# บทที่ 4

## การทดลอง

### 4.1 จุดประสงค์ของการทดลอง

จุดประสงค์ของการทดลอง เพื่อ

1. ทดสอบ เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น

2. เปรียบเทียบผลการทดลองจาก เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน สร้างขึ้นกับผลการทดลองจาก เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ

### 4.2 อุปกรณ์การทดลอง

#### 4.2.1 เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ

เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน เครื่องนี้ เป็นของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผลิตโดย Devices and Services Co., Ltd. Dallas, Texas, U.S.A. ลักษณะของ เครื่องมือนี้แสดงในรูป 4.1 ซึ่งประกอบด้วย

ก. Scaling Digital Voltmeter Model No. RD1

ข. Heat Source Model NO. AE

ค. Voltage Converter 220-240 V. down to 110 V.

ง. Heat Sink เป็น Fin Aluminium สีดำ

จ. ตัวอย่างวัสดุทดลองที่มีค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน 0.07

ฉ. ตัวอย่างวัสดุทดลองที่มีค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน 0.88

ในการ เตรียมการทดลอง เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ ให้นำสายสัญญาณของ Heat Source ต่อกับ Scaling Digital Voltmeter สายสัญญาณนี้มี 2 สายคือ สายสัญญาณสายหนึ่งมีขา เสียบสีดำ และอีกสายหนึ่งมีขา เสียบสีแดง ในการต่อสายสัญญาณเข้ากับ Scaling Digital Voltmeter ต้องต่อขั้วให้ถูกต้อง คือขา เสียบสีดำต้องต่อกับรูป เสียบสีดำ และขา เสียบสีแดงต่อกับรูป เสียบสีแดง Scating Digital Voltmeter มีสวิทช์ให้ เลือก

สามตำแหน่ง คือ ตำแหน่ง Millivolts, OFF และ Variable และมีปุ่มปรับค่า Variable ต่อไปนำตัวอย่างวัสดุทดลองที่มีค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนเท่ากับ 0.07 วางบน Heat Sink โดยมีน้ำจำนวน 2 - 3 หยดคั่นกลางระหว่างตัวอย่างวัสดุทดลองกับ Heat Sink น้ำจำนวนเล็กน้อยนี้ใช้เพื่อเป็นตัวกลางให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวอย่างวัสดุทดลองกับ Heat Sink เป็นไปอย่างสมบูรณ์ ถ้าไม่มีน้ำเป็นตัวกลางแล้วการถ่ายเทความร้อนระหว่างตัวอย่างวัสดุทดลองกับ Heat Sink อาจไม่สมบูรณ์เนื่องจากผิวของตัวอย่างวัสดุทดลอง กับ Heat Sink อาจสัมผัสกันไม่ตลอดผิว จากนั้นนำ Heat Source วางบนตัวอย่างวัสดุทดลอง ส่วนบนของ Heat Source มีสายสองชุด ชุดหนึ่งเป็นสายสัญญาณที่นำไปต่อกับ Scaling Digital Voltmeter อีกชุดหนึ่งเป็นสายไฟที่ต้องต่อกับ Voltage Converter, Voltage Converter นี้ แปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าจาก 220 โวลท์ เป็น 110 โวลท์ สำหรับการทดลองโดยใช้เครื่องมือนี้จะกล่าวต่อไปในหัวข้อวิธีการทดลอง

4.2.2 <u>เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น</u>

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้นได้อธิบายรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 และแสดงส่วนประกอบไว้ในรูป 3.1

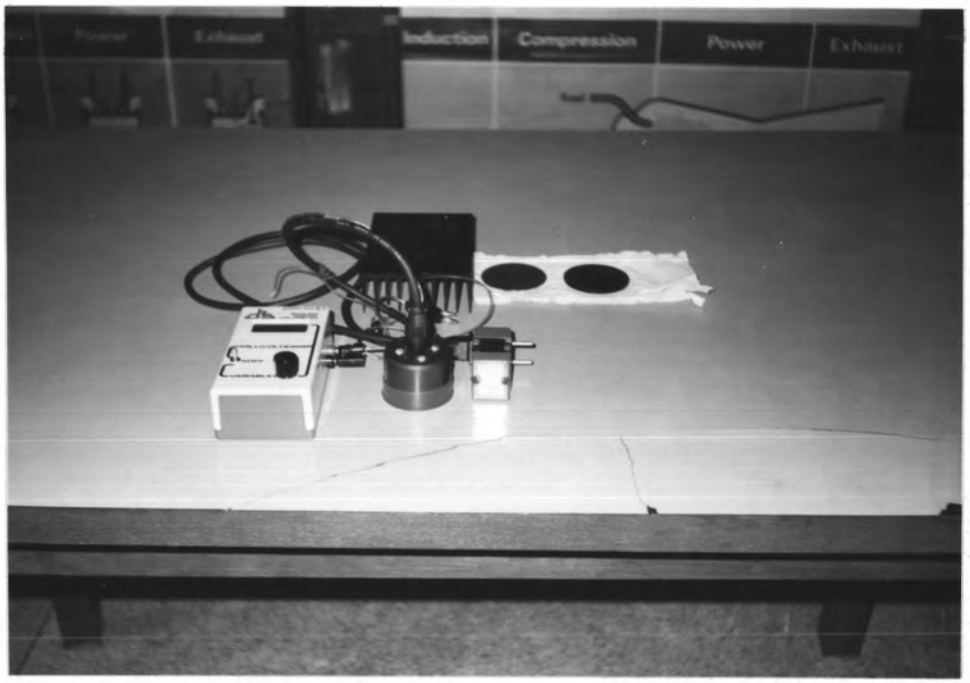
4.2.2.1 อุปกรณ์ควบคุมความร้อนของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น

การควบคุมความร้อนของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น ใช้อุปกรณ์ดังนี้

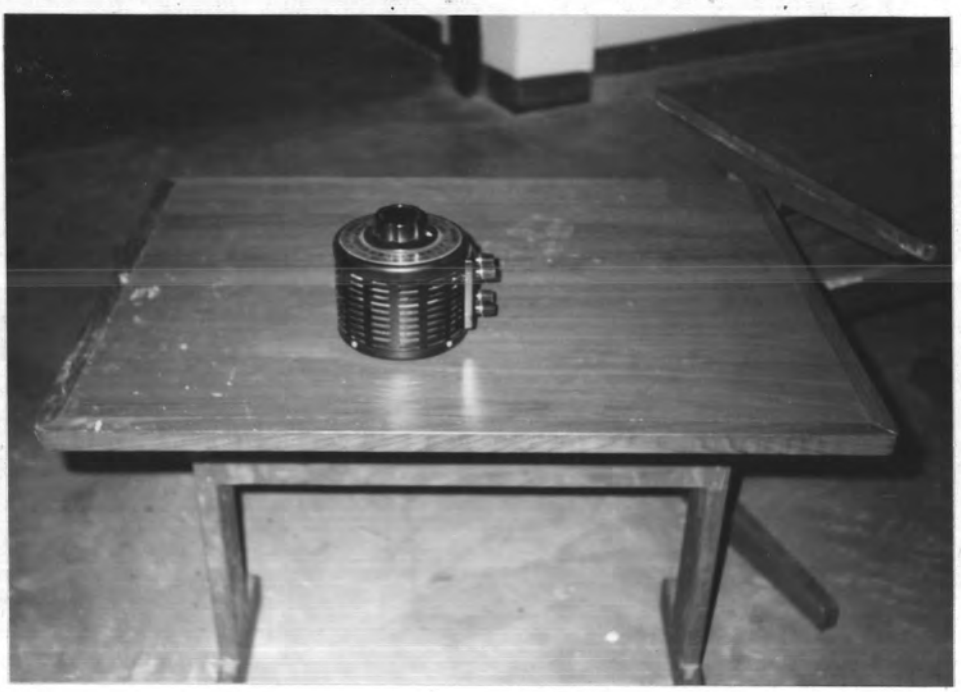
1. หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าชนิดปรับค่าได้ (Variable Voltage Transformer) ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 โวลท์ 50 ไซเกิล แปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 0-260 โวลท์ 500 V - A ของ YOKOHAMA ELECTRIC WORKS Co., Ltd. จำนวน 1 ตัว แสดงในรูป 4.2

2. อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Controller Temperature) ของ UNION INSTRUMENT Model PZ - 6 range 0 - 400 องศาเซลเซียส จำนวน 2 ตัว แสดงในรูป 4.3

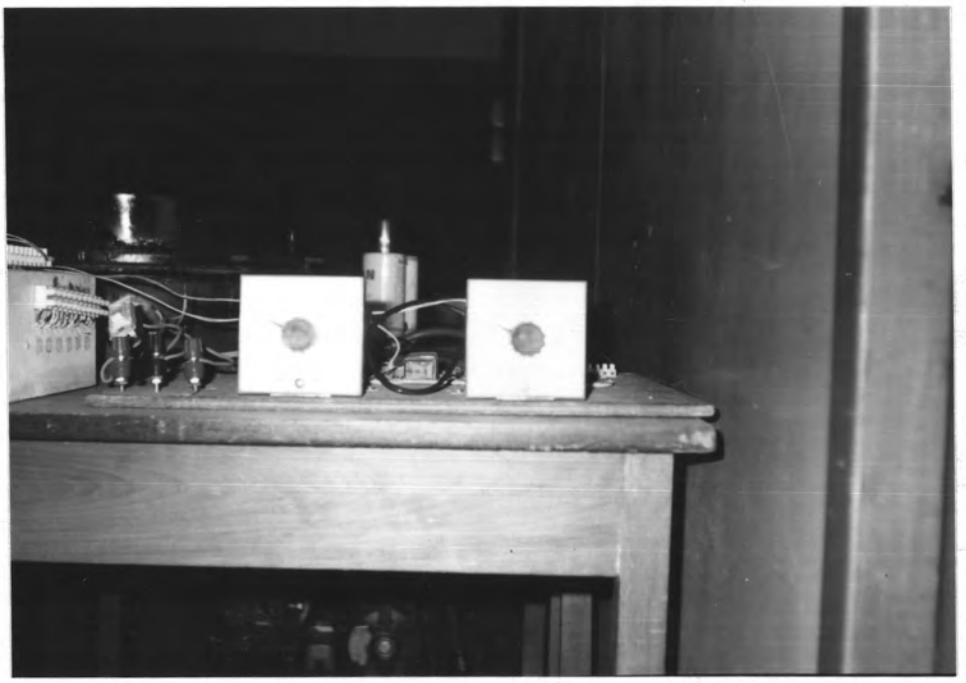
3. อุปกรณ์ปรับพลังงานไฟฟ้า (Dimmer Control) ของสยามนีออน รุ่น LM - 6007 ขนาด 1200 วัตต์ จำนวน 1 ตัว แสดงในรูป 4.4




รูป 4.1 รูปถ่ายแสดงส่วนประกอบของ เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ



รูป 4.2 รูปถ่ายแสดงรูปร่างของหม้อแปลงแรง เคลื่อนไฟฟ้าชนิดปรับค่าได้ (Variable Voltage Transformer)



รูป 4.3 รูปถ่ายแสดงรูปร่างของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

(Temperature Controller)

รูป 4.4 รูปถ่ายแสดงรูปร่างของอุปกรณ์ปรับพลังงานไฟฟ้า

(Dimmer Control)

รูป 4.5 รูปถ่ายแสดงรูปร่างของ Digital Thermometer

รูป 4.6 รูปถ่ายแสดงรูปร่างของ Digital Multimeter

4. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบอ่านค่าเป็นตัวเลข (Digital Thermometer) ใช้กับเทอร์โมคัพเปิล แบบ K ของ Digitron Instrument Limited Model 1808 จำนวน 1 ตัว แสดงในรูป 4.5

5. Digital Multimeter ของ SOAR Corporation Model ME 530 จำนวน 1 ตัว แสดงในรูป 4.6

6. รีเลย์ (Relay) ของ KOIKE Model MB 220 V 1 phase 10 Amp จำนวน 2 ตัว

สำหรับอุปกรณ์ควบคุมความร้อน (Controller Temperature) ภายในอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิมีรีเลย์ขนาด 2 แอมแปร์ ในการทดลองนี้ไม่สามารถใช้รีเลย์ที่อยู่ภายในอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมากกว่า 2 แอมแปร์ ดังนั้นจึงเปลี่ยนรีเลย์มาใช้ขนาด 10 แอมแปร์ การต่อวงจรของรีเลย์กับอุปกรณ์ควบคุมความร้อนได้แสดงในรูป 4.7 อุปกรณ์ควบคุมความร้อนมี 2 อัน รีเลย์ที่นำมาต่อกับอุปกรณ์ทำความร้อนจึงมี 2 อันด้วย หน้าปัทม์ของอุปกรณ์ควบคุมความร้อนมีสเกลบอกค่าของอุณหภูมิซึ่งสามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิให้อุปกรณ์ควบคุมความร้อนทำงานภายใต้อุณภูมิที่สเกลบนหน้าปัทม์ได้ตั้งเอาไว้ ทั้งนี้อุปกรณ์ควบคุมความร้อนต้องได้รับสัญญาณบอกอุณหภูมิมาจากวัสดุที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ สัญญาณบอกอุณหภูมิใช้เทอร์โมคัพเปิลแบบ K (วัสดุ Chromel Alumel) วัสดุที่ต้องการวัดอุณหภูมิ เมื่อมีอุณหภูมิน้อยกว่าอุณหภูมิบนสเกลหน้าปัทม์ของอุปกรณ์ควบคุมความร้อน อุปกรณ์ควบคุมความร้อนคงทำงานอยู่ตลอดเวลา เมื่ออุณหภูมิของวัสดุเท่ากับอุณหภูมิบนสเกลหน้าปัทม์ของอุปกรณ์ควบคุมความร้อน อุปกรณ์ควบคุมความร้อนก็หยุดทำงาน เมื่อใดวัสดุมีอุณหภูมิลดลง อุปกรณ์ ควบคุมความร้อนก็จะเริ่มทำงานใหม่ อุปกรณ์ควบคุมความร้อนจะทำหน้าที่ตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าตลอดเวลาเพื่อรักษาให้วัสดุมีอุณหภูมิคงที่ ในขณะที่อุปกรณ์ควบคุมความร้อนกำลังทำงาน อุปกรณ์ทำความร้อนซึ่งต่อวงจรมาจากอุปกรณ์ควบคุมความร้อนนั้นก็จ่ายความร้อนให้แก่วัสดุ ถ้าอุปกรณ์ทำความร้อนมีกำลังวัตต์ต่ำ การทำให้วัสดุมีอุณหภูมิความต้องการก็ใช้เวลานาน แต่ถ้าอุปกรณ์ทำความร้อนมีกำลังวัตต์สูง การทำให้วัสดุมีอุณหภูมิตามต้องการก็ใช้เวลาน้อย เมื่อวัสดุมีอุณหภูมิตามต้องการ อุปกรณ์ควบคุมความร้อนก็จะหยุดทำงาน แต่วัสดุจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีก เนื่องจากความร้อนที่สะสมอยู่ในอุปกรณ์ทำความร้อนถ่ายเทให้กับวัสดุ ถ้าอุปกรณ์ทำความร้อนมีกำลังวัตต์ต่ำ วัสดุจะมีอุณหภูมิเกินต้องการเป็นจำนวนน้อย ถ้าอุปกรณ์ทำความร้อน

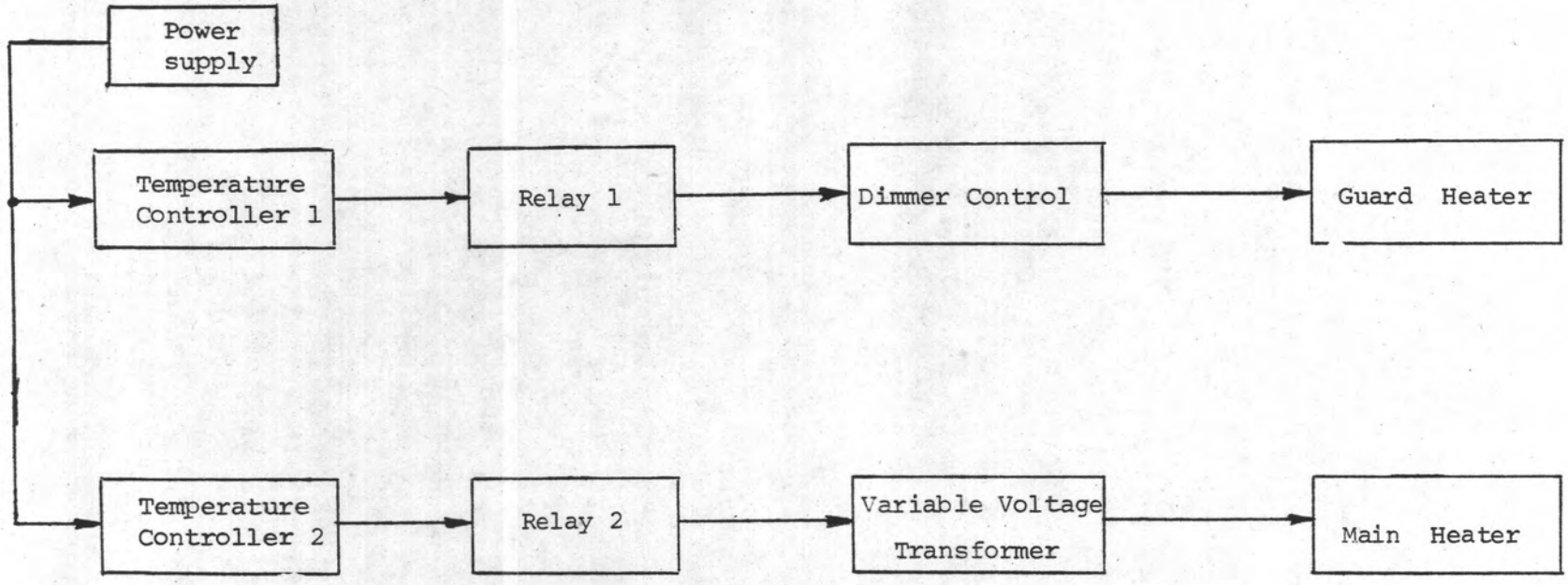
มีกำลังวัตต์สูง วัสดุจะมีอุณหภูมิ เกินต้องการ เป็นจำนวนมาก ในการที่จะไม่ให้วัสดุมีอุณหภูมิ เกินต้องการ ไม่ว่าจะใช้อุปกรณ์ทำความร้อนที่มีกำลังวัตต์ต่ำหรือสูง กระทำได้โดยใช้อุปกรณ์ปรับพลังงานไฟฟ้า (Dimmer Control) หรือใช้หม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าชนิดปรับค่าได้ (Variable Voltage Transformer) ต่อเข้าในวงจรไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ควบคุมความร้อนกับอุปกรณ์ทำความร้อน อุปกรณ์ปรับพลังงานไฟฟ้าหรือหม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าชนิดปรับค่าได้นี้ สามารถปรับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้อุปกรณ์ทำความร้อนโดยควบคุมด้วยมือ (Manual) จนทำให้วัสดุมีอุณหภูมิคงที่ตามต้องการ ลักษณะการต่อวงจรของอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อควบคุมความร้อนแสดงในรูป 4.7 สำหรับ Digital Multimeter ใช้สำหรับวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับอุปกรณ์ทำความร้อน แต่อุปกรณ์ทำความร้อนมี 2 ชุด คือ อุปกรณ์ทำความร้อนส่วนล่างกับอุปกรณ์ทำความร้อนส่วนนอกต่อวงจรแบบขนานกัน เป็นชุดหนึ่ง ใช้สำหรับจ่ายความร้อนให้แก่ถาดทองแดง อุปกรณ์ทำความร้อนอีกชุดหนึ่งใช้จ่ายความร้อนให้กับชิ้นงานทดลอง ในการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าให้วัดที่อุปกรณ์ทำความร้อนส่วนนอกและอุปกรณ์ทำความร้อนอันที่จ่ายความร้อนให้กับชิ้นงานทดลอง

4.2.2.2 การวัดอุณหภูมิ

ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดที่ต้องวัดอุณหภูมิมี ชิ้นงานทดลอง ถาดทองแดง แผ่นทองแดงอันล่างซึ่งวางรองรับอุปกรณ์ทำความร้อนอันที่จ่ายความร้อนให้กับชิ้นงานทดลอง ฝาครอบรูปครึ่งทรงกลม แผ่นอลูมิเนียม ปอยล์ (Aluminium Loil) อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิคือ เทอร์โมคัพเปิลแบบ K (ทำจาก Chromel - Alumel) และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบอ่านค่าเป็นตัวเลข (Digital Thermometer) ตำแหน่งของเทอร์โมคัพเปิลที่ติดบนชิ้นส่วนต่าง ๆ แสดงในรูป 4.8 ถึง 4.13

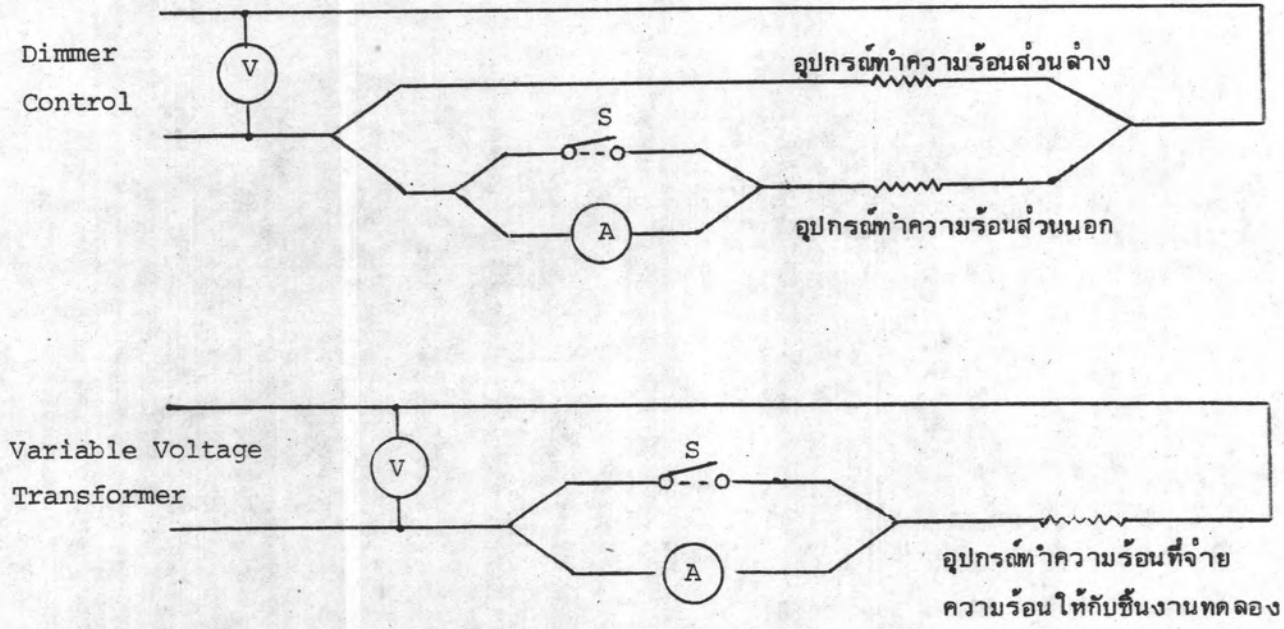
## 4.3 วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการทดลองเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ และส่วนที่สองเป็นการทดลองเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น การทดลองใช้ระยะเวลาการทดลองตั้งแต่วันที่ 21 เมษายน 2530 ถึงวันที่ 3 มิถุนายน 2530




ก. Block Circuit ของการควบคุมความร้อน

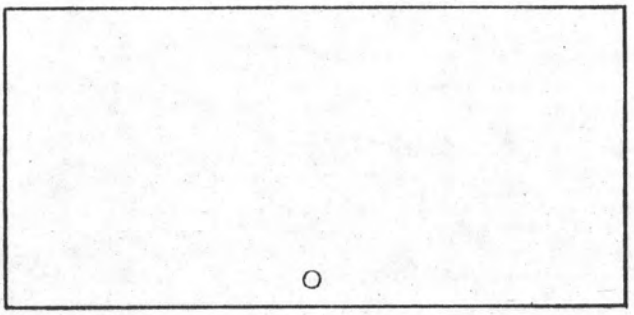
รูป 4.7 วงจรการควบคุมความร้อน



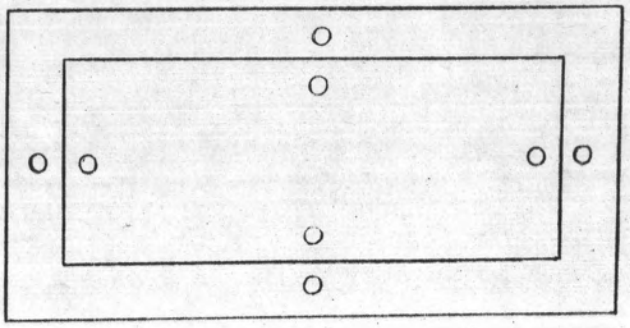

ข. ลักษณะการต่อโวลท์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์เข้ากับวงจร

รูป 4.7(ต่อ) วงจรการควบคุมความร้อน

○ สัญญลักษณ์ของ เทอร์ไมดัพ เบิล

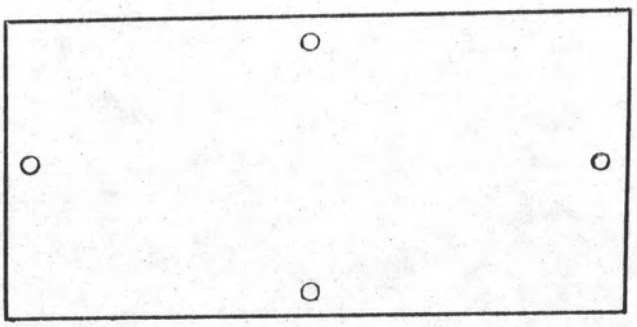


รูป 4.8 แสดงตำแหน่ง เทอร์ไมดัพ เบิลบนชิ้นงานทดลอง

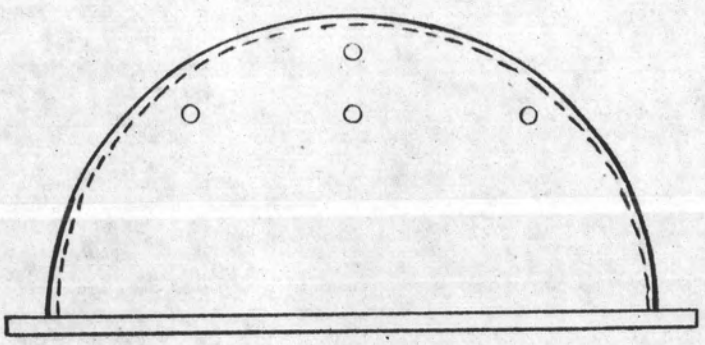


รูป 4.9 แสดงตำแหน่ง เทอร์ไมดัพ เบิลบนถาดทองแดง

o สัญญลักษณ์ของ เทอร์โมคัพเปิล

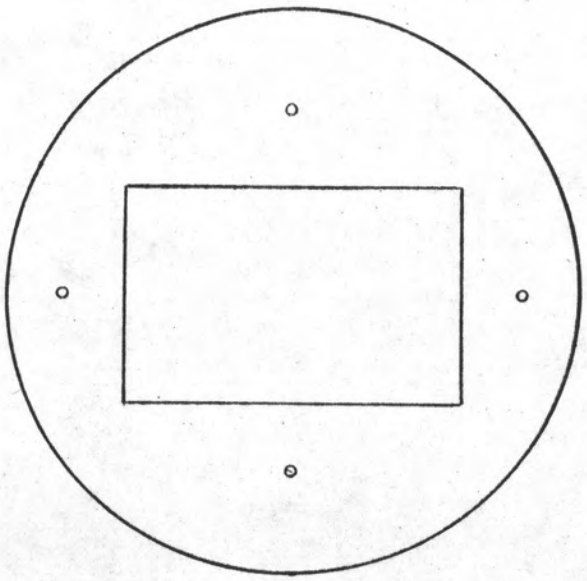


รูป 4.10 แสดงตำแหน่ง เทอร์โมคัพเปิลบนแผ่นทองแดงอันล่าง

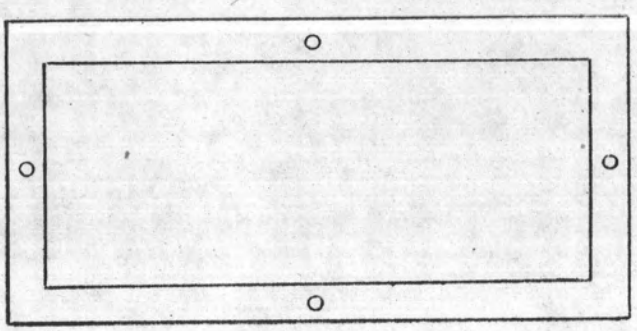


รูป 4.11 แสดงตำแหน่งเทอร์โมคัพเปิลบนผิวด้านในของฝาครอบรูป
ครึ่งทรงกลม

o สัญญลักษณ์ของเทอร์โมคัพเปิล



รูป 4.12 แสดงตำแหน่งเทอร์โมคัพเปิลบนแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์

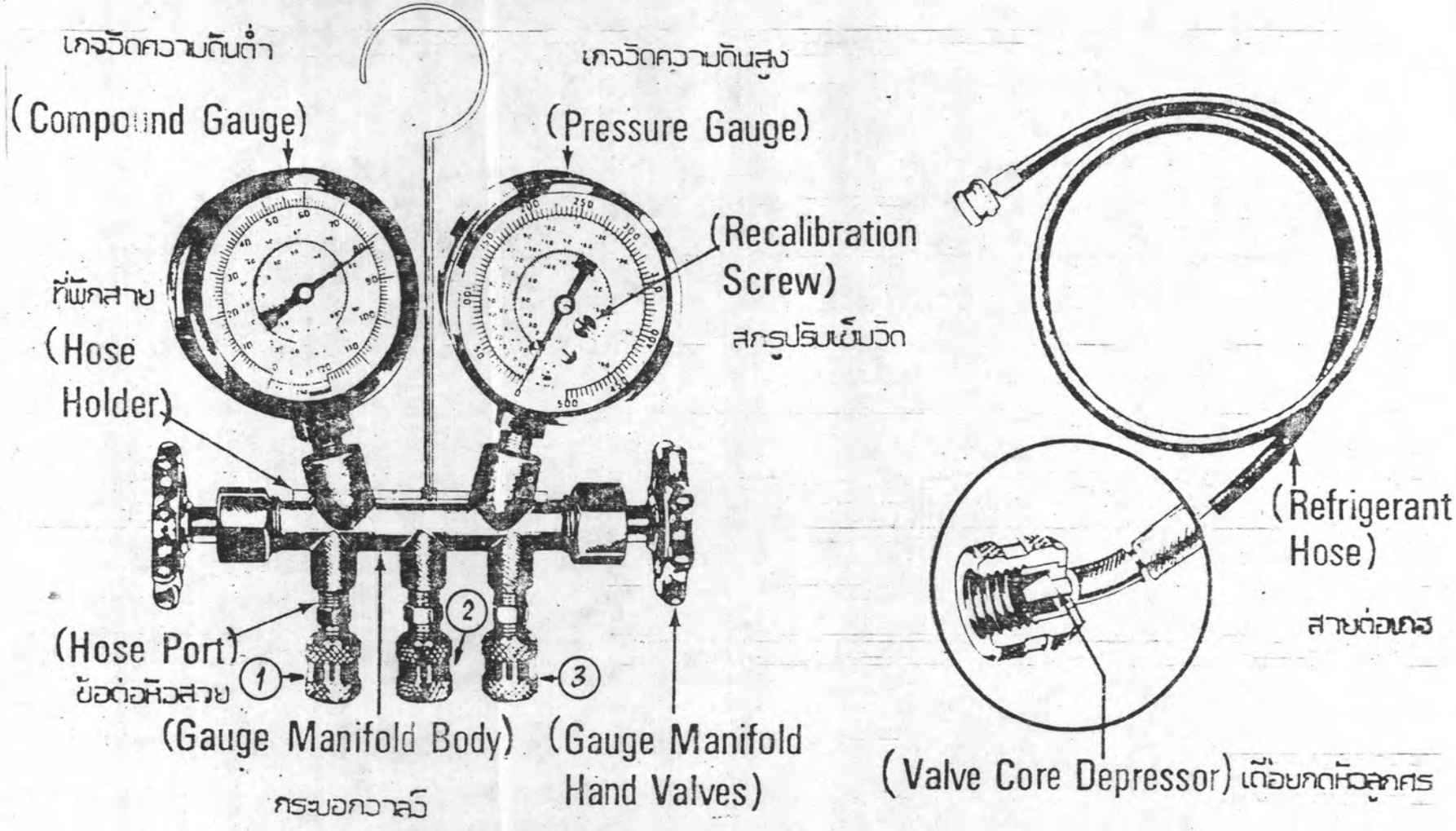


รูป 4.13 แสดงตำแหน่งเทอร์โมคัพเปิลบนผิวด้านล่างของฉนวนแอสเบสไทส

วิธีการทดลองด้วย เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ มีขั้นตอนดังนี้ หลังจากประกอบอุปกรณ์ส่วนต่าง ๆ ตามที่อธิบายในบทที่ 3 ของเครื่องมือวัด เรียบร้อยแล้ว ให้ต่อ Voltage Converter เข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ 50 ไซเกิล 1 เฟส แล้วปรับสวิทซ์ (switch) ของ Scaling Digital Voltmeter จากตำแหน่ง OFF มาอยู่ที่ตำแหน่ง Variable ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจะปรากฏบนหน้าปัทม์ของ Scaling Digital Voltmeter แต่ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนนี้จะไม่คงที่ เนื่องจากความร้อนจาก Heat Source ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส จ่ายความร้อนให้กับตัวอย่างวัสดุทดลอง ยังมีอุณหภูมิไม่คงที่ ต้องรอให้ความร้อนของตัวอย่างวัสดุทดลองมีอุณหภู มิคงที่ หรือเกือบคงที่ก่อนซึ่งใช้เวลาประมาณ 15 นาที จากนั้นปรับปุ่ม Variable ของ Scaling Digital Voltmeter ให้อ่านค่าได้ 0.07 เพราะตัวอย่างวัสดุทดลองทราบค่าแล้วว่ามีค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน 0.07 ต่อไปเปลี่ยนตัวอย่างวัสดุทดลองที่ทราบค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน 0.88 เริ่มทำการทดลองโดยการทดลองเหมือนกับตัวอย่างวัสดุทดลองที่มีค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน 0.07 ต่อไปตรวจสอบตำแหน่งของปุ่ม Variable ว่าขณะที่วัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน = 0.07 นั้น ตำแหน่งของปุ่ม Variable นั้นอยู่ตำแหน่งเดียวกับตอนที่วัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน = 0.88 หรือไม่ ถ้าตำแหน่งของปุ่ม Variable อยู่ห่างกัน ต้องทำการทดลองตัวอย่างทดลองที่มีค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน 0.07 และ 0.88 สลับกันไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งปุ่ม Variable ได้แสดงค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่มีค่า 0.07 และ 0.88 ณ ตำแหน่งของปุ่ม Variable เดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน เมื่อได้ตำแหน่งของปุ่ม Variable ที่ถูกต้องแล้ว จึงนำตัวอย่างวัสดุทดลองออกเอาชิ้นงานทดลองงานแทน เนื่องจาก Heat Sink มีขนาดเล็กกว่าชิ้นงานทดลองที่ใช้กับเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น ดังนั้นจึงต้องตัดแต่งชิ้นงานทดลองให้มีขนาดเหมาะกับขนาดของ Heat Sink ซึ่งขนาดของชิ้นงานทดลองที่ใช้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสมีความกว้าง 80 มิลลิเมตร และความยาว 80 มิลลิเมตร ชิ้นงานทดลองที่ใช้กับเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ กับชิ้นงานทดลองที่ใช้กับเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น จะต้องเป็นชิ้นงานทดลองที่ตัดมาจากวัสดุซึ่งเป็นแผ่นใหญ่แผ่นเดียวกัน ชิ้นงานทดลองที่ใช้ในการทดลองมีแผ่นเหล็ก แผ่นอลูมิเนียม แผ่นทองแดง แต่ละแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร ขัดผิวด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 360 สำหรับแผ่นวัสดุทั้งสามเมื่อต้องการ

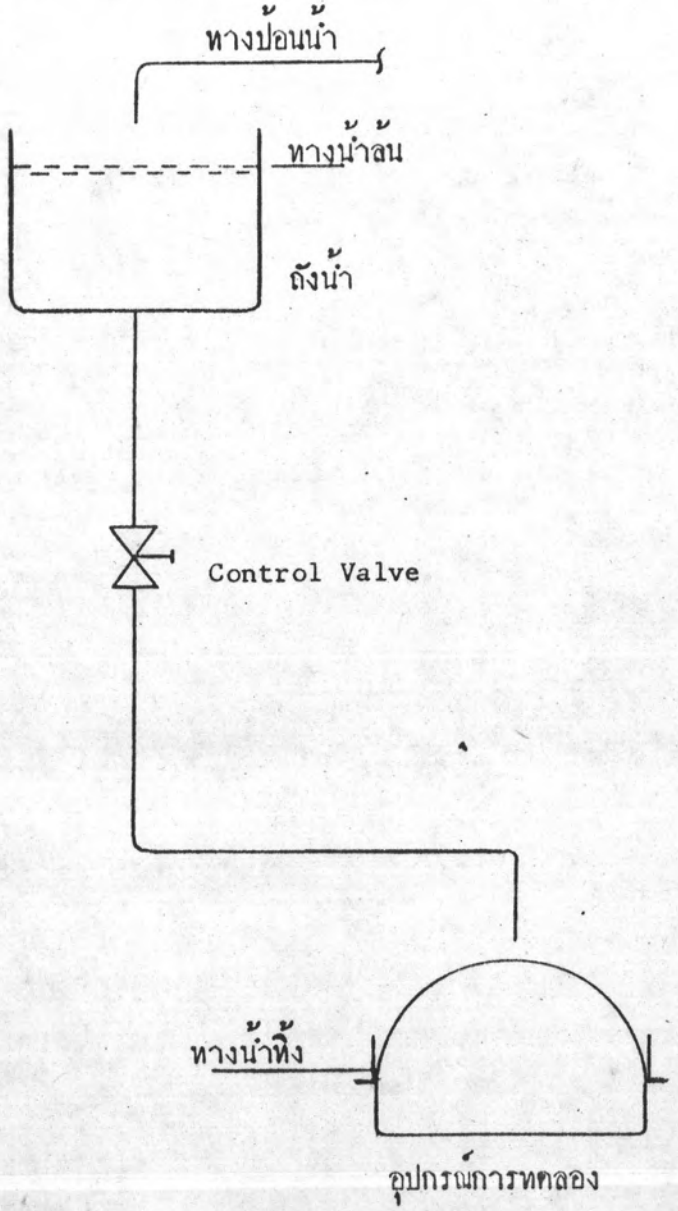
เคลือบด้วยสีดำ ใช้สีชนิดทนความร้อนตรา TOA ซึ่งทนความร้อนได้ไม่เกิน 650 องศาเซลเซียส ชิ้นงานทดลองต่าง ๆ เหล่านี้ เมื่อวางบน Heat Sink ต้องหยอดน้ำคั่นกลางระหว่างชิ้นงานทดลองกับ Heat Sink ด้วยแล้วให้ความร้อนแก่ชิ้นงานทดลองประมาณ 15 นาที แล้วจึงวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน โดยอ่านค่าได้จากหน้าปัทม์ของ Scaling Digital Voltmeter ที่ตำแหน่งสวิทช์ Millivolts ระยะเวลาในการทดลองตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งอ่านค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของชิ้นงานแต่ละชิ้น ใช้เวลาประมาณ 25 - 30 นาที

สำหรับการทดลองด้วยเครื่องวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรกเป็นการทดลองเพื่อทดสอบเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น และตอนที่สองเป็นการทดลองเพื่อหาค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของชิ้นงานทดลองชนิดต่าง ๆ วิธีการทดลองทั้ง 2 ตอน มีวิธีการทดลองเหมือนกัน เพียงแต่การทดลองในตอนแรกได้ทดลองให้ชิ้นงานทดลอง มีอุณหภูมิคงที่เท่ากับอุณหภูมิของตัวอย่างวัสดุทดลองซึ่งได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ แล้วนำผลการทดลองมาคำนวณ แล้วเปรียบเทียบค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้นกับค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ ในการเปรียบเทียบนี้ทำให้ได้ทราบค่าความผิดพลาดเป็นเปอร์เซนต์ของเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น สำหรับการทดลองในตอนที่สองได้ทดลองให้ชิ้นงานทดลองมีอุณหภูมิคงที่ในช่วงอุณหภูมิ 40 - 100 องศาเซลเซียส โดยแบ่งเป็นช่วง ๆ ช่วงละ 10 องศาเซลเซียส วิธีการทดลองสำหรับเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น มีขั้นตอนดังนี้ เริ่มจากวางชิ้นงานทดลองในตำแหน่งที่ได้อธิบายไว้ในรูป 3.4 แล้วกดชิ้นงานให้แน่นด้วยสกรู ประกอบฝาครอบรูปครึ่งทรงกลมกับกล่องโลหะรูปทรงกระบอกกลมแล้วขันสกรูให้แน่นทุกตัวที่อยู่โดยรอบของหน้าจาน ต่อไปสูบอากาศออกจากภายในเครื่องมือวัดโดยนำสายต่อเกจของ Refrigeration Gauge Set ต่อเข้ากับ Service Valve โดย valve Core Depressor ของสายต่อเกจจะไปดันลิ้นของ Service Valve ทำให้อากาศภายในเครื่องมือวัดไหลออกมาได้ ส่วนประกอบของ Refrigeration Gauge Set ได้แสดงในรูป 4.14 ปลายอีกข้างหนึ่งของสายต่อเกจต่อเข้ากับข้อต่อหัวสาย (Host Port) หมายเลข1




รูป 4.14แสดงส่วนประกอบของ Refrigeration Gauge Set

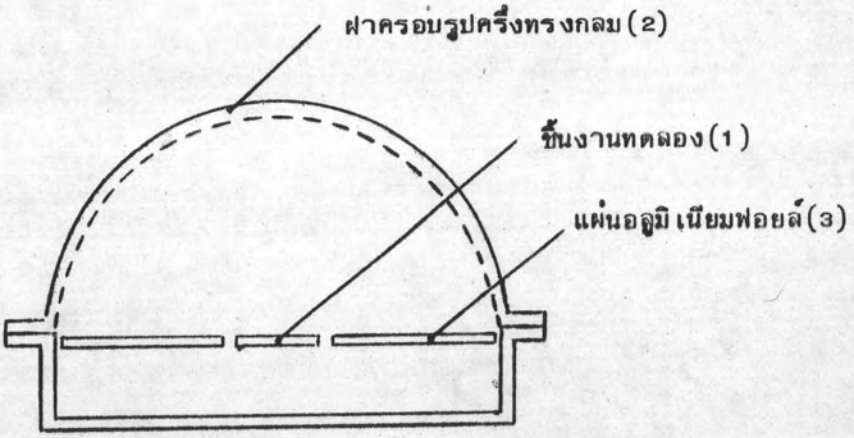
ส่วนข้อต่อหัวสาย (Host Port) หมายเลข 2 ต่อเข้ากับเครื่องสูบสูญญากาศ สำหรับข้อต่อหัวสาย หมายเลข 3 ไม่ได้ใช้ จึงปิดทางเดินของอากาศโดยใช้มือจับหมุนวาล์ว (Gauge Manifold Hand Valve) เมื่อให้เครื่องสูบสูญญากาศทำงานก็คลายมือจับหมุนวาล์ว (Gauge Manifold Hand Valve) อันที่อยู่ทางด้านข้อต่อหัวสาย (Host Port) หมายเลข 1 ทำให้อากาศภายในเครื่องมือวัดไหลออกมาได้ ขณะที่เครื่องสูบสูญญากาศกำลังทำงาน ให้อ่านค่าความดันที่หน้าปัทม์ของเกจวัดความดันต่ำ (Compound Gauge) เมื่อเกจวัดความดันต่ำ (Compound Gauge) ได้แสดงว่าความดันเป็นสูญญากาศให้หมุนมือจับหมุนวาล์ว (Gauge Manifold Hand Valve) อันที่อยู่ทางด้านข้อต่อหัวสาย (Host port) หมายเลข 1 เพื่อปิดทางเดินของความดันในเครื่องมือวัด แล้วหยุดเครื่องสูบสูญญากาศ ก็จะได้ภายในเครื่องมือวัดเป็นสูญญากาศ โดยห้ามหมุนมือจับหมุนวาล์ว (Gauge Manifold Hand Valve) อันที่อยู่ทางด้านข้อต่อหัวสาย (Host port) หมายเลข 1 **หรือห้ามถอด** Valve Core Depressor ออกจาก Service Valve มิฉะนั้นแล้วอากาศจะไหลเข้าไปในเครื่องมือวัดได้ หลังจากนั้นคอยอ่านเข็มแสดงความดันบนหน้าปัทม์ของอุปกรณ์วัดความดันสูญญากาศ เมื่อภายในเครื่องมือวัดเป็นสูญญากาศแล้ว ปิดวาล์วอากาศของอุปกรณ์วัดความดันสูญญากาศ เพื่อทำให้ภายในเครื่องมือวัดเป็นสูญญากาศตลอดเวลา แล้วจึงหยุดเครื่องสูบสูญญากาศ ต่อไปตั้งหน้าปัทม์ของอุปกรณ์ควบคุมความร้อนตัวที่หนึ่งซึ่งใช้ควบคุมอุณหภูมิของถาดทองแดงและตั้งหน้าปัทม์ของอุปกรณ์ควบคุมความร้อนตัวที่สองซึ่งใช้ควบคุมอุณหภูมิของชิ้นงานทดลอง ป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ทำความร้อนทุกอัน ปรับหม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าชนิดปรับค่าได้ให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุด เพื่อให้ชิ้นงานทดลองมีความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการได้เร็วและคอยอ่านระดับอุณหภูมิของชิ้นงานทดลองด้วย เมื่อชิ้นงานทดลองมีอุณหภูมิใกล้กับความต้องการแล้ว จึงปรับหม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าลดลง ในขณะเดียวกันตรวจสอบอุณหภูมิแผ่นทองแดงอันล่างและอุณหภูมิถาดทองแดง คอยปรับอุปกรณ์ปรับพลังงานไฟฟ้า (Dimmer Control) เพื่อให้อุณหภูมิถาดทองแดงเท่ากับอุณหภูมิแผ่นทองแดง ทำการปรับหม้อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าและอุปกรณ์ปรับพลังงานไฟฟ้าตลอดเวลา จนกระทั่งชิ้นงานมีอุณหภูมิคงที่ตามต้องการและอุณหภูมิของแผ่นทองแดงอันล่างเท่ากับอุณหภูมิถาดทองแดง ในระหว่างการทดลองต้องใช้น้ำควบคุมอุณหภูมิของฝาครอบรูปครึ่งทรงกลมให้อุณหภูมิคงที่ ซึ่งวงจรการไหลของน้ำแสดงในรูป 4.15 ในการรักษาอุณหภูมิที่จุดต่างๆให้คงที่ต้องรักษาให้อุณหภูมิคงที่อย่างน้อย 30 นาที ต่อจากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูล ระยะเวลาของการทดลองตั้งแต่เริ่มป้อนพลังงานไฟฟ้าจนกระทั่งเก็บข้อมูลการทดลองได้ ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงต่อชิ้นงานทดลอง 1 ชิ้น




รูป 4.15 ระบบการไหลของน้ำเพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิของฝาครอบรูปครึ่งทรงกลมให้มีอุณหภูมิคงที่

## 4.4 การทดสอบเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น

การทดสอบเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้นนี้ ได้ทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อวิธีการทดลอง ชิ้นงานที่ใช้ทดลองมี เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม เหล็กเคลือบผิวสีดำ ทองแดงเคลือบผิวสีดำและอลูมิเนียมเคลือบผิวสีดำ ในการทดลองนี้ควบคุมอุณหภูมิของชิ้นงานทดลองให้คงที่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 แล้วนำข้อมูลนี้มาคำนวณหาค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนโดยใช้สมการการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวสามผิวซึ่งลักษณะผิวทั้งสามของเครื่องมือได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.16




รูป 4.16 แสดงส่วนของเครื่องมือที่สร้างขึ้นที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อน ประกอบด้วย ชิ้นงานทดลอง ฝาครอบรูปครึ่งทรงกลมและแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองสำหรับชิ้นงานทดลองชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

| ชนิดของชิ้นงานทดลอง | อุณหภูมิฝาครอบรูปครึ่งทรงกลม (°C) | อุณหภูมิแผ่นอลูมิ - เนียมฟอยล์ (°C) | อุณหภูมิของทองแดงแผ่นล่าง (°C) | อุณหภูมิพื้นถาดทองแดง (°C) | อุณหภูมิขอบถาดทองแดง (°C) | อุณหภูมิตัวกดชิ้น-งานทดลอง (°C) | อุณหภูมิฉนวนเบเกอไรต์ (°C) | พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ทำความร้อนส่วนนอก | | พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ทำความร้อนที่จ่ายให้ชิ้นงานทดลอง | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | แรงเคลื่อน (V) | กระแส (A) | แรงเคลื่อน (V) | กระแส (A) |
| เหล็ก | 29.2 | 39.4 | 65.5 | 65.5 | 65.7 | 60 | 46.6 | 11.7 | 0.2 | 23.8 | 0.11 |
| ทองแดง | 29.3 | 38.8 | 65.1 | 65.1 | 65.2 | 60 | 47.3 | 11.2 | 0.2 | 19.9 | 0.08 |
| อลูมิเนียม | 29.5 | 38.3 | 64.8 | 64.8 | 65.0 | 60 | 49.5 | 11.3 | 0.2 | 27 | 0.13 |
| เหล็กเคลือบผิวสีดำ | 29.5 | 41.4 | 69.5 | 69.5 | 69.7 | 60 | 50.7 | 12.8 | 0.22 | 33.9 | 0.16 |
| ทองแดงเคลือบสีดำ | 30 | 40.6 | 69.2 | 69.2 | 69.3 | 60 | 49.4 | 12.8 | 0.22 | 33.5 | 0.16 |
| อลูมิเนียมเคลือบสีดำ | 29.5 | 39.2 | 65.9 | 65.9 | 66 | 60 | 46.1 | 11.6 | 0.2 | 34.8 | 0.16 |

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นอลูมิเนียมด้วยข้อมูลจากตารางที่ 4.1

| ชนิดของชิ้นงานทดลอง | อุณหภูมิผิวบนของฉนวนแอสเบสไทส ($T_A$, °C) | อุณหภูมิผิวล่างของฉนวนแอสเบสไทส ($T_B$, °C) | $T_A - T_B$ (°C) | พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ทำความร้อนส่วนนอก (วัตต์) | พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฉนวนแอสเบสไทส (วัตต์) | พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นอลูมิเนียม (วัตต์) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เหล็ก | 65.7 | 46.6 | 19.1 | 2.089 | 2.34 | 0.251 |
| ทองแดง | 65.2 | 47.3 | 17.9 | 1.958 | 2.24 | 0.282 |
| อลูมิเนียม | 65 | 49.5 | 15.5 | 1.696 | 2.26 | 0.564 |
| เหล็กเคลือบผิวสีดำ | 69.7 | 50.7 | 19 | 2.078 | 2.816 | 0.738 |
| ทองแดงเคลือบผิวสีดำ | 69.3 | 49.4 | 19.9 | 2.177 | 2.816 | 0.639 |
| อลูมิเนียมเคลือบผิวสีดำ | 66 | 46.1 | 19.9 | 2.177 | 2.32 | 0.143 |

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคำนวณค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากตารางที่ 4.1 และ 4.2

| ชนิดของชิ้นงานทดลอง | เหล็ก | ทองแดง | อลูมิเนียม | เหล็กเคลือบผิวสีดำ | ทองแดงเคลือบผิวสีดำ | อลูมิเนียมเคลือบผิวสีดำ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| อุณหภูมิฝาครอบ ($T_2$,K) | 302.2 | 302.3 | 302.5 | 302.5 | 303 | 302.5 |
| อุณหภูมิแผ่นอลูมิเนียม ($T_3$,K) | 312.4 | 311.8 | 311.3 | 314.4 | 313.6 | 312.2 |
| $E_{b1} = \sigma T_1^4$ , $W/m^2$ | 697.167 | 697.167 | 697.167 | 697.167 | 697.167 | 697.167 |
| $E_{b2} = \sigma T_2^4$ , $W/m^2$ | 472.866 | 473.492 | 474.746 | 474.746 | 477.893 | 474.746 |
| $E_{b3} = \sigma T_3^4$ , $W/m^2$ | 540.013 | 535.876 | 532.447 | 553.975 | 548.358 | 538.631 |
| พลังงานที่ออกจากชิ้นงานทดลอง ($Q_1$,W) | 2.618 | 1.592 | 3.51 | 5.424 | 5.36 | 5.568 |
| พลังงานที่ออกจากแผ่นอลูมิเนียม ($Q_3$,W) | 0.251 | 0.282 | 0.564 | 0.738 | 0.639 | 0.143 |
| พลังงานที่ฝาครอบได้รับ ($Q_2$,W) | 2.869 | 1.874 | 4.074 | 6.162 | 5.999 | 5.711 |
| $J_2$ ($W/m^2$) | 474.635 | 474.648 | 477.259 | 478.547 | 481.593 | 478.269 |
| $J_3$ ($W/m^2$) | 477.647 | 478.036 | 484.045 | 487.427 | 489.282 | 479.989 |
| $x_1$ | 0.0196 | 0.0099 | 0.035 | 0.1604 | 0.1629 | 0.1931 |
| $\varepsilon_1$ | 0.401 | 0.244 | 0.544 | 0.845 | 0.847 | 0.868 |
| ความผิดพลาด (%) | -0.25 | 2.4 | -2.64 | 0.59 | 0.35 | 0.23 |

4.5 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนซึ่งได้ข้อมูลจากการทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้น

ข้อมูลเฉพาะของเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกที่สร้างขึ้น

พื้นที่ผิวของชิ้นงานทดลอง $A_1 = 120.5 \times 243.5 \text{ mm}^2$

$= 0.0293 \text{ m}^2$

พื้นที่ผิวของฝาครอบรูปครึ่งทรงกลม $A_2 = 2\pi (192)^2 \text{ mm}^2$

$= 0.2316 \text{ m}^2$

พื้นที่ผิวของแผ่นอลูมิเนียมเท่ากับพื้นที่ผิววงกลม ลบด้วยพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมที่ถูกตัดออก

$$A_3 = \frac{\pi}{4} (382)^2 - (126 \times 250) \text{ mm}^2$$

$$= 0.08311 \text{ m}^2$$

เซพแฟคเตอร์ $F_{11} + F_{12} + F_{13} = 1$ เมื่อ $F_{11} = 0$ เมื่อ $F_{13} = 0$ เนื่องจากผิวชิ้นงานทดลองและผิวแผ่นอลูมิเนียมไม่เห็นกัน จึงได้ $F_{12} = 1$

$F_{31} + F_{32} + F_{33} = 1$ เมื่อ $F_{31} = 0$ เมื่อ $F_{33} = 0$ จึงได้ $F_{32} = 1$

แต่ $A_2 F_{23} = A_3 F_{32}$ ดังนั้น $F_{23} = A_3 F_{32} / A_2$

ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของฝาครอบรูปครึ่งทรงกลม $\varepsilon_2 = 0.875$

ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของแผ่นอลูมิเนียม $\varepsilon_3 = 0.04$

ได้ $X_2 = 0.2316 (0.875)/(1 - 0.875)$

$= 1.6212 \text{ m}^2$

$X_3 = 0.08311 (0.04)/(1 - 0.04)$

$= 0.003463 \text{ m}^2$

$Y_1 = 0.0293(1) = 0.0293 \text{ m}^2$

$Y_2 = 0.08311(1) = 0.08311 \text{ m}^2$

จากตารางที่ 4.1 สำหรับข้อมูลอันดับแรก เมื่อนำมาคำนวณได้ ตารางที่ 4.2 อันดับแรก และตารางที่ 4.3 อันดับแรก ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

อุณหภูมิของฉนวนแอสเบสไทสด้านบน $T_A$ = 65.7 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิของฉนวนแอสเบสไทสด้านล่าง $T_B$ = 46.6 องศาเซลเซียส

ความแตกต่างอุณหภูมิของฉนวน $T_A - T_B$ = 19.1 องศาเซลเซียส

พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฉนวนแอสเบสไทส = $kA\ (T_A - T_B)/L$

ซึ่งฉนวนแอสเบสไทส (ชิ้นส่วนหมายเลข 19 ซึ่งได้อธิบายไว้ในบทที่ 3) มีความสูง 26.4 mm. พื้นที่ผิว 0.0174 $m^2$ และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.166 W/m-K ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฉนวนแอสเบสไทส = 0.166 (0.0174)(19.1)/0.0264 = 2.089 วัตต์

จากตารางที่ 4.1 อันดับแรก พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้อุปกรณ์ทำความร้อนที่จ่ายให้กับชิ้นงานทดลอง ($Q_1$) เท่ากับ 23.8 โวลท์คูณกับ 0.11 แอมแปร์ หรือ 2.618 วัตต์ หา $Q_2$ โดยใช้สมการ 2-22 ซึ่ง $Q_2$ ตามสมการต้องเป็นพลังงานที่จ่ายออกไป และ $Q_3$ ต้องเป็นพลังงานที่ได้รับเข้ามา และ $Q_3$ เป็นพลังงานที่จ่ายออกไป ทั้งนี้เพราะแผ่นอลูมิเนียมได้รับพลังงานความร้อนมาจากอุปกรณ์ทำความร้อน ส่วนฝาครอบรูปครึ่งทรงกลมได้รับความร้อนมาจากแผ่นอลูมิเนียมและชิ้นงานทดลอง ดังนั้นสมการ 2-22 จึงเป็น

$$Q_2 = Q_1 + Q_3 \qquad (4\text{-}1)$$

ได้ $Q_2 = 2.618 + 0.251$

$= 2.869$ วัตต์

จากสมการ $(2\text{-}20) J_2 = E_{b_2} - (Q_2/X_2)$

เมื่อ $E_{b2} = \sigma T_2^4$

$= 5.6697 \times 10^{-8} (273 + 29.2)^4$

$= 472.866\ W/m^2$

ได้ $J_2 = 472.866 - (-2.869/1.6212)$

ดังนั้น $J_2 = 474.635 \ W/m^2$

จากสมการ (2-21) $J_3 = J_2 - (Q_3/Y_2)$

ได้ $J_3 = 474.635 - (-0.251/0.08311)$

$= 477.647 \ W/m^2$

จากสมการ (2-17)และ (2-19) ได้

$$X_1 = \frac{-Q_1 X_2}{X_2(E_{b_2} - E_{b_1}) + X_3(E_{b3} - J_3) + Q_1(1 + X_2/Y_1)}$$

เมื่อ $E_{b1} = \sigma T_1^4 = 5.6697 \times 10^{-8}(273+60)^4 = 697.167 \ W/m^2$

$E_{b3} = \sigma T_3^4 = 5.6697 \times 10^{-8}(273+39.4)^4 = 540.013 \ W/m^2$

ได้ $X_1 = \frac{-2.618(1.6212)}{1.6212(472.866 - 697.1673) + 0.003463(540.013 - 477.647)}$

$- \frac{2.618(1.6212)}{2.618(1+1.6212/0.0293)}$

$= 0.0196$

แต่ $X_1 = A_1\varepsilon_1/(1 - \varepsilon_1)$

ได้ $\varepsilon_1 = (X_1/A_1)/(1 + X_1/A_1)$

$= \frac{(0.0196/0.0293)}{1+(0.0196/0.0293)}$

$= 0.401$

ดังนั้น เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น สามารถวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของเหล็กได้ = 0.401

4.6 <u>เปรียบเทียบค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนระหว่างค่าที่ได้จากเครื่องมือจากต่างประเทศกับเครื่องมือที่สร้างขึ้น</u>

จากตารางที่ 5.1 เครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ วัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของเหล็กที่ 60 องศาเซลเซียส ได้ 0.4

สำหรับเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น คำนวณค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของเหล็กที่อุณหภูมิเดียวกันได้ 0.401 ซึ่งได้แสดงวิธีคำนวณในหัวข้อที่ 4.5

เมื่อเปรียบเทียบค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนระหว่างค่าที่ได้จากเครื่องมือต่างประเทศกับเครื่องมือที่สร้าง ได้ค่าความผิดพลาดของค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของเหล็กที่ 60 องศาเซลเซียส = (0.4 - 0.401)(100)/0.4 = - 0.25 % สำหรับค่าความผิดพลาดของค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของชิ้นงานทดลองอื่น ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.3