บทที่ 9

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

9.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิค นั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเผาเซรามิคโดยเตาเผาเซรามิคที่ใช้ฉนวนบุภายในเป็นใยไฟเบอร์ทนความร้อน จากข้อมูลดังกล่าวประกอบกับสมการทางคณิตศาสตร์ทำให้สามารถออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดเครื่องอุ่นอากาศแบบ Recuperator โดยการออกแบบคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะเดิมของเตาเผาเซรามิคให้น้อยที่สุดเป็นผลให้การประกอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกระทำได้สะดวกและรวดเร็ว แล จากนั้นทำการทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งกับเตาเผาเซรามิคบริเวณปล่องควันที่เดิมเป็นอิฐทนไฟ ซึ่งผลการศึกษาวิจัยและทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าวทำให้สามารถสรุปได้ 2 หัวข้อดังต่อไปนี้

1.การดำเนินการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองเผาเตาเผาจริงประกอบกับสมการทางคณิตสาสตร์แบบ Log Mean Temperature Differrence (LMTD) ทำให้ได้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิคแบบ Cross Counter Four Pass Heat Exchanger มีพื้นที่การถ่ายเทความร้อน1.84 m^2 ก๊าซเสียไหลในท่อ 1 เที่ยว และอากาศดี ไหลในเชลล์ 4 เที่ยว ท่อก๊าซเสียเป็น stainless steel 304 มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 19.05 mm. ความหนาของท่อ 1.651 mm. วางเรียงเป็นแนวเส้นตรงแถวละ 11 ท่อ จำนวน 2 แถว ระยะห่างพิทช์ 0.029 m. หรือ 1.5 เท่า ของระยะเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ($\frac{s}{d}$ = 1.5) ทั้งหมด 22 ท่อ เชลล์มีขนาด(ภายใน) กว้าง x ยาว = 0.32 x 0.32 m. ขนาด(ภายนอก) กว้าง x ยาว = 0.33 x 0.33 m สูง 1.56 m มีแผ่นกั้น (Baffle) ทั้งหมด 3 แผ่น วัสดุที่ใช้เป็น carbon steel JIS G 3101 SS 400 Baffle หรือแผ่นกั้นมีระยะห่างกันแผ่นละ 0.34 m. จำนวน 3 แผ่น มีขนาด กว้าง x ยาว = 0.05 x 0.32 m. ความดันสูญเสียภายในระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 121 Pa หรือ 0.012 kPa ความดันสูญเสียภายในท่อส่งอากาศเข้าหัวฉีด 3 Pa อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่หุ้มฉนวนสามารถนำความร้อนสูญเสียในก๊าซเสียกลับมาใช้ประโยชน์ได้ 50.4 % อุ่นอากาศจากอุณหภูมิ 49 °C เป็น 394 °C และอากาศเข้าหัวฉีดมีอุณหภูมิ 311 °C ประหยัดเชื้อเพลิงก๊าซ LPG ได้ปีละ

1,040 กิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ 14,553 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 2 เดือน และมีอัตราผลตอบแทนการลงทุน 49.5 %

2. การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิคนั้นเพื่อจุดประสงค์ในนำความร้อนที่ปล่อยทิ้งจากก๊าซเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ซึ่งเป็นวิธีการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพทำใช้อัตราการใช้เชื้อเพลิงลดลงจากเดิม โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีดังนี้

2.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งกับเตาเผาเซรามิคแต่ยังไม่หุ้มฉนวน จากการตรวจวัดประสิทธิภาพพบว่าเตาเผาเซรามิคใช้เชื้อเพลิง LPG ในการเผาเคลือบ 11.17 กิโลกรัมลดลงจากเดิม 2.53 กิโลกรัม คิดเป็นเชื้อเพลิง LPG ที่ประหยัดได้จากเดิม 19 % เตาเผาเซรามิคมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนหรือประสิทธิภาพข้อ 1 ทางเทอร์โมไดนามิกส์เท่ากับ 2.2 % เพิ่มขึ้นจากเดิม 0.5 % (ก่อนติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเตาเผาเซรามิคมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 1.7 %) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีประสิทธิผล 38 %

2.2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งกับเตาเผาเซรามิคที่หุ้มฉนวนแล้ว จากการตรวจวัดประสิทธิภาพพบว่าเตาเผาเซรามิคใช้เชื้อเพลิง LPG ในการเผาเคลือบ 10.55 กิโลกรัม ลดลงจากเดิม 3.15 กิโลกรัม คิดเป็นเชื้อเพลิง LPG ที่ประหยัดได้จากเดิม 23 % เตาเผาเซรามิคมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนหรือประสิทธิภาพข้อ 1 ทางเทอร์โมไดนามิกส์เท่ากับ 2.3 % เพิ่มขึ้นจากเดิม 0.6 %(ก่อนติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเตาเผาเซรามิคมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 1.7 %) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีประสิทธิผล 47 %

9.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาเพิ่มเติม

1. การศึกษาที่ควรจะดำเนินต่อไปคือการศึกษาพัฒนาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับเตาเผาเซรามิคที่มีใช้ในปัจจุบันซึ่งมีขนาดความจุใหญ่กว่าที่ได้ทำการศึกษาไว้ จากการตรวจวัดประสิทธิภาพพบว่าอุณหภูมิของก๊าซเสียที่ปล่อยออกมามีค่าไม่แตกต่างกัน โดยคาดว่าการศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้สามารถใช้ได้จริงกับอุตสาหกรรมเซรามิคจะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานก๊าซ LPG ได้อย่างมาก

2. ศึกษาอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดอื่นที่มีความเหมาะสมสำหรับเตาเผาเซรามิค เช่น อุปกรณ์อุ่นอากาศแบบ Radiation type recuperator และนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบกับการศึกษาที่มีอยู่เดิมเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิคที่มีความเหมาะสมที่สุด

3. ศึกษารูปแบบการจัดเรียงท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเช่น ลดความยาวท่อแต่เพิ่มจนวนท่อให้มากขึ้น เปลี่ยนลักษณะการจัดวางท่อ ขนาดความหนาของท่อ ระยะห่างระหว่างท่อ ความยาวของท่อ ลักษณะการไหลของอากาศดีและก๊าซเสีย เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนให้ได้มากที่สุดซึ่งจะเป็นผลให้เกิดการประหยัดพลังงานมากขึ้น

4. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการติดครีบหรือ Fin บริเวณท่อแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนให้มากขึ้นซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก็จะมีขนาดเล็กลงซึ่งต้นทุนในการก่อสร้างก็จะลดลงตามไปด้วย

5. ศึกษาการกัดกร่อนของก๊าซเสียที่ปล่อยทิ้งหรือค่า Fouling Factor ที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเตาเผาเซรามิค เนื่องจากค่า Fouling Factor เป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนลดลงเพราะเกิดการสึกกร่อนขึ้นในและนอกท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ผลของการศึกษาจะทำให้ทราบถึงอายุการใช้งานที่แท้จริงของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและเป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจเลือกวัสดุในการสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย