธีตรง ที่ใช้ลูกลอยหรือดิพสติค (dipsticks) ซึ่งเป็นวิธีการวัดแบบง่าย ๆ แต่ถ้าเป็นการวัดระดับในภาชนะที่มีความดันสูง อุณหภูมิสูง เป็นสารเคมีที่มีอันตราย หรือต้องการสัญญาณระดับ เพื่อไปใช้ในงานอย่างอื่น เช่น เพื่อการควบคุม บันทึกค่า ดังนี้จะใช้การวัดโดยวิธีตรงไม่ได้จะต้องประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์ อื่น ๆ เข้าช่วย เพื่อให้งานการวัดระดับบรรลุผลตามความมุ่งหมาย

1. <u>การแบ่งประเภทวิธีการวัดระดับ</u> (Classification of Methods)

วิธีการวัดระดับพอจะแบ่งเป็นหลักการใหญ่ ๆ ได้สองประเภท คือ

- วิธีการวัดโดยตรง (direct)

- วิธีการวัดโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างอื่นเข้าช่วย (inferential) ในสภาพงานที่มีปัญหา เช่น การวัดระดับน้ำใต้ดินในการขุดเจาะบ่อบาดาล งานวัดระดับของน้ำในหม้อ ไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูง เพื่อควบคุมการป้อนน้ำเลี้ยงในอัตราที่เหมาะสม หรือการวัดระดับของ ผงถ่าน เมล็ดพืชในถังเก็บ เหล่านี้จะต้องอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เข้าช่วยในปัจจุบันที่มีใช้อยู่ในวงการอุตสาหกรรม ได้แก่
  * หลักการของแรงและความดัน (force and pressure)
  * หลักการทางไฟฟ้า (resistance, conductance & capacitance)
  * หลักการการเดินทางของเสียง (ultrasonic)
  * หลักการแผ่รังสีและการดูดซึมพลังงานของสาร (radiation)

2. <u>วิธีการวัดโดยตรง</u>

เป็นวิธีการที่ประหยัด ง่ายและเชื่อถือได้ ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันได้แก่ ดิพสติค และแบบกระจกมองระดับ (glass gauge)

ดิพสติค เป็นก้านโลหะที่มีขีดบอกระดับเป็นระยะ ๆ สำหรับจุ่มลงไปวัดระดับของของเหลว ที่อยู่ในภาชนะต้น ๆ เช่น อ่างเก็บน้ำมันเครื่องของรถยนต์ ภาชนะเก็บน้ำมันสำรองสำหรับหล่อลื่นเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น ปั๊มของเหลวที่ต้องการวัดระดับจะต้องมีความหนืดและระเหยช้า เมื่อต้องการดูระดับจะต้องดึงตัว ดิพสติค ขึ้นมาเช็คคราบน้ำมันออกก่อนแล้วจึงจุ่มลงไปวัดระดับอีกครั้ง ค่าระดับที่บอกส่วนใหญ่จะไม่บอกเป็น ตัวเลขแต่จะบอกเป็นระดับ สูงสุด และต่ำสุด ถ้าระดับน้ำมันอยู่ในช่วงนี้ถือว่าปกติ การวัดเพื่อดูอัตราการใช้น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องจักรกล และสามารถวิเคราะห์การรั่วไหล สภาพเครื่องยนต์ ช่วงเวลาการเติมน้ำมันหล่อลื่น ครั้งต่อไป ข้อควรระวังขณะสอดเข้าไปวัดระดับจะต้องสอดเข้าไปให้สุดและพยายามดึงออกมาตรง ๆ อย่าให้เสียดสีกับขอบถัง

2.1 การวัดระดับโดยใช้กระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge)

กระจกมองระดับเป็นวิธีที่สามารถดูระดับของของเหลวได้โดยตรง ใช้มากกับภาชนะที่ไม่สูงนักแบบพิเศษ สามารถใช้งานได้กับภาชนะที่มีความดันและอุณหภูมิสูง เช่น ในหม้อน้ำเลี้ยง (drum) ของหม้อไอน้ำ (boiler) การอ่านระดับจะอ่านได้เฉพาะจุดที่ติดตั้งกระจกมองระดับเท่านั้น ถ้าต้องการดูระดับในจุดที่ห่างออกไปจากตัววัด เช่น ในห้องควบคุม อาจทำได้โดยใช้โทรทัศน์วงจรปิด เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งและปลอดภัยต่อการใช้งานกระจกมองระดับจะถูกติดตั้งไว้ภายนอกภาชนะ มีวาล์วปิดทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อตัดส่วนนี้ออกขณะต้องการซ่อมบำรุง กระจกแก้วมองระดับแบ่งแยกตามลักษณะโครงสร้างได้เป็น 3 แบบคือ แบบท่อแก้ว (tubular glass), แบบแผ่นแก้วเรียบ (flat glass), และแบบแบ่งเป็นช่อง (multiport)

3. <u>หลักการวัดระดับโดยใช้ลูกลอย</u>

การวัดระดับของของเหลวที่นิยมมากที่สุดวิธีหนึ่ง ก็คือ การวัดระดับของของเหลวโดยใช้ลูกลอย ลูกลอยที่ใช้ในการวัดระดับของเหลวมักกระทำใน 2 ลักษณะ

1. วัดการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของลูกลอย (flat)
2. วัดการเปลี่ยนแปลงของแรงพยุงที่กระทำต่อ displacer (buoyancy on displacer)

เครื่องวัดแบบลูกลอย (float type meter)เป็นเครื่องวัดที่มีโครงสร้างง่าย ๆ สามารถใช้ได้กับงานในสภาพที่มีอุณหภูมิและภายใต้สภาพความดันสูง ๆ ง่ายต่อการใช้สะดวกต่อการปรับแต่ง (calibrate) มีความเที่ยงตรงสูง

4. <u>หลักการวัดระดับโดยวัดการเปลี่ยนแปลงแรงพยุงตัวของ</u> **Displacer**

การวัดระดับแบบใช้การแทนที่ของวัตถุด้วยของเหลว อาศัยหลักการของอาร์คิมิดิส โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของแรงพยุง (bougancy)ที่กระทำต่อวัสดุวัดถุที่ใช้ทำเป็นตัวรับรู้ต่อแรงพยุง จะมีลักษณะ เป็นทรงกระบอกจุ่มอยู่ในของเหลวที่ต้องการทราบค่าระดับ วัสดุรูปทรงกระบอกอันนี้ถ้าถูกแขวนไว้ด้วยตาชั่ง น้ำหนักของรูปทรงกระบอกเมื่อชั่งในอากาศจะมีน้ำหนัก W เมื่อนำวัตถุรูปทรงกระบอกอันนี้นำไปชั่งในของเหลวจะมีน้ำหนักลดลงเหลือ (W) ดังนั้น แรงที่มาทำให้น้ำหนักของวัสดุทรงกระบอกอันนี้น้อยลงก็คือ แรงพยุง ซึ่งกระทำต่อทรงกระบอกในทิศทางตรงกันข้ามกับน้ำหนัก แรงพยุง (F) มีขนาดเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัดถุนี้แทนที่

5. <u>การวัดระดับโดยการวัดความดันดิฟเฟอเรนเชียล</u>
(Differential Pressure Method)

หลักการวัดระดับโดยวิธีการวัดความดันดิฟเฟอเรนเชียล เป็นที่แพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม วิธีหนึ่งสามารถใช้กับของเหลวที่สกปรก มีความดันหรืออุณหภูมิสูงได้ดี

หลักการวัด ตามสมการเบื้องต้น ดังนี้

$$P = h.SG_m \quad \text{.....*}$$

เมื่อ P คือ ค่าความดันมีหน่วยเป็น เมตรน้ำ
h คือ ค่าความสูงของของเหลว มีหน่วยเป็นเมตร
SG_m คือ ค่า ถพ.ของสาร (ไม่มีหน่วย)

พิจารณาจากสมการ ค่า ถพ.ของสารเป็นค่าคงที่ซึ่งเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารนั้น เช่น น้ำ มีค่า ถพ.เป็น 1, ปรอท มีค่า ถพ.13.6 ดังนั้น ความดันที่เกิดขึ้นจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสูงของของเหลวนั้น ดังสมการใหม่นี้

$$h = \frac{P}{SG_m} \quad \text{.....*}$$

6. หลักการวัดระดับโดยวัดค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance Type)

ถ้าเราใส่ขั้วตัวนำ (electrode) ติดตั้งลงไปในแนวตั้งของภาชนะตามรูป เมื่อป้อนไฟฟ้าไปที่ขั้วตัวนำและโลหะของภาชนะจะเกิดเป็นตัวประจุไฟฟ้า (capacitor) โดยขั้วตัวนำและโลหะของภาชนะจะเป็นแผ่น plate สองแผ่นที่มีตัวเก็บประจุคือสารที่ถูกบรรจุอยู่ในภาชนะนั้น

สารทุกชนิดมีค่า dielectric constant ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารนั้น ๆ โปรดพิจารณาค่าประจุระหว่าง plate ทั้งสองจะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามสมการ

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \quad \text{.....*}$$

เมื่อ C คือ ค่าประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็น ฟารัด $\frac{A.S}{V}$

A คือ พื้นที่ตั้งฉากของ plate ทั้งสองกับทิศทางของเส้นแรงไฟฟ้ามีหน่วยเป็นตารางเมตร

d คือ ระยะห่างระหว่าง plate ทั้งสอง มีหน่วยเป็นเมตร

ε คือ ค่า dielectric constant ของตัวกลาง มีหน่วยเป็นฟารัดต่อตารางเมตร $\frac{A.S}{V.m.}$

ค่า ε ของอากาศมีค่าเท่ากับ 1 ก๊าซส่วนใหญ่จะมีค่าประมาณ 1 น้ำบริสุทธิ์มีค่า 80 เนื่องจากค่า A และ d เป็นค่าคงที่ ดังนั้นค่าประจุจึงแปรเปลี่ยนไปตามระดับของสารตัวกลางที่เข้าแทนที่อากาศ เนื่องจาก ε มีค่าสูงกว่าอากาศ หลักการวัดระดับด้วยการวัดค่าความจุทางไฟฟ้าจึงเหมาะสำหรับสารตัวกลางที่มีค่า ε สูงกว่า ε ของอากาศมาก ๆ โดยธรรมชาติ ค่า ε ของสารจะเปลี่ยนค่าไปบ้างตามอุณหภูมิ และความหนาแน่น ถ้าสารตัวกลางเป็นผงเช่น ขี้เถ้า เมล็ดพืช ค่า ε จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นตามตารางที่ 25 แต่ถ้าสารตัวกลางเป็นของเหลวค่า ε จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในของเหลวชนิดเดียวกันที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะมีค่า ε สูงกว่า

Probe แบบอ่อน (Flexible) เหมาะสำหรับช่วงการวัดระดับสูงกว่า 12 ฟุตขึ้นไป สามารถม้วนได้ทำให้ง่ายต่อการขนส่ง และติดตั้งเหมาะสำหรับใช้วัดระดับในถัง, ไซโล หรือ Hoppers

Probe แบบมี sleeve เหมือนกับแบบ rigid แต่มี sleeve โลหะหุ้มอยู่รอบ probe เพื่อให้การเปลี่ยนค่าของประจุเป็นไปอย่าง linear ไม่ขึ้นอยู่กับรูปร่างของถัง probe แบบนี้เหมาะสำหรับใช้กับของเหลว เท่านั้น

7. <u>ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน</u> **(Resistance Sensor)**

ตัววัดแบบเปลี่ยนค่าความต้านทางเป็นส่วนที่จมอยู่ในสารที่ต้องการวัดระดับจุถูกสารนั้นบีบตัว ทั้งสองด้านทำให้ลวดความต้านทานถูกบีบดิด (short) เข้ากับแกนซึ่งเป็นตัวนำ (Conducting base strip) ค่าความต้านทานรวมของตัววัดจะลดลง "การลดลงนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มของระดับ"

8. <u>ใช้หลักการวัดค่าความนำไฟฟ้า</u> **(Conductance Sensor)**

วิธีการนี้เหมาะสำหรับวัดระดับของเหลวที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูง เช่นน้ำ สารที่มีส่วนผสมของกรด, ด่างหรือเกลือ

วิธีการวัด ตัววัด (probe) ตัวนำจะถูกติดตั้งอยู่ในระดับต่าง ๆ กันในภาชนะอาจติดตั้งอยู่ในแนวตั้งหรือแนวนอนก็ได้

ไฟที่ใช้เลี้ยงวงจรเป็นไฟที่มีค่าต่ำ ๆ (ไม่เกิน 45 โวลท์) ซึ่งไม่เป็นอันตรายกับคน ขั้วหนึ่งต่อกับตัวภาชนะที่เป็นโลหะ อีกขั้วหนึ่งต่อเข้ากับ probe ตามความสูงที่ต้องการในลักษณะขนานเมื่อระดับของของเหลวสูงขึ้นมันจะทำหน้าที่เป็นตัวนำต่อเชื่อมให้ครบวงจร อาจถูกต่อไปจุดไส้หลอดหรือเลี้ยงรีเลย์แสดงให้ทราบว่าระดับของของเหลวอยู่ในช่วงไหน

การใช้งาน อาจนำไปใช้ในการควบคุมการป้อนน้ำเข้าถังพัก โดยนำไปเป็นตัวกำหนดการเดินปั๊ม เมื่อระดับน้ำสูงถึงก้านตัวนำอันบน ปั๊มจะถูกสั่งให้หยุดการทำงาน และจะต่ออีกครั้งเมื่อระดับน้ำลดลงต่ำกว่าก้านตัวนำอันล่าง

9. <u>วิธีการวัดระดับแบบใช้คลื่นอุลตราโซนิค</u> **(Ultrasonic type)**

คุณสมบัติของอุลตราโซนิค อุลตราโซนิค คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz อันเป็นย่านที่หูมนุษย์ไม่ได้ยินและมีระดับพลังงานต่ำมากเพียงไม่กี่มิลลิวัตต์เท่านั้น ความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางขึ้นอยู่กับ รูปแบบของคลื่น ความหนาแน่น และคุณสมบัติการยืดหยุ่นของตัวกลาง (Elastic Constant) ของตัวกลางที่คลื่นเสียงนั้นเดินทางผ่าน

ความเข้มของเสียง และระดับความดันของคลื่นเสียง (sound pressure) จะถูกวัดในรูปของ เดซิเบลล์ (dB) ตามสูตรดังนี้

$$i = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

เมื่อ i คือ ความเข้มของเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบลล์ (dB)

I คือ ความเข้มของเสียงที่วัดได้มีหน่วยเป็น วัตต์/ซม^2

I_0 คือ ค่าความเข้มของเสียงอ้างอิง (reference)ที่ความถี่ 1000Hz และมีค่า 10 วัตต์/ซม^2

$$\rho = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

เมื่อ ρ คือ ความเข้มของเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบลล์

P ค่าความดันของเสียงที่วัดได้มีหน่วยเป็น dyne/ซม^2

P_0 คือ ค่าความดันของเสียงอ้างอิงมีค่า 2×10^{-4} dyne/ซม^2

เมื่อคลื่นเสียงวิ่งอยู่ในตวกลางไปกระทบของแข็งเช่น กำแพง, หน้าผาหรือพื้นผิวของของเหลวบางส่วนของคลื่นเสียงเท่านั้นจะแทรกผ่านเข้าไปในสารนั้น ๆ ส่วนใหญ่จะสะท้อนกลับที่เรียกว่า เอคโค่ (Echo) การสะท้อนของเสียงมีลักษณะเหมือนการสะท้อนของแสง

มุมสะท้อน r αr = มุมตกกระทบ αe

ลักษณะของการสะท้อนของเสียงตามรูปเมื่อเสียงกระทบกับของแข็งทรงกลมทิศทางการสะท้อนก็ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบทำให้เสียงกระจายไปในทิศทางต่าง ๆ แต่สำหรับวัตถุที่ผิวเรียบคลื่นเสียงที่มาตกกระทบส่วนใหญ่จะสะท้อนออกจากระนาบนั้นอย่างมีระเบียบ

10. <u>การวัดระดับโดยวิธีวัดการแผ่รังสีของสารกัมมันตภาพ</u> (Neuclear Radiation Type)

วิธีการวัดระดับใช้สารกัมมันตภาพเริ่มมีใช้เป็นครั้งแรกประมาณปี ค.ศ.1950 สำหรับใช้วัดระดับในงานที่ปัญหาซึ่งวิธีการวัดแบบมาตรฐานที่กล่าวมาแล้ว ไม่สามารถวัดได้เช่นตัววัดต้องสัมผัสสารที่เหนียว กัดกร่อนขัดสี มีอุณหภูมิสูง มีความดันสูง มีไอกรด มีความชื้นสูง อันจะมีผลกระทบกระเทือนต่อการทำงานของตัววัดระดับหรือทำให้มีอายุการใช้งานสั้นลง

หลักการของเครื่องวัดระดับแบบวิธีการแผ่รังสี ใช้สารกัมมันตภาพเช่น เรเดียม ซีเซียม 137 หรือ โคบอลท์ 60 ซึ่งโดยธรรมชาติจะแผ่รังสีหลายย่านความถี่ออกมาตลอดเวลา เช่น แอลฟ่า เบตา

และแกมมา รังสีที่ใช้ในงานวัดระดับ คือแกมมา เพราะรังสีแอลฟา จึงไม่พบที่ประยุกต์ใช้กับงานด้านเครื่องมือวัดในงานอุตสาหกรรม รังสีเบตาสามารถเจาะผ่านเข้าไปในเนื้อสารต่าง ๆ ได้บ้างส่วนใหญ่ จะพบใช้งานในการวัดวัสดุที่มีผิวงานไม่หนานัก รังสีแกมมาให้พลังงานในการแผ่รังสีสูง สามารถเจาะผ่านเข้าไปในเนื้อสารได้ดีมีที่ใช้งานในด้านเครื่องมือวัดหลายประเภท เช่น งานวัดความหนาแน่น, วัดน้ำหนัก

หน่วยวัดความเข้มของการแผ่รังสีวัดเป็น "คูรี" (1 คูรีมีค่า 3.7×10^{10} disintegration ต่อวินาที) แต่คูรีเป็นหน่วยใหญ่ หน่วยที่ใช้ในทางปฏิบัติจึงวัดเป็น "มิลลิคูรี" (10^{-3} คูรี) สารที่ให้รังสี (radioactive material) ที่ใช้โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. เรเดียมเป็นสารที่มีราคาแพงแต่ให้อายุการใช้งานนานที่สุด โดยให้อายุการใช้งานที่ halflife (หมายถึง ช่วงเวลาที่เรเดียมลดความเข้มเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของความเข้มในตอนเริ่มใช้งาน) ซึ่งเป็นระยะเวลาประมาณ 1400 ปี เรเดียมเป็นสารที่ให้พลังงานการแผ่รังสีน้อยเมื่อเทียบกับซีเซียม 137 และโคบอลท์ 60 ถ้าต้องการให้ได้ความเข้มของรังสี 1 คูรี จะต้องใช้เรเดียม ถึง 1000 มิลลิกรัม

2. ซีเซียม 137 ให้ความเข้มของพลังงานการแผ่รังสีปานกลาง โดยซีเซียม 137 เพียง 11.5 มิลลิกรัมจะให้ความเข้ม 1 คูรี อายุการใช้งานที่ halflife ของซีเซียม 137 ประมาณ 33 ปี

3. โคบอลท์ 60 ให้ความเข้มของพลังงานการแผ่รังสีมากกว่าสองแบบแรก โดยโคบอลท์ 60 เพียง 0.88 มิลลิกรัม จะให้ความเข้ม 1 คูรี อายุการใช้งานที่ halflife ของโคบอลท์ 60 ประมาณ 5 ปี เท่านั้น

รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความถี่สูงและมีความยาวคลื่นสั้นมากหน่วยวัดความเข้มในอากาศอีกหน่วยหนึ่งจะวัดเป็น milliroentgen ในทางอุตสาหกรรมหน่วยการวัดความเข้มจะระบุเป็น milliroentgen ต่อชั่วโมง โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$D = 1000 \frac{KMc}{d^2}$$

เมื่อ D คือ ความเข้มของการแผ่รังสีมีหน่วยเป็น MR/HR
Mc คือ ค่า มิลลิคูรี่ จากตัวส่ง
d^2 คือ ระยะทางจากตัวส่ง ถึง ตัวรับ
K คือ ค่าคงที่ สำหรับ เรเดียม มีค่า 1.3
ซีเซียม 137 มีค่า 0.6
โคบอลท์ 60 มีค่า 2.0

การกำหนดขนาดความเข้มในการแผ่รังสีของตัวส่ง ดามรูปที่ 3.47 เป็นการแสดงความเข้มของรังสีที่ลดลงตามระยะทางและชนิด ความหนาของวัสดุของซีเซียม 137

โลหะที่ความเข้มของรังสีลดลงอย่างรวดเร็วคือ ตะกั่ว (lead) ด้วยความหนาเพียง 2 นิ้วเศษ ความเข้มของรังสีจะลดลงหมดจนไม่มีเหลือผ่านออกมาเลย ดังนี้ ตะกั่วจึงเป็นโลหะที่ใช้ทำภาชนะสำหรับเก็บสารกัมมันตภาพได้ดี ความเข้มข้นของรังสีที่ระยะรัศมีที่เท่ากัน สารที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าจะดูดซึมพลังงานไปได้มากกว่า ตามรูปที่ 3.48

แสดงความสัมพันธ์ของสารที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ 11.3 ถึง 0.5

ในการเลือกใช้ปริมาณสารกัมมันตภาพสำหรับงานวัดระดับในงานอุตสาหกรรม จะต้องให้ความเข้มที่ตัวรับมีค่าอย่างน้อย 2.0 milliroentgen ต่อชั่วโมงเมื่อระดับของสารที่ต้องการวัดยังไม่สูงถึง (ภาชนะเปล่า) ตัวรับและจะมีค่าเปลี่ยนไปอย่างน้อย 50% เมื่อระดับของสารสูงพ้นระดับตัวรับ ตามรูปที่ 3.48 เป็นตัวอย่าง การเลือก ใช้ปริมาณของซีเซียมในการวัดระดับ

11. <u>การวัดระดับแบบใช้คลื่นอินฟาเรด</u> (Infared Technique)

เป็นการประยุกต์ หลักการดูดซึมและหักเหของคลื่นแสงอินฟาเรดในตัวกลางที่เป็นน้ำและอากาศแตกต่างกันมาใช้ในงานอุตสาหกรรมการวัดระดับ เมื่อแสงจากไดโอดเปล่งแสง (L) ส่องผ่านแท่งผลึกควอทซ์ (Q) ซึ่งปลายเป็นมุมแหลมเพื่อหักเหแสงอินฟาเรดในกรณีที่ควอทซ์ลอยอยู่ในอากาศเพื่อให้เกิดแสงสะท้อนกลับมายัง โฟโต้ไดโอด (P) สัญญาณที่ตรวจจับได้นี้แสดงว่าระดับน้ำยังต่ำกว่าจุดติดตั้งตัววัดอันนี้ แต่ถ้าระดับน้ำขึ้นสูงถึงตัววัดคลื่นอินฟาเรดจะถูกหักเหให้กระจัดกระจายไปในของเหลวไม่สะท้อนกลับมายัง โฟโต้ไดโอด จึงทำให้โฟโต้ไดโอดไม่ทำงาน หลักการวัดแบบนี้ใช้วัดได้เป็นจุด ๆ

การวัดระดับด้วยการใช้คลื่นแสงอินฟาเรดนี้ สามารถที่จะประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น การวัดระดับของน้ำในถัง ถังบรรจุสารเคมี การวัดจะให้ความแน่นอน (reliability) สูง โดยไม่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น, ความนำไฟฟ้า ของของเหลวนั้น แต่ก็ใช้บอกระดับได้เป็นจุดเท่านั้น

แสดงความสัมพันธ์ของสารที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ 11.3 ถึง 0.5

ในการเลือกใช้ปริมาณสารกัมมันตภาพสำหรับงานวัดระดับในงานอุตสาหกรรม จะต้องให้ความเข้มที่ตัวรับมีค่าอย่างน้อย 2.0 milliroentgen ต่อชั่วโมงเมื่อระดับของสารที่ต้องการวัดยังไม่สูงถึง (ภาชนะเปล่า) ตัวรับและจะมีค่าเปลี่ยนไปอย่างน้อย 50% เมื่อระดับของสารสูงพ้นระดับตัวรับ ตามรูปที่ 3.48 เป็นตัวอย่าง การเลือก ใช้ปริมาณของซีเซียมในการวัดระดับ

11. <u>การวัดระดับแบบใช้คลื่นอินฟาเรด</u> (Infared Technique)

เป็นการประยุกต์ หลักการดูดซึมและหักเหของคลื่นแสงอินฟาเรดในตัวกลางที่เป็นน้ำและอากาศแตกต่างกันมาใช้ในงานอุตสาหกรรมการวัดระดับ เมื่อแสงจากไดโอดเปล่งแสง (L) ส่องผ่านแท่งผลึกควอทซ์ (Q) ซึ่งปลายเป็นมุมแหลมเพื่อหักเหแสงอินฟาเรดในกรณีที่ควอทซ์ลอยอยู่ในอากาศเพื่อให้เกิด

แสงสะท้อนกลับมายัง โฟโต้ไดโอด (P) สัญญาณที่ตรวจจับได้นี้แสดงว่าระดับน้ำยังต่ำกว่าจุดติดตั้งตัววัดอันนี้ แต่ถ้าระดับน้ำขึ้นสูงถึงตัววัดคลื่นแสงอินฟาเรดจะถูกหักเหให้กระจัดกระจายไปในของเหลวไม่สะท้อนกลับมายัง โฟโต้ไดโอด จึงทำให้โฟโต้ไดโอดไม่ทำงาน หลักการวัดแบบนี้ใช้วัดได้เป็นจุด ๆ

การวัดระดับด้วยการใช้คลื่นแสงอินฟาเรดนี้ สามารถที่จะประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น การวัดระดับของน้ำในถัง ถังบรรจุสารเคมี การวัดจะให้ความแน่นอน (reliability) สูง โดยไม่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น, ความนำไฟฟ้า ของของเหลวนั้น แต่ก็ใช้บอกระดับได้เป็นจุดเท่านั้น

4. การวัดอัตราการไหล (Flow measurement)

ตัวแปรที่สำคัญในระบบควบคุมอีกตัวหนึ่งคือ Flow (การไหล) เพราะตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องการควบคุมจะถูกควบคุมโดยปริมาณของ flow เกือบทั้งสิ้นโดยส่งผลไปที่วาล์วควบคุม (control valve) หรือ Damper เมื่อ fluid ของระบบเป็นอากาศหรือก๊าซ วิธีการและเครื่องมือวัด flow มีหลายชนิด แต่ละวิธีก็มีหลักการที่แตกต่างกันออกไปส่วนใหญ่แล้วมิใช่เป็นการหาค่า flow โดยตรงแต่จะวัดหาความเร็ว (velocity) ของการไหลแล้ว คำนาณออกมาเป็นอัตราการไหล เช่น วิธีการหาค่าความดันแตกต่างโดยใช้ออริฟิส, แบบใช้หลักการแม่เหล็ก (magnetic flow meter), แบบใช้อุลตราโซนิค, แบบใช้ Vortex, แบบใช้เทอร์ไบน์ หรือแบบโรต้ามิเตอร์ จะเห็นว่าวิทยาการหลายแขนงสามารถประยุกต์เข้ามาวัดค่า flow ได้ ซึ่งก็มีข้อดี-ข้อเสีย, ขีดจำกัดในการใช้งานแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของเครื่องมือวัดและ fluid ที่ต้องการวัดนั้น ๆ แบบที่สามารถวัดปริมาตรได้โดยตรงคือแบบ Positive Displacement ดังรายละเอียดของแต่ละแบบที่จะกล่าวต่อไป

1. ธรรมชาติของของไหล (Nature of fluids)

คุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของของไหลแต่ละชนิดที่ควรทราบ เพื่อใช้เป็นตัวพิจารณาเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมเช่น ค่าความหนืด (viscosity), ค่าความหนาแน่น (density), การลดปริมาตรลง เมื่อความดันเพิ่มขึ้น (compressibility), ความดัน, อุณหภูมิ, ค่า Reynolds' number ฯลฯ ซึ่งค่าเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กัน เช่นเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะเปลี่ยนตามไปโดยเกือบทั้งสิ้น

1.1 อุณหภูมิ (Temperature) ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จะทำให้ตัวแปรอื่น ๆ อีกหลายตัว เช่น ค่าความหนืด, ค่าความหนาแน่น, Compressibility เปลี่ยนแปลงค่าตามไปด้วย, ในการวัด fluid ที่เป็นของเหลว เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงไหลผ่านตัววัดมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยดังนั้นจึงประมาณว่ามีค่าคงที่ แต่ใน fluid ที่เป็นก๊าซหรือเป็นไป อุณหภูมิจะต้องวัดและนำมาเป็นตัวแก้ไขค่าของ flow ด้วย ในการวัดค่าแบบปริมาตร (volumetric flow) ค่าอุณหภูมิพื้นฐาน (temperature base) มีค่า 60 F หรือ 520 R ในหน่วยของค่าอุณหภูมิสมบูรณ์ ค่า flow ในระบบที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ จะต้องเทียบมาที่อุณหภูมิพื้นฐานนี้เพื่อสะดวกในการเปรียบเทียบและค่าที่บอกเป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไป

1.2 ความดัน (Pressure) การเปลี่ยนแปลงค่าของความดันในของเหลวจะมีผลต่อตัวแปรอื่น ๆ น้อยกว่าการเปลี่ยนแปลวของอุณหภูมิ ค่าความดันพื้นฐาน (pressure base) มีค่า 14.7 Psia สำหรับการวัดแบบกำหนดค่าเป็นปริมาตร เช่น ค่า Air Flow กำหนดไว้ 15 SCFM (standard cubic feet per minute) หมายความว่าค่า Air Flow ขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 15 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ที่อุณหภูมิ 60 F และความดัน 14.7 Psia แม้ว่าอุณหภูมิและความดันจะไม่เท่ากับ 60 F และ 14.7 Psia ที่ต้องเทียบค่าปริมาตรมาบอกที่ความดันพื้นฐานและอุณหภูมิพื้นฐานเพื่อให้สะดวกต่อความเข้าใจ โดยยึดการบอกค่าที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน

1.3 ค่าความหนืด (Viscosity) คือ คุณสมบัติต่อต้านการไหลของสารในสมัยก่อนการกำหนดค่าความหนืดได้จากเครื่องมือที่รักษาระดับความสูงและอุณหภูมิของของเหลวและให้ของเหลวไหลหยดออกมาช่องแคบ ๆ (orifice) หรือท่อแค็พพิลลารีให้ได้ปริมาตรที่กำหนด เช่น SSU กำหนด 60 cm^3, แบบ redwood กำหนดไว้ 50 cm^3 และนับจำนวนวินาทีตั้งแต่เริ่มจนถึงปริมาตรที่กำหนดเป็นค่าความหนืด แต่ค่าความหนืด ที่บอกนี้เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบกันมากกว่าและใช้วัดค่าได้ต่ำสุดที่ 32 คือ ค่าความหนืดของน้ำเท่านั้น ต่ำกว่านั้นกำหนดไม่ได้จึงเหมาะสำหรับการเปรียบเทียบความหนืดในวงการอุตสาหกรรมน้ำมันเท่านั้น ต่อมาเมื่อวิทยาศาสตร์เจริญก้าวหน้ามากขึ้น ค่าความหนืดของสารอื่น ๆ ที่เป็นก๊าซจำเป็นต้องกำหนดขึ้น จึงมีผู้คิดค้นหาหน่วยที่เป็นวิทยาศาสตร์สามารถคำนวณร่วมกับตัวแปรตัวอื่น ๆ ได้ โดยกำหนดนิยามขึ้นดังนี้

$$\text{ความหนืด} = \frac{\text{Shear. Stress}}{\text{Velocity. gradient}} \quad \text{..... } \frac{kg}{m}$$

1.4 ค่า Reynold Number

ตั้งชื่อตามนักวิจัยยุคแรก Osborne Reynolds ผู้ค้นพบ ปรากฏการณ์ของของไหล โดย Reynolds พบว่าตัวเลขดรรชนีชี้บอกสภาพการไหล ขึ้นอยู่กับความเร็วในการไหล ความหนืด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อและค่าความหนาแน่นของ fluid

ถ้ากำหนดให้

- ρ คือ ค่าความหนาแน่นของ fluid
- V คือ ความเร็วในการไหล
- d คือ ขนาด ของท่อ
- η คือ ค่าความหนืดของ fluid

และ R_D คือ ค่า Reynolds Number

จะได้ $R_D = \frac{v.d\rho}{\eta}$ .....*

R_D เป็นค่าไม่มีหน่วย (Dimensionless)

1.5 Laminar flow

ลักษณะการไหลจะเป็นไปอย่างราบเรียบ ชั้นของ fluid จะขนานกันไปตลอดการไหล ในลักษณะนี้เกิดจาก fluid นั้นมีความเหนียวข้นมากเช่น กลีเซอรีน น้ำมันเตา อณูของสารเหล่านี้จับตัวกันแน่น หรืออัตราการไหลมีค่าต่ำมาก ๆ

ในงานวัด flow โดยทั่ว ๆ ไป ส่วนใหญ่จะไม่พลการไหลแบบ Laminar นี้ ข้อดีของ Laminar flow คือ ให้ Rangeability ดีกว่าแบบ Turbulent มากในเครื่องวัด flow แบบ Turbulent ค่าอัตราการไหล flow จะแปรผันกับความดันดิฟเฟอเรนเชียลกำลังสอง ซึ่งจะให้ Rangeability ประมาณ 5:1 เป็นอย่างสูง แต่ในการไหลแบบ Laminar ความสัมพันธ์ระหว่างค่า flow กับความดันดิฟเฟอเรนเชียล จะเป็นไปในแบบเชิงเส้น (Linear) ทำให้ได้ค่า Rengeability ได้ถึง 100:1 และให้ความถูกดังอดีตลอดย่าน ผิดกับแบบ Turbulent ที่ให้ความถูกต้องดีเฉพาะ flow ย่านสูง ๆ แต่ย่านต่ำ ๆ จะมีค่าผิดพลาดสูง

การแบ่งย่าน Laminar flow กับ Turbulent flow พิจารณาที่ค่า Reynold Number R_D จาก 0 ถึง 2100 เป็นย่าน Laminar แต่ในช่วง R_D 2100 ถึง 4000 จะเป็นย่านวิกฤติ (critical zone) ซึ่งมี การไหลทั้งสองแบบผสมกัน

1.6 Turbulent

การไหลส่วนใหญ่จะเป็นแบบ Turbulent แทบทั้งสิ้นลักษณะการไหลจะเป็นอย่างไม่มีระเบียบไม่มีชั้นที่แน่นอน การไหลลักษณะนี้เป็นไปอยู่ที่ท่อซึ่งเราไม่สามารถเห็นได้ จะต้องพิจารณาที่ค่า Reynold Number R_D ถ้าค่า R_D มากกว่า 4000 ขึ้นไป การไหลจะเป็นแบบ Turbulent ข้อมูลที่ทดลองพบในช่วงหลายปี ที่ผ่านมา เช่น ออร์ฟิส เป็นแบบ Turbulent flow แทบทั้งสิ้น

ความหนาแน่นของของเหลวจะเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิ แต่เกือบจะไม่มีผลเลยเมื่อความดันเปลี่ยนไป (ยกเว้นในช่วงความดันสูงมาก ๆ) โดยปกติจะเรียกของเหลวเป็นสารประเภทอัดตัวไม่ลง (incompressible) ในสารที่เป็นไอและก๊าซ ความหนาแน่นจะเปลี่ยนตามทั้งค่าความดันและอุณหภูมิ ค่า flow ส่วนใหญ่แล้วจะวัดเป็นค่าปริมาตร (volumetric flow) ดังนั้น ถ้าต้องการทราบมวล (mass flow) จะต้องหาค่าความหนาแน่นก่อนจึงสามารถทราบค่ามวลได้

2. เครื่องมือวัด Flow

2.1 การวัด Flow แบบวัดความดันดิฟเฟอเรนเชียล

ก. หลักการ อาศัยทฤษฎีของ Bernoulli ที่กล่าวว่า "ของไหลแบบ steady (อัตราการไหลสม่ำเสมอหรือเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ที่ปราศจากแรงเสียดทานแล้วผลบวก Velocity head, Pressure head และ elevation head ในทุกจุดของท่อจะเป็นค่าคงที่

2.2 เครื่องมือวัด Flow แบบ Positive Disphlacement

ก. หลักการของแบบ Positive Displacement

เป็นเครื่องมือวัดปริมาตรของการไหลโดยแต่ละรอบของการหมุนของเครื่องมือวัดจะแบ่งปริมาตรของเหลวออกเป็นห้วง ๆ แต่ละห้วงที่ไหลผ่านมีปริมาตรที่แน่นอน ดังนั้นอัตราการไหลขึ้นอยู่กับจำนวนห้วง (pulse) กับแกน ทำให้อ่านค่า flow รวม (total หรือ intograted) ได้ที่หน้าปัดโดยตรง แต่ในปัจจุบันสามารถต่อเข้ากับระบบดิจิตอลได้โดยตรง ถ้าเราติดตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเป็นห้วง ๆ (pluse) ให้ผลิตสัญญาณตามจำนวนรอบของการหมุน ดังสมการ

$$Q = K.n. \quad \text{....*}$$

เมื่อ Q คือ ปริมาตรทั้งหมดที่ไหลผ่านเครื่องมือวัด
K คือ ค่าคงที่
n คือ จำนวน Pulse ที่วัดได้

แต่ถ้าต้องการทราบค่าอัตราการไหล (flow rate) ก็สามารถทำได้โดยผ่านภาคคำนวนหา

$$Q = C.\frac{n}{T} \quad \text{.....*}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลมีหน่วยเป็นปริมาตรต่อหน่วยเวลา T เช่น m3/ชม.
C คือ ค่าคงที่
n คือ จำนวน pulse ที่วัดได้ ใน 1 หน่วยเวลา T

รูปแบบของ เครื่องวัด flow แบบ Positive Displacement มีหลายแบบ แบ่งตามลักษณะการหมุนของตัววัด ดังนี้ แบบนิวเดติ้งดิสค์, แบบลูกสูบหมุน (oscillating piston) แบบโอวอล (oval)

ข. แบบนิวเดติ้งดิสค์ เป็นแบบที่นิยมใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำประปา ตัวดิสค์ถูกติดตั้งอยู่บนบอลล์แบริ่งในตำแหน่งเอียงพอดีขอบทั้งสองด้านสัมผัสกับกล่องที่บรรจุอยู่ ทำให้ปริมาตรถูกแบ่งเป็น 2 ห้อง (chamber) คือ ด้านล่างและด้านบนของตัวดิสค์

การทำงาน ด้านข้างของกล่องบรรจุดิสค์ถูกเจาะเป็น 2 ช่อง ช่องหนึ่งเป็นทางเข้าของของเหลว อีกช่องหนึ่งเป็นทางออก เมื่อมีของเหลวไหลเข้าสู่กล่องทำให้ดิสค์หมุนไป ขอบดิสค์ด้านที่สัมผัสกับกล่องทำหน้าที่เป็นตัวกั้นของเหลวที่ไหลเข้าไปในกล่องแล้วมิให้รั่วออกทิศทางการหมุนของดิสค์จะเป็นไปตาม ทิศทางการไหลของของเหลวเนื่องจากความดันดิฟเฟอเรนเชียลที่เกิดขึ้นที่ด้านเข้าและด้านออกของตัววัด ใน หนึ่งรอบที่ดิสค์หมุนไป จะมีปริมาตรของเหลวไหลผ่านตัววัดแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงบนและช่วงล่างของดิสค์ ดังนั้นปริมาตรที่ไหลผ่านตัววัดจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนรอบที่ดิสค์หมุนไปแกนที่ติดกับบอลล์แบริ่ง สามารถนำไปขับเฟืองอ่านค่า flow รวมได้โดยตรงหรืออาจต่อไปเข้ากับตัวสร้าง Pluse ผลิตสัญญาณไฟฟ้าให้สัญญาณเป็นดิจิตอลได้

ค. แบบลูกสูบหมุน (Oscillating Piston) หลักการทำงานของแบบนี้คล้าย ๆ กับแบบนิวเตติ้วดิสค์แต่ใช้ลูกสูบที่ถูกวางเยื้องศูนย์อยู่กับกรอบวงกลมหมุนส่ายไปรอบ ๆ โรลเล่อร์ ด้านเข้าและด้านออกของของเหลว จะถูกกั้นด้วยไดอะแฟรมแผ่นตรง

ง. แบบโอว่อล (Oval) ลักษณะเป็นเฟืองรูปวงรี (oval) 2 อันขบกันอยู่ในตัววัด เฟืองนี้ จะถูกผลักให้หมุนไปเนื่องจากความดันของของเหลวทางด้านเข้า (inlet) เมื่อเฟืองทั้งคู่หมุนไปจะเกิดจังหวะรับและคายของเหลวสลับกันไป การหมุนของเฟืองแต่ละรอบจะส่งผ่านของเหลวไปได้ 2 ช่วงของปริมาตรที่ช่องว่างระหว่างเฟืองกับกรอบตัววัด การที่ออกแบบตัวหมุนเป็นเฟืองขบกันเพื่อป้องกันการเลื่อนของตัวโอว่อล (Slip) และเพื่อให้เป็นตัวกั้นระหว่างของเหลวทางด้านเข้าและด้านออกได้ดียิ่งขึ้น การวัดอัตราการไหลด้วยวิธีนี้สามารถลดค่าผิดพลาดลงเหลือต่ำกว่า 0.5% เท่านั้น

ค่าความหนืดของของเหลวจะมีผลต่อการวัดอยู่บ้างโดยเฉพาะในช่วงอัตราการไหลต่ำ ๆ

ตัวอย่าง เช่นในโอวอลตัวหนึ่งมีค่าผิดพลาดสัมพันธ์กับค่าความหนืดดังนี้ แกซโซลีนที่มีค่าความหนืด 0.4 cp จะอ่านค่าได้น้อยกว่าความเป็นจริงมากกว่า 1% ในช่วงอัตราการไหลต่ำกว่า 13% ของค่าสูงสุด เปรียบเทียบกับน้ำที่มีค่าความหนืด 1 cp, light oil ที่มีค่าความหนืด 3 cp และน้ำมันเตาที่มีค่าความหนืด 60cp จะอ่านได้มากกว่าความเป็นจริงเล็กน้อย ในช่วงอัตราการไหลสูงกว่า 5% ของค่าสูงสุด

ค่าความดันสูญเสีย (pressure loss) เนื่องจากตัววัดและแปรเปลี่ยนไปตามเปอร์เซนต์ของอัตราการไหลและค่าความหนืด ถ้าค่าความหนืดสูงจะมีค่าความดันสูญเสียสูงกว่าของเหลวที่มีค่าความหนืดต่ำ

ภาคผนวก ฉ.

ตารางที่ 25 รายชื่อหน่วยงานที่ให้บริการสอบเทียบอุปกรณ์

ลำดับ	ชื่อหน่วยงาน/สถานที่ตั้ง	* ชนิดการให้บริการสอบเทียบ
1.	สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 5-7 สุขุมวิท 29 แขวงคลองเตย พระโขนง กรุงเทพ ฯ 10100 โทร. 258-0320, 259-9160 FAX. 258-6440	EL, TF, PH, TH
2.	บริษัท การบินไทย จำกัด ถ.วิภาวดี-รังสิต เขตดอนเมือง กรุงเทพ ฯ 10210 โทร. 531-1955 (X-1320) FAX. 531-1913	EL, TF, PH, FF, DM, TH, OP
3.	กรมสื่อสารทหารอากาศ กองซ่อมปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัด ถนนพหลโยธิน เขตบางเขน กรุงเทพ ฯ โทร. 534-4252	ทุกประเภทยกเว้น OP (Electronics Optic) และ OP (Fiber Optics)
4.	องค์การโทรศัพท์ กองทดสอบอุปกรณ์และปรับเทียบ ส่วนทดสอบและพัฒนา ถนนปทุมสัมพันธ์ อ.เมือง จ.ปทุมธานี โทร. 581-2001 (X-271-274) FAX. 581-2025	EL, TF
5.	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย 196 ถ.พหลโยธิน แขวงจตุจักร กรุงเทพ ฯ 10900 โทร. 579-1121-30 FAX. 579-8592	TH, RD
6.	สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ถ. วิภาวดี-รังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ ฯ โทร. 579-5230 FAX. 561-3013	RD

ลำดับ	ชื่อหน่วยงาน/สถานที่ตั้ง	* ชนิดการให้บริการสอบเทียบ
7.	Hewlett-Packard (Thailand) 140 สุขุมวิท กรุงเทพ ฯ 10110 โทร. 254-6720 โฎ). 254-6781	EL
8.	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (579-4581) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล 50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ ฯ โทร. 579-1576, 561-4621-2 FAX. 561-4621	PH

*** ชนิดการให้บริการสอบเทียบ**

	DIMENSIONAL (SURFACES)
DM	1. LENGTH 2. FLATNESS 3. ANGLE 4. ROUGHNESS 5. ROUNDNESS 6. DIAMETER

	PHYSICAL (WEIGHT/MEASURES)
PH	1. MASS 2. VOLUME 3. DENSITY 4. PRESSURE 5. VACUUM 6. HYDROMETRY 7. LEAKAGE

	TIME AND FREQUENCY (RADIOMETRY)
TF	1. TIME INTERVAL 2. FREQUENCY 3. RF vOLTAGE 4. RF/MICROWAVE POWER 5. RF/MICROWAVE ATTENUATION 6. STANDING WAVE RATIO 7. RF IMPEDANCE 8. RISE TIME

	ELECTRICAL
EL	1. DC VOLTAGE/CURRENT 2. RESISTANCE 3. AC VOLTAGE/CURRENT 4. HIGH VOLTAGE/CURRENT 5. POWER 6. ENERGY 7. CAPACITANCE 8. INDUCTANCE 9. MAGNETIC FLUX/DENSTRY 10. MAGNETIC MOMENT 11. MAGNETIC TESTING 12. DIELECTRICS

	TEMPERATURE
TH	1. TEMPERATURE REFERENCE 2. TEMPERATURE SOURCE 3. TEMPERATURE STANDARDS 4. HUMIDITY

	OPTICAL (SELECTRONIC OPTICS/PHOTOMETRY)
OP	1. LUMINOUS INTENSITY 2. LUUMINANCE 3. LUMINANCE/FLUX 4. IRRADIANCE 5. COLOR COORDINATES 6. TRANSMITANCE 7. REFLECTANCE 8. FIBER OPTICS 9. LASER

	ACOUSTICS (SOUND/NOISE)
AC	1. MICROPHONE SENSITIVITY 2. SOUND PRESSURE LEVEL 3. ACCELEROMETER SENSITIVITY 4. VIBRATION LEVEL

	FORCE AND FLUID FLOW (LIQUID-GAS FLOW/VELOCITY)
FF	1. FORCE 2. FLOW RATE 3. VELOCITY

	CHEMICAL (CHEMICAL ANALYSIS)
CH	1. WET CHEMISTRY 2. GRAVIMETRY 3. TITRIMETRY 4. CHROMATOGRAPHY (GC/HPLC)

	MATERIALS (MATERIAL/PRODUCT TESTING)
MT	1. HARDNESS 2. CHARPY IMPACI ENERGY 3. MOLECULAR SPECTROSCOPY 4. X RAY SPECTROMETRY 5. ELECTRO CHEMISTRY 6. ATOMIC SPECTROSCOPY/STRENGTH 8. FRACTURE/IOUGHNESS

	NON-DESTRUCTIVE TESTING
ND	1. ULTRASONIC TRANSDUCER 2. X-RAY FILM/STEP TABLETS 3. ULTRASONIC REFERENCE BLOCKS

	RADIATION (IONIZING RADIATION)
RD	1. EXPOSURE (X-RAY) 2. RADIO ACTIVITY

ประวัติผู้เขียน

นายสุรนิดย์ ชาลีคาร เกิดเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2500 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2524 และได้เข้าศึกษาต่อที่ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2534 ปัจจุบันทำงานในโรงงานประเภทอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ในตำแหน่งผู้จัดการแผนกไฟฟ้าและเครื่องมือวัด ฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา