หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์สำหรับทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลในการทำวิจัยเรื่องเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นมีครีบจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ห้องทดสอบที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
2. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้นจากแผ่นกระดาษ
3. เครื่องมือวัดและควบคุม

ห้องทดสอบที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ห้องทดสอบจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ห้องแต่ละห้องจะใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่จะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งกันและกัน ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย

1. ห้องสำหรับสร้างสภาวะอากาศภายนอกอาคารซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสูง
2. ห้องสำหรับสร้างสภาวะอากาศภายในอาคารซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำ

ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนรวม

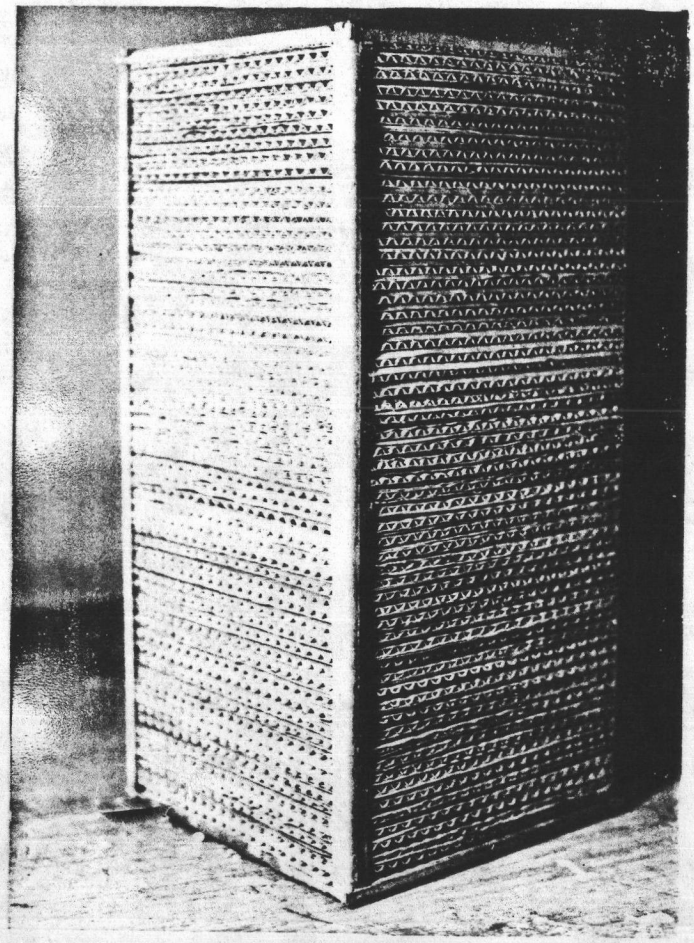
ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนรวมจะประกอบขึ้นจากกระดาษแผ่นเรียบซึ่งทำหน้าที่กั้นของไหลไม่ให้ผสมกันและมีแผ่นกระดาษลอนทำหน้าที่เป็นครีบเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มากขึ้น การนำกระดาษแผ่นเรียบมาประกอบกับกระดาษลอนจะใช้กาวลาเทกซ์เป็นตัวทำให้แผ่นเรียบมีครีบขึ้นมา เมื่อได้แผ่นกระดาษที่มีครีบแล้วก็จะนำกระดาษเหล่านี้มาเรียงเป็นชั้นๆ โดยเรียงให้ทิศทางของความยาวครีบแผ่นล่างตั้งได้ฉากกับแผ่นบน เพื่อทำให้เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนรวมแบบของไหลไหลขวางตัดกันและของไหลไม่ผสมกัน กระดาษแผ่นเรียบที่ใช้มีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

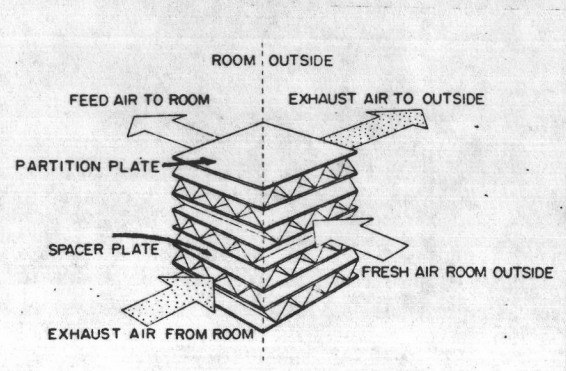
1. กระดาษแผ่นเรียบที่เป็นกระดาษคราฟท์
2. กระดาษแผ่นเรียบที่เป็นกระดาษลอกลาย
3. กระดาษแผ่นเรียบที่เป็นกระดาษบาง

ส่วนครีบที่ใช้มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

1. ครีบที่เป็นกระดาษลอนขนาดเล็ก
2. ครีบที่เป็นกระดาษลอนขนาดใหญ่

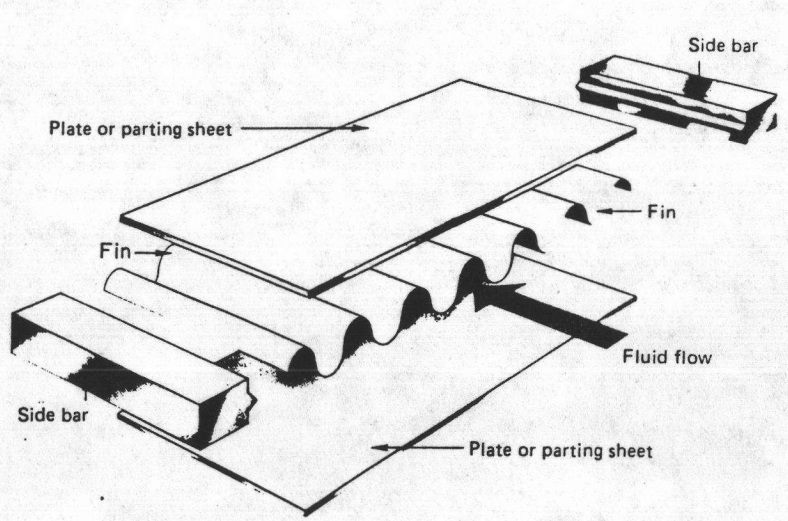
การออกแบบตัวแลกเปลี่ยนความร้อนรวมจะออกแบบให้ใช้กับการทดสอบในห้องปรับอากาศขนาด 20 m^2 ซึ่งรูปร่างของตัวแลกเปลี่ยนความร้อนมีลักษณะดังรูปที่ 3.1





รูปที่ 3.1 รูปร่างของตัวแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นมีครีบ

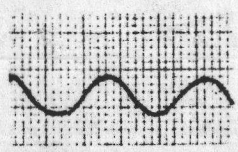
การสร้างตัวแลกเปลี่ยนความร้อนจะนำเอากระดาษแผ่นเรียบทั้ง 3 ชนิด ดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นมาปิดบนกระดาษลอนเพื่อสร้างเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน รูปร่างของแผ่นเรียบปิดบนกระดาษลอนจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.2ซึ่งกระดาษแต่ละชนิดจะวางเรียงในลักษณะเดียวกันคือวางสลับกันเป็นชั้นๆโดยมีกาวลาเทกซ์เป็นตัวประสานแต่ละชั้นและอากาศสามารถไหลผ่านช่องว่างในลักษณะขวางตัดกัน ขนาดของแผ่นกระดาษ 14.5 x 14.5 cm^2



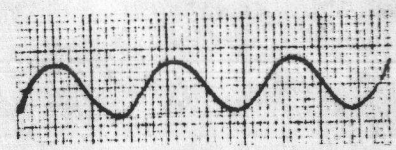
A plate-fin assembly.

รูปที่ 3.2 รูปร่างของแผ่นเรียบปิดบนกระดาษลอน

<u>กระดาษลอน</u> (Corrugated Medium) หมายถึง กระดาษที่ได้นำมาขึ้นลอนแล้วมีลักษณะเป็นคลื่น ดังรูปที่ 3.3



ลอนเล็กขนาดขยาย 2 เท่า



ลอนใหญ่ขนาดขยาย 2 เท่า

รูปที่ 3.3 ลักษณะลอนขนาดเล็กและขนาดใหญ่

ในการสร้างตัวแลกเปลี่ยนความร้อนรวมจะนำกระดาษลอนที่มีขนาดต่างกัน 2 ขนาดมาใช้ และเปรียบเทียบขนาดลอนกับกระดาษญี่ปุ่นจากตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 เปรียบเทียบขนาดลอนของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน

ชนิดของลอน	จำนวนลอนต่อเมตร	ความสูง(มม.)	ความกว้าง(มม.)
กระดาษลอนเล็ก	170	2.4	3.0
กระดาษลอนใหญ่	140	3.6	4.7
กระดาษญี่ปุ่น	238	2.1	4.4

กระดาษแผ่นเรียบ (Plate Paper) หมายถึง กระดาษที่ทำขึ้นจากเยื่อกระดาษ มีอยู่ 3 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพกับกระดาษญี่ปุ่น ได้ค่าต่างๆดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 คุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ

ชนิดของกระดาษแผ่นเรียบ	ความหนา (m)	สภาพการนำ* ความร้อน ($KJ/^{\circ}K/m/hr$)	ความต้านทาน* อากาศ (sec/100cc)	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านไอน้ำในกระดาษ (kg/m.hr.mmHg)
กระดาษคราฟท์	2.31×10^{-3}	3.18×10^{-2}	43	2.18×10^{-5}
กระดาษลอกลาย	5.60×10^{-4}	5.80×10^{-2}	8340	5.29×10^{-6}
กระดาษบาง	3.15×10^{-4}	4.20×10^{-2}	580	3.43×10^{-6}
กระดาษญี่ปุ่น	1.50×10^{-3}	3.35×10^{-2}	480	1.37×10^{-5}

หมายเหตุ * หมายถึงผลการทดสอบที่ทดสอบโดยกรมวิทยาศาสตร์ [7] และ [8] ทดสอบที่อุณหภูมิเฉลี่ย 30 $^{\circ}$ C

เครื่องมือวัดและควบคุม

สำหรับเครื่องมือวัดที่สำคัญในการทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลในการวิจัยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นมีครีบได้แก่

อุณหภูมิ ใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก มีค่ารีโซลูชั่น 0.1°C

ความดันลด ใช้มานอมิเตอร์แบบเอียง และ ปรับความเอียงได้ของ RICARDO INSTRUMENT รุ่น 461 H มีค่ารีโซลูชั่น 0.1 mm.H_2O

ความเร็วอากาศ ใช้นอสเซิส และ มานอมิเตอร์ที่ใช้วัดความดันลด

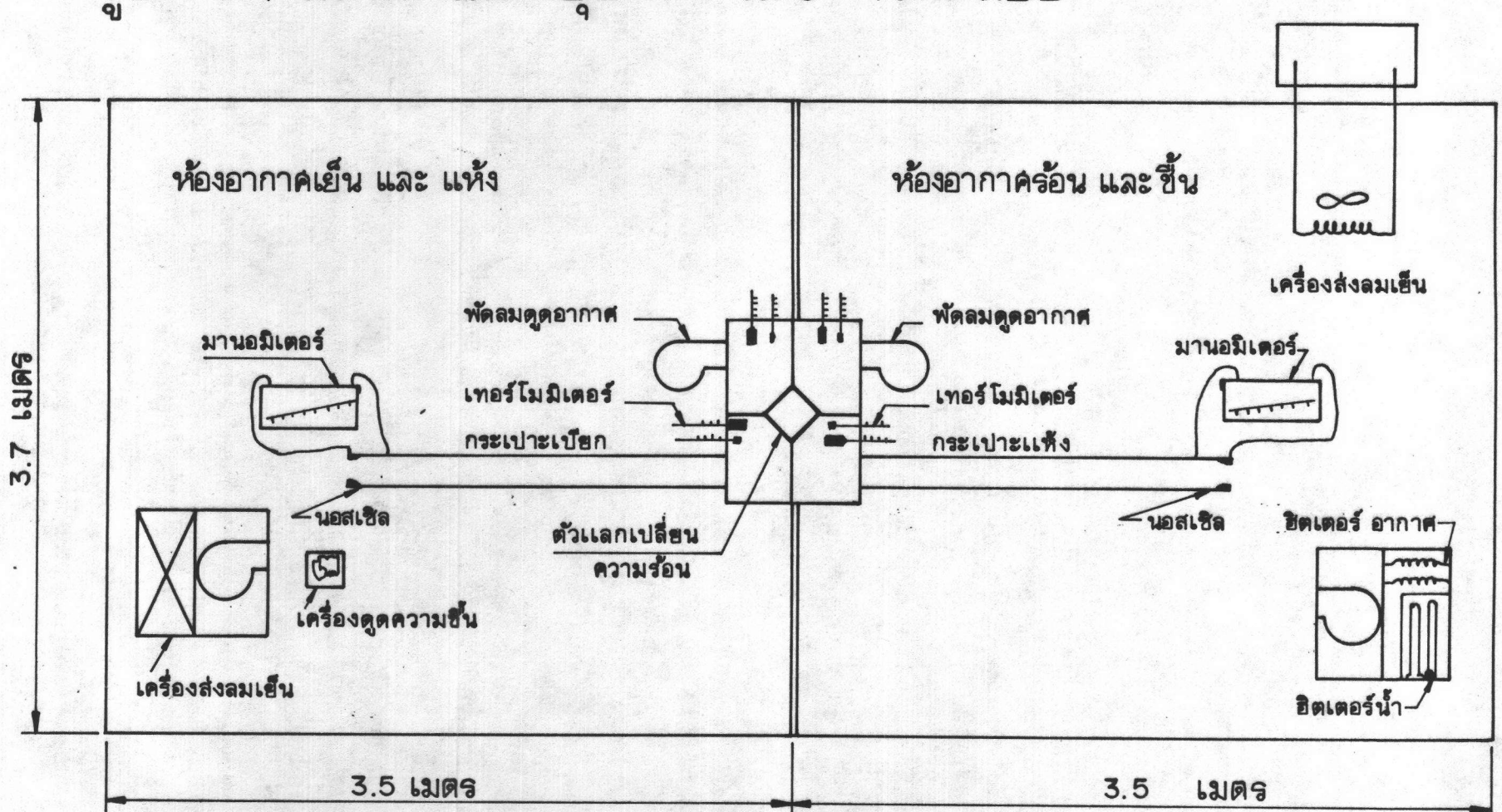
เวลา ใช้นาฬิกาจับเวลาของ Seiko มีรีโซลูชั่น 0.01 วินาที

นอกจากเครื่องมือวัดแล้วจำเป็นต้องมีเครื่องมือควบคุมสภาวะอากาศซึ่งได้แก่

1. เครื่องทำน้ำเย็น(Water Chiller)
2. เครื่องส่งลมเย็น(Air Handilng Unit)
3. เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน(Air Split Type)
4. เครื่องทำอากาศร้อน(Air Heater)
5. เครื่องทำอากาศชื้น(Water Heater)
6. เครื่องทำอากาศแห้ง(Dehumidifier)
7. พัดลม(Centrifugal Fan)

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดและควบคุมแสดงอยู่ในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงอุปกรณ์ และ การทดลอบ



หมายเหตุ ความสูงของห้องทดลอง - 2.5 เมตร

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การทดสอบกระดาษเพื่อหาคุณสมบัติเชิงความร้อนและความชื้นของกระดาษ

2. การทดสอบผลของสภาวะอากาศภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไป 3 ฤดู เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงอุณหภูมิ ประสิทธิภาพเชิงความชื้น ประสิทธิภาพเชิงเอนทาลพี สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และ สัมประสิทธิ์การถ่ายมวล

การทดสอบกระดาษ

กระดาษที่นำมาสร้างเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนจะทำการทดสอบวัดหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน สัมประสิทธิ์การพามวล สภาพการนำความร้อน ซึ่งขั้นตอนการวัดค่าต่างๆมีดังนี้

1. การวัดค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน วิธีการวัดโดยการนำเอากระดาษวางอยู่เหนือผิวน้ำ(5 มม.)และมีอากาศแห้ง (50%RH)พัดผ่านผิวบนอย่างเร็วเพื่อขจัด convective mass transfer แล้วชั่งน้ำหนักที่หายไปเมื่อให้อากาศวิ่งผ่านไป 1 ช.ม แล้ว วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียกหลังการทดสอบแล้วแทนค่า ลงใน Fick's law ซึ่งจะหาค่าสัมประสิทธิการซึมผ่านได้จากสมการที่(2.30)

2. การวัดค่าสัมประสิทธิ์การพามวล วิธีการวัดโดยการนำเอากระดาษวางอยู่เหนือผิวน้ำ(5 มม.)และมีอากาศชื้น(80%RH) พัดผ่านผิวบนอย่างช้าๆเพื่อทำให้เกิด convective mass transfer เพียงอย่างเดียว แล้วชั่งน้ำหนักที่หายไปเมื่อให้อากาศวิ่งผ่านไป 1 ช.ม แล้ววัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียกหลังการทดสอบ แล้วคำนวณโดยใช้สมการที่(2.30)

3. การหาค่าความต้านอากาศ วิธีการทดสอบดูที่ภาคผนวก ค.

4. การหาค่าสภาพการนำความร้อน วิธีทดสอบได้มาค่ามาจากเครื่องมือของกรมวิทยาศาสตร์บริการ[7]ซึ่งวิธีการดูได้จากภาคผนวก ค.

การทดสอบตัวแลกเปลี่ยนความร้อน

เมื่อสร้างตัวแลกเปลี่ยนความร้อนเสร็จเรียบร้อยแล้วนำมาประกอบเข้ากับอุปกรณ์และเครื่องมือที่เตรียมไว้ดังรูป 3.3 โดยจะทำการแปรค่าสภาวะอากาศภายนอกทั้ง 3 ฤดู

วิธีการทดสอบตัวแลกเปลี่ยนความร้อน จะทำการเดินเครื่องต่างๆ โดยแยกการเดินเครื่องออกเป็น 2 ส่วน คือ.

1. เดินเครื่องควบคุมอุณหภูมิภายในห้องของอากาศเย็นให้อุณหภูมิ 25°C db./20°C wb.

2. เดินเครื่องควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอากาศร้อนเพื่อสร้างสภาวะอากาศภายนอกอาคารซึ่งเป็นอากาศร้อนชื้นโดยจะสร้างและควบคุมให้สภาวะอากาศแตกต่างกัน 3 สภาวะคือ

2.1 สภาวะอากาศภายนอกที่เป็นฤดูร้อน(35°C db./32°C wb.)

2.2 สภาวะอากาศภายนอกที่เป็นฤดูฝน(31°C db./27°C wb.)

2.3 สภาวะอากาศภายนอกที่เป็นฤดูหนาว(28°C db./23°C wb.)

วิธีการควบคุมอุณหภูมิอากาศเย็นให้ได้อุณหภูมิ 25°C db./20°C wb.

1. เดิน pump น้ำที่จะเข้า Water Chiller
2. เดิน Water Chiller
3. เดิน pump น้ำที่จะเข้า Air Handling Unit
4. เดิน Air Handling Unit
5. เปิด Solinoid Valve ทั้ง 2 ตัว
6. น้ำเย็นจะถูกควบคุมโดยการตั้ง set point ของ Temperature Controller ที่ 25°C db.ที่จะเข้า Air Handling Unit
7. เดินเครื่อง Dehumidifier โดยตั้ง set point ที่ 60%RH เพื่อควบคุมความชื้นของอากาศ

ขณะที่ควบคุมอากาศเย็นให้มีอุณหภูมิ 25°C db.ความชื้น 60 % RH. จะควบคุมอากาศร้อนให้มีอุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกันออกไป 3 สภาวะ คือ
สภาวะที่หนึ่งเป็นอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 35°C db.ความชื้นสัมพัทธ์ 80 %RH.
สภาวะที่สองเป็นอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 31°C db.ความชื้นสัมพัทธ์ 70 %RH.
สภาวะสุดท้ายเป็นอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 28°C db.ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %RH.

วิธีการควบคุมอุณหภูมิอากาศร้อนให้ได้ 35°C db./32°C wb.(80 %RH.)

1. เดินเครื่องทำอากาศร้อนซึ่งประกอบด้วย Air Heater กับ Blower
2. เดินเครื่องทำความชื้นซึ่งประกอบด้วย Water Heater
3. ทำการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยการปรับ Variac ที่ควบคุม Voltage ของ Air Heater, Variac ที่ควบคุม Voltage ของ Water Heater และเดินเครื่องทำความเย็นแบบแยกส่วนซึ่งจะแยกเอาส่วนระบายความร้อนไว้นอกห้องจนกระทั่งอุณหภูมิและความชื้นได้ตามที่ต้องการ

ซึ่งอ่านได้จากตัวรับสัญญาณ Thermocouple และ Monitor แสดงความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในห้องควบคุม ส่วนวิธีควบคุมอากาศร้อนที่สภาวะอื่นก็ใช้วิธีเดียวกันนี้

การวัดอัตราการไหลของอากาศ

การใช้นอสเซิลที่สร้างขึ้นเพื่อวัดอัตราการไหลของอากาศนั้นสามารถทำได้โดยการใช้ Multislope Manometer วัดผลต่างความดันของอากาศที่ไหลเข้ากับที่ไหลออกจากนอสเซิล แล้วนำมาแทนค่าใน Bernoulli's Equation เพื่อหาอัตราการไหลของอากาศ ซึ่งแสดงสมการไว้ในภาคผนวก ค.หน้า 158

นอสเซิลสร้างขึ้นจาก Unsaturated polyester resin ที่มีชื่อทางการค้าว่า Viapal H450E โดยการสร้างแบบหล่อเรซิ่นขึ้นจากปูนพลาสเตอร์ ซึ่งจะนำเอาปูนพลาสเตอร์ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 2:1 สร้างเป็นไส้แบบเพื่อให้ได้ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของ nozzle ตามที่ออกแบบไว้ เสร็จแล้วนำเอาไส้แบบและแบบหล่อมาเทเรซินผสมกับ hardener ซึ่งทำการดูดอากาศออกแล้วเพื่อป้องกันการเกิดโพรงอากาศเมื่อรอจนส่วนผสมแห้งแล้วก็นำมากลึงเพื่อทำหน้าแปลนสำหรับยึดกับท่อ