ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดสอบสมรรถนะ

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

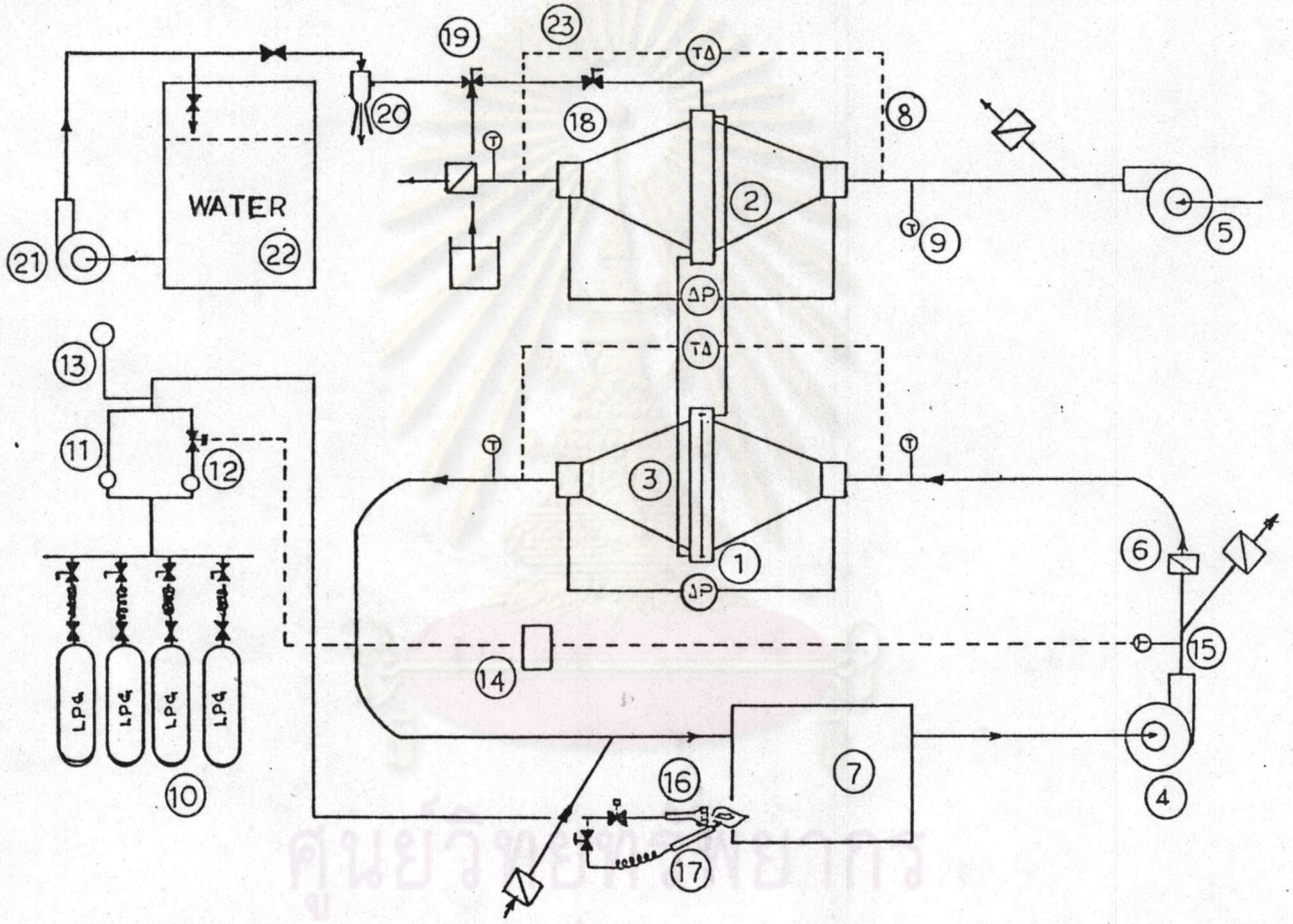
อุปกรณ์การทดลองเพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ไร้วิกค์แบบไหลครบวงจร

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ไร้วิกค์แบบไหลครบวงจรที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบด้วย หม้อน้ำรถยนต์ที่มีแผงรับความร้อนขนาด 60 x 40 เซนติเมตร รูปที่ 3.1 เป็นรูปของหม้อน้ำรถยนต์ที่นำมาใช้ก่อนการดัดแปลง ซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ fin-tube โดยมีท่อเป็นแบบท่อแบน (flat tube) ทำจากทองเหลืองจำนวน 2 แถว วางไว้แถวละ 59 ท่อ และวางเป็นแบบ in-line (วางไว้ในแนวเดียวกัน) ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของท่อ (pitch) ประมาณ 1 ซม. ด้านกว้างด้านนอกของท่อห่างกัน 2 มม. ด้านยาว 1.4 ซม. รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการวางท่อพร้อมทั้งแสดงถึงวิธีการวางครีบแบบที่นำมาใช้ในการทดลอง และเพื่อให้เห็นลักษณะครีบที่ใช้ให้ชัดเจนยิ่งขึ้นจึงนำภาพมาแสดงไว้ในรูปที่ 3.3 หม้อน้ำทั้งสองจะถูกนำมาดัดแปลง โดยตัวแรกจะถูกดัดแปลงเป็นส่วนการระเหยของระบบดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5 โดยนำมาบัดกรีปิดช่องเปิดต่างๆที่ไม่ได้ใช้งานได้แก่ ส่วนของฝาหม้อน้ำ ส่วนของท่อทิ้งน้ำของหม้อน้ำเพื่อลดปัญหาการรั่วของอากาศเข้าสู่ภายในระบบ นอกจากนี้มีการต่อท่อออกเพื่อใช้เป็นส่วนที่ดูระดับของเหลวใช้งานภายใน

หม้อน้ำตัวที่สอง นำมาดัดแปลงเพื่อใช้เป็นส่วนของการควบแน่นของระบบ โดยนำมาบัดกรีปิดส่วนที่มิได้ใช้เช่นกัน และมีการต่อท่อเพื่อใช้เป็นท่อในการเติมหรือดูดอากาศออกจากระบบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5ก

ระหว่างแผงหม้อน้ำทั้งสองจะต่อถึงกันจนครบวงจร โดยท่อทองแดงขนาด 1 ($^{3}/_{8}$)" ดังรูปที่ 3.6 ท่อทองแดงนี้ถูกหุ้มด้วยฉนวนสีดำ (Aeroflex) หนา

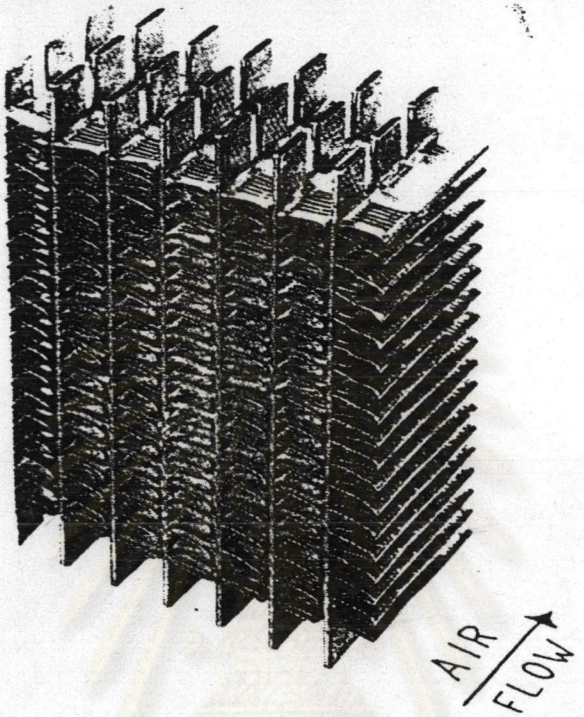


1. Evaporator
2. Condensor
3. ท่อต่อระหว่าง Evaporator และ Condensor
4. พัดลมด้านสายร้อน
5. พัดลมด้านสายเย็น
6. วาล์วผีเสื้อ
7. เตาเผาอากาศ
8. เทอร์โมไพล์
9. Resistance bulb
10. ถังกาซ LPG
11. ตัวควบคุมความดัน
12. วาล์วปิด-เปิดอัตโนมัติ
13. เกจ์วัดความดัน
14. ตัวควบคุมอุณหภูมิ
15. Resistance bulb
16. หัวเผาอากาศ
17. Pilot burner
18. บอลล์วาล์ว
19. วาล์วสามทาง
20. หัวฉีดน้ำ
21. ปั๊มน้ำ
22. ถังน้ำ
23. มาโนมิเตอร์

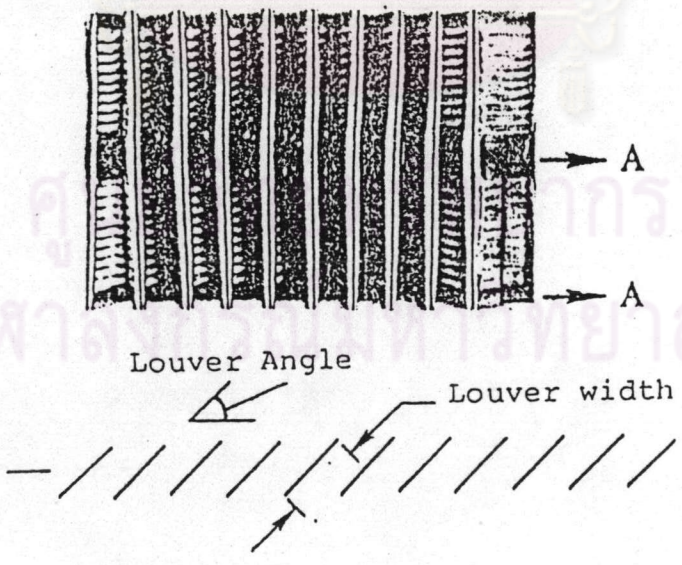
รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมแสดงชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

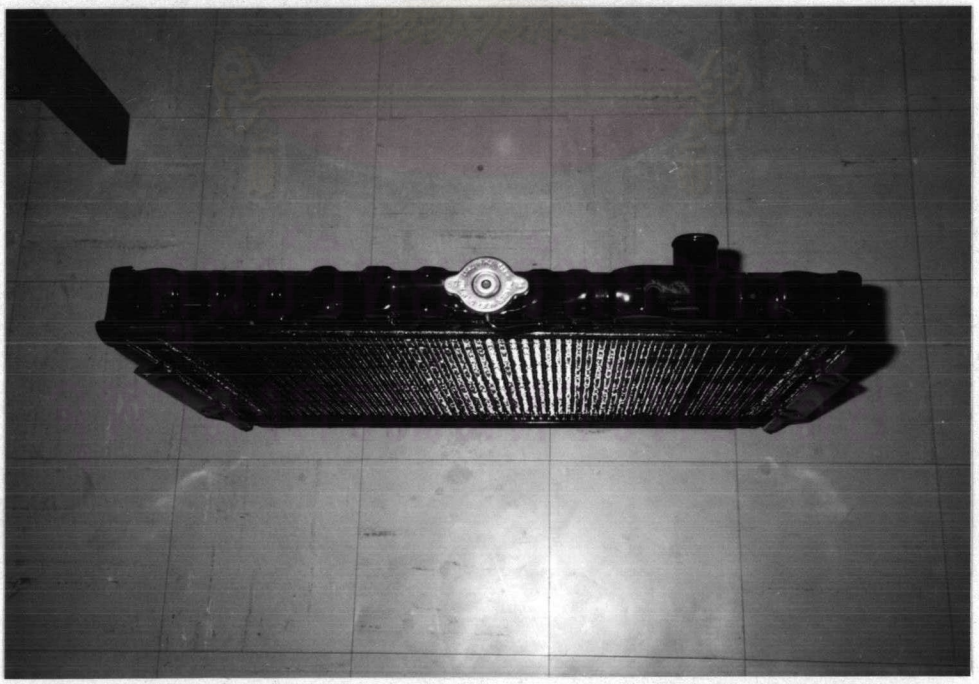
1. ข้อต่อระหว่างท่อทองแดงและหม้อน้ำจะต่อโดยสายยางชนิดทนความร้อน และรัดแน่นโดยเข็มขัดรัดสายยางจนแน่น เพื่อป้องกันการรั่วซึม



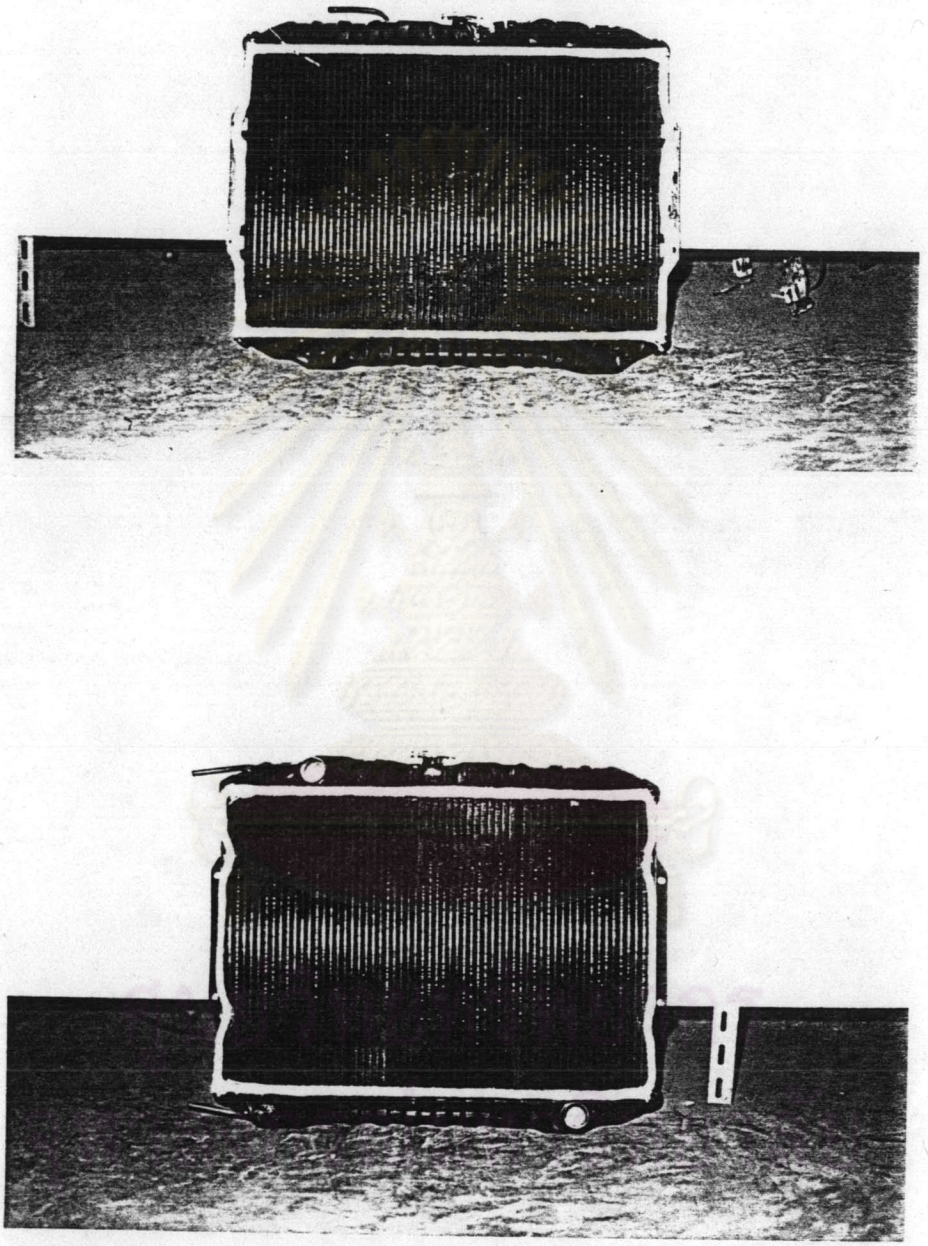
รูปที่ 3.2 ภาพแสดงลักษณะการประกอบท่อและครีบเข้าด้วยกันของหม้อน้ำรถยนต์ที่นำมาใช้



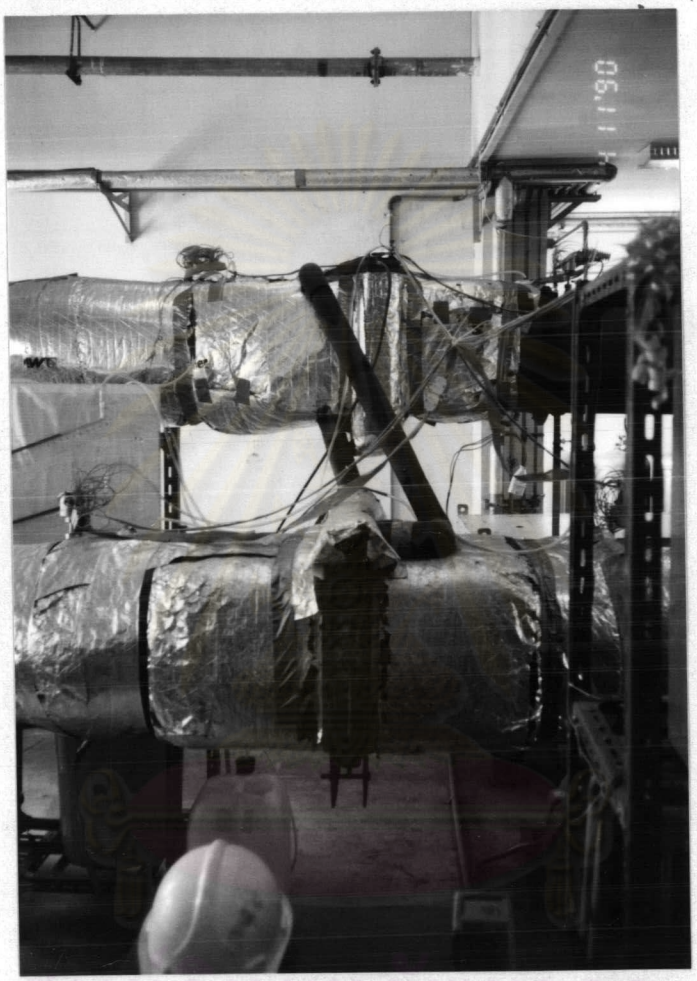
รูปที่ 3.3 ภาพของ Multilouver Fin



รูปที่ 3.4 ภาพของหม้อน้ำรถยนต์ก่อนการดัดแปลง



รูปที่ 3.5 ภาพของหม้อน้ำรถยนต์หลังการดัดแปลง
ก. แผงฮีทไปป์ด้านการควบแน่น ข. แผงฮีทไปป์ด้านการระเหย



รูปที่ 3.6 ภาพติดตั้งแผงฮีทไปป์ด้านการระเหยเข้ากับแผงฮีทไปป์ด้านการควบแน่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 ชุดทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ที่สร้างขึ้น

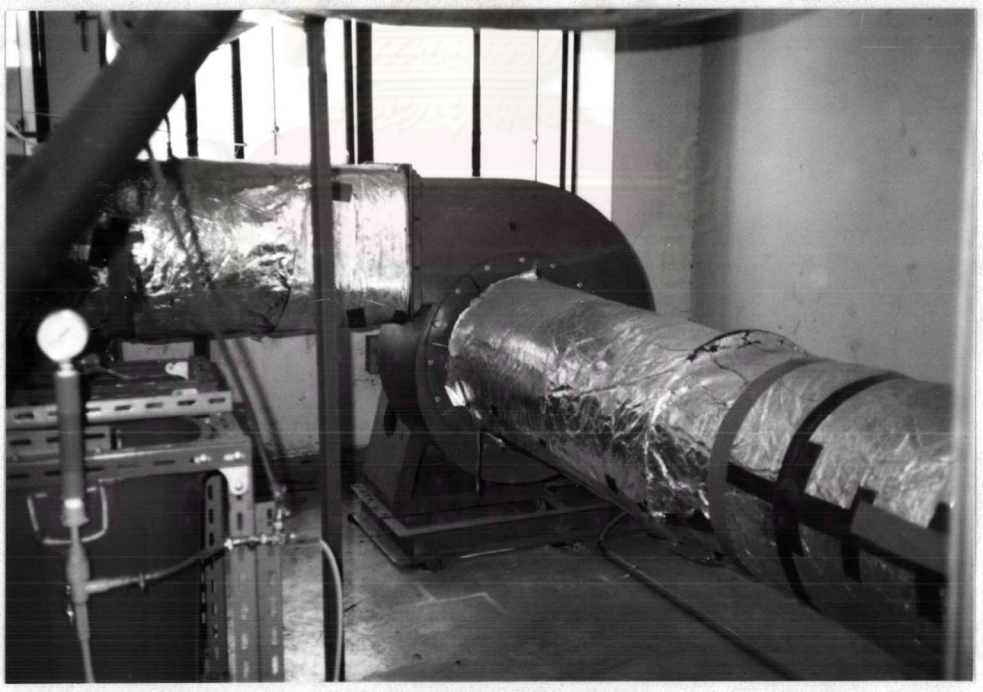
ไดอะแกรมแสดงชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ไร้วิกค์ที่สร้างขึ้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1

รายละเอียดของอุปกรณ์ที่สำคัญ

3.1.2.1 พัดลมด้านร้อน

เป็นพัดลมชนิด centrifugal โดยมีใบพัดเป็นแบบ back ward curve ขับโดยมอเตอร์ขนาด 10 แรงม้า โดยสายพาน 3 เส้น

เนื่องจากเป็นพัดลมที่อยู่ในสายร้อนซึ่งใช้ในการทดลองในช่วงอุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส ดังนั้น ตัวเสื้อและใบของพัดลมตัวนี้จึงจะต้องทำจากแผ่นเหล็กซึ่งค่อนข้างหนา เพื่อให้ทนต่ออุณหภูมิในช่วงการทดลองได้



รูปที่ 3.7 พัดลมที่ใช้สำหรับลมร้อนด้านการระเหย

3.1.2.2 พัดลมด้านสายเย็น

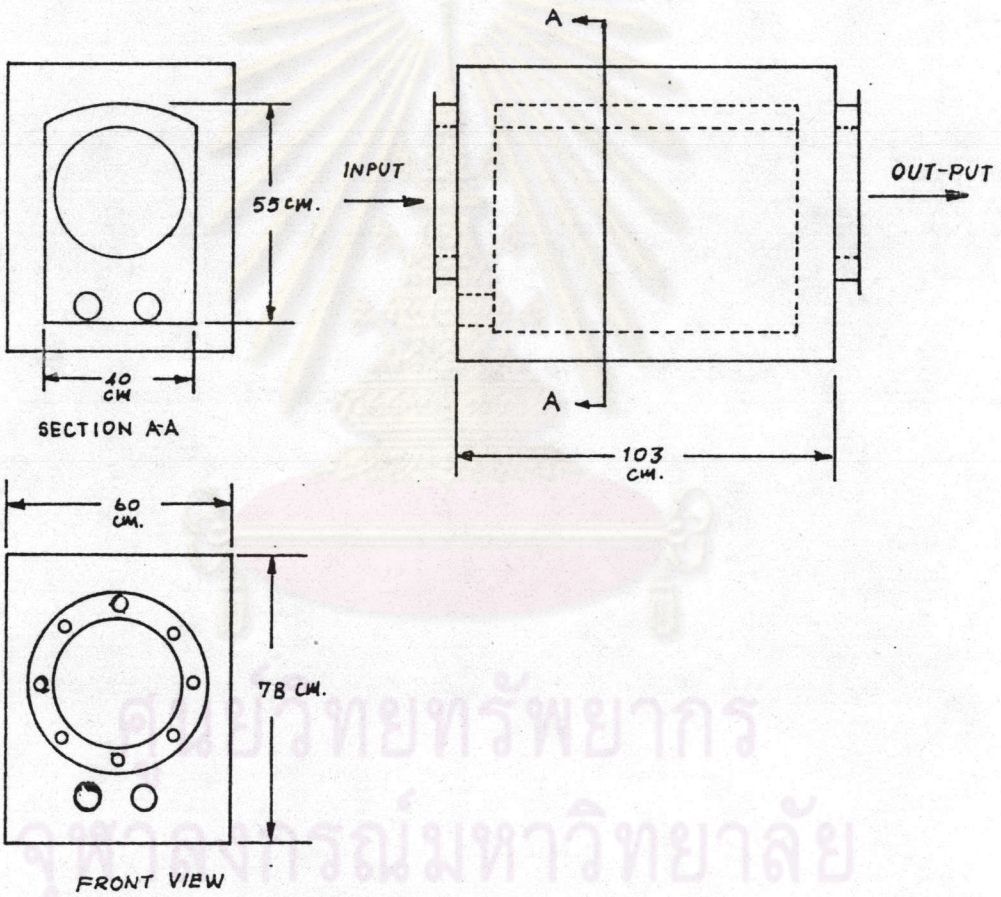
เป็นพัดลมชนิด centrifugal มีใบพัดเป็นแบบ forward curve ตัวใบพัดทำจากแผ่นเหล็กเหนียวรีด เนื่องจากอากาศที่ผ่านพัดลมตัวนี้จะมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จึงไม่จำเป็นจะต้องใช้ใบเป็นแผ่นเหล็กหนา ขับใบพัดโดยมอเตอร์ขนาด 7.5 แรงม้า โดยสายพาน 2 เส้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

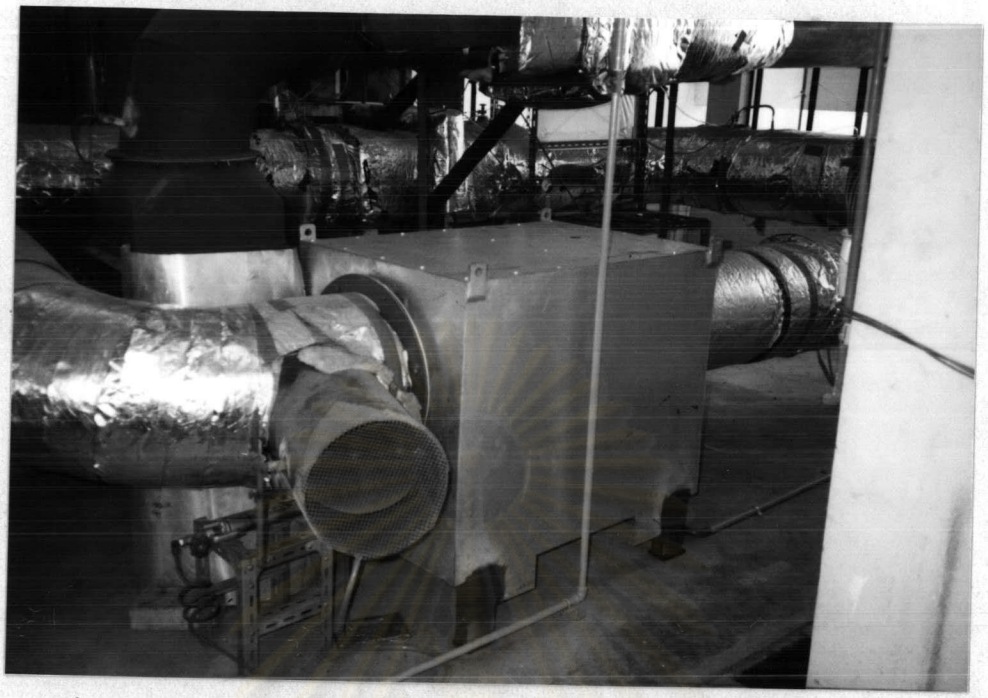
รูปที่ 3.8 พัดลมที่ใช้สำหรับลมเย็นด้านการควบแน่น

3.1.2.3 เตาเผาอากาศ

เป็นเตาซึ่งก่อด้วยอิฐทนไฟหนา 4.5 นิ้ว ตัวถังด้านนอกทำจากแผ่นเหล็กทาด้วยสีทนความร้อน มีขนาดด้านนอก 78 x 103 x 78 ด้านข้างเจาะเป็นรูกลมเพื่อต่อเข้ากับท่อทั้ง 2 ด้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ทางด้านอากาศเข้าเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว 2 รู เพื่อใช้เป็นที่สอดหัวเผากาซเข้าสู่ภายในเตา



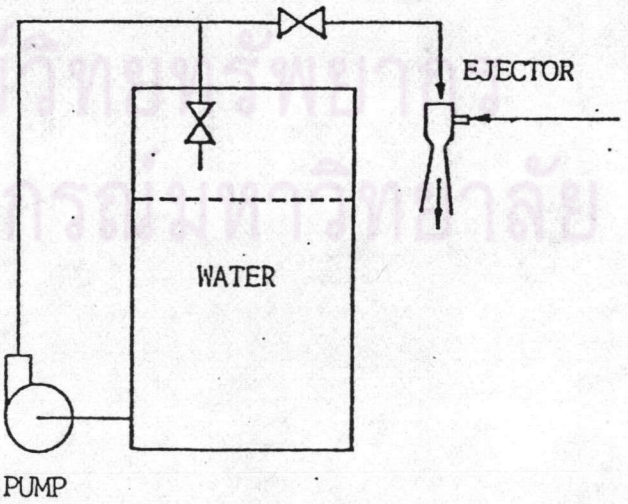
รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมแสดงภาพของเตาเผา



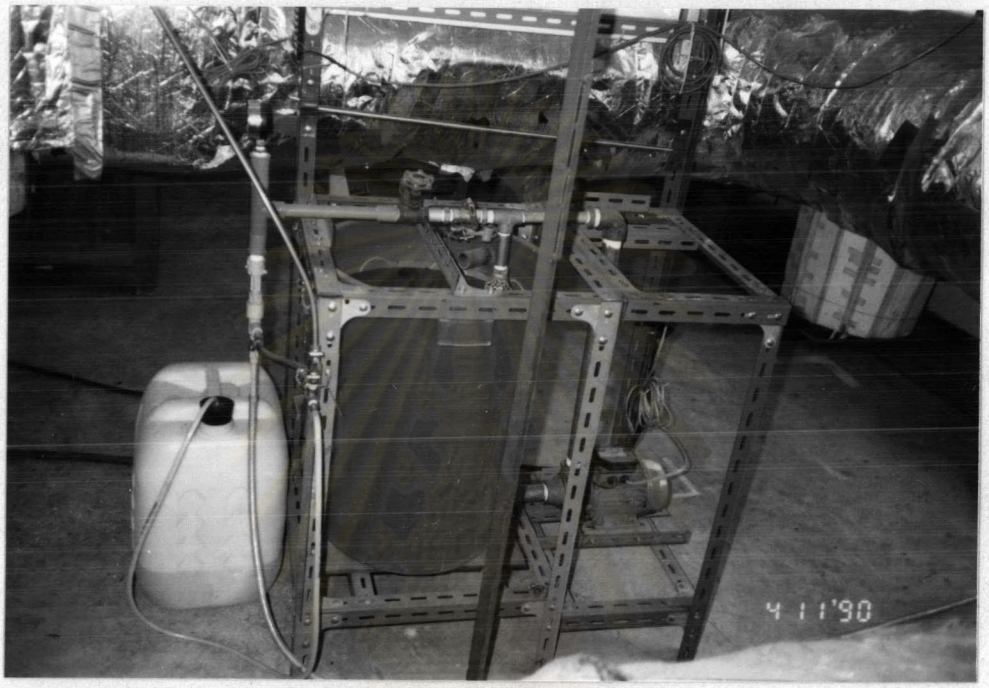
รูปที่ 3.10 ภาพของเตาเผาอากาศ

3.1.2.4 ระบบทำสูญญากาศ

ประกอบด้วยถังน้ำ 1 ใบ ปั๊มน้ำแบบ centrifugal ขนาด 1 แรงม้า 1 ตัว และ water ejector 1 ตัว โดยจะปั๊มน้ำจากถังอัดผ่าน water ejector โดยความดันประมาณ 3.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่อดูดอากาศออกจากภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3.11 ไดอะแกรมแสดงระบบทำสูญญากาศ

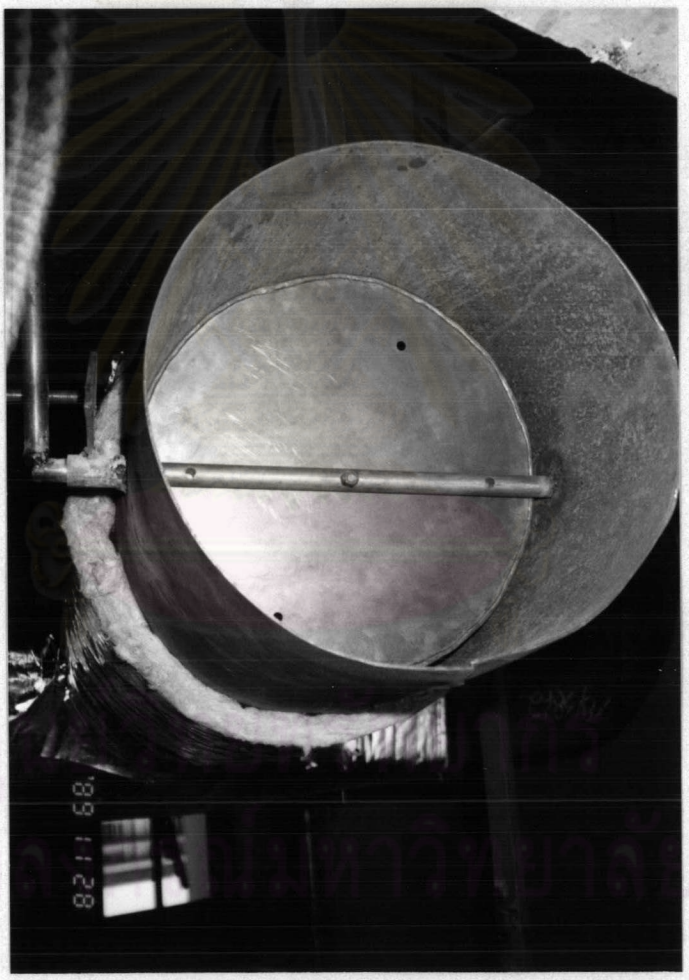


รูปที่ 3.12 ภาพของระบบทำสูญญากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2.5 วาล์วผีเสื้อ

เป็นแผ่นเหล็กตัดเป็นวงกลมขนาดเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเล็กน้อย นำมาเจาะเป็นรูตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อยึดกับแกนเหล็ก ซึ่งใช้เป็นตัวบังคับ แล้วนำไปติดตั้งกับท่อลมดังแสดงในภาพ



รูปที่ 3.13 ภาพของวาล์วผีเสื้อที่ใช้ในระบบทดสอบสมรรถนะ

3.1.2.6 ระบบให้ความร้อน

ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังต่อไปนี้คือ

1. ถังกาซ LPG ขนาด 50 กิโลกรัมจำนวน 4 ถัง
2. ตัวควบคุมความดัน 2 ตัว
3. วาล์วแบบ ปิด-เปิดอัตโนมัติ 1 ตัว
4. หัวเผากาซและหัวเผา Pilot
5. แผงควบคุมอุณหภูมิและเทอร์โมคับเปิล (Thermocouple)

3.1.2.6.1 ถังกาซ LPG

ประกอบด้วยถังกาซ LPG จำนวน 4 ถัง โดยจะใช้งานครั้งละ 2 ถังพร้อมกัน ทั้งนี้จะใช้สลับกันไปมาเนื่องจากเมื่อใช้ไประยะหนึ่ง กาซภายในถังจะเกิดความเย็นจัดจนความดันภายในไม่เพียงพอที่จะใช้งาน ซึ่งสังเกตได้จากเกจ์วัดความดัน

3.1.2.6.2 ตัวควบคุมความดัน

ใช้เป็นตัวควบคุมความดันกาซที่จ่ายไปสู่หัวเผา ซึ่งจะตั้งไว้ที่ความดันต่างกัน โดยในสายที่ไม่มีวาล์วปิด-เปิดอัตโนมัติจะตั้งตัวควบคุมความดัน (Low Pressure Control Regulator) ไว้ประมาณ 0.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และในสายที่มีวาล์ว ปิด-เปิดอัตโนมัติจะตั้งตัวควบคุมความดัน (High Pressure Control Regulator) ไว้ที่ประมาณ 1.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิในท่อจะเป็นดังนี้คือ ถ้าอุณหภูมิภายในท่อเท่ากับหรือสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ วาล์วปิด-เปิดอัตโนมัติจะปิด ทำให้การจ่ายกาซที่ส่งไปสู่หัวเผาจะทำที่ความดัน 0.8 กิโลกรัมต่อตาราง-เซนติเมตร แต่ถ้าอุณหภูมิภายในท่อต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ วาล์วปิด-เปิดอัตโนมัติจะเปิด ทำให้จ่ายกาซสู่หัวเผาที่ความดัน 1.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลก็คือจะทำให้จ่ายกาซออกมากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดที่ตั้งไว้ วาล์วก็จะปิดลง อนึ่ง ถ้าวาล์วอัตโนมัติเปิดแล้ว แต่อุณหภูมิก็ยังไม่ถึงจุดที่ตั้งไว้ จะต้องเปิดวาล์วที่ตัวหัวเผาเพิ่มขึ้น

รูปที่ 3.14 ตัวควบคุมความดันชนิดปรับได้และวาล์วปิดเปิดอัตโนมัติซึ่งควบคุมโดยตัวควบคุมอุณหภูมิ

การควบคุมอุณหภูมิจะวัดค่าที่ทางออกของพัดลมในสายลมร้อน และส่งสัญญาณมายังแผงควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นจึงส่งสัญญาณไปปิด-เปิดวาล์วอัตโนมัติ ตามความเหมาะสม

3.1.2.6.3 วาล์วปิด-เปิดอัตโนมัติ

เป็นไดอะแฟรมวาล์ว(ทองเหลือง) ขนาด $^{1}/_{2}$ นิ้ว สามารถปรับใช้กับความดันในช่วง 0-7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.14

3.1.2.6.4 หัวเผาก๊าซและหัวเผา Pilot

หัวเผา Pilot เป็นหัวเผาที่ใช้สำหรับจุดตัวหัวเผาก๊าซและเป็นหัวเผาซึ่งจุดไว้ตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้หัวเผาดับ อันจะทำให้ก๊าซ LPG ที่ไม่ได้เผาไหม้กระจายสู่ภายในระบบ และอาจเกิดการระเบิดเมื่อมีประกายไฟเกิดขึ้น หัวเผา Pilot นี้เป็นหัวเผาซึ่งออกแบบมาเพื่อให้สามารถทนต่อความเร็วลมที่พัดผ่านสูงๆได้ และใช้ปริมาณก๊าซจำนวนน้อยๆ

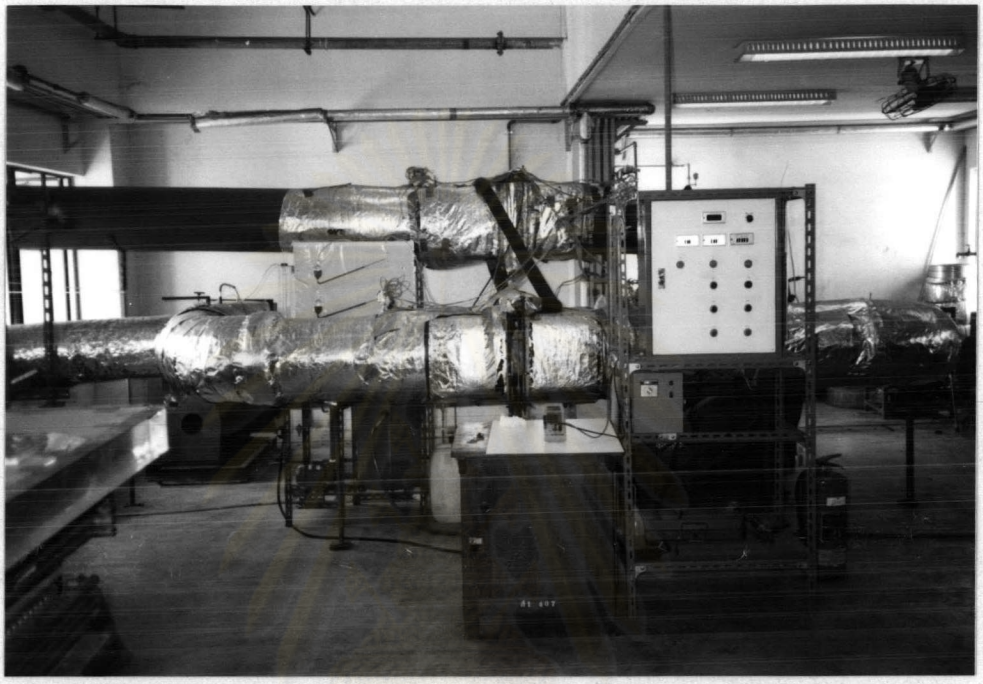
หัวเผาแก๊ส เป็นหัวเผาหลักที่ใช้ LPG เผาอากาศให้ร้อนตามอุณหภูมิที่เราต้องการ หัวเผาแก๊สที่ใช้นี้มีขนาด $^{3}/_{4}$ นิ้ว ซึ่งทำเป็นลักษณะของ Venturi เพื่อชักนำให้แก๊สเกิดการผสมกับอากาศได้ดี ทำให้สามารถเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 หัวเผาและ Pilot burner

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2.6.5 แผงควบคุมอุณหภูมิและเทอร์โมมิเตอร์แบบความต้านทาน

เทอร์โมมิเตอร์แบบความต้านทานจะติดตั้งไว้ที่ทางออกของพัดลมด้านร้อนเพื่อวัดอุณหภูมิของลมที่ออกมา แล้วส่งสัญญานไปยังแผงควบคุมอุณหภูมิเพื่อไปสั่งให้วาล์วปิด-เปิดอัตโนมัติทำงานในการควบคุมแก๊ส



รูปที่ 3.16 แผงควบคุมพัดลมและแสดงผลของอุณหภูมิที่จุดต่างๆของระบบทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและการปรับเทียบ (Calibration)

3.2.1 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

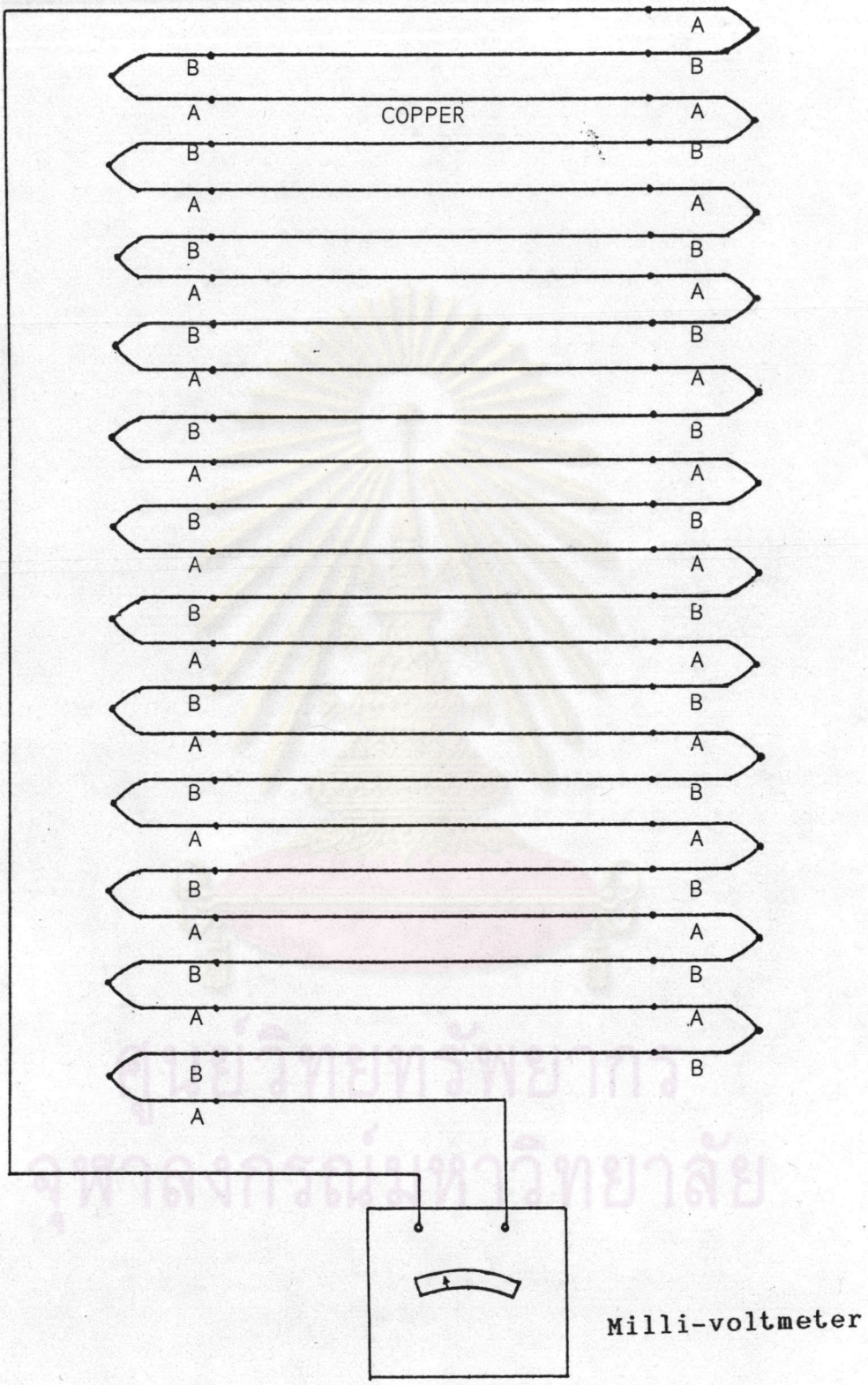
3.2.1.1 เทอร์โมมิเตอร์แบบความต้านทาน (Resistance bulb)

ใช้ในการวัดอุณหภูมิของลมที่ทางเข้าและออกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของทั้งสองสาย ซึ่งสามารถอ่านอุณหภูมิได้ถึงทศนิยม 1 ตำแหน่งขององศาเซลเซียส แต่เนื่องจากอุณหภูมิที่อ่านเป็นเพียงอุณหภูมิของจุดๆ เดียวบนพื้นที่หน้าตัดของท่อ จึงใช้เป็นค่าเปรียบเทียบเท่านั้น

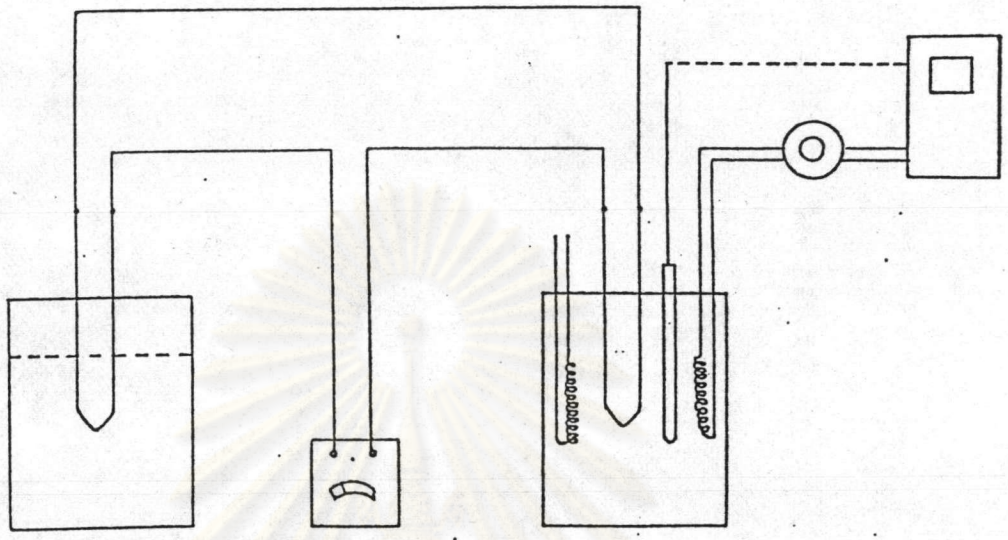
3.2.1.2 เทอร์โมไพล์ (Thermopile)

เป็นชุดของเทอร์โมคัปเพิล (thermocouple) ซึ่งนำมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อขยายสัญญาณวัดให้แรงขึ้น เพื่อให้สามารถวัดอุณหภูมิได้ละเอียดมากขึ้น โดยยิ่งมีจำนวนชุดที่ต่ออนุกรมกันมากเพียงใด ความละเอียดจะยิ่งสูงขึ้น ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับโพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ที่นำมาใช้อ่านค่าศักย์ไฟฟ้าด้วย

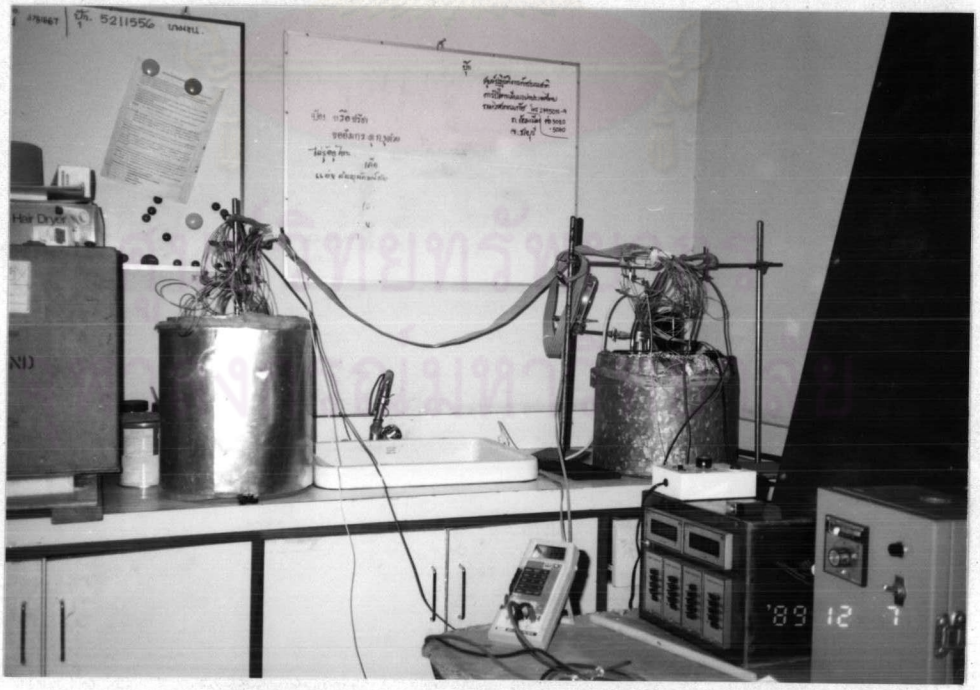
เทอร์โมคัปเพิลที่นำมาใช้เป็นประเภท K ซึ่งประกอบด้วยวัสดุด้านบวกเป็นนิเกิล-10% โครเมี่ยม และวัสดุด้านลบเป็นนิเกิล-5% อลูมิเนียม เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดขนาด 0.35 มม. นำมาเชื่อมต่อกันเป็นคู่ๆ ที่ปลายด้านหนึ่ง จากนั้นนำแต่ละคู่มาทดสอบการทำงานก่อน เพื่อให้มั่นใจว่าทุกคู่ตอบสนองต่ออุณหภูมิ แล้วจึงนำมาต่ออนุกรมกันเป็นชุดของเทอร์โมไพล์ (Thermopile) โดยต่อเป็น 2 ชุดคือ ชุด A และชุด B ซึ่งแต่ละชุดจะประกอบด้วยเทอร์โมคัปเพิลจำนวน 24 คู่ ต่อตามแบบไดอะแกรมที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ไดอะแกรมแสดงการต่อเทอร์โมไพล์



รูปที่ 3.18 ไดอะแกรมแสดงการปรับเทียบ

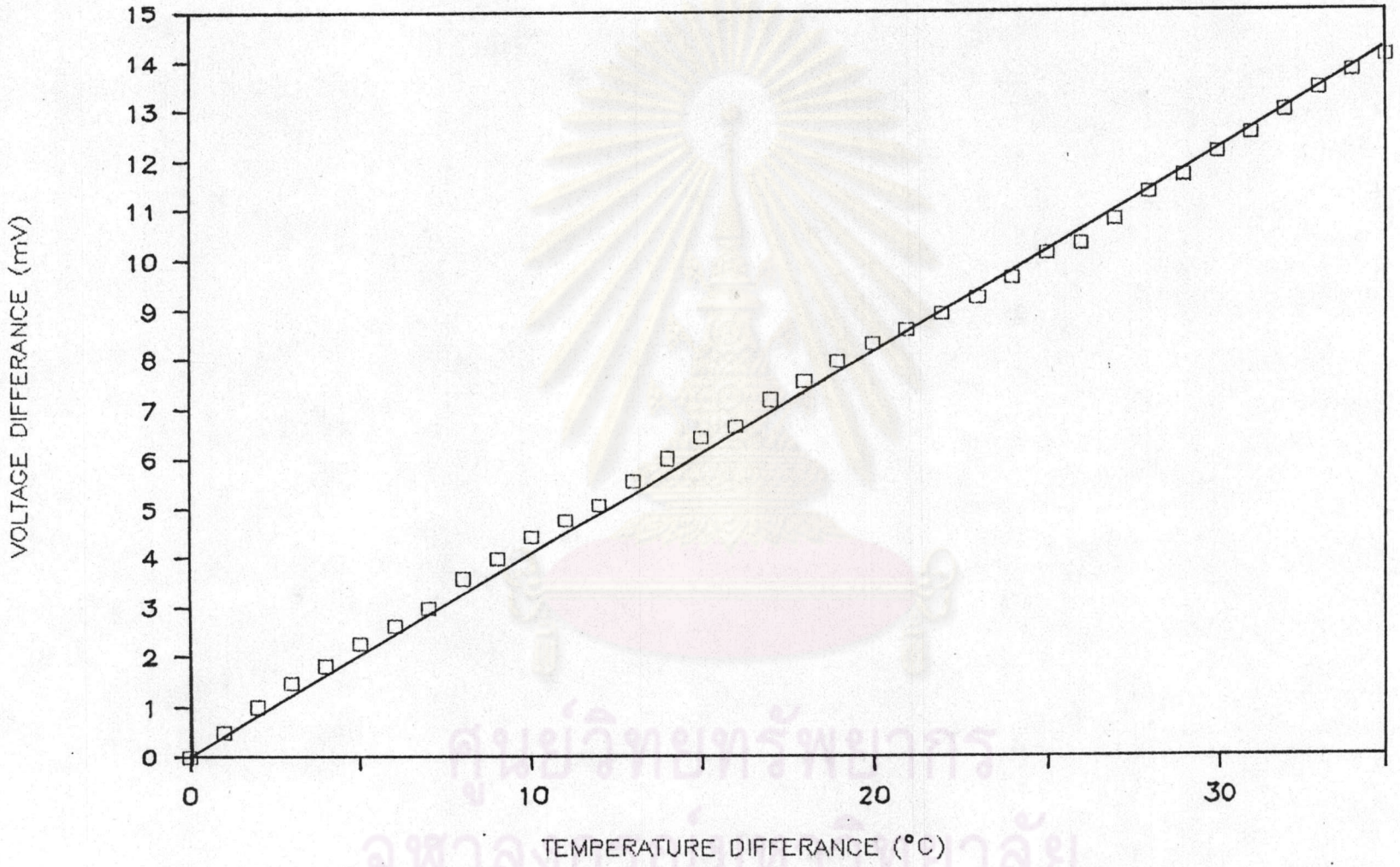


รูปที่ 3.19 ภาพการปรับเทียบ

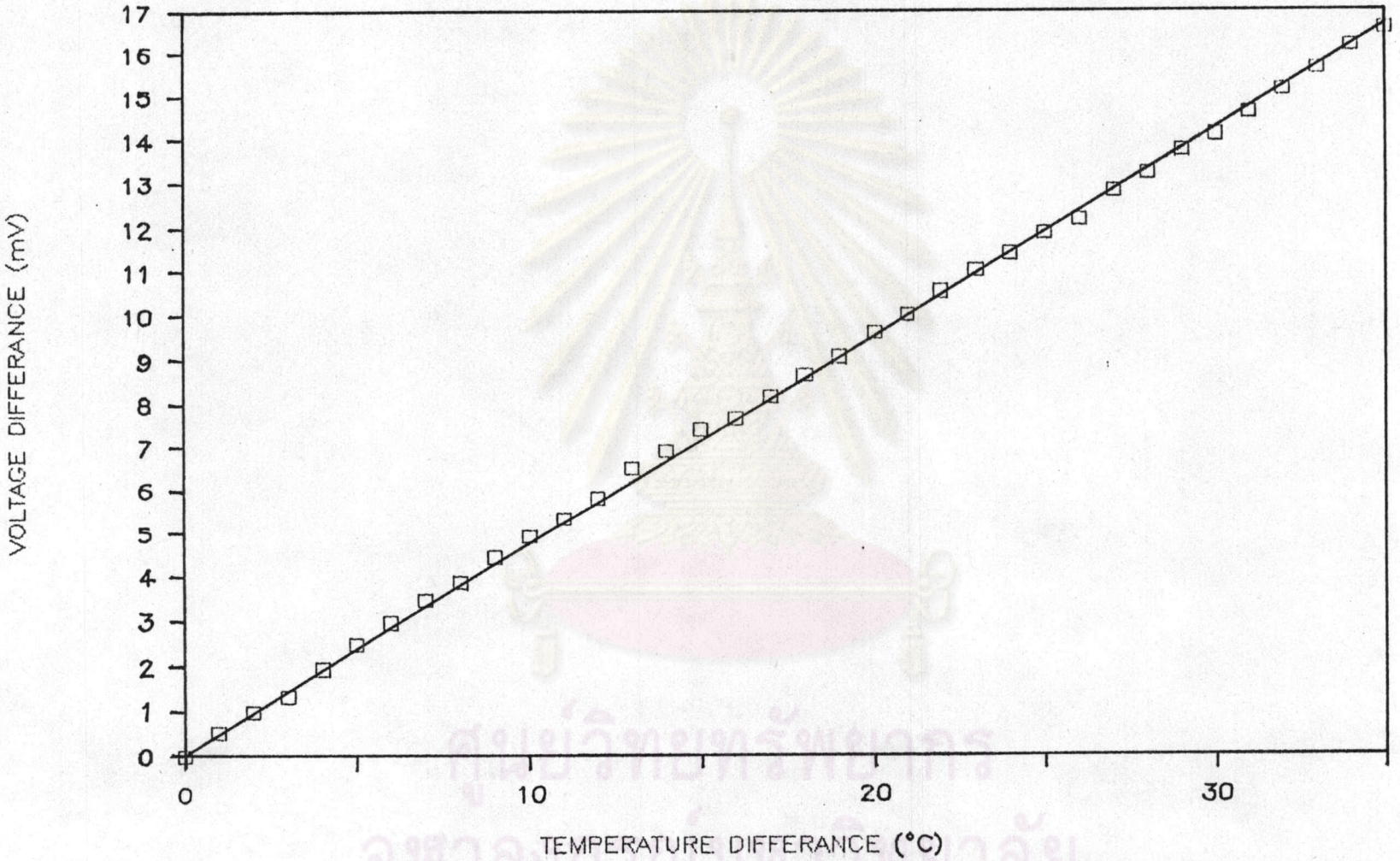
เมื่อทำการต่อชุดเทอร์โมไพล์เรียบร้อยแล้วก็จะนำมาทำการปรับเทียบ โดยวัดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างบ่อ 2 บ่อ โดยการเพิ่มอุณหภูมิของด้านใดด้านหนึ่งขึ้นด้านละ 1 องศา แล้วทำการบันทึกค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น จากนั้นนำค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมาเขียนกราฟคู่กับค่าที่อ่านได้จากโพเทนชิโอมิเตอร์ ผลการทำการปรับเทียบของชุดเทอร์โมไพล์ทั้ง 2 ชุดได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.20 และรูปที่ 3.21

จากนั้นเราจะนำชุดของเทอร์โมไพล์ซึ่งทำการปรับเทียบแล้วมาต่อไว้บนแผงซึ่งติดอยู่ในท่อ เพื่อวัดผลต่างของอุณหภูมิขาเข้าและขาออกของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของสายร้อนและสายเย็น โดยนำชุด A ต่อเข้ากับสายร้อน และชุด B ต่อเข้ากับสายเย็น แล้วนำเส้นกราฟที่ได้จากการปรับเทียบ มาใช้ในการอ่านค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ทางเข้าออกของแต่ละสายต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

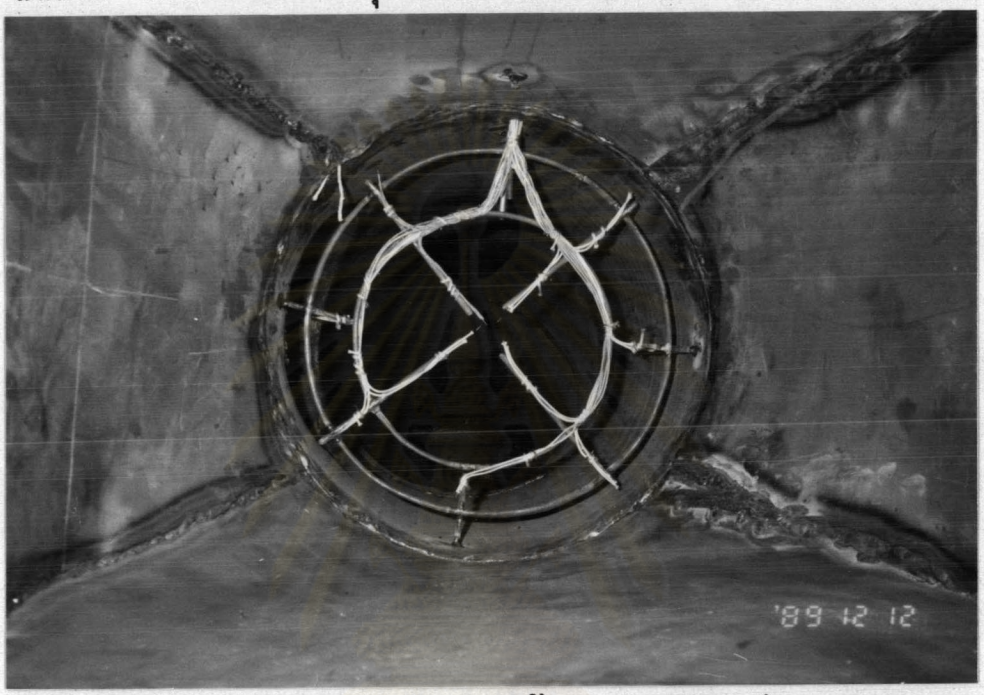


รูปที่ 3.20 กราฟแสดงผลของการปรับเทียบเทอร์โมไพล์ชุด A ซึ่งใช้กับทางด้านร้อน

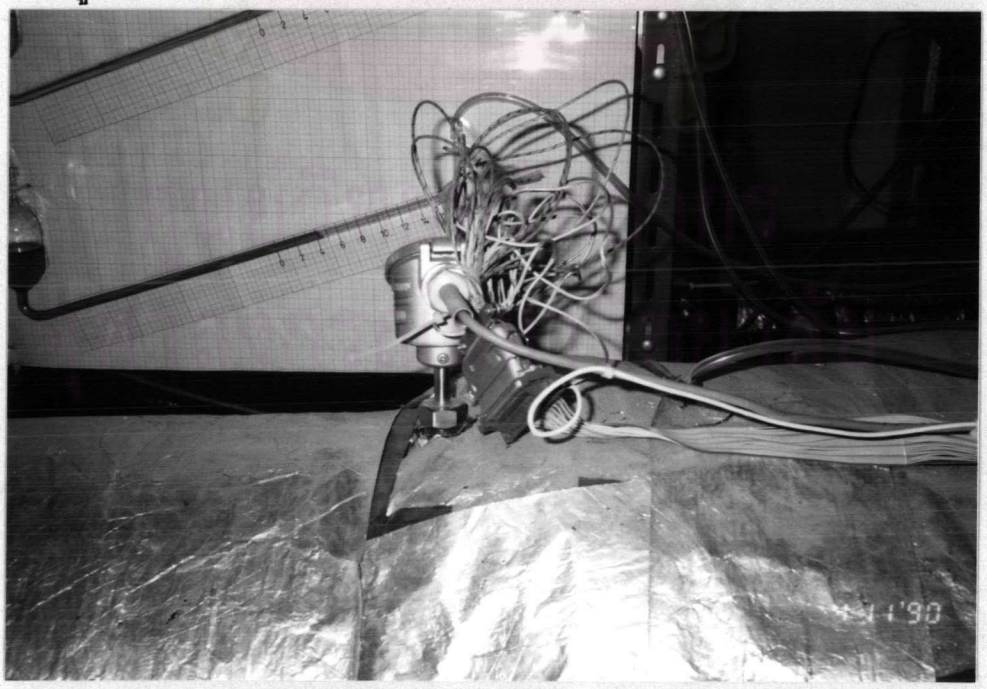


รูปที่ 3.21 กราฟแสดงผลของการปรับเทียบเทอร์โมไพล์ชุด B ซึ่งใช้กับทางด้านเย็น

รูปที่ 3.22 แสดงการต่อของชุดเทอร์โมไพล์ภายในท่อ เพื่ออ่านค่าผลต่างของอุณหภูมิเป็นค่าเฉลี่ยตลอดพื้นที่หน้าตัดของท่อ รูปที่ 3.23 แสดงภาพภายนอกท่อของชุดเทอร์โมไพล์



รูปที่ 3.22 ภาพแสดงชุดการติดตั้งชุดเทอร์โมไพล์ภายในท่อ



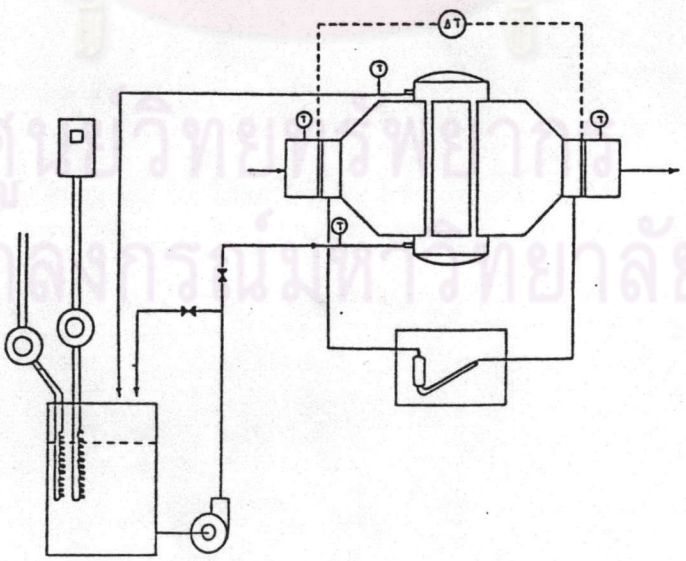
รูปที่ 3.23 ภาพแสดงชุดการติดตั้งชุดเทอร์โมไพล์ภายนอกท่อ

3.2.2 การวัดความเร็วลม

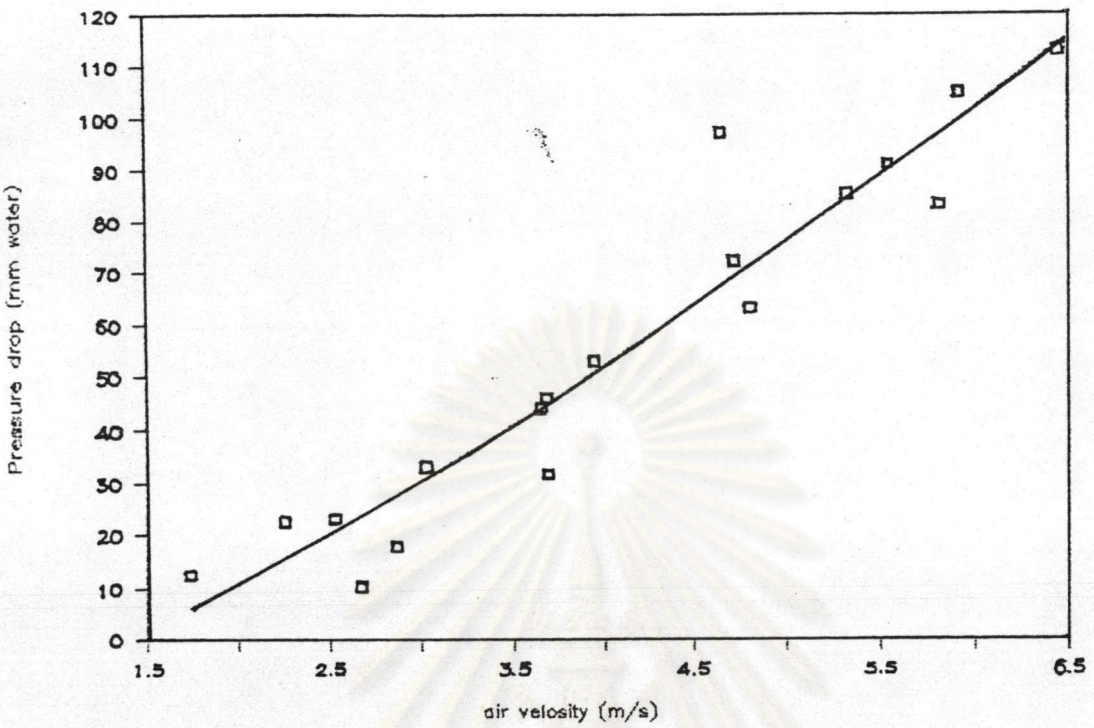
เราจะวัดความเร็วของลมที่ไหลผ่านหม้อน้ำโดยอาศัยหลักการที่เมื่อของไหลไหลผ่านสิ่งกีดขวาง จะทำให้เกิดความดันลด (Pressdure Drop) ซึ่งค่าเปลี่ยนแปลงความดันลดที่ได้นี้ จะเป็นฟังก์ชันของอัตราการไหลของของไหล นั่นคือ เราจะทำการปรับเทียบ (calibration) ค่าความดันลดของลมที่ไหลผ่านหม้อน้ำกับอัตราการไหลของลมไว้ล่วงหน้า

3.2.2.1 วิธีการปรับเทียบมาโนมิเตอร์เพื่อนำมาใช้วัดอัตราของความเร็วลมที่ผ่านหม้อน้ำ

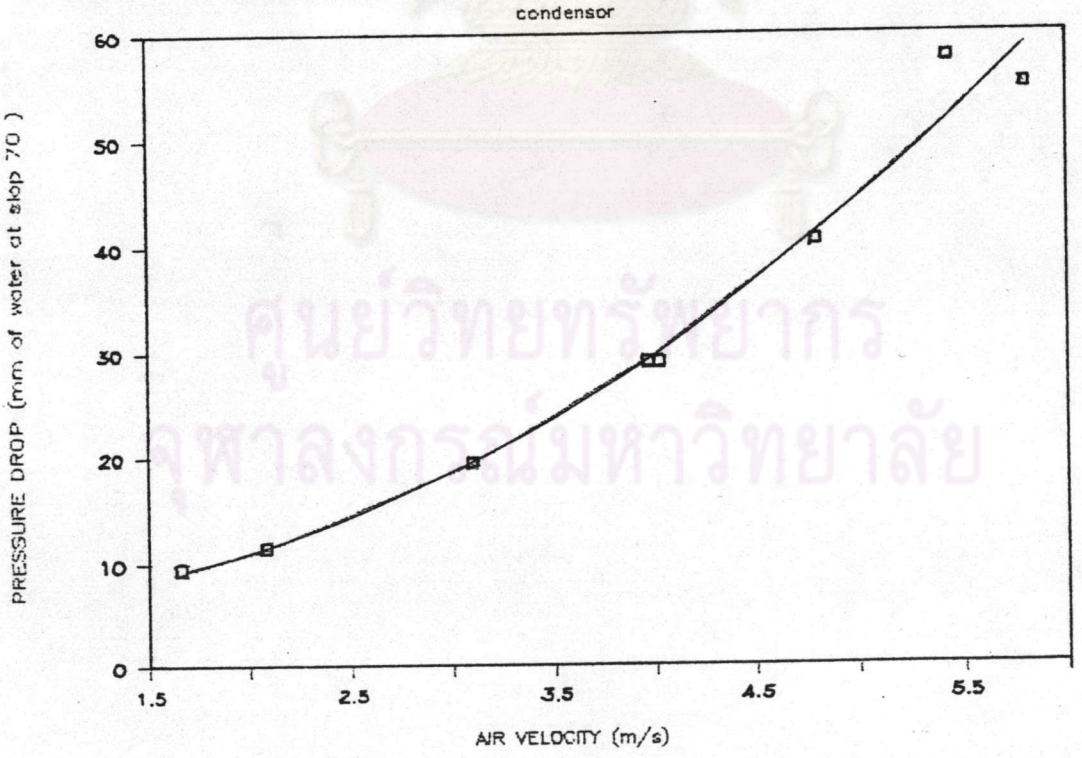
การปรับเทียบมาโนมิเตอร์เพื่อนำมาใช้ในการวัดความเร็วลมนี้ จะทำโดย ทำสมดุลย์ของพลังงานความร้อนรอบหม้อน้ำเมื่อมีลมเย็นพัดผ่านด้านนอกของหม้อน้ำ และมีน้ำร้อนไหลผ่านด้านใน จากอัตราการถ่ายเทความร้อนที่วัดได้ของด้านน้ำร้อนที่สภาวะสมดุลย์ (steady state) เราจะคำนวณเพื่อหาอัตราการไหลของลมตามที่ต้องการ พร้อมกับบันทึกค่าความดันลดที่สภาวะนั้นๆ รูปที่ 3.24 แสดงไดอะแกรมของผลการหาความสัมพันธ์เพื่อนำไปใช้ในการอ่านค่าความเร็วของลม



รูปที่ 3.24 ไดอะแกรมแสดงการปรับเทียบมาโนมิเตอร์เพื่อใช้ในการวัดความเร็วลม



รูปที่ 3.25 ภาพแสดงผลการปรับเทียบมาโนมิเตอร์ด้านการระเหย



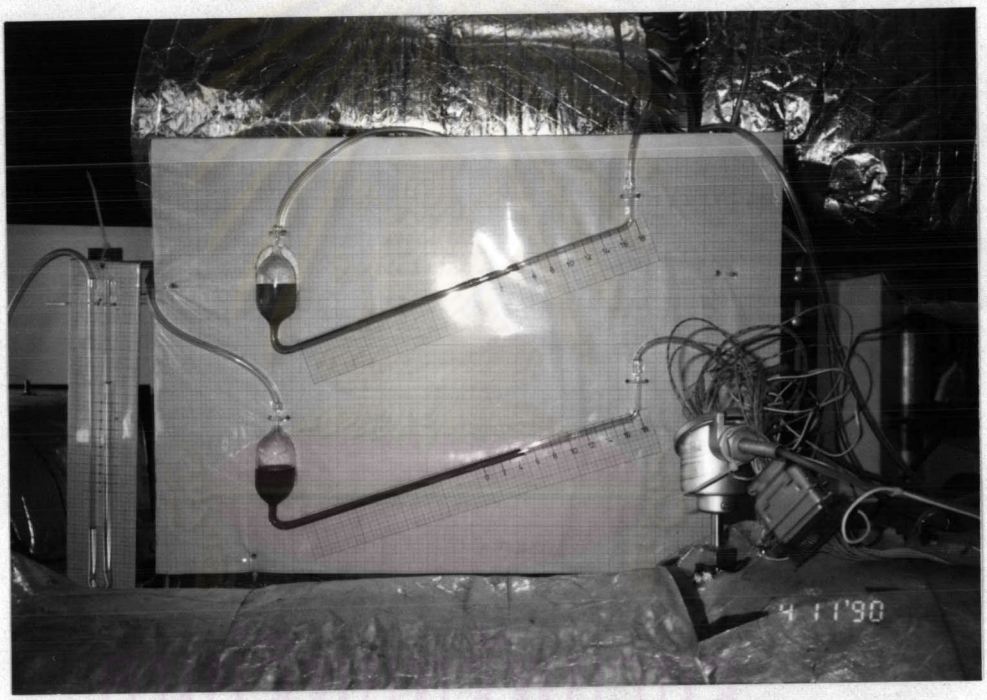
รูปที่ 3.26 ภาพแสดงผลการปรับเทียบมาโนมิเตอร์ด้านการควบแน่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของการปรับเทียบของหม้อน้ำทั้ง 2 ด้านเพื่อนำมาใช้ในการหาอัตราการไหลมีแสดงไว้ในรูปที่ 3.25 และ 3.26

3.2.2.2 มาโนมิเตอร์

มาโนมิเตอร์ที่นำมาใช้ในการวัดความเร็วลมนี้ จะใช้น้ำเป็นของเหลวภายใน และเพื่อให้สามารถอ่านได้ละเอียดมากขึ้น จึงทำขาสองข้างให้ทำมุมประมาณ 70° ซึ่งกันและกัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ภาพของมาโนมิเตอร์เพื่อใช้วัดความเร็วลม

3.3 ขั้นตอนการทำการทดลอง

3.3.1 การเติมของไหลใช้งาน

ขั้นตอนการเติมของไหลใช้งาน เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากสำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ เนื่องจากการสร้างสูญญากาศเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้นจึงจะต้องพยายามกำจัดอากาศออกจากระบบให้มากที่สุด ใน

การทดลองนี้เราจึงเลือกใช้วิธีการต้มไล่ร่วมกับการใช้เครื่องทำสูญญากาศ โดยมีขั้นตอนดังนี้คือ

1. เริ่มเดินเครื่องทำสูญญากาศ

2. เปิดวาล์วที่ใช้สำหรับดูดอากาศ (หรือใช้เติมของไหลใช้งาน) ซึ่งติดอยู่ที่แผงด้านการควบแน่น (condenser) ดูดอากาศออกจากระบบ

3. เปลี่ยนทิศทางของวาล์ว 3 ทางให้ดูดน้ำจากถังน้ำกลั่นเข้าสู่ระบบ สังเกตระดับของของเหลวในแผงการระเหย (Evaporator) จากท่อแก้วด้านข้างเมื่อได้ระดับของเหลวตามที่ต้องการแล้ว เปลี่ยนทิศทางของวาล์ว 3 ทางไปสู่ตำแหน่งการดูดอากาศออกอีกครั้ง

4. เริ่มเดินพัดลมของทางด้านการระเหย ปรับวาล์วให้ลมผ่านแผงด้านการระเหยให้มากที่สุด

5. ปรับตัวควบคุมอุณหภูมิของลมร้อนไว้ที่อุณหภูมิต่ำสุด เปิดชุดควบคุมอุณหภูมิและชุดเครื่องวัดต่างๆ

6. เริ่มจุดหัวเผาเพื่อให้ความร้อนแก่ระบบ ปรับสมดุลย์ของอากาศและกาซให้เหมาะสม

7. เมื่อได้อุณหภูมิที่ทางเข้าของแผงด้านการระเหยประมาณ 75-85 °ซ จึงเริ่มตั้งตัวควบคุมให้รักษาอุณหภูมิไว้ที่ประมาณ 75-85 °ซ

8. เฝ้าดูการระเหยของของไหลใช้งานออกจากระบบ ในขณะที่ไล่อากาศภายในออก จนกระทั่งของไหลใช้งานเกือบแห้ง จึงเติมของไหลใช้งานเพิ่มตามขั้นตอนในข้อที่ 3 จากนั้นก็ระเหยของไหลใช้งานออกจนเกือบแห้งอีกครั้ง แล้วจึงเติมของไหลใช้งานอีกครั้งตามขั้นตอนที่ 3 แต่คราวนี้จะเติมให้มากกว่าระดับสุดท้ายที่ต้องการประมาณ 2-3 เซนติเมตร จากนั้นจึงระเหยออกจนได้ระดับตามที่ต้องการ

9. ปิดวาล์วที่อยู่ที่แผงการควบแน่นเพื่อหยุดการระเหย

ผลก็คือเราจะได้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบสมรรถนะต่อไป เราจะทำตามขั้นตอนที่กล่าวมานี้ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนระดับ (ปริมาณบรรจุ) ของของไหลใช้งานภายใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ที่สร้างขึ้น

เมื่อเราได้เติมของไหลใช้งานภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์ตามที่ต้องการแล้ว ขั้นต่อมาก็คือ การทดสอบสมรรถนะของเครื่อง ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้คือ

1. ทุกวันก่อนการทดสอบสมรรถนะ จะทำการดูดทิ้งอากาศที่อาจรั่วเข้าสู่ระบบได้เนื่องจากมีข้อต่อบางช่วงที่ไม่ได้ทำการเชื่อม โดยจะทำการดูดอากาศออกแบบไม่ได้ให้ความร้อนเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นก็จะปิดวาล์วที่แผงด้านการควบแน่น (condenser) เพื่อทำการทดสอบสมรรถนะต่อไป
2. เริ่มเดินพัดลมทั้ง 2 ตัว โดยเริ่มเดินทีละตัว
3. เริ่มจุดหัวเผากาซเพื่อให้ความร้อน พร้อมกับเปิดระบบวัดและควบคุมอื่นๆ
4. ปรับตำแหน่งของวาล์วต่างๆ เพื่อให้ได้ความเร็วของลมของแต่ละสายตามต้องการโดยอ่านค่าจากมาโนมิเตอร์ของแต่ละสาย
5. เมื่ออุณหภูมิของลมร้อนก่อนเข้าแผงด้านการระเหยมีค่าคงที่ 100 °ซ เริ่มจดบันทึกข้อมูลจนกระทั่งอุณหภูมิของระบบเข้าสู่สภาวะเสถียร
6. เริ่มปรับเปลี่ยนอุณหภูมิให้ต่ำลงที่ 90, 80, 70, 60 และ 50 °ซ ตามลำดับ และทำการบันทึกแบบเดียวกับข้อ 5

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะถูกนำมาคำนวณเพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจากสมการ

$$Q_T = \rho_h C_{ph}(T_{hi}-T_{ho}) = \rho_c C_{pc}(T_{co}-T_{ci}) = UA_T(\Delta T)_{ln} \quad (3.1)$$

โดยคำนวณ $(\Delta T)_{ln}$ ของกรณีไหลสวนทางได้จาก

$$(\Delta T)_{ln} = \frac{(T_{hi}-T_{ho})-(T_{ho}-T_{ci})}{\ln[(T_{hi}+T_{co})/(T_{ho}-T_{ci})]} \quad (3.2)$$