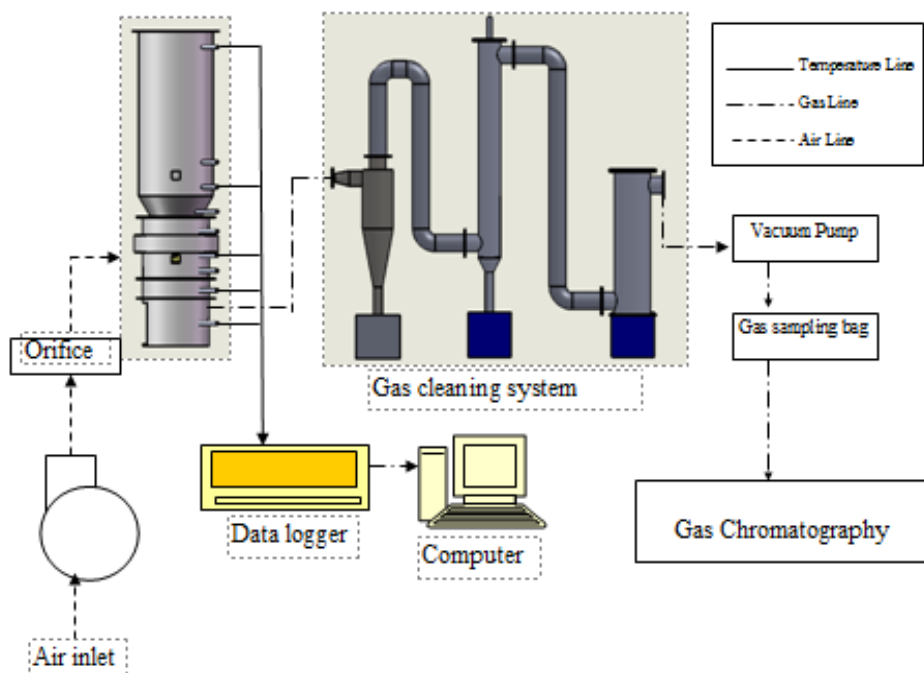


บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนอากาศและความเข้มข้นของของไหลนาโนชนิดอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง จากเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงโดยใช้เชื้อเพลิงถ่านหินชนิดซับพิทูนีส โดยในบทนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

4.1 อุปกรณ์การทดลอง

ส่วนประกอบหลักที่สำคัญในการทดลอง ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนของระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง และระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 4.1



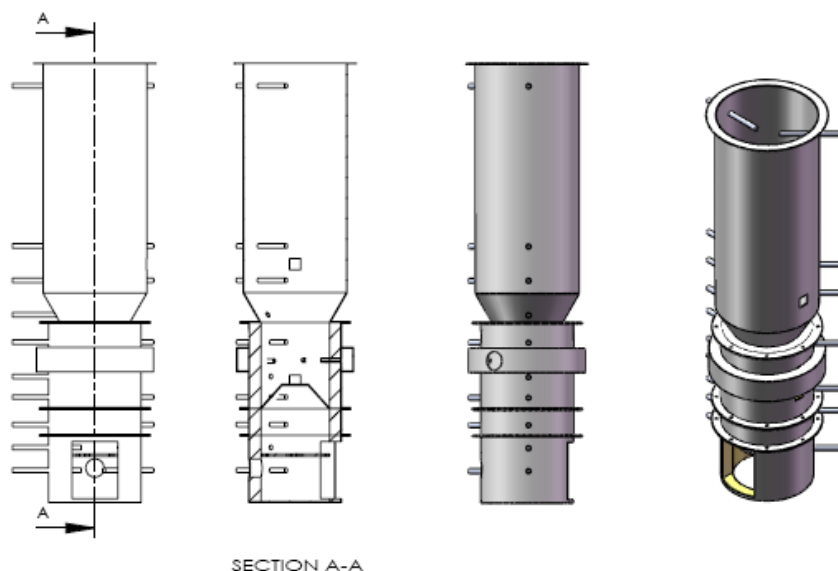
รูปที่ 4.1 แผนภาพชุดทดลอง

4.1.1 ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนคือ เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft gasifier) ชุดจ่ายอากาศ อุปกรณ์วัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และชุดเก็บก๊าซเชื้อเพลิง

4.1.1.1 เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft gasifier)

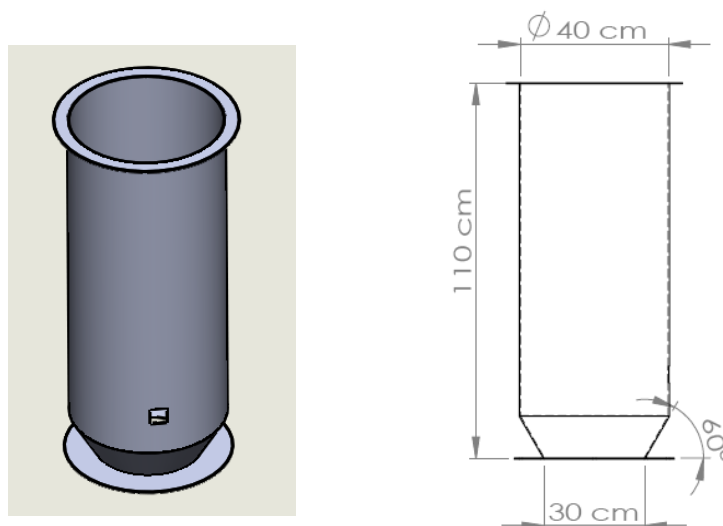
เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง ที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 cm สูง 190 cm ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ประกอบด้วยส่วนประกอบ 5 ส่วนคือ ช่องเก็บเชื้อเพลิง (Hopper), โซนไพโรไลซิส (Pyrolysis zone), ห้องเผาไหม้ (Combustion zone), โซนรีดักชัน (Reduction zone) และห้องเก็บเถ้า (Ash pit) โดยออกแบบเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงให้สามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินได้ ประมาณ 20 kg/h



รูปที่ 4.2 เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง

4.1.1.1.1. ช่องเก็บเชื้อเพลิง (Hopper)

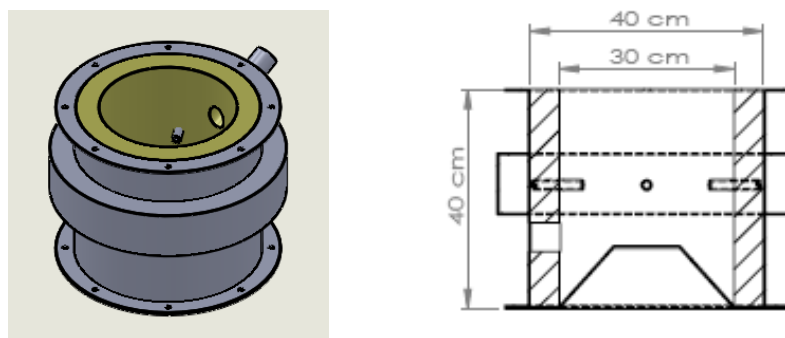
ช่องเก็บเชื้อเพลิง (Hopper) ประกอบด้วยโซนอบแห้ง (Drying zone) และ โซนไพโรไลซิส (Pyrolysis zone) โดยช่องเก็บเชื้อเพลิงทำหน้าที่เป็นทางผ่านของเชื้อเพลิงให้ไหลลงไปยังโซนไพโรไลซิส และ โซนเผาไหม้ กระบวนการที่เกิดขึ้นภายในโซนไพโรไลซิสประกอบด้วย กระบวนการอบแห้งและ กระบวนการกลั่นสลาย ซึ่งอุณหภูมิภายในโซนนี้จะมีอุณหภูมิระหว่าง 200 – 600 °C โดยช่องเก็บเชื้อเพลิง ทำจากเหล็กหนา 3 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 cm สูง 110 cm ด้านล่างของช่องเก็บเชื้อเพลิงออกแบบให้มีลักษณะเอียง 60° เพื่อชะลอการไหลของเชื้อเพลิงให้ปริมาณเชื้อเพลิงที่เข้าไปยังห้องเผาไหม้ให้มีอัตราการไหลที่เหมาะสม บริเวณฝาของช่องเก็บเชื้อเพลิงและบริเวณด้านล่างที่ต้องติดตั้งเข้ากับห้องเผาไหม้ทำการติดปะเก็นเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซเชื้อเพลิงขณะที่ทำการทดลอง ลักษณะของช่องเก็บเชื้อเพลิงดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ช่องเก็บเชื้อเพลิง (Hopper)

4.1.1.1.2 ห้องเผาไหม้ (Combustion zone)

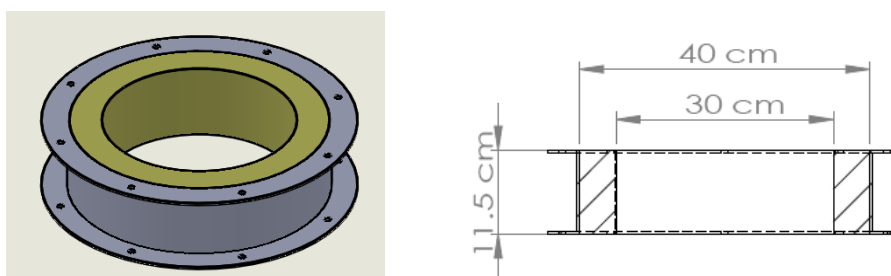
ในบริเวณนี้ คาร์บอนจะทำการเผาไหม้กับออกซิเจนในปริมาณที่จำกัด (Partial Combustion) เพื่อผลิตพลังงานความร้อนสำหรับใช้ในโซนปฏิกิริยาอื่น การออกแบบโซนเผาไหม้จึงมีความสำคัญต่อการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง จะได้มาจากโซนการเผาไหม้เพียงแหล่งเดียว โดยปฏิกิริยาในโซนเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ซึ่งอุณหภูมิในโซนนี้จะมีอุณหภูมิระหว่าง 800 - 1,200 °C ดังนั้นต้องฉาบด้วยคอนกรีตทนไฟหนา 5 cm รอบห้องเผาไหม้ ห้องเผาไหม้ทำจากเหล็กหนา 3 mm มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm สูง 40 cm ส่วนประกอบอื่นที่สำคัญ ได้แก่ คอคอด (Throat), ช่องจุดไฟ (Light port), กล้องอากาศ (Air chamber) และหัวจ่ายอากาศ (Nozzle) โดยอากาศจะถูกจ่ายผ่านหัวจ่ายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm ทั้งหมดจำนวน 5 ตัว วางไว้ในลักษณะเป็นวงแหวนรอบห้องเผาไหม้ บริเวณด้านล่างของห้องเผาไหม้ซึ่งติดตั้งเข้ากับส่วนของรีดักชันโซน ทำการติดปะเก็นเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ห้องเผาไหม้ (Combustion zone)

4.1.1.1.3 โซนรีดักชัน (Reduction zone)

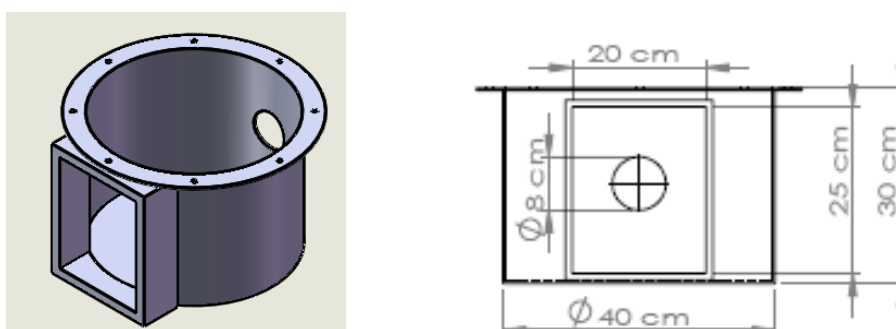
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นนี้เป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนก๊าซ ไอน้ำ ให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ได้ ผลผลิตก๊าซที่ออกจากโซนการเผาไหม้จะทำปฏิกิริยาต่อในโซนรีดักชัน เพื่อผลิตก๊าซที่สามารถเผาไหม้ได้ ซึ่งอุณหภูมิในโซนนี้จะมีอุณหภูมิระหว่าง $600 - 900^{\circ}\text{C}$ โซนรีดักชันทำจากเหล็กหนา 3 mm มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกลาง 30 cm สูง 11.5 cm ภายในฉาบด้วยปูนทนไฟหนา 5 cm บริเวณด้านล่างของส่วนของโซนรีดักชันซึ่งติดตั้งเข้ากับส่วนของห้องเก็บเถ้า ทำการติดปะเก็นเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซเชื้อเพลิง ลักษณะของโซนรีดักชันดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โซนรีดักชัน (Reduction zone)

4.1.1.1.4 ห้องเก็บเถ้า (Ash pit)

คาร์บอนแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้ในห้องปฏิกิริยา ซึ่งส่วนที่ทำปฏิกิริยาเสร็จแล้วจะถูกกวาดลงไปสู่ห้องเก็บเถ้า โดยห้องเก็บเถ้าทำจากเหล็กหนา 3 mm มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกลาง 30 cm สูง 30 cm ด้านหน้ามีประตูสำหรับนำเศษเถ้าออก ขนาดกว้าง 20 cm สูง 25 cm โดยต้องติดปะเก็นบริเวณประตูสำหรับนำเถ้าออกเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซเชื้อเพลิง ลักษณะของห้องเก็บเถ้าดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ห้องเก็บเถ้า (Ash pit)

4.1.1.2 ชุดจ่ายอากาศ

4.1.1.2.1 พัฒนชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal blower)

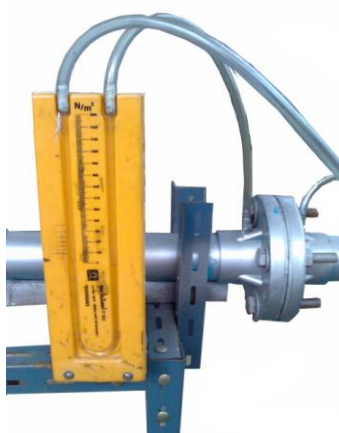
พัฒนชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเป็นอุปกรณ์ต้นกำลังในการให้กำเนิดลําอากาศให้ไหลไปในท่อเพื่อป้อนอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยาเผาไหม้ภายในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง โดยมีมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนมีกำลัง 5.5 แรงม้า ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เครื่องเป่าอากาศที่ใช้ทดสอบ

4.1.1.2.2 ชุดควบคุมอัตราการป้อนอากาศ

การควบคุมอัตราการป้อนอากาศเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยการใช้วาล์วเป็นตัวควบคุมผ่านออร์ฟิส โดยวัดอัตราการป้อนอากาศจากความแตกต่างของแรงดันคร่อมแผ่นออร์ฟิส ซึ่งวัดจากความสูงของระดับน้ำจากมานอมิเตอร์ แล้วนำมาคำนวณหาอัตราการป้อนอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ชุดควบคุมอัตราการป้อนอากาศ

4.1.1.3 ชุดอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล

4.1.1.3.1 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์สำหรับเก็บข้อมูล (Digital Multimeter & Data Acquisition)

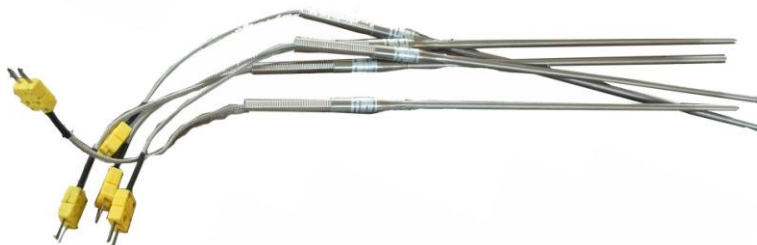
เครื่องมือที่ใช้ในการวัดสัญญาณทางไฟฟ้าของเซนเซอร์ต่างๆในงานวิจัยนี้คือ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) Model No. 2700 และโมดูลตัดต่อสัญญาณ (Channel Switching Module) Model No.7708 ผลิตโดยบริษัท KEITHLEY ประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับสัญญาณที่วัดคือ อุณหภูมิ (Temperature) โดยสัญญาณอุณหภูมิมาจากเทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิด K (Thermocouple Type K) ดังแสดงในรูปที่ 4.9



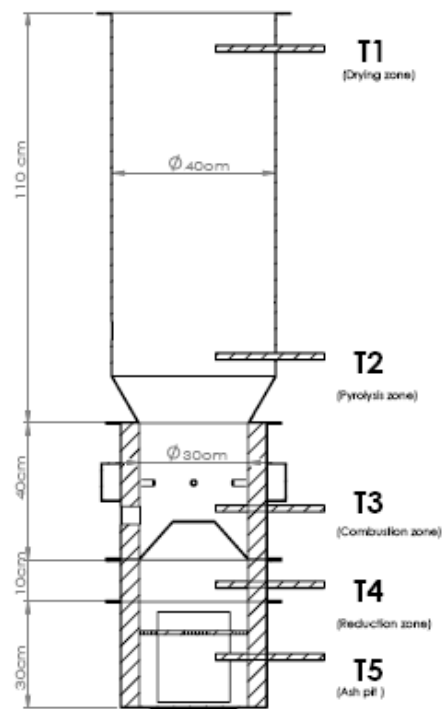
รูปที่ 4.9 Digital Multimeter KEITHLEY Model No.2700

4.1.1.3.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

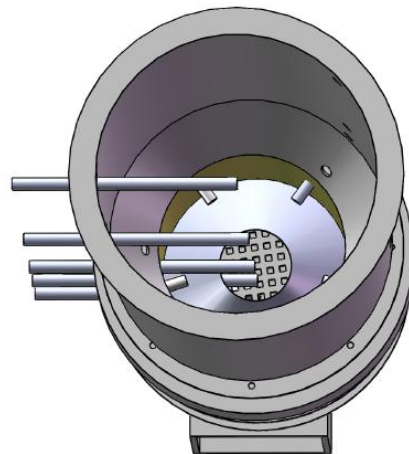
เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ เทอร์โมคัปเปิ้ลแบบ Chromel-alumel ชนิด K โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ซึ่งสามารถทนความร้อนได้ประมาณ 1,200 °C มีตัวฉนวนเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ใช้วัดอุณหภูมิตรงกลางเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง จำนวน 5 ตำแหน่ง คือที่ตำแหน่ง T1, T2, T3, T4 และ T5 ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และ 4.12 ในส่วนของการบันทึกผลของอุณหภูมิจะใช้ร่วมกับเครื่องเก็บข้อมูล (Data Logger) โดยบันทึกผลแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 4.10 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 4.11 ตำแหน่งติดตั้ง เทอร์โมคัปเปิ้ลภายในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.12 ระดับของเทอร์โมคัปเปิ้ลภายในเตา

4.1.1.3.3 มานอมิเตอร์รูปตัวยู (U-Tube Manometer)

มานอมิเตอร์รูปตัวยูใช้สำหรับวัดความดันภายในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง สเตกลมีความละเอียด 1 mm สามารถวัดความดันแตกต่างได้สูงสุด 60 cm ภายในบรรจุน้ำเป็นตัวกลางเพื่ออ่านค่าแรงดันจากระดับความต่างของน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 มานอมิเตอร์รูปตัวยู

4.1.1.3.4 ปัมสำหรับดูดตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงสำหรับวิเคราะห์

ปัมสำหรับดูดตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงใช้ร่วมกับตัวกรองก๊าซเชื้อเพลิงเพื่อลดความร้อนของก๊าซและกรองทาร์ออกจากก๊าซเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และ 4.15



รูปที่ 4.14 ปัมสำหรับดูดตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.15 หลอดแก้วสำหรับกรองทาร์ออกจากก๊าซเชื้อเพลิง

4.1.1.3.5 ถุงเก็บตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิง (Gas sampling bag)

ถุงสำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงสำหรับวิเคราะห์ห้องค์ประกอบ มีขนาดความจุ 1 L โดยมีวาล์วสำหรับเปิดปิดช่องทาง เข้า ออก ของก๊าซ ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ถุงเก็บตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิง (Gas sampling bag)

4.1.1.3.6 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Chromatography)

การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของก๊าซใช้เครื่อง Gas chromatography (Shimadzu GC 2014 และ GC 14B) ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 Gas Chromatography

4.1.1.3.7 เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองคือ ถ่านหินชนิดซับบิทูมินัส โดยเลือกถ่านหินที่มีขนาด 2.5 x 2.5 cm ดังแสดงในรูปที่ 4.18 องค์ประกอบของถ่านหินที่ใช้ในการทดลอง โดยการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis) และแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) แสดงในตารางที่ 4.1 และของไหลนาโนที่ใช้ทดสอบอยู่ในรูปของผสมระหว่างน้ำกับอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) ดังแสดงในรูปที่ 4.19

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบของเชื้อเพลิงถ่านหินชนิดซับบิทูมินัส

Ultimate analysis % (dry)	
Nitrogen (N)	0.88
Carbon (C)	63.5
Hydrogen (H)	5.13
Oxygen (O)	35.62
Sulfur (S)	0.02

Proximate analysis % (dry)	
Volatiles	57.2
Fixed Carbon	41.9
Ash	0.9

Moisture %	23.4
HHV (MJ/kg)	23.73



รูปที่ 4.18 ถ่านหินชนิดซับบิทูมินัส



รูปที่ 4.19 ของไหลนาโน

4.1.2 ระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง

ระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงทำหน้าที่ทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำก๊าซเชื้อเพลิงไปประยุกต์ใช้งานต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.20 โดยระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงประกอบด้วย

4.1.2.1 ไซโคลน (Cyclone)

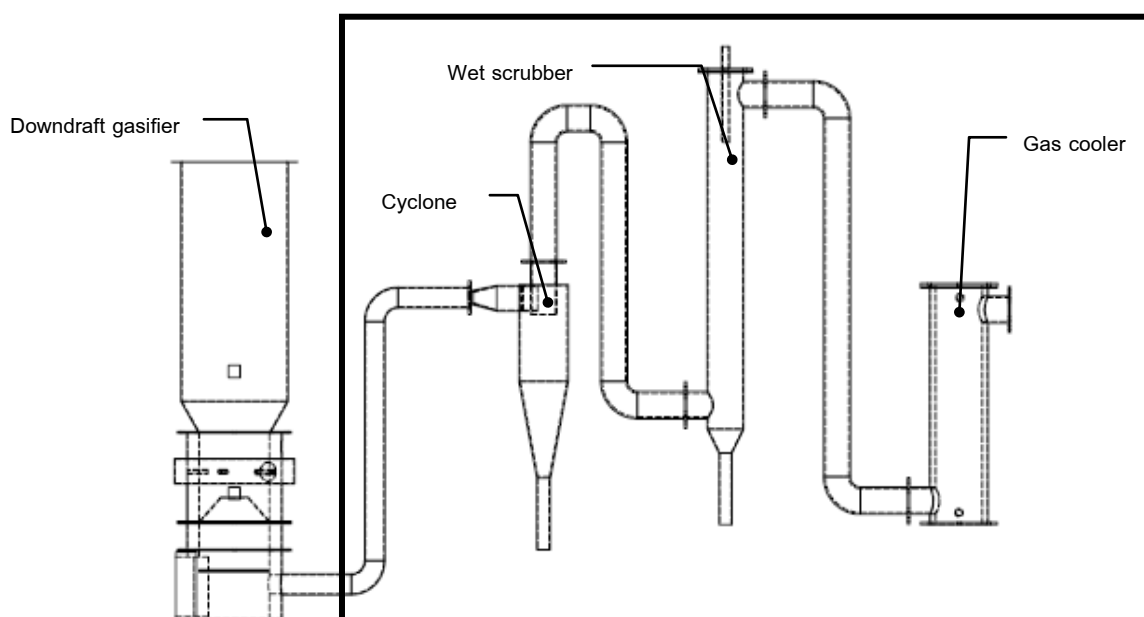
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกฝุ่นที่ปนอยู่ในก๊าซเชื้อเพลิง โดยฝุ่นละอองจะถูกแยกออกจากก๊าซลงสู่ด้านล่าง ส่วนก๊าซเชื้อเพลิงจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ด้านบน ไหลไปตามท่อเข้าสู่เครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกต่อไป โดยไซโคลนทำมาจากเหล็กหนา 3 cm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สูง 110 cm

4.1.2.2 เครื่องจับฝุ่นแบบเปียก (Wet scrubber)

เมื่อก๊าซเชื้อเพลิงไหลผ่านมายังส่วนนี้จะสวนทางกับการไหลของน้ำ ซึ่งถูกฉีดพ่นเป็นละอองน้ำจากด้านบน ทำให้ฝุ่นและทาร์ที่ปนมากับก๊าซเชื้อเพลิงถูกกำจัดออกไปกับน้ำ และก๊าซเชื้อเพลิงจะเคลื่อนที่ไหลไปตามท่อเพื่อเข้าสู่อุปกรณ์ลดอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิงต่อไป โดยเครื่องจับฝุ่นแบบเปียกทำมาจากเหล็กหนา 3 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm สูง 200 cm

4.1.2.3 อุปกรณ์ลดอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิง (Gas cooler)

ลักษณะของอุปกรณ์ลดอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิงนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก 2 ชั้น โดยชั้นในเป็นช่องว่างให้ก๊าซเชื้อเพลิงไหลผ่าน และชั้นนอกออกแบบให้น้ำไหลผ่านเพื่อลดอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิงโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงและน้ำ โดยอุปกรณ์ลดอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิง ทำมาจากเหล็กหนา 3 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สูง 100 cm



รูปที่ 4.20 ระบบทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง

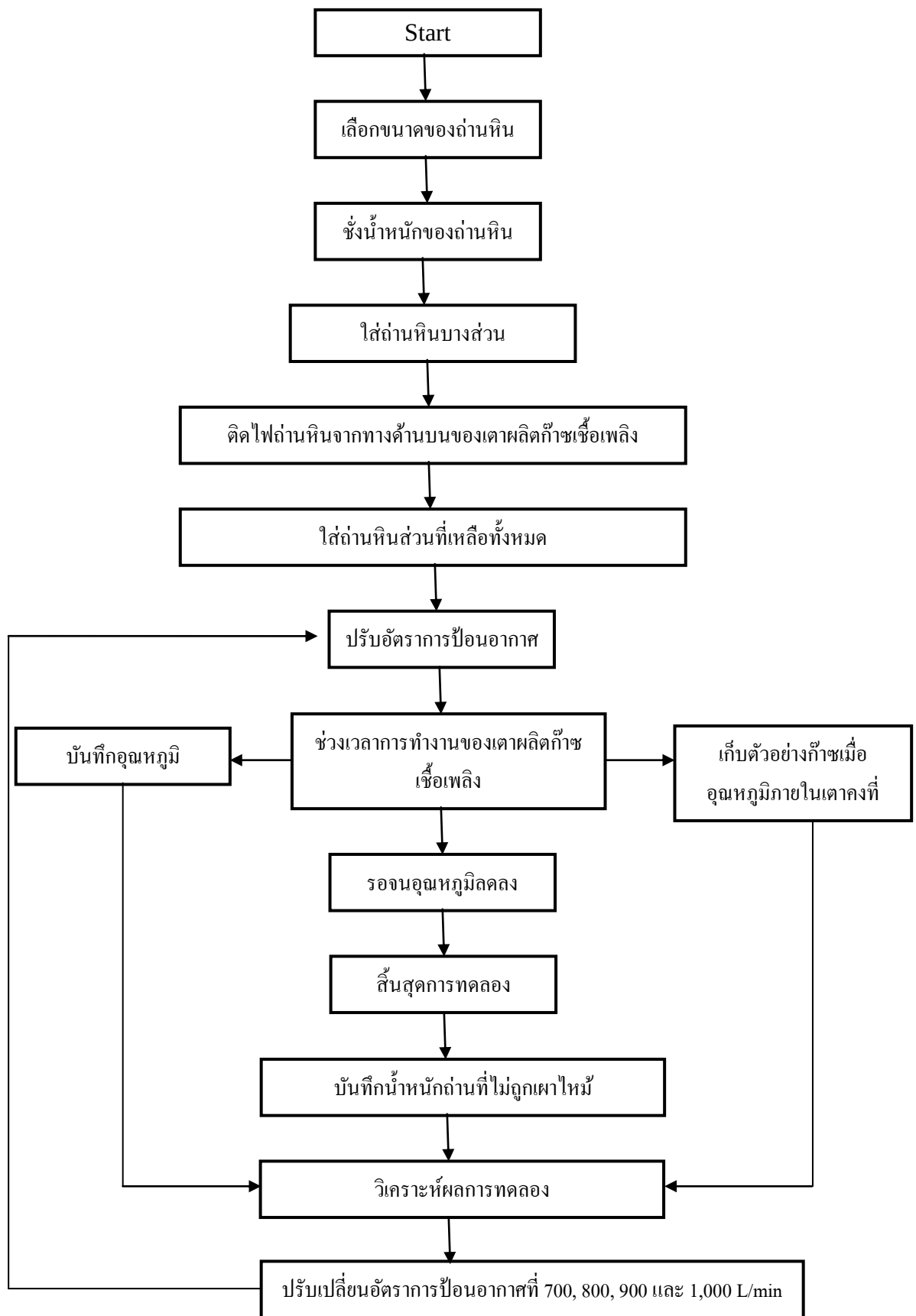
4.2 วิธีการทดลอง

4.2.1 การทดลองศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนอากาศ

การทดลองศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนอากาศ โดยกำหนดอัตราการป้อนอากาศให้อยู่ในช่วงระหว่าง 600 - 1,000 L/min ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการบันทึกระหว่างการทดลองได้แก่ อุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่ตำแหน่งต่างๆภายในเตา ซึ่งจะบันทึกผลแบบต่อเนื่อง และองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิงซึ่งผลิตได้โดยการเก็บตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงเฉพาะช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิภายในเตา หลังจากการทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละครั้งจะต้องรอให้อุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงลดลงก่อน จึงจะสามารถนำถ่านหินที่เหลือจากกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณของถ่านหินที่ถูกเผาไหม้ได้ แผนผังขั้นตอนการทดลองแสดงในรูปที่ 4.21

ขั้นตอนการทดลอง

- 4.2.1.1 ทำการชั่งน้ำหนักของถ่านหินให้ได้ 60 kg โดยถ่านหินที่ใช้ต้องมีขนาด 2.5 x 2.5 cm
- 4.2.1.2 ป้อนถ่านหินจากด้านบนของเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงโดยป้อนถ่านหินให้ถึงระดับของบริเวณห้องเผาไหม้ (ประมาณ 60 cm จากด้านล่างของเตา)
- 4.2.1.3 ทำการจุดถ่านหินจากทางด้านบนของตัวเตา เมื่อถ่านหินเริ่มติดไฟแล้วจึงป้อนถ่านหินที่เหลือทั้งหมดลงไป แล้วจึงปิดฝาเตา
- 4.2.1.4 เปิดพัดลมสำหรับป้อนอากาศเข้าสู่เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงโดยปรับอัตราการป้อนอากาศที่ 600 L/min
- 4.2.1.5 หลังจากนั้นจึงเริ่มบันทึกค่าของอุณหภูมิในตำแหน่งที่มีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล
- 4.2.1.6 เมื่ออุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงคงที่ จึงทำการเก็บก๊าซเชื้อเพลิงบางส่วนเพื่อนำไปวิเคราะห์
- 4.2.1.7 เมื่อก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ไม่สามารถจุดไฟติดได้ ทำการปิดพัดลมสำหรับป้อนอากาศ
- 4.2.1.8 รอจนอุณหภูมิภายในเตาลดลง นำถ่านหินที่เหลือจากการทดลองมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักของถ่านที่ถูกเผาไหม้
- 4.2.1.9 นำก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ไปหาองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซ (Gas chromatography)
- 4.2.1.10 ทำการทดสอบครั้งต่อไป โดยปรับอัตราการป้อนอากาศ เท่ากับ 700, 800, 900, 1000 L/min ตามลำดับ



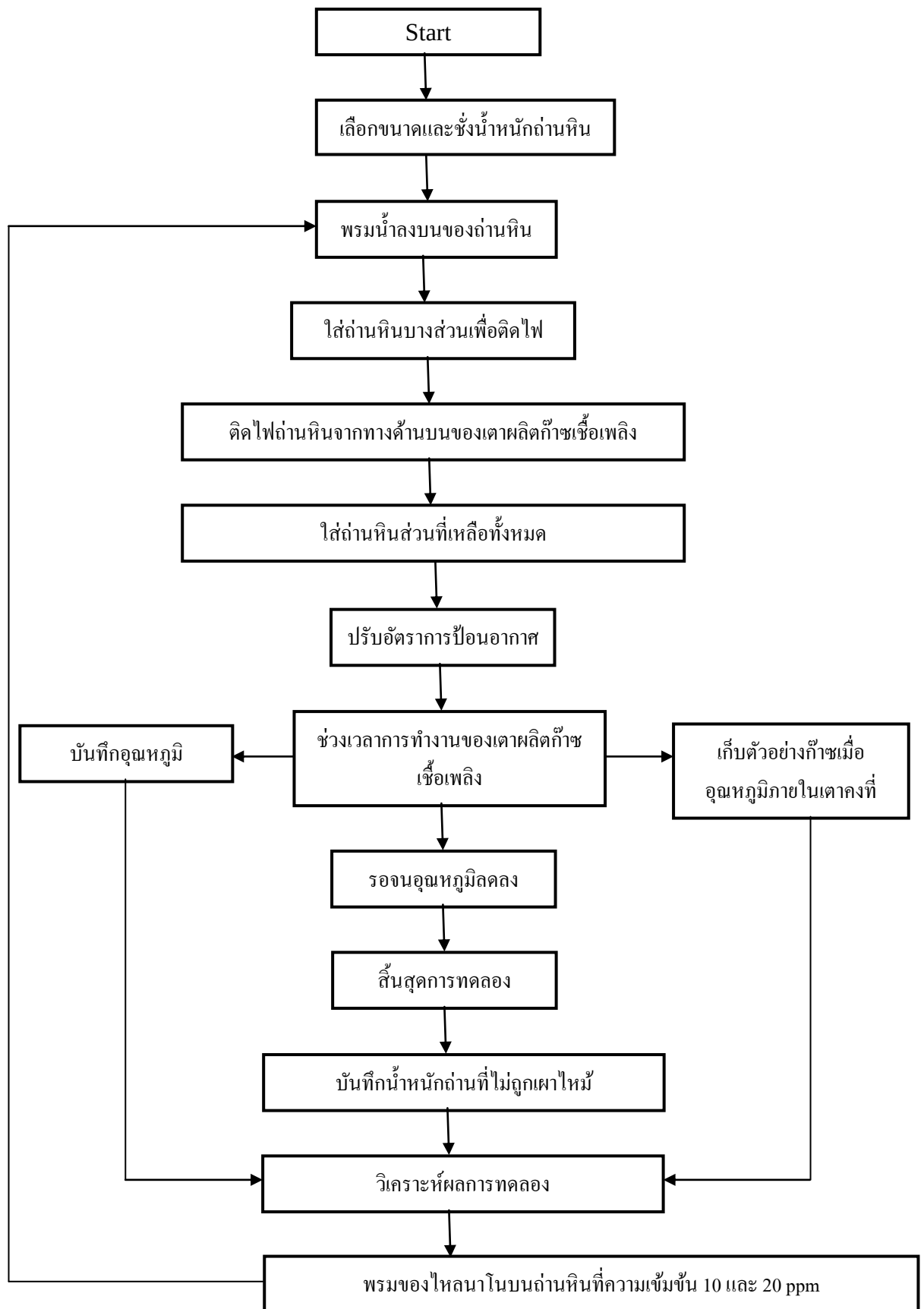
รูปที่ 4.21 แผนผังขั้นตอนการทดลองศึกษาอิทธิพลของอัตราการป้อนอากาศ

4.2.2 การทดลองศึกษาอิทธิพลของน้ำและความเข้มข้นของของไหลนาโน

การศึกษาอิทธิพลของน้ำในเชื้อเพลิงถ่านหินโดยอัตราส่วนของน้ำต่อเชื้อเพลิงถ่านหินเท่ากับ 1:100 และการทดลองเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของของไหลนาโนโดยการผสมของไหลนาโนลงบนถ่านหิน โดยความเข้มข้นที่ทำการทดลองคือ 10 และ 20 ppm ของไหลนาโนที่ใช้ทดสอบอยู่ในรูปของผสมระหว่างน้ำกับอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์โดยมีอัตราส่วนของน้ำต่อถ่านหินเท่ากับ 1:100 อัตราการป้อนอากาศที่ใช้ในการทดลองคือ 700 L/min สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่ต้องบันทึกระหว่างการทดลองได้แก่ อุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงซึ่งจะบันทึกผลแบบต่อเนื่อง และองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้โดยการเก็บตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงเฉพาะช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิภายในคงที่ หลังจากการทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละครั้งจะต้องรอให้อุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงลดลงก่อน จึงจะสามารถนำถ่านหินที่เหลือจากการทดลองมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณของถ่านหินที่ถูกเผาไหม้ได้ แผนผังขั้นตอนการทดลองแสดงในรูปที่ 4.22

ขั้นตอนการทดลอง

- 4.2.2.1 ทำการชั่งน้ำหนักของถ่านหินให้ได้ 60 kg โดยถ่านหินที่ใช้ต้องมีขนาด 2.5 x 2.5 cm
- 4.2.2.2 ทำการผสมน้ำและไหลนาโนลงบนถ่านหิน และทำการป้อนถ่านหินให้ถึงระดับของบริเวณห้องเผาไหม้ (ประมาณ 60 cm จากด้านล่างของเตา)
- 4.2.2.3 ทำการจุดถ่านหินจากทางด้านบนของตัวเตา เมื่อถ่านหินเริ่มติดไฟแล้วจึงป้อนถ่านหินที่เหลือทั้งหมดลงไป แล้วจึงปิดฝาเตา
- 4.2.2.4 เปิดพัดลมสำหรับป้อนอากาศเข้าสู่เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงโดยปรับอัตราป้อนอากาศที่ 700 L/min
- 4.2.2.5 หลังจากนั้นจึงเริ่มบันทึกค่าของอุณหภูมิในตำแหน่งที่มีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล
- 4.2.2.6 เมื่ออุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงคงที่ จึงทำการเก็บก๊าซเชื้อเพลิงบางส่วนเพื่อนำไปวิเคราะห์
- 4.2.1.7 เมื่อก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ไม่สามารถจุดไฟติดได้ ทำการปิดพัดลมสำหรับป้อนอากาศ
- 4.2.2.8 รอจนอุณหภูมิภายในเตาลดลง นำถ่านหินที่เหลือจากการทดลองมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณของถ่านหินที่ถูกเผาไหม้
- 4.2.2.9 นำก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ไปหาองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซ (Gas chromatography)
- 4.2.2.8 ทำการทดสอบครั้งต่อไป โดยใช้ส่วนผสมของไหลนาโนที่มีความเข้มข้น 10 และ 20 ppm



รูปที่ 4.22 แผนผังขั้นตอนการทดลองศึกษาอิทธิพลของน้ำและความเข้มข้นของของไพลานาโน