บทที่ 5

การสร้างอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อน

5.1 การสร้างอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อน

จากการจำลองสภาพและรายละเอียดตามบทที่ 4 พบว่าชุดข้อมูลที่นำมาสร้างอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนคือ

วัสดุที่ใช้ทำท่อความร้อน	ท่อเหล็ก (A 120 Sch.40)
สารทำงานภายในท่อ	น้ำ
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อความร้อน	0.021 เมตร
ความหนาท่อ	0.0028 เมตร
ความยาวส่วนทำระเหย	0.400 เมตร
ความยาวส่วนควบแน่น	0.100 เมตร
ระยะห่างระหว่างท่อตามแนวขวาง	0.047 เมตร
ระยะห่างระหว่างท่อตามแนวยาว	0.047 เมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของครีบเหล็ก	0.047 เมตร
จำนวนครีบต่อความยาวท่อ 1 นิ้ว	8 ครีบ
จำนวนท่อความร้อนที่ใช้	30 ท่อ

ซึ่งให้ค่าต่างๆดังนี้

ค่าความร้อนที่ถ่ายเทได้ต่อ 1 ท่อ	333 วัตต์
ค่าความร้อนที่สามารถถ่ายเทได้สำหรับอีโคโนไมเซอร์	9998 วัตต์
ค่าประสิทธิผลของอีโคโนไมเซอร์	0.383
ค่าพลังงานที่ถ่ายเทต่อหน่วยราคา	0.626 วัตต์ต่อบาท
อุณหภูมิก๊าซร้อนที่ออกจากอีโคโนไมเซอร์	157°C
อุณหภูมิน้ำที่ออกจากอีโคโนไมเซอร์	95°C

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

จากงานวิจัยของ Dube et.al [13] ได้แสดงว่าท่อทองแดงจะให้ค่าประสิทธิผลสูงกว่าท่อเหล็กที่ขนาดเดียวกันประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่มีข้อจำกัดคือท่อทองแดงไม่นิยมนำมาใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่า 200°C เนื่องจากคุณสมบัติของท่อทองแดงเอง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ซึ่งทดสอบการใช้งานที่ 231°C จึงไม่เลือกใช้ท่อทองแดงเป็นวัสดุที่ใช้ทำท่อความร้อน

จากงานวิจัยของปิยะนันท์ [5] ได้แสดงถึงผลของการนำเอาท่ออะลูมิเนียมไปทดสอบที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า 200°C แล้วท่ออะลูมิเนียมจะเกิดการเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิสูง จึงไม่เลือกเอาท่ออะลูมิเนียมมาใช้เป็นวัสดุทำท่อความร้อน

จากงานวิจัยของชาตรีและสิทธิกร [2] และขวัญชัย [1] เราจึงสามารถสรุปได้ว่าการเคลือบสีหรืออินาเมลที่ผิวภายนอกของท่อความร้อนที่นำไปใช้งานที่อุณหภูมิไอเสียต่ำกว่าอุณหภูมิน้ำค้างสามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ แต่ค่าใช้จ่ายและค่าความต้านทานทางความร้อนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเคลือบเมื่อเปรียบเทียบกับอายุการใช้งานของท่อที่ได้เพิ่มขึ้นแล้วยังไม่คุ้มค่าจนกว่าจะมีกรรมวิธีการเคลือบที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย เช่นที่การเคลือบอินาเมล 1 ชั้น (190 ไมครอน) เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 1,500 บาท ในขณะที่อายุการใช้งานของท่อความร้อนเกิน 20 ปีทั้งคู่ ดังนั้นในการเลือกใช้งานสำหรับท่อความร้อนจึงเลือกใช้งานที่อุณหภูมิไอเสียสูงกว่าอุณหภูมิน้ำค้าง หากเลี่ยงไม่ได้ก็ควรเลือกวิธีการเคลือบผิวท่อด้วยอินาเมลที่บางที่สุดเพราะความหนาของอินาเมลไม่มีผลต่อการกัดกร่อน และควรพิจารณาถึงช่วงเวลาในการกำจัดเขม่าที่มาพอกตัวที่ผิวท่ออีกด้วย

นำเอาชุดข้อมูลที่ได้มาสร้างอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อน แต่เนื่องจากปัญหาด้านเทคนิคในการสร้าง ทั้งการทำครีบและการเจาะแผ่นกั้นเพื่อวางท่อดังนั้นจึงมีการปรับเปลี่ยนระยะบางส่วนเพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถเป็นไปได้ ทำให้อีโคโนไมเซอร์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะดังนี้

วัสดุที่ใช้ทำท่อความร้อน	ท่อเหล็ก (A 120 Sch.40)
สารทำงานภายในท่อ	น้ำ
จำนวนแถว	3 แถว
จำนวนท่อต่อแถว	10 ท่อ
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อความร้อน	0.021 เมตร
ความหนาท่อ	0.0028 เมตร
ความยาวส่วนทำระเหย	0.420 เมตร
ความยาวส่วนควบแน่น	0.130 เมตร
ระยะห่างระหว่างท่อตามแนวขวาง	0.060 เมตร
ระยะห่างระหว่างท่อตามแนวยาว	0.060 เมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของครีบเหล็ก	0.041 เมตร

จำนวนครีบต่อความยาวท่อ 1 นิ้ว	8 ครีบ
จำนวนท่อความร้อนที่ใช้	30 ท่อ

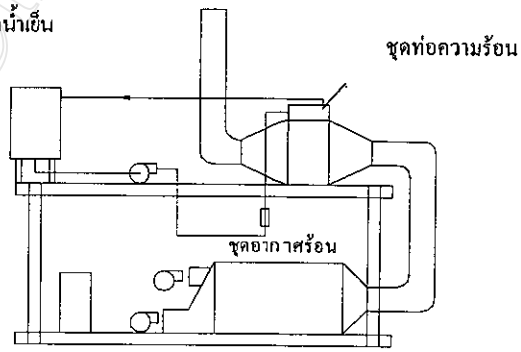
มีครีบที่ส่วนทำระเหย จัดวางแบบเหลื่อมมีแผ่นกั้นส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นออกจากกัน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 6 มิลลิเมตร ทำการยึดท่อกับแผ่นกั้นโดยใช้เกลียว เพื่อสามารถถอดนำเอาท่อความร้อนที่เสียหายมาแก้ไขได้ ส่วนเปลือกนอกทำจากแผ่นเหล็กหนา 3 มิลลิเมตรประกอบเข้าด้วยกันโดยการต่อแบบหน้าแปลน ภายนอกของชุดท่อความร้อนทั้งหมดหุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว (Fiber Glass Insulation) ที่ความหนา 2 นิ้ว รายละเอียดของเครื่องทดสอบสามารถดูได้จากภาคผนวก ค. จากการปรับระยะทำให้ได้ค่าลักษณะทางความร้อนของอีโคโนไมเซอร์เป็นดังนี้

ค่าความร้อนที่ถ่ายเทได้ต่อ 1 ท่อ	324 วัตต์
ค่าความร้อนที่สามารถถ่ายเทได้สำหรับ อีโคโนไมเซอร์	9736 วัตต์
ค่าประสิทธิผลของอีโคโนไมเซอร์	0.373
ค่าพลังงานที่ถ่ายเทต่อหน่วยราคา	0.593 วัตต์ต่อบาท
อุณหภูมิก๊าซร้อนที่ออกจากอีโคโนไมเซอร์	159°C
อุณหภูมิน้ำที่ออกจากอีโคโนไมเซอร์	94°C

5.2 การสร้างอุปกรณ์การทดสอบ

5.2.1 ชุดทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ชุดทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ ชุดอากาศร้อน ชุดน้ำ และชุดท่อความร้อน ดังรูป 5.1 และ 5.2



รูป 5.1 แสดงรูปแบบชุดทดสอบ

รูป 5.2 แสดงลักษณะของเครื่องอีโคโนไมเซอร์

ชุดอากาศร้อนจะประกอบด้วย เครื่องพ่นไฟยี่ห้อ "Baltur" รุ่น Spark gas 3.2 ให้พลังงานสูงสุด 41.9 กิโลวัตต์ เป็นตัวให้ความร้อน พัดลมหอยโข่งที่สามารถปรับความเร็วรอบได้ยี่ห้อ "National" รุ่น FV-19CG1 อัตราการไหลของของไหลสูงสุด 947 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ห้องเผาไหม้ขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 1 เมตร และสูง 60 เซนติเมตร ภายในบรรจุอิฐทนไฟขนาด กว้าง 11 เซนติเมตร ยาว 22 เซนติเมตร และสูง 7 เซนติเมตร จำนวน 40 ก้อนวางขวางเปลวไฟของเครื่องพ่นไฟเพื่อเก็บความร้อนและป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของอากาศร้อนเปลี่ยนแปลงมากเกินไป และอิฐกันไฟขนาด กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 11 เซนติเมตร และสูง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 40 ก้อน โดยวางไว้ที่พื้นห้องเผาไหม้เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนสูญเสียออกจากห้องเผาไหม้ โดยที่ชุดอากาศร้อนทั้งหมด จะหุ้มภายนอกด้วยฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว ดังรูป 5.3

ชุดน้ำเย็นประกอบด้วย ปั๊มน้ำหอยโข่ง ขนาด 0.5 แรงม้า และถังเก็บน้ำทรงกระบอกขนาด ∅ 0.40 ×0.60 เมตร ใช้ท่อน้ำ PVC ขนาด 1 นิ้วในการส่งน้ำเข้าอีโคโนไมเซอร์ โดยมีระบบแยกน้ำกลับถังเก็บน้ำสำหรับควบคุมอัตราการไหลและใช้ท่อเหล็กขนาด 1 นิ้วนำน้ำออกจากอีโคโนไมเซอร์

รูป 5.2 แสดงชุดอากาศร้อน

ชุดทำความเย็นมีไว้เพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำก่อนให้ได้ตามที่ต้องการเข้าอีโคโนไมเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.4

รูปที่ 5.4 แสดงเครื่องทำความเย็น

5.2.2 ชุดควบคุมการทำงานทางไฟฟ้า

ตู้ควบคุมประกอบด้วย อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) "DIGICON" รุ่น DD-7 ใช้กับเทอร์โมคัปเปิล Type K ช่วงการวัดอุณหภูมิ 0-399°C เพื่อใช้ควบคุมและแสดงอุณหภูมิขาเข้าของก๊าซร้อนโดยวัดที่กึ่งกลางท่อก๊าซร้อนขาเข้า สวิทช์ควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นไฟ ดังรูป 5.5

รูป 5.5 แสดงตู้ควบคุมทางไฟฟ้า

5.2.3 เชื้อเพลิง

ในการทดสอบครั้งนี้ใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้จำนวน 3 ถังต่อเข้าด้วยกันโดยท่อเหล็กอาบสังกะสีและมีวาล์วควบคุมแต่ละชุดเพื่อรักษาความดันของก๊าซขณะทำงาน ดังรูป 5.6

รูป 5.6 แสดงเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

5.3 อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือวัด

5.3.1 เครื่องบรรจุสารทำงาน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุสารทำงานเข้าสู่ท่อความร้อน ประกอบไปด้วย ปั๊มสุญญากาศ หลอดแก้ว อุปกรณ์ข้อต่อท่อสเตนเลส และวาล์ว ดังรูป 5.7

รูป 5.7 แสดงลักษณะของเครื่องบรรจุสารทำงาน

5.3.2 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) "Omega" Type K ใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูลเพื่อวัดอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆดังรูป 5.13 มีการนำเอาท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/4 นิ้วมาครอบที่ปลายของเทอร์โมคัปเปิล เพื่อให้การอ่านค่าอุณหภูมิถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้นดังรูป 5.8

รูป 5.8 แสดงลักษณะของเทอร์โมคัปเปิล

5.3.3 เครื่องบันทึกข้อมูล 10 ช่องสัญญาณ "Comark" รุ่น C 8510 มีช่วงการวัดอุณหภูมิ –100 ถึง 3,000°C ความแม่นยำ ± 0.2 เปอร์เซ็นต์ ดังรูป 5.9

รูป 5.9 แสดงลักษณะเครื่องบันทึกข้อมูล 10 ช่องสัญญาณ

5.3.5 เครื่องบันทึกข้อมูล 20 ช่องสัญญาณ "Yokogawa"รุ่น HR 1300 มีความแม่นยำ ± 0.2 เปอร์เซ็นต์ ดังรูป 5.10

รูป 5.10 แสดงลักษณะเครื่องบันทึกข้อมูล 20 ช่องสัญญาณ

5.3.6 เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย (Flue Gas Analyzer) "Testo " รุ่น Testo 350 สำหรับบันทึกคุณสมบัติของไอเสียที่ได้จากหม้อไอน้ำตัวอย่าง ดังรูป 5.11

รูป 5.11 แสดงลักษณะเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

5.3.7 เครื่องบันทึกข้อมูล "Testo" รุ่น Testo 454 สำหรับบันทึกและปรับค่าคุณสมบัติของอากาศและไอเสียในการตรวจวัดและทดสอบ ดังรูป 5.12

รูป 5.12 แสดงลักษณะเครื่องบันทึกข้อมูล Testo

5.3.8 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ ใช้มาตรวัดอัตราการไหลเป็นตัววัดปริมาณน้ำที่เข้าสู่อีโคโนไมเซอร์ซึ่งเครื่องวัดอัตราการไหลเป็นแบบ โรตามีเตอร์ (Rotameter) ผลิตโดยบริษัท Platon รุ่น PGB 4 สามารถวัดอัตราการไหลได้ในช่วง 4-40 ลิตรต่อนาที โดยมีค่าความถูกต้อง ± 0.1 ลิตรต่อนาที และ โรตามีเตอร์ ผลิตโดยบริษัท Platon รุ่น PGB 411 สามารถวัดอัตราการไหลได้ในช่วง 1-10 ลิตรต่อนาที โดยมีค่าความถูกต้อง ± 3 % ลิตรต่อนาที มีลักษณะดังแสดงในรูป 5.13

รูป 5.13 แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหล

5.3.9 เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ Pentium 160 MHz ใช้บันทึกข้อมูลที่อ่านได้จากเครื่องบันทึกข้อมูล จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำลองสภาพ และวิเคราะห์ข้อมูล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University