หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 10
# การควบคุมเครื่องวัดอุณหภูมิ

## คำนำ

เทอร์โมคัปเปิลที่โรงงานตัวอย่างใช้อยู่เป็นชนิดแบบ J ใช้ในการวัดอุณหภูมิภายในหม้อผสมของกระบวนการผลิตจารบี เครื่องมือวัดอุณหภูมิประกอบด้วยสองส่วนหลัก ส่วนที่หนึ่ง เป็นส่วน Sensor คือเทอร์โมคัปเปิลทำการตรวจวัดอุณหภูมิ จากนั้นแปลงเป็นผลต่างแรงเคลื่อนไฟฟ้า ส่วนที่สอง เป็นส่วนบันทึกและแสดงค่าอุณหภูมิ คือ Recorder จะทำการรับสัณญาณผลต่างแรงเคลื่อนไฟฟ้า จากนั้นแสดงผลค่าอุณหภูมิภายในหม้อผสม และทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ณ. เวลาต่างๆโดยพิมพ์ค่าอุณหภูมิลงในแผ่นกราฟ

การสอบเทียบปัจจุบัน ทางโรงงานตัวอย่างแยกทำการสอบเทียบออกเป็นสองส่วนดังต่อไปนี้ ส่วนที่เป็นRecorder จะติดต่อ บริษัท โยโกกาวา ประเทศไทย จำกัด ทำการสอบเทียบโดยมีความถี่ทุกๆ 6 เดือน ส่วนที่สองจะทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิภายในหม้อผสมโดยทำการใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบอีเล็คโทนิคที่ได้รับการการสอบเทียบแล้วจุ่มลงไปภายในหม้อผสมให้ใกล้จุดที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลจากนั้นทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่อ่านได้จาก Recorderและเทอร์โมมิเตอร์แบบอีเล็คโทนิค ถ้าอุณหภูมิต่างกันไม่เกิน 5 'C จะยอมรับกลับกันจะทำการติดต่อบริษัท โยโกกาวา ประเทศไทย จำกัด สอบเทียบปรับแก้ Recorder ต่อไป

จากวิธีการดำเนินการข้างต้นพบว่า มีสิ่งที่สามารถทำการปรับปรุงได้ดังต่อไปนี้

1) วิธีการตรวจสอบค่าอุณหภูมิภายในหม้อผสม จะไม่สามารถทำการเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่แสดงจาก เทอร์โมมิเตอร์แบบอีเล็คโทนิค กับ Recorder เนื่องจากตำแหน่งจุดวัดไม่ตรงกัน และค่าอุณหภูมิตลอดหม้อผสมจะแตกต่างกัน การสอบเทียบที่ถูกต้องจึงต้องกระทำที่เทอร์โมคัปเปิล

2) ขาดระบบวิธีการทำการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิล

หมายเหตุ : Recorder วิธีการสอบเทียบเป็นเทคนิควิธีการเฉพาะของ บริษัท โยโกกาวา ประเทศไทย จำกัดดังนั้นผู้วิจัยจะไม่ขอกล่าวถึง

ดังนั้นผู้วิจัยจะได้เสนอขั้นตอนการจัดระบบวิธีการควบคุมเครื่องวัดอุณหภูมิ เทอร์โมคัปเปิล โดยเริ่มตั้งแต่ศึกษาถึงอุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน,หลักการวัดอุณหภูมิ,จุดต่อที่ทราบค่าอุณหภูมิ (Reference Junction),องค์ประกอบของเทอร์โมคัปเปิล, เสนอแนะวิธีการสอบเทียบ, การบันทึกผลการสอบเทียบและการแสดงสถานะการสอบเทียบโดยอ้างอิงมาตรฐาน ASTM 220 ทั้งนี้จะทำการประยุกต์หลักวิชาให้เหมาะสมกับสภาพการดำเนินงานของโรงงานตัวอย่าง

10.1 อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน

10.1.1. หน่วยวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นหน่วยมูลฐานที่สำคัญ และใช้มากที่สุดค่าหนึ่งในอุตสาหกรรม หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายหน่วยด้วยกันที่สำคัญคือ เซลเซียส (Celcius) เคลวิน (Kelvin) และฟาเรนไฮต์ (Fahren-heit)

เซลเซียส เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งขึ้นโดยพบว่า ณ ความดันบรรยากาศน้ำบริสุทธิ์จะมีจุดที่ทางอุณหภูมิอยู่สองจุดคือ จุดเยือกแข็งของน้ำและจุดที่น้ำเดือด ได้กำหนดจุด 0 องศาเป็นจุดเยือกแข็งของน้ำ และ 100องศา เป็นจุดเดือดของน้ำ

ฟาเรนไฮต์ เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งขึ้นโดยพยายามหาจุดต่ำสุดของอุณหภูมิโดยการทดลองกับสารต่างๆหลายๆชนิด และพบว่าจุดเยือกแข็งของแอมโมเนียคอลไรด์ เป็นจุดต่ำสุดของอุณหภูมิเท่าที่เขาทดลองได้จึงกำหนดจุดนี้เป็นจุด 0 องศาและพบว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์เป็นจุดที่อุณหภูมิที่คงที่จึงกำหนดจุดนี้เป็น 98 องศา

ทั้งหน่วยเซลเซียส และฟาเรนไฮต์ ก็เป็นมาตรวัดอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองหาสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิของสาร ณ จุดต่างๆ หน่วยของอุณหภูมิทางวิทยาศาสตร์เรียกว่ามาตรเคลวิน กำหนดจุดอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์(Zero Absolute Temperature) ขึ้น ณ จุดที่เป็น Ideal นี้อีเล็คตรอนในอะตอมของสารต่าง ๆจะหยุดโคจรรอบนิวเคลียสโดยไม่มีพลังงานความร้อนหลงเหลืออยู่ในสารนั้นๆ ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้เย็นจัดถึงจุดนี้ได้(กำหนดได้จากการคำนวณ)และแบ่งช่วงของมาตราตามมาตราเซลเซียส ระบบหน่วยสากล(The System International Units) ซึ่งเรียกย่อว่า SI ได้กำหนดหน่วยสากลของอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิก เป็นมาตราเคลวิน และหน่วยของอุณหภูมิทั่ว ๆ ไปเป็นเซลเซียส

10.1.2 อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน

มาตราสากลของอุณหภูมิในทางปฏิบัติ(International Practical Temperature Scale) ได้ถูกกำหนดขึ้นโดยที่ประชุมของกลุ่มประเทศผู้นำทางอุตสาหกรรมในปี 1968 และเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปเรียกโดยย่อว่า IPTS 68 ได้กำหนดจุดอ้างอิงมาตรฐานของอุณหภูมิ (Reference Temperature) เพิ่มเติมขึ้นอีกหลายจุดโดยกำหนดจากจุดเยือกแข็งหรือจุดไตรภาค (Triple Point) ซึ่งเป็นจุดที่มีสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิของสารต่างๆเพราะเมื่อวิทยาการเจริญมากขึ้นความต้องการจุดอุณหภูมิอ้างอิง(Reference Temperature)ณ จุดที่สูงกว่าจุดเดือดของน้ำ และต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำก็มีมากขึ้น รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ช

## 10.2 หลักการวัดอุณหภูมิ

เครื่องวัดอุณหภูมิมีหลายชนิด โดยเครื่องมือแต่ละชนิดอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสารคือ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ เมื่ออุณหภูมิที่วัดเปลี่ยนไป และการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่แน่นอนและพิสูจน์ได้ ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะหลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า

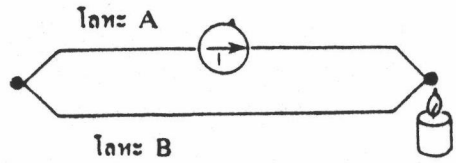
### 10.2.1 เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการเชิงไฟฟ้า

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples)

พบว่า เมื่อนำลวดโลหะ 2 เส้นที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเส้นลวดทั้งสองนี้ตามรูปที่ 10.1 ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง และถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออก จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น ที่ปลายด้านเปิดแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้เรียกว่า " ซีเบ็คโวลเตจ"เมื่อ $\alpha$ คือค่าสัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค (Seebeck Coefficient) เป็นค่าคงที่ มีหน่วยเป็น volt / K, $\Delta T$ คือผลต่างของอุณหภูมิและ $e_{AB}$ คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้ ในทางกลับกัน พบว่าเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปใน วงจรลักษณะเดียวกับที่สร้างขึ้น จะทำให้เกิดอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองของจุดต่อแตกต่างกัน โดย ปลายข้างหนึ่งจะร้อนขึ้นและปลายอีกข้างหนึ่งจะเย็นลง วงจรการทดลองเป็นดังรูปที่ 10.2 จากหลักการดังกล่าวข้างต้นสามารถนำมาพัฒนาเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิใช้กันอย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม

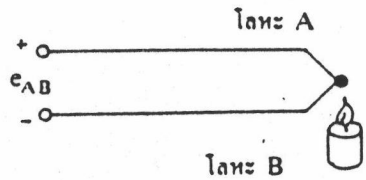
### 10.2.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน

นับตั้งแต่ได้ค้นพบหลักฐานการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลรายละเอียดในหลักการได้ถูกพัฒนาให้ก้าวหน้าเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมโดยตลอด และได้เกิดเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานขึ้นหลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะต่าง ๆ ในที่นี้จะกล่าวเฉพราะ เทอร์โมคัปเปิลแบบ J




**รูปที่** 10.1 **แสดงวงจรมีกระแสไหลเกิดขึ้นเมื่อปลายจุดต่อมีอุณหภูมิต่างกัน** (8)

$$e_{AB} = \alpha \Delta T \quad \text{----------}$$




$e_{AB}$ = ซีเบ็คโวลเตจ

รูปที่ 10.2 แสดงวงจรที่ปลายจุดต่อมีอุณหภูมิต่างกันสูงขึ้นจะเกิดแรงเคลื่อนที่ปลายเปิด( 8

เทอร์โมคัปเปิลแบบ J (Type J Iron v.s. Constantan)

เนื่องจากพลาตินัมเป็นธาตุที่มีราคาแพง เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลมีราคาถูกลงได้มีการค้นคว้าหาวัสดุที่มีราคาถูกกว่าเพื่อใช้แทนพลาตินัม วัสดุที่เริ่มทดลองใช้ เช่น เหล็ก นิเกิล นิเกิลบริสุทธิ์ แต่เปราะมากในสภาพการใช้งานจริง การทดลองต่อมาพบว่าโลหะผสมระหว่าง 60% ของทองแดง + 40% ของนิเกิล ที่ต่อมาเรียกว่า Constantan สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้สายบวกทำด้วยเหล็ก และสายลบทำด้วย Constantan จึงถือกำเนิดขึ้น และต่อมากลายเป็นแบบมาตรฐานแบบ J

ดังแสดงในรูปที่ 10.3 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J

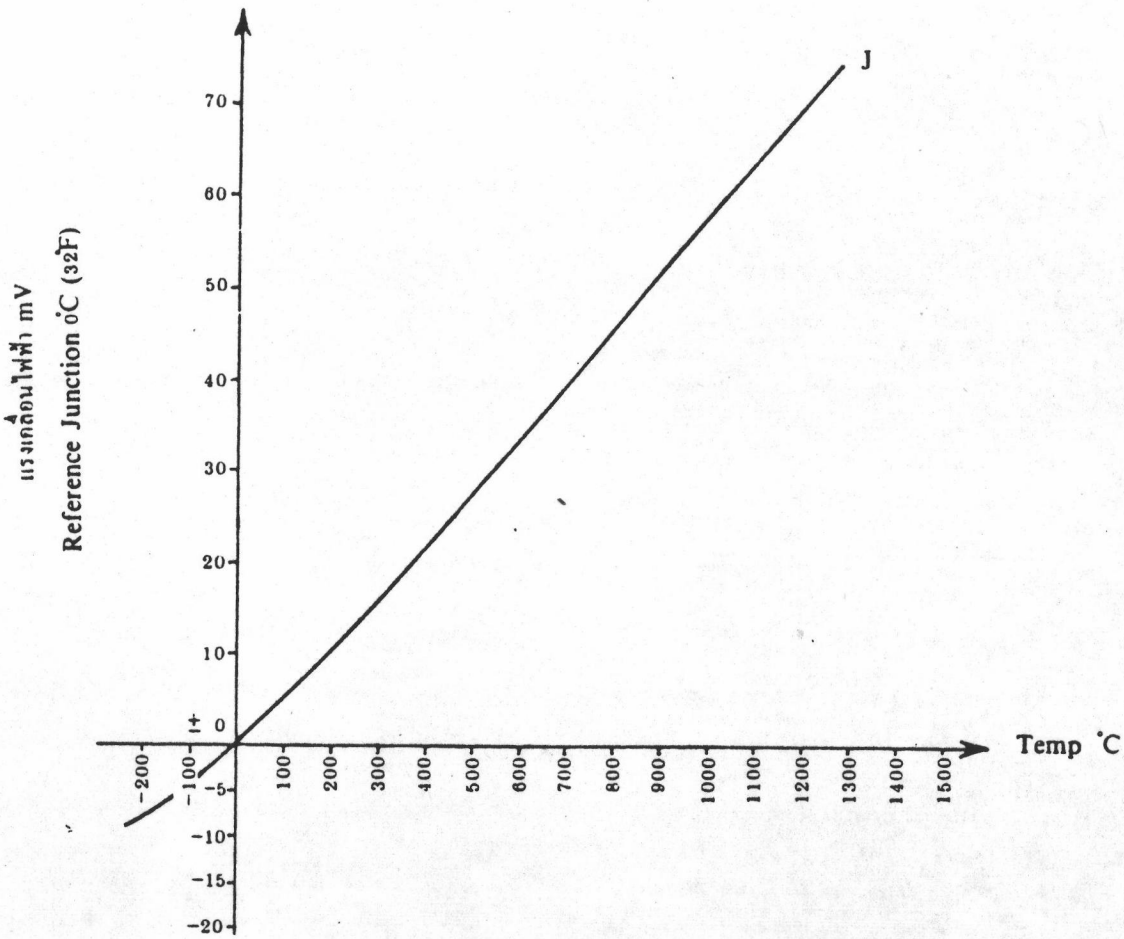
คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J เหมาะสำหรับสภาพงานที่อุณหภูมิไม่เกิน 760°C ไม่เหมาะสำหรับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C และสำหรับอุณหภูมิที่สูงกว่า 538°C จะต้องใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่จะช่วยให้อายุการใช้งานยืนยาวขึ้น จากการทดลองใช้งานภายใน 20 ปี พบว่าส่วนผสมของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเปลี่ยนไป 0.5% (แมงกานีสเพิ่มขึ้นในเนื้อเหล็ก)

10.3 จุดต่อที่ทราบค่าอุณหภูมิ(Reference Junction)

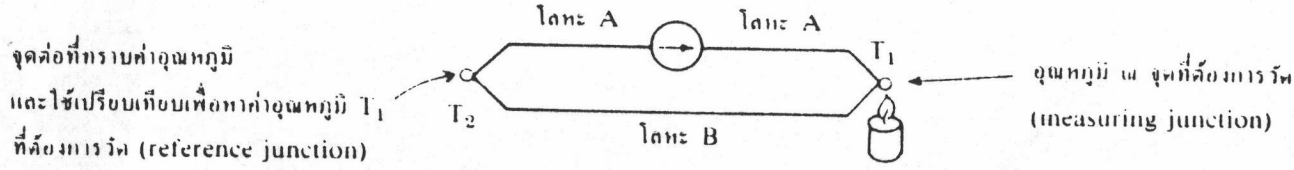
ดังแสดงในรูปที่ 10.4 ,T2 คือจุดต่อที่ทราบค่าอุณหภูมิ และ T1 คืออุณหภูมิ ณจุดที่ต้องการวัด ค่ามิลลิโวลท์ที่วัดได้เกิดจากอุณหภูมิ $T_1$ อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่า $T_2$ ในทางปฏิบัติ $T_2$ จะเป็นอุณหภูมิของบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นอุณหภูมิที่อ่านได้คืออุณหภูมิที่สูงกว่าบรรยากาศขึ้นไป แต่อุณหภูมิที่ทุกคนเข้าใจ ค่าที่บอกต้องเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ ดังนั้นการที่ให้เทอร์โมคัปเปิลชี้บอกค่าตามความเข้าใจของคนทั่วไป จะต้องรักษาอุณหภูมิ $T_2$ ให้คงที่อยู่ที่เยือกแข็งของน้ำ (°C) ตลอดเวลา

10.4 องค์ประกอบของเทอร์โมคัปเปิล

ส่วนประกอบที่สำคัญในการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลมีหลายส่วน แต่ละส่วนนับแต่ตัวเทอร์โมคัปเปิลเองและส่วนประกอบอื่นๆ ก็ได้รับการออกแบบ เพื่อให้เหมาะสมสะดวกกับสภาพการใช้งาน และให้อายุการใช้งานยืนยาว




รูปที่ 10.3 แสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบเ




**รูปที่ 10.4 แสดงจุดต่อที่ทราบค่าอุณหภูมิ (8)**

10.4.1 ตัวเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Elements)

หลักการเลือกวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล ได้ถูกกำหนดตามความต้องการตามสภาพของงานดังนี้

- ส่วนผสมของโลหะที่ใช้ทำจะต้องไม่เปลี่ยน หรือสูญเสียธาตุส่วนผสมไปในเวลาอันรวดเร็ว
- จะต้องให้แรงเคลื่อนเอาท์พุทที่มีเสถียรภาพ ในการใช้งานไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในช่วงเวลาใช้งาน
- มีความแข็งแรง และทนต่อสภาวะแวดล้อมในการใช้งานที่พิสูจน์ได้

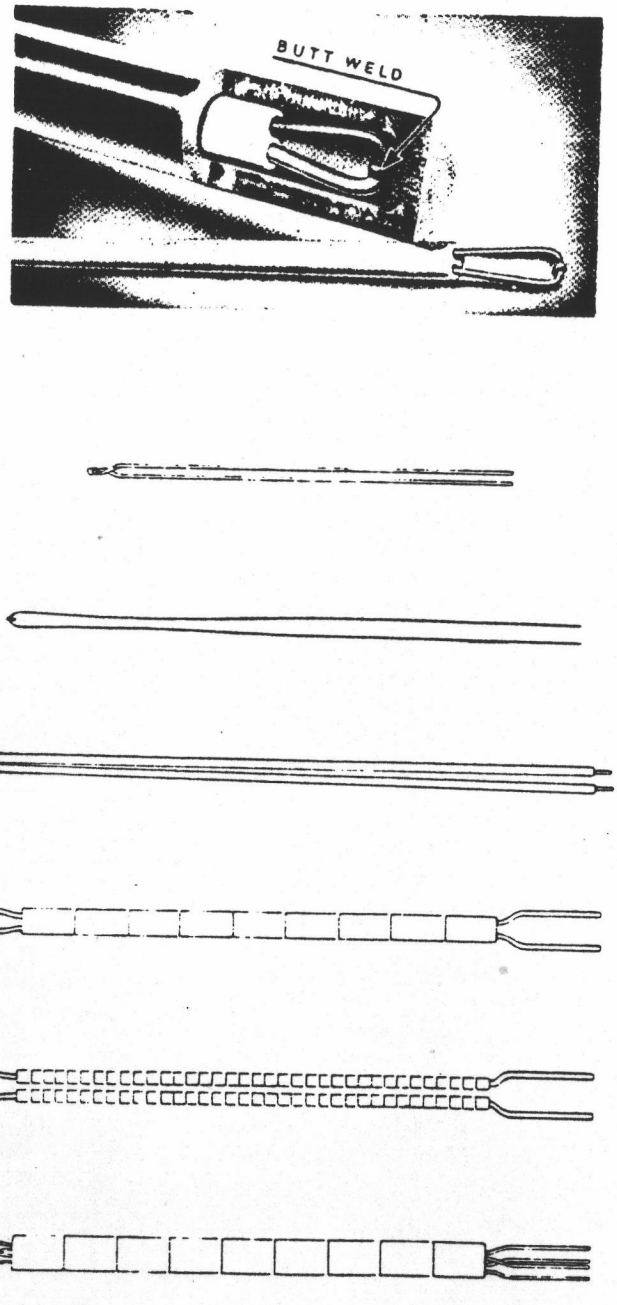
ตัวเทอร์โมคัปเปิลโดยปกติจะถูกเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน เรียกว่า จุดต่อสำหรับวัด (Measuring Junction) และร้อยด้วยฉนวนเพื่อป้องกันการลัดวงจร แบบที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 10.5

10.4.2 ครอบโลหะป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล (Metal Sheath)

เพื่อให้สภาพของเทอร์โมคัปเปิลเรียบร้อยแข็งแรง พร้อมที่จะนำไปใช้งานคู่สายของเทอร์โมคัปเปิลจะต้องประกอบอยู่ภายใน Metal Sheath ลักษณะการประกอบตัวเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับ Metal Sheath มี 3 วิธี แต่ละวิธีก็มีลักษณะการใช้งานเฉพาะตัวของมัน คือ แบบเปลือยจุดต่อ (Exposed) แบบใช้ Metal Sheath เป็นจุดต่อเทอร์โมคัปเปิล (Ground Junction) และแบบไม่ใช้ Metal Sheath เป็นจุดต่อ (Unground Junction) ดังแสดงในรูปที่ 10.6

10.4.3 ฉนวนของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Insulators)

ฉนวนของเทอร์โมคัปเปิล สำหรับกั้นตัวเทอร์โมคัปเปิล กับ Metal Sheath ส่วนใหญ่จะเป็นสารประเภทแมกนีเซียมออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ หรือเบอรีลเลี่ยมออกไซด์ ลักษณะเดียวกับที่ใช้ในขดลวดทำความร้อน (Heater) ในปัจจุบัน วิธีการทำฉนวน คือ ใส่ผงอลูมิเนียมออกไซด์ ลงไปใน Metal Sheath ที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลอยู่แล้ว และบีบอัดทำให้ Metal Sheath มีขนาดเล็กลง เป็นการอัดอลูมิเนียมออกไซด์ให้แน่น หลังจากนั้นจะถูกนำไปอบความร้อนเป็นการคลายความเครียดอันเนื่องมาจากการบีบอัดตัว Meter Sheath และเป็นการอบไล่ความชื้นที่มีอยู่ในตัว Sheath การทำฉนวนด้วยวิธีนี้จะทำให้ได้เทอร์โมคัปเปิลที่ กระทัดรัด แข็งแรง และสะดวกสำหรับการติดตั้งใช้งาน ฉนวนแบบกระเบื้อง (Ceramic) ก็เป็นอีกแบบที่มี




รูปที่ 10.5 แสดงแบบต่างๆของตัวเทอร์โมคัปเปิล (8)

รูปที่ 106 แสดงการประกอบ อมโลหะป้องกันแทอร์โมคัปเปิล (8)

ผู้ใช้งานเป็นผู้เลือกใช้เองตามสภาพงาน มีหลายแบบให้เลือกทั้งขนาดรูปร่างและความยาวดังแสดงในรูปที่ 10.7

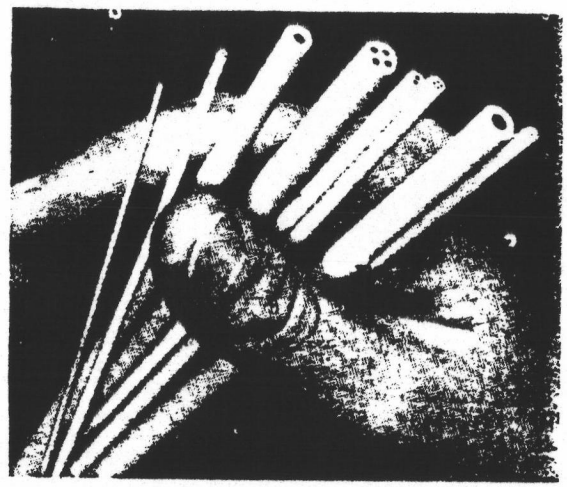
10.4.4 Protection Tubes

Protection Tubes จะทำหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ คือ เสริมความแข็งแรงทนทานให้ตัวเทอร์โมคัปเปิล และป้องกันการเสียหายของตัวเทอร์โมคัปเปิล จากสภาวะของการใช้งาน เช่น สารเคมีหรือการแผ่รังสีของแหล่งกำเนิดความร้อนของระบบ อันจะทำให้สารประกอบในตัวเทอร์โมคัปเปิลเปลี่ยนไป คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลก็จะเปลี่ยนไปด้วยในสภาพงานที่ของไหลเป็นสารกัดกร่อน มีความดันสูง หรือในบางโอกาสต้องการถอดตัวเทอร์โมคัปเปิลเพื่อการซ่อมบำรุงโดยไม่รบกวนการทำงานของระบบในกรณีเช่นนี้ Protection Well เป็นตัวกลางที่ช่วยแก้ปัญหานี้ได้ โดยมันจะเป็นตัวกลางไม่ให้ ของไหลสัมผัสกับเทอร์โมคัปเปิลโดยตรง และปิดกั้นความดันของระบบไม่ให้รั่วออกสู่ภายนอกได้ Protection Tube มี 2 แบบคือ แบบโลหะและอโลหะ และโลหะนั้น ในทางปฏิบัติอาจเรียกชื่อต่างกันไปเช่น เทอร์โมเวล (Themowells) หรือ Bulb ซึ่งก็มีความหมายเหมือนกัน โดยทั่ว ๆ ไป มีอยู่ 4 แบบ ตามรูปที่ 10.8

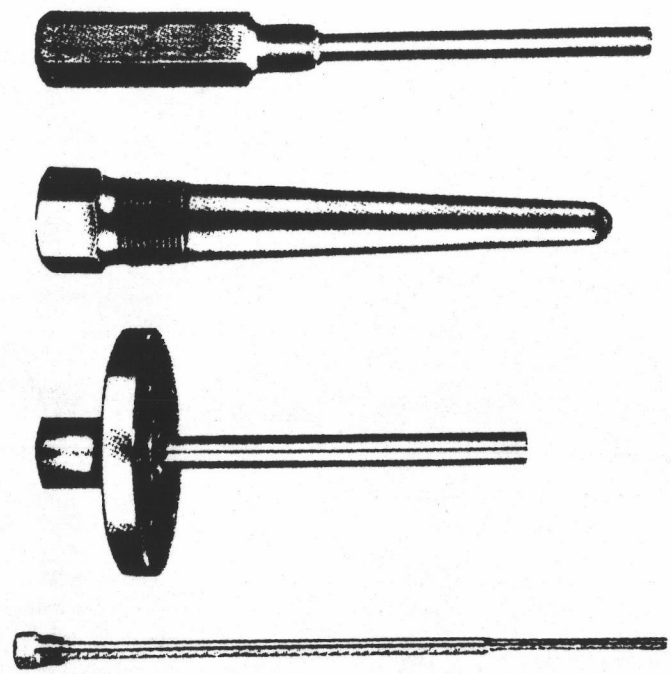
10.4.5 Extension Wire

เนื่องจากในการใช้งานจริงระยะทางระหว่าง Measuring และ Reference Junction บางครั้งอยู่ห่างกันสายเทอร์โมคัปเปิลมีราคาแพงมาก จึงต้องหาสายมาต่อในช่วงนี้ที่มีราคาถูกกว่า สายเทอร์โมคัปเปิล และมีคุณสมบัติทางการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามอุณหภูมิ (Thermoelectric) เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิล ในช่วงอุณหภูมิไม่สูงนักสูงสุดของบรรยากาศ ที่จะเป็นไปได้ สายชนิดนี้เรียกว่า Extension Wire มี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ทำจากสารประเภทเดียวกับตัวเทอร์โมคัปเปิล และแบบที่ 2 ทำจากโลหะต่างชนิดกับตัวเทอร์โมคัปเปิล ดังแสดงในรูปที่ 10.9
หมายเหตุ : ส่วนประกอบที่สมบูรณ์ของเทอร์โมคัปเปิลแสดงอยู่ในรูปที่ 10.10

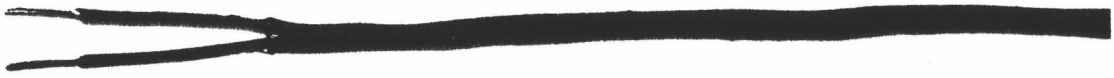
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

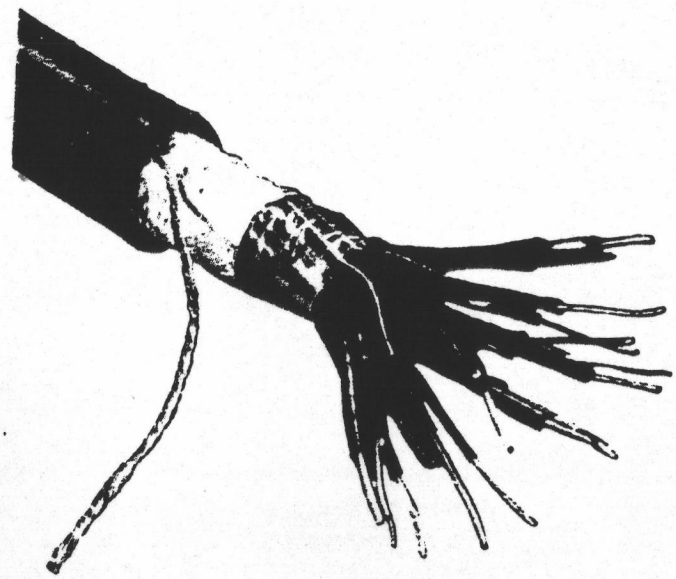


รูปที่ 10.7 แสดงฉนวนเซรามิคแบบต่างๆ(8)



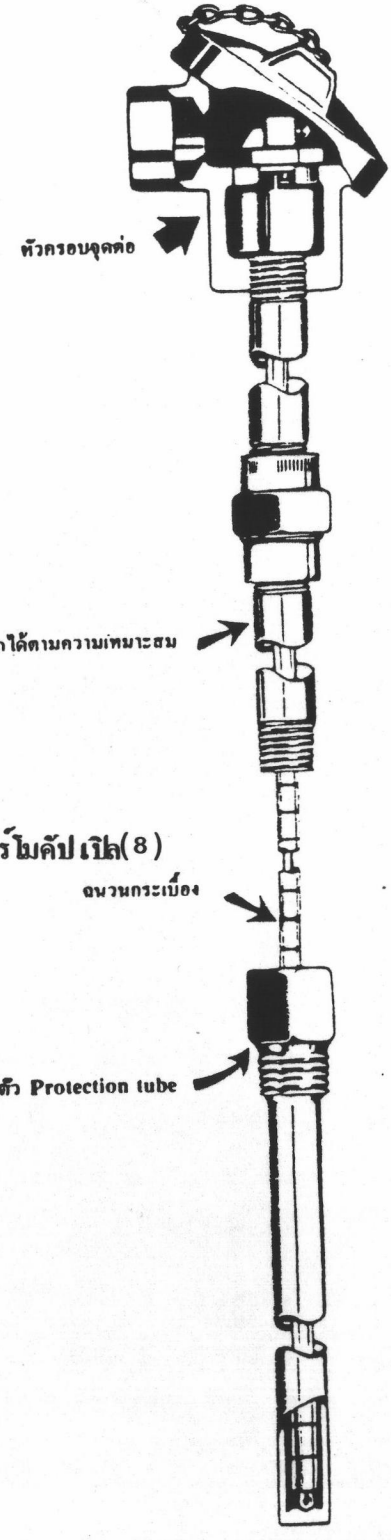
รูปที่ 10.8 แสดงโปรเทคชั่นทิ๊ว แบบต่างๆ (8)





**รูปที่ 10.9 แสดงสายต่อแบบต่างๆ (8)**

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 10 10 แสดงการประกอบสมบูรณ์ของเทอร์โมคัปเปิล(8)

10.5 วิธีการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิล ด้วยเทคนิคการเปรียบเทียบ โดยการอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Method for Calibration of Thermocouples by Comparison Techniques) (ASTM E220)

วิธีการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิลจะประกอบด้วยการวัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า (The Electromotive Force, EMF) ของเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบ ณ.แต่ ละจุดอุณหภูมิสอบเทียบที่กำหนด ค่าอุณหภูมิจริงณ.แต่จะจุดสอบเทียบที่กำหนดจะถูกวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์อ้างอิง (The ReferenceThermometer)หรือเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิง(TheReferenceThermocouple) จำนวน และการเลือกจุดอุณหภูมิทดสอบจะขึ้นกับชนิดของเทอร์โมคัปเปิล ช่วงอุณหภูมิที่คลอบคลุม และความละเอียดที่ต้องการ แนวทางการเลือกแสดงรายละเอียดอยู่ในตารางที่ 10.1 The Reference Thermometer คือเทอร์โมมิเตอร์ที่ได้รับการสอบเทียบและทราบค่าความละเอียดอยู่ภายในช่วงกำหนดแน่นอน

วิธีการปฏิบัติทั่วไปในการทำการสอบเทียบแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีดังต่อไปนี้

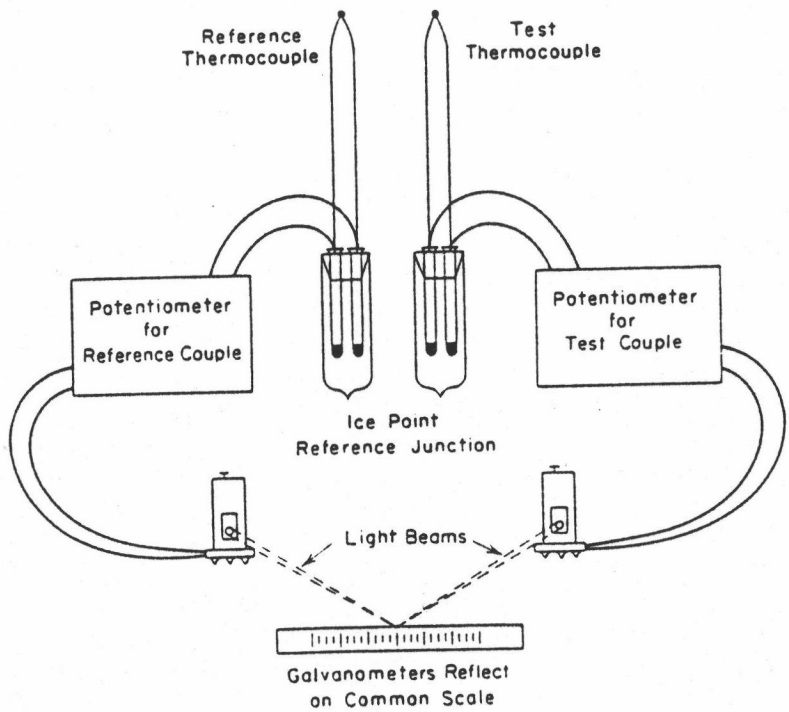
10.5.1 วิธี A ประกอบด้วยเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิงมาตรฐานจำนวน 1 ชุด และ Potentiometer จำนวน 2 ชุด วิธีนี้ดัดแปลงเหมาะสมเฉพาะสำหรับการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิลณ.ที่อุณหภูมิใดๆที่เลือกตลอดช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน เมื่อใช้ Furnanceในการควบคุมอุณหภูมิ การใช้Potentiometer จำนวน 2 ชุดทำให้สามารถอ่านค่าเทอร์คัปเปิลมาตรฐาน และเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบได้ในเวลาเดียวกัน โดยไม่ต้องรอให้ Furnance คงที่ที่แต่ละอุณหภูมิ เทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานจะต่อกับ Potentiometer ชุดหนึ่ง และเทอร์โมคัปเปอร์ที่ถูกสอบเทียบจะต่อเชื่อมกับPotentiometerอีกชุดหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่10.11 Potentiometer แต่ละชุดจะติดตั้งด้วยเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Galvanometer) ชนิดที่มีการสะท้อนลำแสงสว่าง จุดของลำแสงที่สะท้อนจาก Galvanometer ทั้ง 2 ชุดจะกระทบลงบนสเกล Galvanometer แต่ละชุดสามารถปรับให้จุดลำแสงสว่างที่ตกกระทบบนเสกลทับกันพอดีที่จุดศูนย์บนสเกลเมื่อวงจรไฟฟ้าเปิด ซึ่งจะมีผลเช่นเดียวกับการที่ Potentiometer ถูกตั้งให้ค่า EMF ที่วัดได้จากเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุดเกิดการสมดุลย์กัน

**Calibration Uncertainties in Calibrating Thermocouples by the Comparison Method—Temperatures in Degrees Celsius[A]**

| Thermocouple Type[B] | Temperature Range | Calibration Points[E] | Uncertainty[F] | |
|---|---|---|---|---|
| | | | At Observed Points | Of Interpolated Values[G] |
| *E* | 0 to 870[C] | every 100 | 0.5 | 1 |
| | 0 to 870[C] | 300, 600, and 870 | 0.5 | 2 |
| | 0 to 350[D] | every 100 | 0.1 | 0.5 |
| | −160 to 0[D] | every 50 | 0.1 | 0.5 |
| *J* | 0 to 760[C] | 100, 300, 500, and 750 | 0.5 | 1 |
| | 0 to 350[D] | every 100 | 0.1 | 0.5 |
| *K* | 0 to 1250[C] | every 100 | 0.5 | 1 |
| | 0 to 1250[C] | 300, 600, 900, and 1200 | 0.5 | 2 |
| | 0 to 350[D] | every 100 | 0.1 | 0.5 |
| | −160 to 0[D] | every 50 | 0.1 | 0.5 |
| *R* and *S* | 0 to 1450[C] | every 100 | 0.3 | 0.5 to 1100 and 2 at 1450 |
| | 0 to 1450[C] | 600 and 1200 | 0.3 | 1 to 1100 and 3 at 1450 |
| *B* | 0 to 1700[C] | every 100 | 0.3 | 0.5 to 1100 and 3 at 1700 |
| | | 600 and 1200 | 0.3 | 1 to 1100 and 5 at 1700 |
| *T* | 0 to 370[D] | every 100 | 0.1 | 0.2 |
| | 0 to 100[D] | 50 and 100 | 0.05 | 0.1 |
| | −160 to 0[D] | every 60 | 0.1 | 0.2 |

[A] Values given in this table are extracted from National Bureau of Standards Circular 590.
[B] See 5.2.
[C] In tube furnaces, by comparison with a calibrated Type S thermocouple.
[D] In stirred liquid baths, by comparisón with a standard platinum resistance thermometer.
[E] Approximate calibration points.
[F] With homogeneous thermocouples and reasonable experimental care.
[G] Using difference curve from reference table.

**ตารางที่ 10.1 แสดงรายละเอียดข้อกำหนดจุดสอบ เทียบ (12)**

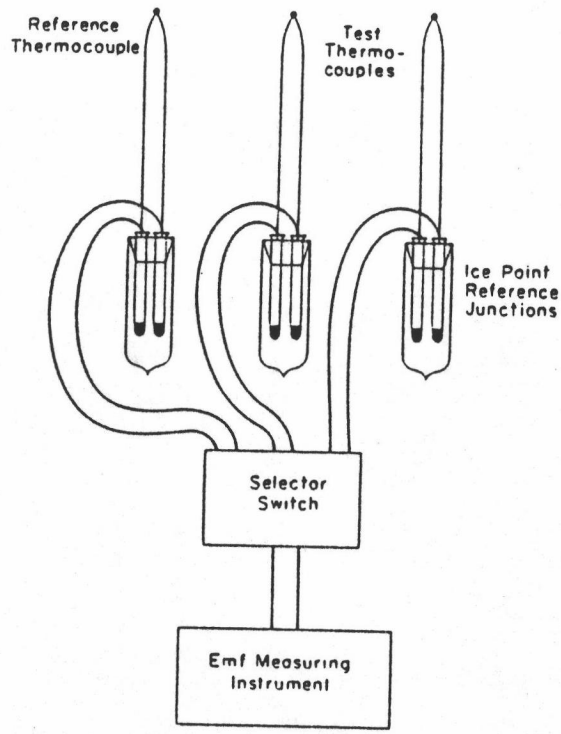



**รูปที่** 10.11 แสดงการจัดเรียงเครื่องมือตามวิธีการทดสอบแบบ เอ (12)

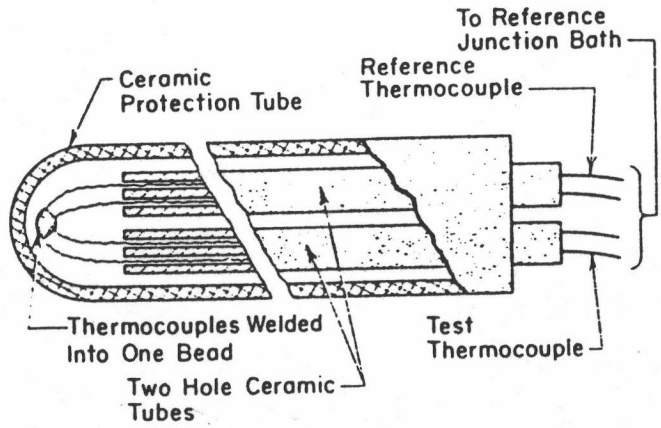
10.5.2 วิธีB จะใช้เมื่อประกอบด้วย Potentiometer เพียง 1 ชุด การจัดเรียงเพื่อทำการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิลหลายชุดโดยการใช้เทอร์โมคัปเปิลอ้างอิง ดังแสดงในรูปที่10.12 วิธีการนี้ต้องการให้Baht หรือ Furnanceรวมถึงเทอร์โมคัปเปิลจะต้องควบคุมให้คงที่ๆ อุณหภูมิที่ต้องการก่อนทำการอ่านค่า เทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุดจะเชื่อมต่อ กับ Potentiometer ตามลำดับโดยวิธีการใช้Selector Switch เทอร์โมคัปเปิลอ้างอิงควรจะอ่านเพียงก่อนและหลังการอ่านค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุด ภายหลังการวัดค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลต้องทำการวัดซ้ำอีกอย่างน้อยหนึ่งครั้งที่อุณหภูมิเดียวกันเพื่อตรวจเช็คค่า EMF ที่อ่านได้ เป็นการไม่สะดวกที่จะใช้Furnance หรือ Bath จำนวน 1 ชุด ทำการสอบเทียบที่ทุกๆจุดอุณหภูมิการสอบเทียบเพื่อความสะดวกอาจให้อนุกรม ของ Bath หรือ Furnance แต่ละชุดจะควบคุมอุณหภูมิที่ต่างกันสอดคล้องกับอุณหภูมิการสอบเทียบที่ต้องการภายหลังจากการสอดเทอร์โมคัปเปิลเข้าไปใน Bath หรือ Furnance ต้องเผื่อเวลาให้เกิดสภาวะคงที่ก่อนทำการอ่านค่า วิธีการสอบเทียบแบบนี้จะเกิดการผิดพลาดเมื่อใช้ Platinum Resistance Thermometer หรือLiquid-in-Glass Thermometer เป็นชุดอ้างอิงภายใน Stirred Liquid Bath.

10.5.3 การเตรียมการเทอร์โมคัปเปิลสำหรับทำการสอบเทียบ

ในการเตรียมการสำหรับทดสอบเลือกใช้ Protection Tube ที่เหมาะสมคือมีความยาวพอเพียงในส่วนที่จมและโผล่พ้นออกจาก Furnance หรือ Bath เป็นระยะ 50 ถึง 70 มิลลิเมตร (2ถึง3นิ้ว) เลือกใช้ Insulating Tube ที่เป็น Ceramic ชนิด 2 รูมีระยะความยาวๆกว่า Protection Tube สำหรับเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุด จุดต่อต่างๆทำการเชื่อม (Welded)ให้ติดกันเกิดรอยนูน1นูนเพื่อให้เกิดการสัมผัสความร้อนที่ดีระหว่างจุดต่อของเทอร์โมคัปเปิลที่ต่างชุดกัน ถ้ากรณีไม่สะดวกจะเชื่อมติดกันในระหว่างเทอร์โมคัปเปิล2ชุดก็ทำการเชื่อมจุดต่อของเทอร์โมคัปเปิลของแต่ละชุดเองก่อน แล้วจึงนำมารวมกันโดยห่อพันด้วย Foil หรือลวด Platinum เลื่อน Insulating Tube ลงบนลวดเทอร์โมคัปเปิลให้เข้าไปใกล้จุดวัดมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ จากนั้นสอดมัดเทอร์โมคัปเปิลเข้าไปใน Protection Tube จากนั้นนำทั้งชุดจุ่มลงในFurnanceหรือBathให้ได้ระยะความลึกที่ถูกต้อง การเตรียมการดังกล่าวแสดงในรูปที่ 10.13




รูปที่ 10.12 แสดงการจัดเรียงเครื่องมือตามวิธีทดสอบแบบ บี (12)




รูปที่ 10.13 แสดงการประกอบเทอร์โมคัปเปิลก่อนทำการสอบเทียบ (12)

10.5.4 วิธีการปฏิบัติการสอบเทียบ (Calibration Procedures)

10.5.4.1 วิธี A การวัดที่จุดสอบเทียบจะเริ่มที่อุณหภูมิต่ำสุด และต่อเนื่องไปที่อุณหภูมิที่สูงกว่า ตั้ง Potentiometer ที่เชื่อมกับเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิงที่ค่า EMF สอดคล้องตรงกับอุณหภูมิที่ต้องการและเริ่มให้ความร้อนกับFurnance การให้ความร้อนจะทำอย่างรวดเร็วจนกระทั่งใกล้จุดสอบเทียบ ที่เวลานั้นหยุดให้ความร้อนเพื่อหยุดการสูงขึ้นของอุณหภูมิให้อยู่ที่อุณหภูมิที่สูงกว่าต้องการเล็กน้อยการหยุดให้ความร้อนจะลดอุณหภูมิของภายใน Furnanceลงผ่านจุดสอบเทียบในอัตราไม่เกิน 0.5'C (1'F)/Min.ทำการปรับตามความเหมาะสมให้จุดแสงสว่างจาก Galvanometers 2 ชุดทับกันพอดีที่ตำแหน่งศูนย์บนเสกลตลอดเวลาขณะที่ Furnance อุณหภูมิลดลง ปรับตั้ง Potentiometer ที่ต่อกับ เทอร์โมคัปเปิล ที่จะสอบเทียบอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งจุดแสงสว่างจาก Galvanometer ทับที่จุดศูนย์บนเสกลเป็นเวลาเดียวกับจุดแสงสว่างจาก Galvanometer ที่ต่อกับเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิงทับที่จุดศูนย์บนเสกลพอดีค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบจะสอดคล้องตรงกับอุณหภูมิที่ชี้แสดงโดยเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิง ทำการวัดซ้ำอีกครั้งหนึ่งค่าEMF 2 ค่าที่วัดได้ควรจะแตกต่างกันไม่เกิน 5μv หาค่าเฉลี่ยเป็นค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบที่จุดสอบ เทียบจากนั้นทำการสอบเทียบที่จุดอื่น ๆ ต่อไป

10.5.4.2วิธี Bให้ความร้อนFurnanceจนถึงอุณหภูมิจุดสอบเทียบต่ำสุด และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาประมาณ10นาทีโดยใช้การชี้บอกค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิง อ่านค่าEMFของชุดอ้างอิง,เทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบและชุดอ้างอิงอีกครั้งการเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้สองค่าจากเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิงจะแสดงให้เห็นว่าFurnance มีความคงตัวเพียงพอหรือยัง ภายใต้สภาวะคงที่,ค่า EMF ที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบจะสอดคล้องตรงกับอุณหภูมิที่แสดงโดยค่าเฉลี่ยของค่า EMF สองค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิง ทำซ้ำขั้นตอนข้างต้นจะได้ค่าที่สองของค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบ ซึ่งค่าจะใกล้เคียงกับค่าแรก เพราะว่าค่าอุณหภูมิภายใน Furnanceมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทำการแก้ไขค่า EMF ที่วัดครั้งที่สองของเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบ โดยการคูณด้วยสัดส่วน(Table EMF 1ST Measurement/Table EMF 2ND Measurement)โดยที่ค่าTable EMF คือค่าที่ระบุสำหรับเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบที่อุณหภูมิแสดงด้วยเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิง ค่า EMF 2 ค่าของเทอร์โมคัปเปิลที่สอบเทียบจะนำมาเฉลี่ย และกำหนดเป็นค่าแรกของการวัด โดยการใช้ The Standard Reference Table (ASTM E230, ภาคผนวก ช)การแก้ไขทำได้ถึงผลต่างอุณหภูมิ10'C โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.1'C(0.2'F) ทำซ้ำวิธีการที่ค่าจุดทดสอบสูงขึ้นต่อไป

10.5.5การคำนวณ (Calculations)

เมื่อวัดได้ค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลที่จุดสอบเทียบจำนวนหนึ่ง การสอบเทียบจะสมบูรณ์โดยการ Interpolating ระหว่างจุดสอบเทียบ มีวิธีแตกต่างกันในการคำนวณ วิธีการใช้ Difference Curve จาก Arbitrary Reference Table จะเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด ในการใช้วิธีนี้เลือกตารางอ้างอิงที่เหมาะสมในตาราง ASTM E230 เพื่อสร้าง Difference Curve ดังแสดงในรูปที่ 10.14

คำนวณค่าความแตกต่าง EMF $\Delta E = E_T - E$ สำหรับแต่ละจุดสอบเทียบ โดย $E_T$ คือค่าในตารางของ EMFและ E คือค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบที่อุณหภูมิของจุดสอบเทียบ นำค่า $\Delta E$ เป็นค่าOrdinatesและค่า E เป็นค่า Abscissas, พล๊อตค่า $\Delta E$ สำหรับแต่ละจุดสอบเทียบ และลากเส้นกราฟผ่านจุดต่างๆ ค่า $\Delta E = 0$ ที่อุณหภูมิจุดอ้างอิง(Reference Junction )จะเพิ่มเข้าเป็นจุดเพิ่มเติมบนกราฟ ลากเส้นตรง แนวนอน $\Delta E = 0$ ซึ่งแทน Difference Curve สำหรับค่า EMF ทีได้จากตาราง ที่ค่าสังเกตุใดๆ ของค่า E บวกค่า $\Delta E$ ที่สอดคล้องกันจากกราฟ และนำค่า EMF ที่แก้ไขนี้ไปเปิดในตารางจะได้ค่าอุณหภูมิจริง

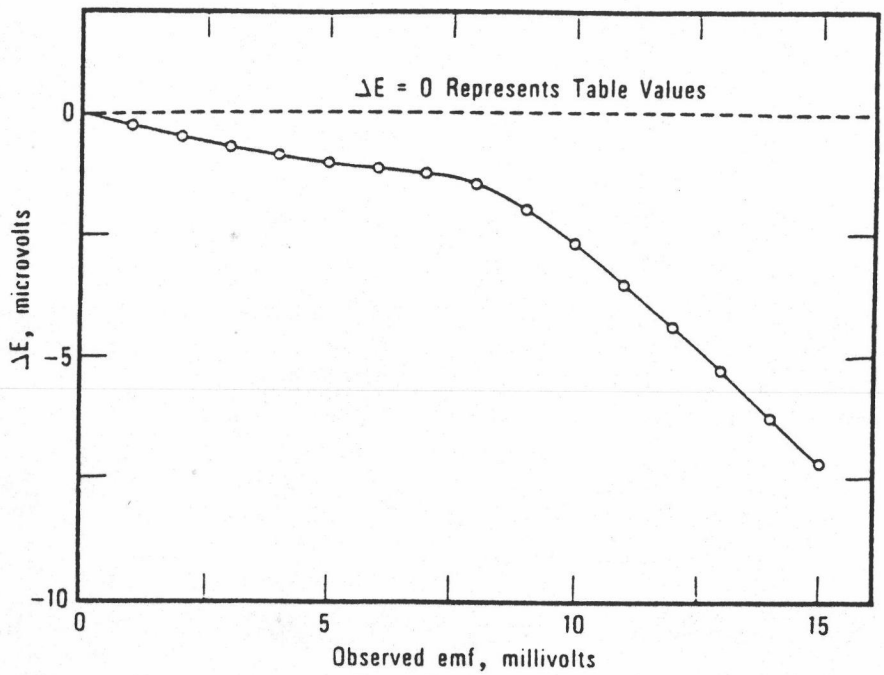
ตัวอย่าง Difference Curve ของ Platinum - 10% Rhodium/Platinum แสดงในรูปที่ 10.14 ค่าของ$\Delta$Eจะมีเครื่องหมายของการแก้ไขซึ่งจะบวกเข้ากับค่าสังเกตุEMFได้ค่าEMFที่แก้ไขซึ่งสามารถนำไปเปิดตารางมาตรฐานได้ อุณหภูมิจริง สำหรับตัวอย่างในรูปที่ 10.14 ที่ 7 mv ค่าแก้ไขมีค่าเท่ากับ -2 μv ดังนั้น ค่าEMFสังเกต 7 mvจะนำค่าไปเปิดตารางมาตรฐานเท่ากับ 7.000- 0.002 = 6.998 mvเพื่อได้อุณหภูมิที่สอดคล้องกัน

10.6 เสนอแนะวิธีการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิลของโรงงานตัวอย่าง

เทอร์โมคัปเปิลที่โรงงานตัวอย่างใช้งานอยู่เป็นชนิดแบบJจากตารางที่10.1ได้กำหนดรายละเอียดต่างๆดังต่อไปนี้ :

- ช่วงอุณหภูมิใช้งาน 0 ถึง 760'C
- จุดอุณหภูมิที่ต้องทำการสอบเทียบ คือ ที่ 100, 300, 500 และ 750 'C (300, 600, 1,000 และ 1,400'F)
- ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นโดยการใช้ Difference Curve จากค่าตารางอ้างอิง มีค่า 1 'C (2' F)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 10.14 แสดงรูปกราฟ คิฟเฟอร์เรันท์ (12)

- ใช้ Tube Furnance เป็นชุดควบคุมอุณหภูมิ ณ.จุดทำการสอบเทียบิ (Measuring Junction) รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ช
- ใช้ เทอร์โมคัปเปิลแบบ S ที่ได้รับการสอบเทียบแล้วเป็นมาตรฐานการสอบเทียบ
- อุณหภูมิอ้างอิง (Reference Junctions) กำหนดที่ จุด Ice Point
- วิธีการสอบเทียบจะใช้วิธี A ซึ่งสอดคล้องเหมาะสมกับการใช้ Tube Furnance รายละเอียดวิธีการสอบเทียบแสดงอยู่ในหัวข้อ 10.5.1 , 10.5.3 และ 10.5.4.1

10.6.1 การเตรียมการเทอร์โมคัปเปิลสำหรับการสอบเทียบ

ปัจจุบันโรงงานตัวอย่างมีเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้งานอยู่จำนวน 4 ชุด ติดตั้งที่หม้อผสม 4 ชุด เทอร์โมคัปเปิล เป็นแบบ J สายบวกทำด้วยเหล็ก สายลบทำด้วย Constantan (โลหะผสมระหว่าง 60%ทองแดง + 40%นิเกล)อุณหภูมิสูงสุดภายในหม้อผสมไม่เกิน 500 'F แต่ละชุดใช้งานเป็นเวลาอย่างน้อยไม่ต่ำ 10 ปี ขนาดเทอร์โมคัปเปิล แต่ละจุดเป็นดังต่อไปนี้

1) ชุดที่ติดตั้งประจำหม้อผสมที่ 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 gage(0.51 mm.) ความยาวจากปลายจุดวัดถึงหัวครอบจุดต่อ มีความยาว 1.64 เมตร

2) ชุดที่ติดตั้งประจำหม้อผสมที่ 2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 gage(0.51 mm) ความยาวจากปลายจุดวัดถึงหัวครอบจุดต่อ มีความยาว 1.72 เมตร

3) ชุดที่ติดตั้งประจำหม้อผสมที่ 3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 gage(0.51 mm) ความยาวจากปลายจุดวัดถึงหัวครอบจุดต่อ มีความยาว 1.87 เมตร

4) ชุดที่ติดตั้งประจำหม้อผสมที่ 4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 gage(0.51 mm) ความยาวจากปลายจุดวัดถึงหัวครอบจุดต่อ มีความยาว 1.94 เมตร

ในการเตรียมการสอบเทียบ จะใช้ Protection Tube แบบ Flange Well ซึ่งใช้ต่อในการวัดในกระบวนการผลิตอยู่แล้ว เลือกใช้ Insulating Tube แบบ Ceramic ชนิด 2 รู ที่จุดต่อของเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิงและเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบจะทำการเชื่อมต่อกันเกิดเป็น 1 รอยนูน เมื่อทำการเชื่อมตัวเทอร์โมคัปเปิลเข้ากันแล้ว ทำการใส่ Insulating Tube จากนั้นจะนำทั้งมัดใส่ใน Protection Tube เมื่อเตรียมการเรียบร้อยแล้วก็นำ Protection Tube จุ่มลงใน Furnance ให้ลึกที่สุด แต่ให้มีระยะโผล่พ้นจาก Furnance

อย่างน้อย 3 นิ้ว อีกปลายด้านหนึ่งของเทอร์โมคัปเปิลทั้ง 2 ชุดต่อเข้ากับจุด Ice Point (Reference Junction)จากนั้นประกอบ Potentiometer และGalvanometer เข้ากับเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุดตามลำดับ รายละเอียดเป็นดังรูปที่ 10.11 หัวข้อที่ 10.5.1

10.6.2 วิธีการสอบเทียบ

การสอบเทียบจะเริ่มที่อุณหภูมิ 100 'C ก่อนมีขั้นตอนการปฏิบัติดังต่อไปนี้

1) ให้ความร้อนกับ Furnance อย่างรวดเร็วไปที่อุณหภูมิประมาณ 100'C จากนั้นหยุดให้ความร้อนกับ Furnance อุณหภูมิภายใน Furnance จะสูงขึ้นเล็กน้อย จากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆจนลงมาที่อุณหภูมิ 100'C โดยการอ่านจากเทอร์โมคัปเปิลอ้างอิง

2) จากนั้นทำการปรับที่ Galvanometer ของชุดเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบ จนกระทั่งลำแสงตกกระทบที่จุดศูนย์บนเสกลพอดี

3) อ่านค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบ ทำการจดบันทึก ซึ่งจะเป็นค่าที่อุณหภูมิ 100'C

4) ทำการซ้ำจากขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 ให้ได้ค่า EMF อีกค่าหนึ่ง ซึ่งไม่ควรต่างกันเกิน 5 uv

5) หาค่าเฉลี่ย เป็นค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบที่อุณหภูมิ 100'C

6) ดำเนินขั้นตอนตาม ข้อ 1 ถึง 5 หาค่า EMF ที่อุณหภูมิ 300, 500 และ 750'C

10.6.3 การบันทึกผลการสอบเทียบ

ภายหลังจากการทำการสอบเทียบ จะได้ผลค่า EMF ของเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกสอบเทียบ ที่อุณหภูมิที่ 100,300, 500 และ 750 'C สิ่งที่สำคัญต่อไปคือ การวิเคราะห์ให้เห็นว่าค่า EMF ดังกล่าวข้างต้นมีค่าแตกต่างจากค่าที่ควรจะเป็นคือค่า EMF ที่ได้จากตารางมาตรฐาน (แสดงในภาคผนวก ช) เป็นเท่าไร ก็จะสามารถทราบค่าความเที่ยงตรงของเทอร์โมคัปเปิลดังกล่าวได้ จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในหัวข้อ 10.5.5 วิธีการใช้ Difference Curve จะเป็นวิธีที่สะดวก ดังนั้นผู้วิจัยจะขอเสนอแบบฟอร์มการบันทึกผล แสดงในรูปที่ 10.15 เพื่อสะดวกในการนำข้อมูลไปพล็อต Difference Curve และสามารถเก็บไว้อ้างอิงในอนาคต

TEST CERTIFICATE FOR THERMOCOUPLE

TYPE : _____ REPORT NO :_____

MAKER : _____ DATE RECEIVED :_____

SUBMITTED BY :_____ DATE CALIBRATED : _____

RESULTS OF TEST :

| CALIBRATION POINT('C) | (E230) REFERENCE EMF(r) (mv) | CALIBRATED EMF(c) (mv) | EMF(r)-EMF(c) (uv) | REMARKS |
|---|---|---|---|---|
| 100 | | | | |
| 300 | | | | |
| 500 | | | | |
| 750 | | | | |

NOTE : NEXT CALIBRATION DATE :_____

REFERENCE THERMOCOUPLE

TYPE : S CALIBRATED BY : _____

MAKER : _____ CALIBRATED WITH :_____

CALIBRATED DATE : _____

NEXT CALIBRATED DATE : _____

รูปที่ 10.15 แสดงแบบฟอร์มบันทึกผลการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิล

10.6.4 การแสดงสถานะการสอบเทียบ

ข้อมูลสำคัญที่จำเป็นในการแสดงสถานะการสอบเทียบ เมอร์โมคัปเปิล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ :

1) วันที่ทำการสอบเทียบครั้งล่าสุด

2) วันที่ทำการสอบเทียบถึงกำหนดครั้งต่อไป

3) ชนิดของเทอร์โมคัปเปิล

4) ขนาดมิติของเทอร์โมคัปเปิล

5) อายุการใช้งาน

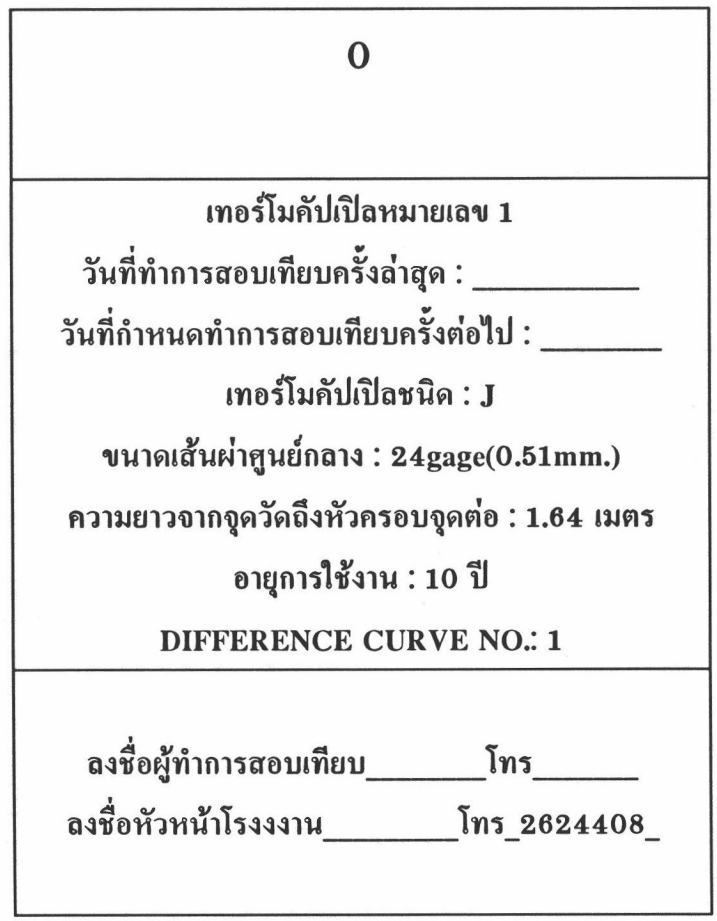
6) หมายเลข Difference Curve

7) หน่วยงานที่ทำการสอบเทียบ , หมายเลขโทรศัพท์

8) ผู้รับควบคุมการสอบเทียบที่โรงงาน, หมายเลขโทรศัพท์

การแสดงสถานะการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิล แสดงในรูปที่ 10.16

หมายเหตุ : การแสดงสถานะการใช้งานไม่ได้ ในกรณีนี้ไม่จำเป็น เนื่องจากเมื่อเกิดการใช้งานไม่ได้จะต้องทำการเปลี่ยนชุดใหม่ทันที เพราะหม้อผสมจึงจะสามารถใช้งานผลิตต่อไปได้




**รูปที่ 10.16 แสดงแผ่นป้ายการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิลหมายเลข 1**