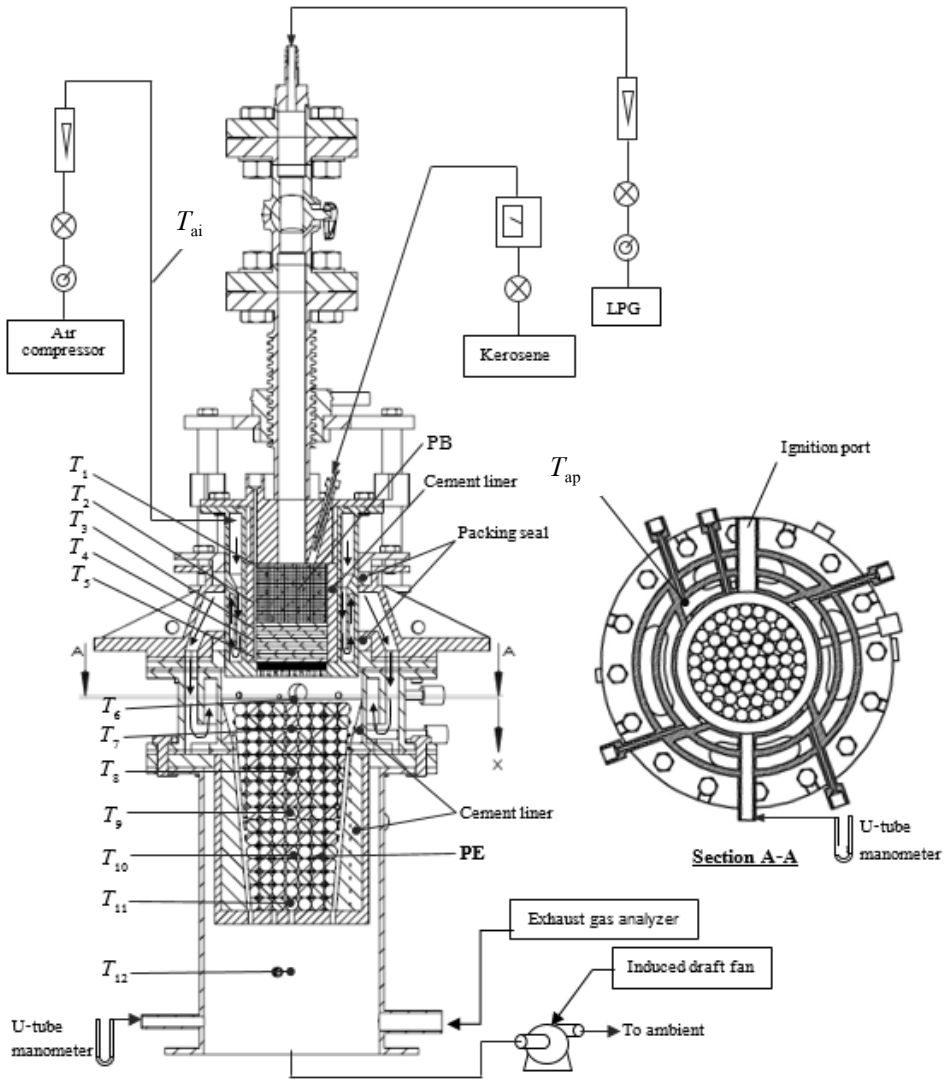
บทที่ 4

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.1 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 4.1 Schematic diagram ของระบบทดสอบหัวเผาวัสดุพรุน

รูปที่ 4.1 แสดง Schematic diagram ของระบบการทดสอบหัวเผาวัสดุพรุนที่สามารถเผาไหม้ได้ทั้งเชื้อเพลิงแก๊ส เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงผสม หัวเผาวัสดุพรุนจะประกอบด้วยสามส่วนหลักๆ โดยที่ส่วนแรกคือ Porous burner (PB) ภายในประกอบด้วยชั้นวัสดุพรุนทำจากตาข่ายสแตนเลสแผ่นกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 55 mm ขนาด 100 mesh/inch จำนวน 250 แผ่นวางซ้อนกันทำหน้าที่ในการระเหยเชื้อเพลิง โดยมีหน้าแปลนประกบทั้งด้านบนและด้านล่าง หน้าแปลนด้านบนติดตั้งอุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิงเหลวแบบเข็มเชื้อ (Syringe) สอดทะลุหน้าแปลนทิศทางเฉียงลงทำมุมเข้าหาแกนกลาง ท่อจ่ายแก๊ส LPG หน้าแปลน หน้าแปนด้านล่างถูกเจาะรูขนาด 3 mm จำนวน 97 รูอย่างเป็นระเบียบอยู่ภายในวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 53 mm ผนังด้านในฉาบด้วยซีเมนต์ทนไฟหนา 8 mm สูง 75 mm เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน และด้านบนของซีเมนต์ทนไฟทำการติดตั้งม้วนปะเก็น (Gasket) หนา 5 mm ตามเส้นรอบวงด้านในสูง 44 mm เพื่อที่จะทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับขนาดหน้าแปลนด้านบน นอกจากนี้ที่ผนังจะมีช่องว่างสำหรับการหล่อเย็นด้วยอากาศเพื่อป้องกันการขยายตัวของ PB โดยที่อากาศจะถูกจ่ายเข้ามาด้วยท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 mm ในแนว Tangential ส่วนที่สองคือห้องเผาไหม้ (Combustor block, CB) มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 110 mm ความยาว 60 mm ผนังด้านในจะฉาบด้วยซีเมนต์ทนไฟเป็น Taper ยาว 34 mm จากเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 108 mmไปยัง 90 mm ภายในประกอบด้วยห้องผสม (Mixing chamber) และ Packed bed ของ Alumina ball ที่ทำหน้าที่เป็นวัสดุพรุนซึ่งช่วยในการดูดซับเอนทาลปีจากแก๊สร้อนแล้วหมุนเวียนกลับมาส่งเสริมการระเหยเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ นอกจากนี้ผนังภายนอกของ CB ยังมีช่องว่างให้อากาศไหลผ่านมารับความร้อนที่บริเวณหน้าแปลนของวัสดุพรุนตัวแผ่รังสี (PE) เพื่อใช้ในหล่อเย็นและการอุ่นอากาศ จากนั้นอากาศจะถูกแบ่งออกเป็นสี่ห้องเพื่อจ่ายอากาศเข้าห้องผสมในลักษณะหมุนวนสี่ทิศทาง (4-ways swirling air) และส่วนสุดท้ายคือวัสดุพรุนแผ่รังสี (Porous emitter, PE) ซึ่งเป็น Packed bed ของ Alumina ball ขนาดเส้นผ่านศูนย์ลาง 10 mm โดยมีความยาว 120 mm อยู่ภายในท่อที่วางบนแผ่นตาข่ายขนาดรูและความหนา 3 mm และปิดด้วยแผ่นสแตนเลสที่ถูกเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 mm จำนวน 27 รูอย่างเป็นระเบียบ ภายในหล่อซีเมนต์ทนไฟเป็น Taper ยาว 120 mm โดยเริ่มจากเส้นผ่านศูนย์กลางถายใน 90 mm ไปยัง 68 mm เพื่อบังคับให้อากาศค่อยๆ ไหลเข้าไปผสมกับเชื้อเพลิงรวมทั้งป้องกันการสูญเสียความร้อน สำหรับการจุดเตาจะมีช่องสำหรับจุดเตา (Ignition port) โดยจะใช้เปลวไฟล่อ (Pilot flame) จากหัวเชื่อมแก๊ส นอกจากส่วนประกอบหลักๆ แล้วยังมีส่วนของ PB socket ทำหน้าที่แป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่าง PB และ CB เพื่อให้อากาศที่ไหลออกจากช่องว่างที่ผนังของ PB ซึ่งทำหน้าที่หล่อเย็นไหลต่อไปยังผนังด้านนอกของ CB เพื่อหล่อเย็นรวมทั้งเป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นลงของ PB เพื่อปรับระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนทั้งสอง (PB และ PB)

ภายในหัวเผามีการวัดอุณหภูมิทั้งหมด 14 จุด โดย Thermocouple 2 ชนิดคือ N- type จำนวน 7 อัน และ B-type จำนวน 7 อัน โดยที่ N-type ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิที่ชั้นตาข่ายสแตนเลสใน PB จำนวน 5 จุด (T_1 ถึง T_5) เพื่อศึกษากลไกการระเหย และสำหรับวัดอากาศขาเข้า (T_{ai}) และขาออกจากระบบอุ่นอากาศ (T_{ap}) อย่างละ 1 จุด ในขณะที่ B-type ใช้วัดอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จำนวน 2 จุด (T_6 และ T_7) ในการทดลองเบื้องต้น แต่อย่างไรก็ตามจากข้อจำกัดของการปรับระยะ X_{PB} ส่งผลให้ T_6 ไม่สามารถวัดอุณหภูมิที่แท้จริงของการเผาไหม้ได้ นอกจากนี้แล้วยังพบว่าการติดตั้ง T_6 รบกวนการผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศ ดังนั้นในงานทดลองหลักจึงตัด T_6 ออกไป สำหรับใน PE จะใช้ B-type วัดอุณหภูมิทั้งหมด 4 จุด (T_8 ถึง T_{11}) นอกจากนี้ในบริเวณทางออกของไอเสียจะวัดอีก 1 จุด (T_{12}) ด้วย Type B โดยที่ Thermocouple ทั้งหมดจะต่อเข้ากับอุปกรณ์บันทึกค่าอุณหภูมิ (Temperature recorder) และคอมพิวเตอร์ตามลำดับเพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิแบบต่อเนื่องขณะทำการทดลอง และสำหรับการวัดแก๊สไอเสียจากการเผาไหม้จะวัด ณ ตำแหน่งทางออกของห้องเผาไหม้ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (Exhaust gas analyzer) ที่ต่อเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลแบบต่อเนื่องเช่นกัน ความดันสถิตในหัวเผาจะมีการวัดสองตำแหน่งคือ ที่บริเวณห้องเผาไหม้และทางด้านหลังวัสดุพรุน PE ด้วยอุปกรณ์วัดความดันมานอมิเตอร์ (U-tube manometer) ดังรูปที่ 4.1

4.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

4.2.1 ระบบป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงจะใช้ลักษณะการซึมผ่านตาข่ายแทนการสเปรย์ ซึ่งจะใช้ถังแก๊สไนโตรเจนเพื่อดันให้เชื้อเพลิงเหลวไหลผ่านทางสายไฮดรอริกดังรูปที่ 4.2 ที่ปลายสายไฮดรอริกจะต่อเข้ากับเข็มฉีดยาทางการแพทย์เพื่อหยดเชื้อเพลิงเหลวให้ซึมผ่านชั้นตาข่ายสแตนเลสที่เป็นวัสดุพรุน

4.2.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง (Kerosene)

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงยี่ห้อ AALBORG รุ่น 1-800-866-3837 เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าหัวเผาซึ่งจะมีลูกลอยบอกถึงค่าอัตราการไหลของเชื้อเพลิงดังรูปที่ 4.3 โดยที่อุปกรณ์วัดอัตราการไหลดังกล่าวได้ทำการเทียบค่าให้สามารถบ่งบอกถึงค่า FR ของน้ำมันเชื้อเพลิงได้

4.2.3 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของแก๊ส (LPG) และอากาศ

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของแก๊ส (LPG) และอากาศดังรูปที่ 4.4 เป็นอุปกรณ์วัดอัตรา การไหลของแก๊ส (LPG) และอากาศที่เข้าไปยังหัวเผา โดยในการทดลองจะใช้ Rotameter ยี่ห้อ Bailey–Fischer & Porter GmbH ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่สามารถรักษาความดัน ตกคร่อมให้มีค่าคงที่ตลอดช่วงการวัดด้วยการเปลี่ยนขนาดพื้นที่ที่ของไหลไหลผ่านไปตามปริมาณของการไหลและยังสามารถให้ความถูกต้องที่ดีแม้อัตราการไหลจะมีค่าต่ำ

4.2.4 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple)

Thermocouple ดังรูปที่ 4.5 เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์ T_1 ถึง T_{14} รวมทั้ง T_{ai} และ T_{ap} ซึ่งประกอบด้วย Thermocouple 2 ชนิด คือ N-type และ B-type โดยที่ N-type มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm ประกอบด้วยสายบวกและสายลบ โดยสายบวกทำจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิล 10% และโครเมี่ยม 90% ส่วนสายลบทำจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิล 95% และโลหะผสมของอลูมิเนียม แมงกานีสและซิลิกอนอีก 5% สามารถใช้งานในสภาวะที่เป็น Oxidizing หรือ Inert ได้ดี ทนอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 1260 ^{o}C (2300 ^{o}F) และเทอร์โมคัปเปิ้ล Type B ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm สายบวกทำจากโลหะผสมระหว่างแพลทตินั่ม 70% และโรเดียม 30% สายลบทำจากโลหะผสมระหว่างแพลทตินั่ม 94% และโรเดียม 6% สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ 300 ^{o}C ถึงประมาณ 1700 ^{o}C ซึ่งเหมาะสำหรับการวัดอุณหภูมิในบริเวณเกิดการเผาไหม้

4.2.5 อุปกรณ์บันทึกค่าอุณหภูมิ (Temperature recorder)

อุปกรณ์บันทึกค่าอุณหภูมิ (Temperature recorder) ใช้ Data Logger รุ่น DT-600 ดังรูปที่ 4.6 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิแบบต่อเนื่อง โดยจะถูกต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์

4.2.6 เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (Exhaust gas analyzer)

เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (Exhaust gas analyzer) ดังรูปที่ 4.7 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์แก๊สไอเสียที่ปล่อยออกมาหลังจากเกิดการเผาไหม้ โดยใช้เครื่องของบริษัท MESSTECHNIK EHEIM รุ่น Visit-01L ในการวัดค่า CO, CO_2, O_2 และ NO_X จะเป็นลักษณะของการวิเคราะห์แก๊สไอเสียแบบแห้ง (Dry-basis) ซึ่งจะวัดที่ตำแหน่งทางด้านท้ายน้ำ (Downstream) ของหัวเผา

4.2.7 อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure regulator)

อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure regulator) ดังรูปที่ 4.8 จะใช้ยี่ห้อ Hoerbiger รุ่น SK-1/4 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการควบคุมความดันของอากาศที่มาจากคอมเพรสเซอร์ให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง และยังสามารถดึงไอน้ำออกจากอากาศก่อนป้อนอากาศเข้าสู่เตาเพื่อทำการเผาไหม้ต่อไปได้

4.2.8 อุปกรณ์วัดความดัน (U-tube manometer)

อุปกรณ์วัดความดัน (U-tube manometer) ดังรูปที่ 4.9 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความแตกต่างความดัน (ΔP) ภายในห้องเผาไหม้และก่อนเข้าบริเวณถังพักไอเสียเทียบกับบรรยากาศภายนอกซึ่งแสดงในรูปความสูงของระดับน้ำ

4.2.9 เครื่องอัดอากาศอากาศ (Air-compressor)

อุปกรณ์จ่ายอากาศหรือเครื่องอัดอากาศ (Air-compressor) จะใช้จำนวน 2 ตัวดังรูปที่ 4.10 ในการช่วยจ่ายอากาศให้มีปริมาณเพียงพอต่อการทำงาน โดยตัวหนึ่งจะทำหน้าที่อัดอากาศ และอีกตัวหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นถังพักอากาศ

4.2.10 ระบบระบายแก๊สไอเสีย

ระบบระบายแก๊สไอเสียดังรูปที่ 4.11 จะประกอบด้วยถังพักไอเสียซึ่งต่อเข้ากับท่อสแตนเลสทำหน้าที่ในการระบายไอเสียออกไปทิ้งนอกอาคาร โดยท่อสแตนเลสจะต่อเข้ากับท่อฟรอยอ่อน และติดเข้ากับพัดลมอุตสาหกรรมซึ่งช่วยในการดูดแก๊สไอเสีย

4.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองจะศึกษาอิทธิพลของระยะห่างระหว่างหัวเผาวัสดุพรุน (PB) และวัสดุพรุนแผ่รังสี (PE) ซึ่งเรียกว่า X_{PB} อัตราการป้อนเชื้อเพลิง (Firing rate, FR) และอัตราส่วนสมมูล (Equivalence ratio, Φ) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเผาไหม้ โดยจะใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG เชื้อเพลิงเหลว Kerosene และเชื้อเพลิงผสมระหว่าง LPG กับ Kerosene เป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบ ซึ่งจะมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

4.3.1 กรณีทดลองเชื้อเพลิง LPG

1. ปรับ X_{PB} ให้อยู่ที่ตำแหน่ง -20 mm (ระยะห่างระหว่าง PB และ PE มากที่สุดซึ่งให้ขนาดของห้องผสมกว้างที่สุด)
2. เปิดวาล์วอากาศเพียงเล็กน้อย พร้อมทั้งเปิดระบบระบายไอเสียเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อเพลิงสะสมอยู่ในระบบมากเกินไปอาจเกิดอันตรายได้
3. เปิด Ignition port แล้วเปิดวาล์วแก๊ส LPG เล็กน้อยเพื่อป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่หัวเผา แล้วใช้เปลวไฟล่อจ่อที่ทางช่อง Ignition port เป็นเวลา 3 วินาที พร้อมทั้งสังเกตการติดไฟจากอุณหภูมิใน Combustor block ที่เพิ่มขึ้น (หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายใน Combustor block ให้นำเปลวไฟล่อออกแล้วจ่อใหม่อีกครั้งจนกว่าจะติด) จากนั้นนำเปลวไฟล่อออกและปิดช่อง Ignition port
4. ทำการอุ่นเตาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ที่ FR = 5 kW เพื่อให้วัสดุพรุนดูดซับการความร้อนจากการเผาไหม้ซึ่งจะนำมาใช้ในการหมุนเวียนความร้อนในระบบต่อไป
5. ปรับปริมาณอากาศเพื่อศึกษาอิทธิพลของค่า Φ (คำนวณจากปริมาณ O_2 ส่วนเกินที่วัดได้จากเครื่องวัดไอเสีย) โดยทุกครั้งที่ปริมาณการจ่ายอากาศเปลี่ยนแปลงให้รอจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะ Steady state โดยสังเกตจากอุณหภูมิที่แสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ และปริมาณแก๊สไอเสียจากเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย แล้วจึงทำการเก็บค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆในเตาเผาทั้งหมด 14 โดย Data logger ผ่านทาง Computer ความดันจาก U-tube manometer และการปลดปล่อย CO, CO_2, O_2 และ NO_X จากเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย
6. ปรับค่า Φ กลับไปที่จุดที่ดีที่สุด (Φ = 0.34) ซึ่งเป็นสภาวะที่ให้โครงสร้างอุณหภูมิการเผาไหม้สูงและปริมาณ CO และ NO_X ต่ำเพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นของการศึกษาอิทธิพลระยะ X_{PB}
7. ปรับเพิ่มค่าระยะ X_{PB} ทีละ 2 mm และควบคุมให้ปริมาณ O_2 ส่วนเกินคงที่โดยการปรับปริมาณการจ่ายอากาศ (Φ ที่คง) ที่จนกระทั่ง X_{PB} = 0 mm รวมทั้งสิ้น 10 ค่าซึ่งในแต่ละครั้งจะรอจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะ Steady state แล้วจึงบันทึกค่าต่างๆ

8. ปรับระยะ X_{PB} กลับไปที่ตำแหน่งที่ให้การเผาไหม้ดีที่สุด (X_{PB} = -8 mm) สังเกตได้จากอุณหภูมิสูงและมลพิษต่ำรอจนระบบเข้าสู่ Steady state แล้วใช้สภาวะนั้นๆเป็นสภาวะเริ่มต้นของการศึกษาอิทธิพลของค่า อัตราการป้อนเชื้อเพลิง (FR)
9. ปรับเพิ่ม FR ที่ละ 1 kW และควบคุมให้ปริมาณ O_2 ส่วนเกินคงที่โดยการปรับปริมาณการจ่ายอากาศ (Φ ที่คง) รอจนระบบเข้าสู่ Steady state แล้วจึงบันทึกค่าต่างๆ

4.3.2 กรณีทดลองเชื้อเพลิงเหลว Kerosene

1. ดำเนินการเช่นเดียวกับกรณีทดสอบโดยเชื้อเพลิง LPG (4.3.1) ตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 3
2. ทำการอุ่นเตาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ที่ FR = 5 kW เพื่อให้แน่ใจว่า PB สามารถดูดซับความร้อนจากการแผ่รังสีของ PE จนกระทั่งอุณหภูมิผิวหน้า PB ที่ตำแหน่งที่ 5 (T_5) มีค่าสูงประมาณ 250 ^{o}C ซึ่งเพียงพอต่อการระเหยเชื้อเพลิง Kerosene
3. ป้อนเชื้อเพลิงเหลว Kerosene โดยจะต้องปรับเพิ่มปริมาณอากาศล่วงหน้า จากนั้นค่อยๆเปิดวาล์วน้ำมันพร้อมกับค่อยๆหรี่วาล์วแก๊ส LPG จนปิดสนิท (การเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงเหลวและลดปริมาณแก๊ส LPG จะต้องทำในสัดส่วนทางความร้อนที่เท่ากันเพื่อรักษาอัตราความร้อนป้อนสู่เตาให้คงที่)
4. ปรับระยะ X_{PB} ให้มีค่าเท่ากับ -8 mm ซึ่งเป็นสภาวะการทดลองมี่ดีที่สุดของ LPG ซึ่งให้อุณหภูมิการเผาไหม้สูงและปริมาณมลพิษต่ำรวมทั้งอุณหภูมิใน PB สูงเกินพอสำหรับการระเหย รอจนระบบเข้าสู่ Steady state สังเกตค่า Φ แล้วจึงบันทึกค่าต่างๆ
5. ปรับปริมาณอากาศเพื่อศึกษาอิทธิพลของค่า Φ (คำนวณจากปริมาณ O_2 ส่วนเกินที่วัดได้จากเครื่องวัดไอเสีย) โดยทุกครั้งที่ปริมาณการจ่ายอากาศเปลี่ยนแปลงให้รอจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะ Steady state โดยสังเกตจากอุณหภูมิที่แสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ และปริมาณแก๊สไอเสียจากเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย แล้วจึงทำการเก็บค่าต่างๆ
6. ปรับค่า Φ กลับไปที่จุดที่ดีที่สุด (Φ = 0.39) ซึ่งเป็นสภาวะที่ให้โครงสร้างอุณหภูมิการเผาไหม้สูงและปริมาณ CO และ NO_X ต่ำเพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นของการศึกษาอิทธิพลระยะ X_{PB}
7. ปรับเพิ่มค่าระยะ X_{PB} ทีละ 2 mm และควบคุมให้ปริมาณ O_2 ส่วนเกินคงที่โดยการปรับปริมาณการจ่ายอากาศ (Φ ที่คง) ที่จนกระทั่ง X_{PB} = 0 mm รวมทั้งสิ้น 10 ค่าซึ่งในแต่ละครั้งจะรอจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะ Steady state แล้วจึงบันทึกค่าต่างๆ
8. ปรับสภาวะการทดลองกลับไปที่ Φ = 0.39 และ X_{PB} = -8 mm ซึ่งเป็นสภาวะการทดลองที่ดีที่สุดสังเกตได้จากอุณหภูมิสูงและมลพิษต่ำ รอจนระบบเข้าสู่ Steady state แล้วใช้สภาวะนั้นๆเป็นสภาวะเริ่มต้นของการศึกษาอิทธิพลของค่า อัตราการป้อนเชื้อเพลิง (FR)
9. ปรับเพิ่ม FR ที่ละ 1 kW และควบคุมให้ปริมาณ O_2 ส่วนเกินคงที่โดยการปรับปริมาณการจ่ายอากาศ (Φ ที่คง) รอจนระบบเข้าสู่ Steady state แล้วจึงบันทึกค่าต่างๆ

4.3.3 กรณีทดลองเชื้อเพลิงผสมระหว่าง LPG และ Kerosene

1. ดำเนินการเช่นเดียวกับกรณีทดสอบโดยเชื้อเพลิง LPG (4.3.1) ตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 3
2. ทำการอุ่นเตาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ที่ FR = 5 kW เพื่อให้แน่ใจว่า PB สามารถดูดซับความร้อนจากการแผ่รังสีของ PE จนกระทั่งอุณหภูมิผิวหน้า PB ที่ตำแหน่งที่ 5 (T_5) มีค่าสูงประมาณ 250 ^{o}C ซึ่งเพียงพอต่อการระเหยเชื้อเพลิง Kerosene
3. ป้อนเชื้อเพลิงเหลว Kerosene โดยจะต้องปรับเพิ่มปริมาณอากาศล่วงหน้า จากนั้นค่อยๆเปิดวาล์วน้ำมันจนได้ FR เท่ากับครึ่งหนึ่งของ FR เดิม พร้อมกับค่อยๆหรี่วาล์วแก๊ส LPG จนได้ค่า FR ลดลงครึ่งหนึ่ง (การเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงเหลวและลดปริมาณแก๊ส LPG จะต้องทำในสัดส่วนทางความร้อนที่เท่ากันเพื่อรักษาอัตราความร้อนป้อนสู่เตาให้คงที่)
4. ปรับระยะ X_{PB} ให้มีค่าเท่ากับ -8 mm ซึ่งเป็นสภาวะการทดลองมี่ดีที่สุดของ LPG ซึ่งให้อุณหภูมิการเผาไหม้สูงและปริมาณมลพิษต่ำรวมทั้งอุณหภูมิใน PB สูงเกินพอสำหรับการระเหย รอจนระบบเข้าสู่ Steady state สังเกตค่า Φ แล้วจึงบันทึกค่าต่างๆ
5. ปรับปริมาณอากาศเพื่อศึกษาอิทธิพลของค่า Φ (คำนวณจากปริมาณ O_2 ส่วนเกินที่วัดได้จากเครื่องวัดไอเสีย) โดยทุกครั้งที่ปริมาณการจ่ายอากาศเปลี่ยนแปลงให้รอจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะ Steady state โดยสังเกตจากอุณหภูมิที่แสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ และปริมาณแก๊สไอเสียจากเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย แล้วจึงทำการเก็บค่าต่างๆ
6. ปรับค่า Φ กลับไปที่จุดที่ดีที่สุด (Φ = 0.40 แต่เลือก 0.39 เพื่อเปรียบเทียบผลกับเชื้อเพลิง Kerosene) เพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นของการศึกษาอิทธิพลระยะ X_{PB}
7. ปรับเพิ่มค่าระยะ X_{PB} ทีละ 2 mm และควบคุมให้ปริมาณ O_2 ส่วนเกินคงที่โดยการปรับปริมาณการจ่ายอากาศ (Φ ที่คง) ที่จนกระทั่ง X_{PB} = 0 mm รวมทั้งสิ้น 10 ค่าซึ่งในแต่ละครั้งจะรอจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะ Steady state แล้วจึงบันทึกค่าต่างๆ
8. ปรับสภาวะการทดลองกลับไปที่ Φ = 0.39 และ X_{PB} = -8 mm ซึ่งเป็นสภาวะการทดลองที่ดีที่สุด สังเกตได้จากอุณหภูมิสูงและมลพิษต่ำ รอจนระบบเข้าสู่ Steady state แล้วใช้สภาวะนั้นๆเป็นสภาวะเริ่มต้นของการศึกษาอิทธิพลของค่า อัตราการป้อนเชื้อเพลิง (FR)
9. ปรับเพิ่ม FR ทีละ 1 kW และควบคุมให้ปริมาณ O_2 ส่วนเกินคงที่โดยการปรับปริมาณการจ่ายอากาศ (Φ ที่คง) รอจนระบบเข้าสู่ Steady state แล้วจึงบันทึกค่าต่างๆ