

บทที่ 7

การสร้างและติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

7.1 ขั้นตอนการจัดสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

7.1.1 การจัดหาวัสดุที่ใช้สร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดเครื่องอุ่นอากาศแบบ Recuperator จะต้องเลือกวัสดุที่มีความเหมาะสมกับคุณสมบัติที่ใช้ในการออกแบบ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ตลอดจนคุณสมบัติทางกายภาพเพื่อให้อุปกรณ์อุ่นอากาศมีอายุการใช้งานที่ยืนยาว โดยมีรายละเอียดของวัสดุที่ใช้ ดังนี้

1. ตัวเปลือก Recuperator ใช้เหล็กแผ่น Carbon steel มาตรฐาน JIS G 3101 SS Rolled Steel Plate ขนาด 1000 x 1600 mm หนา 5 mm จำนวน 1 แผ่น
2. แผ่นยึดท่อด้านบนใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel มาตรฐาน JIS G 3101 SS Rolled Steel Plate ขนาด 320 x 320 mm หนา 5 mm จำนวน 1 แผ่น
3. แผ่นยึดท่อภายในใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel ขนาด 320 x 270 mm หนา 5 mm จำนวน 1 แผ่น
4. แผ่นยึดท่อด้านล่าง ใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel มาตรฐาน JIS S 45C Rolled Steel Plate ขนาด 320 x 320 mm หนา 16 mm จำนวน 1 แผ่น
5. แผ่นปิดด้านหน้า Recuperator ใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel ขนาด 330 x 1600 mm หนา 5 mm จำนวน 1 แผ่น
6. Tube Bank ใช้ท่อ Stainless Steel 304 ขนาด Outside Diameter 19 mm Inside diameter 15.75 mm. ความยาว 1400 mm โดยบานปากที่ปลายข้างหนึ่งของท่อ
7. ท่อทางเข้าอากาศใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel ขนาด 1140 x 50 mm หนา 5 mm จำนวน 1 แผ่น
8. ท่อทางออกของอากาศร้อนใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel ขนาด 1040x 50 mm หนา 5 mm จำนวน 1 แผ่น
9. ท่อส่งลมร้อนซ้ายขวา ใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel มาตรฐาน JIS S 45C Rolled Steel Plate ขนาด 1190 x 620 mm หนา 5 mm จำนวน 1 แผ่น
10. ท่ออซ้าย-ขวา ใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel ขนาด 650 x 200 mm หนา 5 mm จำนวน 8 แผ่น

11. แผ่นปิดทองอชาย-ขวา ใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel ขนาด 250 x 200 mm หนา 5 mm จำนวน 4 แผ่น
12. ท่อส่งลมร้อนเข้าหัวฉีดซ้าย-ขวา ใช้เหล็กแผ่น Carbon Steel ขนาด 740 x 900 mm หนา 5 mm จำนวน 2 แผ่น
13. เหล็กฉากขนาด 50 mm ยาว 6000 mm จำนวน 3 เส้น
14. อิฐทนไฟ จำนวน 10 ก้อน
15. โบลต์และน็อตขนาด $\phi 10$ mm ใช้มาตรฐาน JIS G 3210 Carbon Steel Forging
16. ลวดเชื่อม (Mild Steel Electrode) ใช้มาตรฐาน มอก 49-2528E 512 R11 ขนาด 3.2 x 350 mm.
17. ฉนวนกันความร้อนแบบใยหิน หนา 50 mm. 3 ม้วน ขนาดม้วนละ 3 m²
18. ปะเก็นทนความร้อนตัดตามแบบหน้าแปลนที่จะทำการติดตั้ง

7.1.2 ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

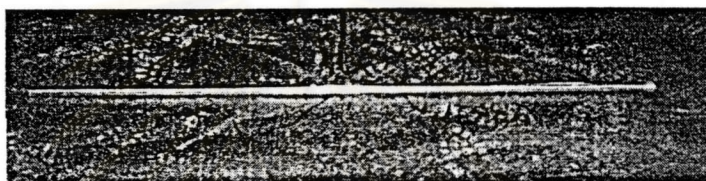
1. นำแผ่นเหล็กตัวเปลือก Recuperator มาพับขึ้นรูปเป็นลักษณะกล่องที่มี 3 ด้าน ดังรูปในภาคผนวก ข
2. แผ่นยึดท่อด้านบน และแผ่นยึดท่อภายในทำการเจาะเป็นรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19.1 mm จำนวน 22 รู ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของแต่ละรูเท่ากับ 29 mm ดังรูปในภาคผนวก ข
3. แผ่นยึดท่อด้านล่างทำการเจาะคว้านเป็นรู 2 ขนาด เพื่อเป็นบ่าในการรองรับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน โดยรูแรกเจาะขนาด 15.75 mm จากนั้นทำการเจาะรูขยายขนาดเป็น 19.1 mm โดยมีความลึกของรูขนาด 19.1 mm เท่ากับ 8 mm และขนาดรู 15.75 mm มีความลึก 8 mm เช่นกันดังรูปในภาคผนวก ข
4. ทำการเชื่อมแผ่นยึดท่อทั้ง 5 แผ่น เข้ากับตัวเปลือกของ Recuperator ตามระยะต่างๆ ดังรูปในภาคผนวก ข
5. นำท่อถ่ายเทความร้อน Tube bank ประกอบกับแผ่นยึดท่อตามรูปที่ ข. โดยทำการสอดท่อทั้ง 22 ท่อ เข้าตามรูที่ได้ทำการเจาะไว้ โดยไม่มีการเชื่อมติด โดยนำด้านปลายท่อที่ไม่มีการบานปลาย สอดลงไปยังส่วนท้ายของ Recuperator
6. นำแผ่นปิดด้านหน้าของ Recuperator มาตัดช่องอากาศเข้า-ออก ตามรูปในภาคผนวก ข จากนั้นทำการเชื่อมปิดเข้ากับตัวเปลือกของ Recuperator

7. พับเหล็กท่อทางเข้าอากาศและอากาศออกดังรูปที่ จากนั้นนำไปเชื่อมติดกับปากทางอากาศเข้าและออกของ Recuperator

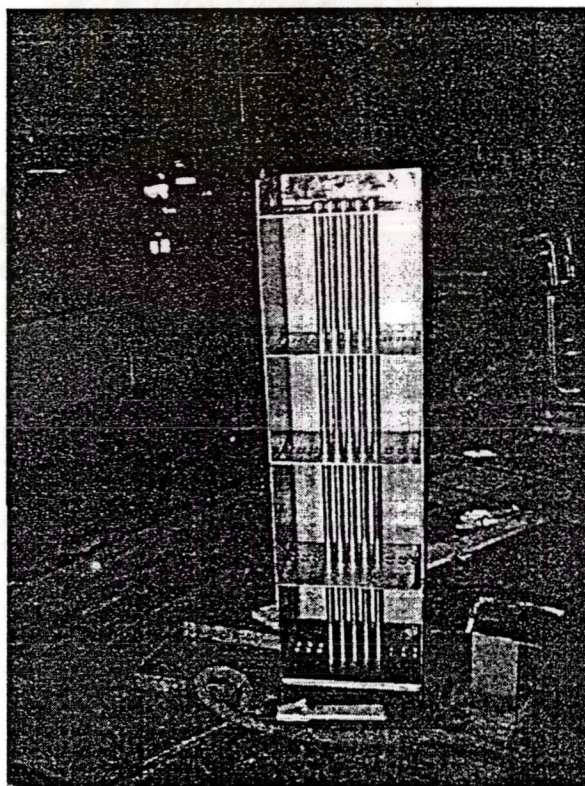
8. พับขึ้นรูปท่อส่งลมซ้าย-ขวา จากนั้นนำเหล็กฉาก ซึ่งเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมาเชื่อมติดเพื่อทำหน้าที่แปลน ทั้ง 3 ด้าน ดังรูปในภาคผนวก ข

9. พับขึ้นรูปท่อส่งลมที่เป็นหัวงอซ้ายขวา จากนั้นนำเหล็กฉาก ซึ่งเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 mm มาเชื่อมติดเพื่อเป็นหน้าแปลน ดังรูปในภาคผนวก ข

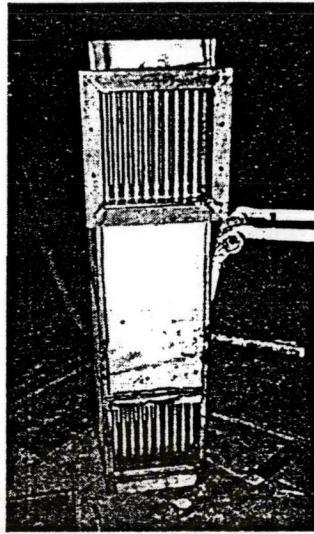
10. ตัด-พับขึ้นรูปท่อส่งลมเข้าหัวฉีดซ้าย-ขวา จากนั้นนำเหล็กฉาก เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 mm มาเชื่อมติดเพื่อเป็นหน้าแปลน ดังรูปในภาคผนวก ข



รูปที่ 7.1 ท่อแลกเปลี่ยนความร้อนภายใน Recuperator



รูปที่ 7.2 การประกอบแผ่นยึดท่อเข้ากับตัวเซลล์

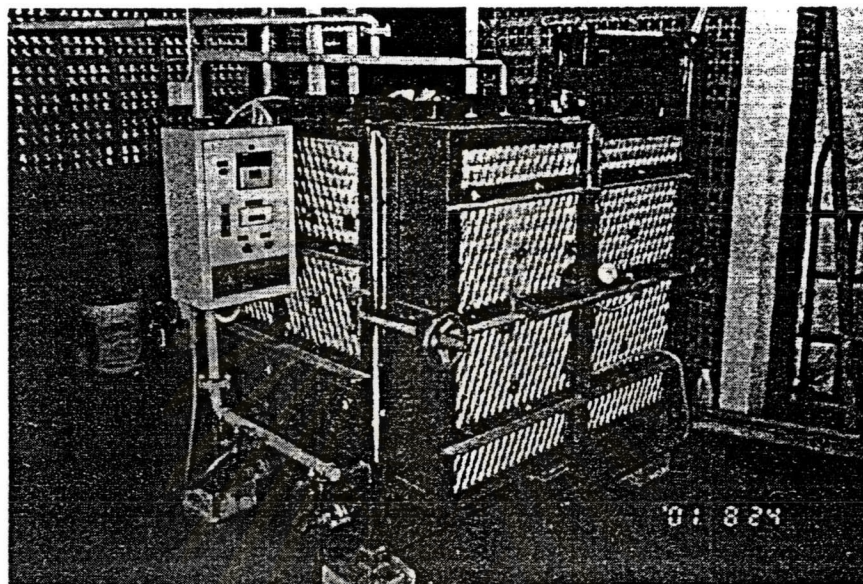


รูปที่ 7.3 Recuperator เมื่อประกอบแล้ว

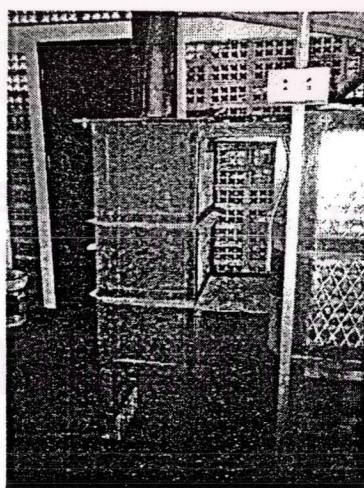
7.2 การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเข้ากับเตาเผาเซรามิค

การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Recuperator เข้ากับเตาเผาเซรามิคสามารถทำได้โดยร้อยถอนปล่องควันเดิมที่เป็นอิฐทนไฟออกและทำการสวมอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนลงไปแทนที่บริเวณปล่องควันของเตาเผาเซรามิคที่ถูกรื้อออกซึ่งสามารถสวมลงไปได้เลย เนื่องจากตัว Recuperator ได้ถูกทำการออกแบบให้ประกอบเข้ากับเตาเผาเซรามิคได้ง่ายและอุปกรณ์เดิมของเตาเผาเซรามิคต้องถูกรื้อถอนออกน้อยที่สุด ดังนั้นตัว Recuperator จะมีขนาดพอดีกับโครงสร้างเดิมของปล่องเตาทำให้สามารถประกอบได้ง่ายและยึดติดกับโครงสร้างของปล่องเดิมได้เลยโดยไม่จำเป็นต้องยึด Recuperator ให้แน่นหนามากเพราะมีโครงสร้างเดิมรองรับอยู่ เมื่อติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเข้ากับปล่องเรียบร้อยแล้ว นำปล่องควันเดิมที่เป็นสแตนเลสสวมทับด้านบนจากนั้นก็ทำการประกอบท่อส่งอากาศเข้ากับตัว Recuperator และหัวฉีด โดยท่อส่งอากาศเข้าหัวฉีด สามารถเปิดและปิดได้เพื่อปรับอากาศเข้าหัวฉีดและในกรณีที่ไม่ใช่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก็สามารถเปิดให้อากาศภายนอกเข้าสู่หัวฉีดได้ การประกอบอุปกรณ์ในชิ้นส่วนต่างเข้าด้วยกันกระทำได้โดยการยึดน็อตระหว่างหน้าแปลนและมีปะเก็นประกบระหว่างหน้าแปลนเพื่อกันอากาศรั่วไหล เมื่อติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศแบบ Recuperator และท่อส่งอากาศเข้าด้วยกันเรียบร้อยแล้วก็นำพัดลมเป่าอากาศ Blower ต่อเข้ากับระบบของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและทาสีกันสนิมให้ทั่วทั้งอุปกรณ์ จากนั้นเพื่อกันความร้อนที่จะสูญเสียบริเวณผนังของ Recuperator และผนังของท่อส่งอากาศเข้าหัวฉีดจึง

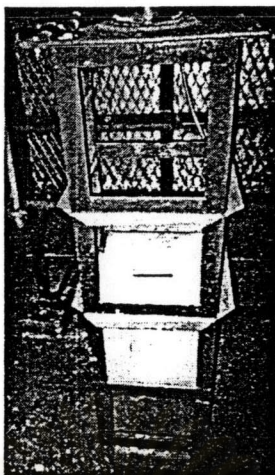
จำเป็นต้องทำการหุ้มฉนวนให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยฉนวนที่เลือกใช้เป็นฉนวนใยหิน เนื่องจากสามารถทนอุณหภูมิได้สูง มีอายุการใช้งานที่ยืนยาว และมีราคาไม่สูง โดยการติดตั้ง อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Recuperator และท่อส่งอากาศเข้ากับปล่องเตาเผาเซรามิค ได้แสดงไว้ในรูปที่ 7.4 ถึงรูปที่ 7.10



รูปที่ 7.4 เตาเผาเซรามิคก่อนการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



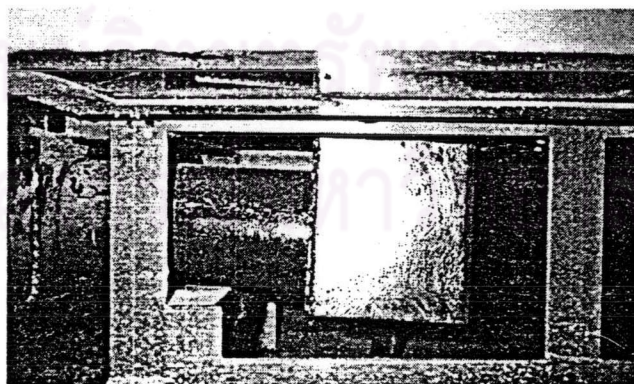
รูปที่ 7.5 ปล่องควันของเตาเผาเซรามิค



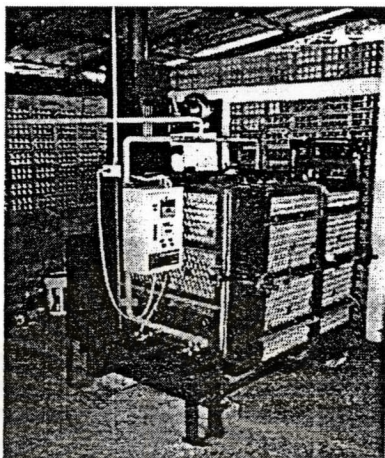
รูปที่ 7.6 ปล่องควันของเตาเผาเซรามิกที่ถูกรื้อออก



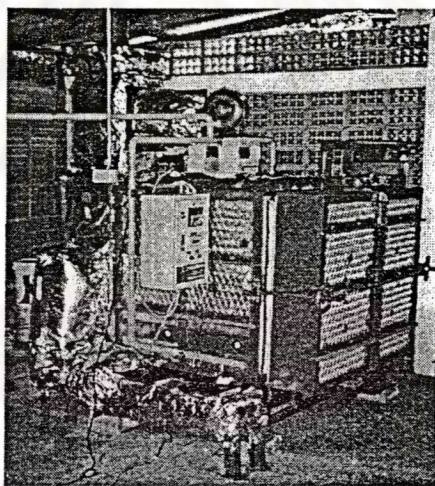
รูปที่ 7.7 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 7.8 ท่อส่งอากาศเข้าหัวฉีดที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 7.9 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและท่อส่งอากาศเข้าหัวฉีดหลังจากทาสีกันสนิม



รูปที่ 7.10 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและท่อส่งอากาศหลังหุ้มฉนวน

7.3 สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

เตาเผาเซรามิกที่ทำกรทดลองติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Recuperator นี้ เป็นเตาเผาขนาดความจุ 0.5 ลูกบาศก์เมตร สร้างโดย บริษัท อินเตอร์คิโน จำกัด และอยู่ในความครอบครองของ คุณ จรัล อินทร์สี ผู้จัดการโครงการส่งเสริมการใช้เตาเผาเซรามิกประสิทธิภาพสูง มูลนิธิสถาบันประสิทธิภาพพลังงาน (ประเทศไทย) ซึ่งจากความอนุเคราะห์ของ

คุณ จรัส โดยการสนับสนุนเตาเผาเซรามิกเพื่อการศึกษาวิจัยนี้ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สถานที่ติดตั้งเตาเผาเซรามิกและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำการวิจัยนี้ตั้งอยู่ที่บ้านของคุณ จรัส เลขที่ 89/168 ถนนเทศบาลสงเคราะห์ แขวง ลาดยาว เขต จตุจักร กทม.

7.4 การทดลองหลังจากติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การทดลองเพื่อจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Recuperator และเตาเผาเซรามิกเมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์แล้วสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.4.1 การทดลองก่อนการหุ้มฉนวนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อจัดเก็บค่าข้อมูลที่เกี่ยวข้องแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก่อนการหุ้มฉนวนและประสิทธิภาพของเตาเผาเซรามิก จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของเตาเผาเซรามิกก่อนการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยได้ดำเนินการทดลองทั้งหมด 8 ครั้ง โดยแบ่งเป็นการเผาดิบ biscuit 4 ครั้ง และการเผาเคลือบ 4 ครั้ง โดยข้อมูลและรายละเอียดทั้งหมดในการทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ค

7.4.2 การทดลองหลังการหุ้มฉนวนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อจัดเก็บค่าข้อมูลที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาผลที่ได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหลังการหุ้มฉนวนและประสิทธิภาพของเตาเผาเซรามิก จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของเตาเผาเซรามิกก่อนการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและก่อนการหุ้มฉนวนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยได้ดำเนินการทดลองทั้งหมด 8 ครั้ง โดยแบ่งเป็นการเผาดิบ biscuit 4 ครั้ง และการเผาเคลือบ 4 ครั้ง โดยข้อมูลและรายละเอียดทั้งหมดในการทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ค