# บทที่ 5 อุปกรณ์และวิธีการปรับจูนให้เปลวไฟติดเสถียรในชั้นวัสดุพรุน

## 5.1 ส่วนประกอบของเตาเผาวัสดุพรุนแบบวงแหวนชนิดที่มีการเหนี่ยวนำอากาศด้วยตนเองสำหรับเชื้อเพลิงแก๊ส (Self–Aspirating Annular Porous Medium Burner, APMB ) และอุปกรณ์อุ่นอากาศส่วนแรก (Porous Radaint - Recirculated Burner, PRRB)

เตาเผาวัสดุพรุนแบบวงแหวนสำหรับเชื้อเพลิงแก๊สนี้พัฒนาจากเตาเดิมที่มี Packed bed เป็นแบบทรงกระบอกตัน (Cylindrical PMB) ไปเป็นเตาที่มีลักษณะของ Packed bed เป็นแบบวงแหวน (Annular PMB) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน คือ เตาแบบ Annular PMB นั้นจะมีการเพิ่มทางเข้าของ Secondary air โดยการเจาะบริเวณตรงกลางของห้องผสม (Mixing Chamber )เป็นท่อกลวงทะลวงขึ้นไปตลอดจนถึงห้องเผาไหม้(Combustion Chamber) เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศให้เข้าไปช่วยในการเผาไหม้ดังแสดงในรูปที่ ก.1 โดยเตาเผาแบบ Annular PMB และ PRRB นี้มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

5.1.1 ห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) ภายนอกมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก โดยนำเหล็กแผ่นหนา 2 mm มาม้วนขึ้นรูป ภายในหล่อด้วยปูนทนความร้อนสูง โดยทำการหล่อให้มีลักษณะเป็น Taper เพื่อลดพื้นที่หน้าตัดการไหลลงทำให้ความเร็วของ Mixture มากขึ้นเพื่อป้องกันการ flash back แสดงตามรูปที่ ก.2

5.1.2 แกนกลางของห้องเผาไหม้ (Annular air inlet) ออกแบบโดยใช้ท่อเหล็กขนาด 2 นิ้วทำเป็นเกลียวเพื่อเชื่อมต่อกับห้องผสมมาเป็นแกนกลางในการหล่อปูนทนความร้อนสูง โดยทำการหล่อให้มีลักษณะเป็น Taper เช่นเดียวกับห้องเผาไหม้ด้านนอก แสดงตามรูปที่ ก.3

5.1.3 ห้องผสม (Mixing Chamber) ออกแบบให้เป็น Taper เพื่อเพิ่มการไหลแบบ Swirl ของ Mixture และมีการเจาะบริเวณตรงกลางของห้องผสม (Mixing Chamber) เป็นท่อกลวงขึ้นไปตลอดจนถึงห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศส่วนที่สองไปช่วยในการเผาไหม้ ตามรูปที่ ก.4

5.1.4 ท่อผสม (Mixing tube) นำมาจากเตาแก๊สหุงต้มทั่วไปขนาด KB-10 ซึ่งผ่านกระบวนการกลึงปาดผิวให้เรียบเพื่อลดความหยาบของผิวท่อ แสดงตามรูปที่ ก.5

5.1.5 □□□□□□□□□□□□□□□ (Air adjuster) ทำหน้าที่ปรับทางเข้าของอากาศส่วนแรก ที่จะถูกลากเข้าทาง Mixing tube □□□ momentum □□□ jet ที่มีความเร็วสูง แสดงตามรูปที่ ก.6

5.1.6 หัวฉีดเชื้อเพลิง (Fuel Injector, Nozzle) □□□□□□□□□□ 1.5 mm □□□□□□□□□□□□□□ Free flame test □□□ Impinging flame test แสดงตามรูปที่ ก.7

5.1.7 □□□□□□□□□(Porous Medium, PM) □□□□□□$Al_2O_3$ □□□□□□□□□□□□□ Packed bed □□□□□□□□□□□ โดยหินแต่ละเม็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm ใช้ทั้งหมด 10 □□□□□□ แสดงตามรูปที่ ก.8

5.1.8 □□□□□□ Flashback □□□□□□□□□ Perforated stainless steel plate □□□ 2 mm ที่มีขนาดรู 3 mm □□ ตัดเป็นแผ่นวงกลม เพื่อให้วางต่อได้กับห้องผสม (Mixing Chamber) □□□□เพื่อเป็นฐานรองรับน้ำหนัก □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ แสดงตามรูปที่ ก.9

5.1.9 □□□□□□□□□□□□ Mixture □□□□□□□□Stainless Steel □□□ 1 mm เจาะรูซึ่งเป็นตัวปรับจูนความเร็ว ที่เข้าไปในชั้น packed เพื่อให้วางทับบนตะแกรงกัน flash back □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□Flash back □□□แสดงตามรูปที่ ก.10

5.1.10 □□□□□□□□□□□□□□□□ (PRRB) ทำจากเหล็กหนา 2mm ติดตั้งวัสดุพรุนไว้ชุดคือ porous absorber □□□ porous emitter □□□□□□□□□□□□□□□□□PRRB □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□[18] □□□□ ตามรูปที่ ก.11

5.1.11 Porous emitter □□□ Porous absorber ทำมาจากตะแกรงสแตนเลสหนา 3 mm □□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ตามรูปที่ ก.12

## 5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

5.2.1 ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแก๊ส (Gas fuel supplier) ใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG โดยอุปกรณ์ที่สำคัญคือ LPG vaporizer เพื่อระเหยแก๊สและ Gas Pressure Regulator ในการปรับความดันเชื้อเพลิงแก๊สที่ป้อนเข้าไปใน [illegible] ตามรูปที่ ก.13

5.2.2 Gas flow meter [illegible] ตามรูปที่ ก.14

5.2.3 Temperature Recorder [illegible] DATA LOGGER [illegible] EQ 600 [illegible] ซึ่งจะต่อพ่วงไปแสดงผลยังคอมพิวเตอร์ ตามรูปที่ ก.15

5.2.4 Thermocouple [illegible] Type B [illegible] Type N ([illegible]) ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1,700 °C [illegible] 1,300 °C [illegible] ภายในวัสดุพรุน ซึ่ง Type B จำนวน 9 ตำแหน่ง [illegible] Type N 5 [illegible] คัลเปิลเหล่านี้จะต่อเข้าไปยัง DATA LOGGER แล้วแสดงผลไปยังคอมพิวเตอร์แสดงผลและถูกติดตั้งไว้ ตามรูปที่ ก.16

5.2.5 [illegible] (Exhaust Analyzer) จะใช้ในการวิเคราะห์แก๊สไอเสียที่ปล่อยออกมาจากการเผา [illegible] Packed bed โดยเครื่องวิเคราะห์การเผาไหม้ยี่ห้อ MESSTECHNIK EHEIM [illegible] Visit-01L [illegible] Electrochemical Sensor เพื่อวัดค่า CO, $CO_2$, $O_2$ [illegible] $NO_X$ [illegible] (Dry Basis) ซึ่งจะต่อพ่วงจากเครื่องไปแสดงผลยังคอมพิวเตอร์ ตามรูปที่ ก.17

5.2.6 [illegible] (Manometer) [illegible] Pressure drop ของเตาเผาวัสดุพรุนโดยเจาะรูที่ Mixing Chamber เพื่อทำการวัด Pressure drop ตกคร่อมชั้นวัสดุพรุน ตามรูปที่ ก.18

5.2.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักแก๊ส เพื่อนำไปคำนวณหาค่า FR ที่ใช้ในการป้อนตามความ [illegible] ตามรูปที่ ก.19

5.2.8 อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินตามรูปที่ ก 20

## 5.3 วิธีการปรับจูนให้เปลวไฟติดเสถียรในชั้นวัสดุพรุน (packed bed)

5.3.1 [illegible] รวมไปถึงอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

5.3.2 ประกอบชิ้นส่วนเตาทั้งหมดเข้าด้วยกันจากนั้นก็ทำการจัดเรียงวัสดุพ[illegible] $Al_2O_3$ [illegible] Packed Bed

5.3.3 ท[illegible] Flow Area [illegible] Mixture ที่เหมาะสมที่จะทำให้เปลวไฟสามารถติดอยู่ใน Packed bed ได้ด้วยการเจาะรูที่แผ่น stainless ไว้ที่จำนวนหนึ่งก่อนแล้วลองจุดเตาดูว่าเปลวไฟสาม[illegible] ลงไฟติดในชั้นวัสดุพรุนได้หรือไม่

5.3.4 เ[illegible] Air Adjuster ว่าปิดสนิทแล้วแน่นอน จากนั้นเปิดวาล์วที่หัวถัง LPG ก่อน แล้วจึงเปิดวาล์วที่ Gas Pressure Regulator ที่ความดัน 0.5 bar โดยที่ต้องมีเปลวไฟล่อที่ปากเตา จากนั้นจะได้เปลวไฟแบบ Diffusion Flame ดังรูปที่ 5.1

**รูปที่ 5.1** [illegible] Diffusion Flame

5.3.4 [illegible] Air adjuster เพื่อให้อากาศผสมกับเชื้อเพลิง แบบ Premixed [illegible] เพื่อ [illegible] Flashback [illegible] Premixed Flame ดังรูป 5.2

**รูปที่ 5.2** [illegible] Premixed Flame

5.3.5 เมื่อทำการเปิด Air adjuster ถึงตำแหน่งหนึ่งเปลวไฟจะมุดลงไปติดในชั้นวัสดุพรุน โดยสามารถ [illegible] ภูมิที่แสดงจาก thermocouple ที่ [illegible] packed bed จากนั้นทำการเพิ่มความดันโดยการปรับ Gas Pressure Regulator [illegible] 1 [illegible] 1.2 bar ตามลำดับ จากนั้นรอประมาณ 10 – 15 [illegible] วัสดุพรุนจะเริ่มแดงขึ้นนั้นแสดงให้เห็นว่าเปลวไฟมีการลุกติดฝังในชั้นวัสดุพรุน

5.3.6 [illegible] Packed bed [illegible] Mixture [illegible] Flow Velocity [illegible] Flame Speed [illegible] Mixture [illegible] Packed bed จะต้องทำการเจาะรูเพิ่มโดยทำการดับเตาก่อน เริ่มจากปิด Air adjuster ให้สนิท แล้วปิดวาล์วที่หัวถัง LPG รอให้ความดันที่ตกค้างอยู่ในสายแก๊ส LPG [illegible] จากนั้นทำการเจาะรูเพิ่มโดยการเจาะรูเพิ่มขึ้นครั้งละ 2-3 รู [illegible] Packed bed [illegible] ตามที่ต้องการตามรูปที่ 5.3

5.3.7 เมื่อได้ตำหน่งเปลวไปแล้วทำการทดสอบการเผาไหม้แบบเปลวไฟอิสระโดยไม่มีโหลด (Free Flame) □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ (Impinging Flame) เพื่อศึกษาดูการกระจายตัวของอุณหภูมิใน Packed bed □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ □

**รูปที่ 5.3** ลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิง LPG □□□□□□□ Steady State □□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ □□□เหนี่ยวนำอากาศด้วยตัวเอง