บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถนำมาวิเคราะห์ได้เป็นหัวข้อดังนี้

<u>สมบัติของแกลบ</u>

จากสมบัติแกลบที่วิเคราะห์ได้นั้น พบว่าแกลบที่ใช้มีค่าความร้อนปานกลาง 3,600 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (ตารางที่ 2.1 ค่าความร้อนของแกลบอยู่ในช่วง 3,790 - 4,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นเช่น ถ่าน กะลามะพร้าว แกลบมีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.63 - 8.51 ซึ่งถือว่าไม่สูงนัก และทำให้ผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้อยมาก โดยเฉพาะถ้าความชื้นต่ำจะทำให้ปฏิกิริยาภายในเตาผลิตก๊าซไม่ยุ่งยากซับซ้อน ปฏิกิริยาภายในเตาจะเกิดจากคาร์บอนในแกลบทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเป็นสำคัญเท่านั้น นอกจากนี้แกลบมีปริมาณเถ้าร้อยละ 18.25

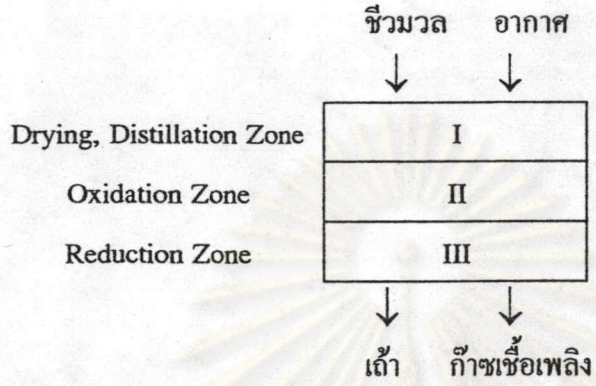
<u>ผลของอุณหภูมิตลอดความสูงของเบดและการหาปริมาณก๊าซต่างๆ ที่เกิดขึ้น</u>

ในการทดลองทำการวัดอุณหภูมิที่ความสูง 4 เซนติเมตร 9 เซนติเมตร 14 เซนติเมตร 19 เซนติเมตร และ 29 เซนติเมตรเหนือตะแกรงและเก็บตัวอย่างที่ด้านล่างของเตาผลิตก๊าซ จากนั้นนำอุณหภูมิและองค์ประกอบก๊าซที่วิเคราะห์ได้ในที่นี้ คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ที่ตลอดความสูงของเบดและอัตราการไหลของอากาศต่างๆ จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1

ปฏิกิริยาในเตาผลิตก๊าซแบบเบดนิ่งหรือ Fixed Bed Gasifier ดังแสดงในรูปที่ 5.1 นั้นจะแบ่งเป็น 3 โซน คือ Drying/Distillation Zone, Oxidation Zone และ Reduction Zone ซึ่งจากการทดลองโดยใช้อุณหภูมิอธิบายถึงโซนต่างๆ ในเตาผลิตก๊าซแบบเบดนิ่ง

ที่ความสูงช่วงแรกประมาณ 19-29 เซนติเมตรจากระดับของตะแกรง มีอุณหภูมิไม่สูงนักประมาณ 400-650 องศาเซนติเมตร มีกระบวนการที่เกิดขึ้นมีทั้ง Drying, Distillation และ Pyrolysis ซึ่งเกิดขึ้นโดยอาศัยความร้อนจากโซนถัดมา II ทำให้เกิดการปลดปล่อยสารอินทรีย์และสารประกอบที่จะเข้าสู่โซนที่ II ประกอบไปด้วยชีวมวลแข็ง อากาศ น้ำ สารอินทรีย์ระเหยง่าย

(Organic Volatiles) ในการทดลองนี้เนื่องจากความสูงของเตาผลิตก๊าซซึ่งสูงประมาณ 1 เมตร ทำให้มีเพียง Distillation Zone



รูปที่ 5.1 แสดงโซนต่างๆที่เกิดขึ้นในเตาแบบ Downdraft

จากการทดลองในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 ที่ความสูงประมาณ 9-14 เซนติเมตรจากระดับของตะแกรง มีอุณหภูมิสูง 700-900 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากการเผาไหม้ของธาตุคาร์บอน จะได้คาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานความร้อน โดยปฏิกิริยาของการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนซึ่งเป็นปฏิกิริยาหลัก ดังนั้นจึงทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ในความสูงนี้จึงน่าจะเป็นโซนออกซิเดชัน หรือโซน II ในรูปที่ 5.1

ที่ความสูงประมาณ 4-9 เซนติเมตรจากระดับของตะแกรงมีอุณหภูมิประมาณ 400-550 องศาเซลเซียส ในความสูงนี้น่าจะเป็นโซนรีดักชัน สารประกอบที่จะเข้าสู่โซน III จะประกอบไปด้วยชีวมวลแข็ง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ก๊าซไฮโดรเจน ออกซิเจนอีกเล็กน้อยและรวมทั้งสารระเหยง่าย (Volatile Matter) อีกปริมาณเล็กน้อย นอกจากนี้ออกซิเจนที่ผ่านมาจนถึงโซนนี้เริ่มน้อยลง โอกาสที่จะเกิดการเผาไหม้เริ่มน้อยลง อุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซจึงไม่สูงนัก

เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเตาแบบ Downdraft แสดงว่าเกิดปฏิกิริยารีดักชันของ CO_2 กับ C ได้เป็น CO ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ Boudouard Reaction เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน นอกจากนี้ในบริเวณโซนรีดักชันจะถูกควบคุมโดยปฏิกิริยา Water Shift Reaction และ Methanization Reaction ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

Water Shift Reaction

$$CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$$

Methanization Reaction

$$C + 2H_2 \rightarrow CH_4$$

ปฏิกิริยาเมธาไนเซชัน (Methanization) เป็นปฏิกิริยาหลักซึ่งทำให้ได้มีเธนออกมา นอกจากนี้ยังมีปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน ซึ่งจะได้มีเธนและน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยานี้จะให้ผลสูงที่สุดที่อุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส และจะไม่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส นอกจากนี้อาจเป็นจากการระเหยของน้ำ ซึ่งเกิดจากการหล่นลงของเถ้าร้อนลงไปบริเวณถังรองรับน้ำและเถ้า ไอน้ำที่เกิดขึ้นจึงทำให้อุณหภูมิบริเวณตะแกรงลดต่ำลง และเป็นการยืดอายุการใช้งานของตะแกรง อุณหภูมิของโซนนี้จะต่ำกว่าโซนออกซิเดชัน อยู่ประมาณหนึ่งร้อยองศาเซลเซียส และบริเวณตะแกรงจะประกอบด้วยคาร์บอนที่ไม่ทำปฏิกิริยา ออกผ่านทางตะแกรงสู่ส่วนรองรับเถ้าต่อไป

จากผลการทดลองวัดอุณหภูมิที่ระยะต่างๆจากผนังและที่ระดับความสูงต่างๆของตะแกรงพบว่า ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2 อุณหภูมิจะกระจายและมีลักษณะขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะเมื่อเริ่มการทดลองระยะเวลาต้นๆ และจะค่อยๆเข้าใกล้กันเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเพราะยังไม่เข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) อุณหภูมิที่วัดที่ระดับความสูงจากตะแกรงที่มีค่าน้อยๆ จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่ระดับอยู่สูงกว่าตะแกรงมากๆ โดยเฉพาะเมื่อระยะเวลาในการทดลองนานขึ้น เนื่องจากเมื่อระบบเกิดปฏิกิริยาเข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว บริเวณ (Zone) ของการถ่ายเทความร้อนจะคงที่ขึ้นไปตามความสูงของเตาที่ระดับหนึ่ง ดังนั้นบริเวณดังกล่าวจะเกิดการเผาไหม้มีความร้อนเกิดขึ้นด้วย อากาศที่มีปริมาณออกซิเจนมากเกินพอเหมือนกับการเผาไหม้ทั่วๆไป อุณหภูมิจึงสูงแต่บริเวณด้านล่างของเตาจะมีเถ้าที่มีองค์ประกอบของสารเชื้อเพลิงลดลง และอากาศมีปริมาณออกซิเจนน้อยลง จึงเกิดการเผาไหม้ต่ำและมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นไม่มากนักเมื่อเทียบกับการเกิดความร้อนตอนบนปรากฏการณ์ดังกล่าวจึงทำให้อุณหภูมิของเตาที่ระดับสูงจากแผ่นตะแกรงสูงกว่าบริเวณใกล้กับตะแกรงแนวโน้มของอุณหภูมิห่างจากผนังของเตาออกมาจะค่อยๆลดลง

ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าเกิดการเผาไหม้หรือปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันที่ตรงหน้าตัดของเตาเผาไม่สม่ำเสมอกัน หรือเกิดที่ระยะทางห่างจากผนังไม่เท่ากัน ปรากฏการณ์ดังกล่าว อาจเกิดขึ้นมาเนื่องจากขนาดของเตาเผาใหญ่มากและระบบการป้อนแกลบเป็นแบบป้อนจุดเดียว การเรียงตัวของแกลบจึงทำให้เกิดช่องว่างไม่เท่ากันหรือความหนาแน่นของแกลบบริเวณข้างๆกับตรงกลางไม่เท่ากัน ทำให้ปริมาณของออกซิเจนฉบริเวณทั้งสองแตกต่างกันเพราะอัตราการไหลไม่เท่ากันซึ่งจะมีผลถึงปฏิกิริยาที่เกิดไม่เท่ากันตามมา ดังผลที่เห็นได้จากอุณหภูมิของทั้งสองบริเวณแตกต่างกัน โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะทางห่างจากผนังมากขึ้น อีกประการหนึ่งคือมีช่องว่างอยู่

โดยรอบขอบตะแกรง ทำให้เกิดการไหลของอากาศบริเวณรอบๆตะแกรงสูงมากเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นดังนั้น อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านแกลบบริเวณรอบๆเตาจึงมาก ทำให้เกิดการเผาไหม้ดีกว่าบริเวณอื่น อุณหภูมิจึงสูงกว่าบริเวณอื่นปรากฏการณ์นี้มีผลถึงประสิทธิภาพของการเผาไหม้ คือ จะทำให้แกลบที่อยู่บริเวณห่างจากผนังของเตาเผามีคาร์บอนเหลืออยู่มาก เมื่อเทียบกับแกลบที่อยู่บริเวณใกล้ๆผนัง ทำให้เถ้าแกลบที่ออกจากระบบมีค่าทางความร้อนสูง เพราะปฏิกิริยาเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์นั่นคือ ประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซต่ำ

ดังนั้นสิ่งที่อาจทำได้ คือการปรับปรุงการออกแบบของเครื่องมืออุปกรณ์ให้มีขนาดเหมาะสมทำให้ระยะเวลาของวัตถุดิบในเตาน้อยลงหรือมีฉนวนกั้นความร้อนที่ดี หรือมีการเพิ่มอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิก เช่น มีระบบป้อนแกลบแบบอัตโนมัติเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของระดับแกลบภายในเตาหรือมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเตา รวมทั้งระบบการกวนแกลบภายในเตาผลิตก๊าซ ที่จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้ด้วย เพราะสามารถทำให้อุณหภูมิภายในบริเวณใกล้เคียงผนังกับบริเวณที่ห่างออกไปมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ควบคุมการเกิดปฏิกิริยาภายในได้ดียิ่งขึ้น จะมีผลถึงประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อพิจารณาถึงผลการทดลองจากการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

ก. อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์

จากการที่ผลการทดลองมีร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำ สังเกตจากตารางที่ 4.3 มีค่าประมาณร้อยละ 2.5-11.08 ก็อาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น ลักษณะสมบัติของเชื้อเพลิง สภาวะที่ใช้ในการแก๊สซิฟิเคชัน และอุณหภูมิในการออกซิเดชันต่ำ เป็นต้น สำหรับลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิง เช่น ความชื้นของเชื้อเพลิงจะมีผลต่อค่าความร้อนของก๊าซที่ออกมา เนื่องจากเชื้อเพลิงจะต้องมีการถ่ายเทความร้อนที่ดี การที่มีความชื้นจะมีผลต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์ลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน

ในกรณีที่มีร้อยละของออกซิเจนที่สูงในก๊าซผลิตภัณฑ์ สังเกตจากตารางที่ 4.4 มีค่าประมาณร้อยละ 3.47-6.52 นั่นคือมีร้อยละของอากาศเกินพอ (% Excess Air) ย่อมส่งผลต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเตา เนื่องจากมีไนโตรเจนที่อยู่ในอากาศซึ่งอาจจะลดความว่องไว (Sensivity) ของอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา และมีผลต่อค่าความร้อนของก๊าซผลิตภัณฑ์ การที่มีออกซิเจนไม่มีปัญหาในการประยุกต์ใช้ของก๊าซผลิตภัณฑ์ เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) หรือใช้ในการเผาไหม้โดยตรงในเตาเผา (Burner) เนื่องจากจะต้องมีการเติมอากาศลงไปผสมในก๊าซผลิตภัณฑ์อยู่แล้ว

ค. อัตราส่วนร้อยละของไฮโดรเจน

การที่มีร้อยละของไฮโดรเจนมากในก๊าซผลิตภัณฑ์จะแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของก๊าซที่ได้ เนื่องจากค่าความร้อนของไฮโดรเจนสูง แต่ในการทดลองได้ร้อยละของไฮโดรเจนที่น้อย ประมาณร้อยละ 4.00-7.78 สำหรับการเกิดก๊าซไฮโดรเจน สามารถตั้งสมมติฐานได้จากปฏิกิริยาเหล่านี้

				ΔH (KJ/Kmol)
Water Gas Reaction				
C	+ H_2O	H_2	+ CO	+118,905
Water Shift Reaction				
CO	+ H_2O	H_2	+ CO_2	- 43,543

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในโซนรีดักชัน จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 ที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยา Methanization จะสามารถย้อนกลับได้จะทำให้ได้ร้อยละของไฮโดรเจนที่สูงขึ้น นอกจากนี้การที่มีน้ำในอากาศและเชื้อเพลิงในปริมาณหนึ่งที่ไม่มากเกินไปจะมีผลให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนสูงขึ้น

ง. อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ได้ทำให้ค่าทางความร้อนก๊าซดีขึ้น แต่เมื่อนำมาแสดงในรูปของ CO/CO_2 ซึ่งจะบอกถึง ประสิทธิภาพของการเปลี่ยน CO (CO conversion)

จ. ปริมาณทาร์

ในปัจจุบันเครื่องมือวัดปริมาณทาร์โดยตรงไม่มี ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีการสร้างเครื่องมือวัดปริมาณทาร์อย่างง่ายขึ้นมา เพื่อวัดปริมาณทาร์ที่เกิดขึ้นในการทดลอง

การวัดปริมาณทาร์ในการทดลองนี้ เป็นเพียงการทดสอบขั้นต้นเท่านั้น เนื่องจากเครื่องมือวัดปริมาณทาร์ 2 ชุดที่สร้างขึ้นแตกต่างกัน (ดังแสดงในภาคผนวก ค) จึงนำมาเปรียบเทียบกันไม่ได้ นอกจากนี้มีเพียงการวัดประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยใช้น้ำมันเครื่องเป็นตัวผลิตทาร์ และทำการทดลองเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล เพื่อหาอัตราการไหลที่เหมาะสมกับเครื่องมือนั้น การที่อัตราการไหลของเครื่องมือทั้งสองแตกต่างกันมาก เนื่องจากในเครื่องมือชุดแรกใช้ Water Vacuum Pump ซึ่งมีประสิทธิภาพในการดึงอากาศได้น้อยกว่าเครื่องมือชุดที่สองซึ่งเป็น Air Vacuum Pump

ปริมาณทาร์ที่วัดได้นั้นก็มีปริมาณไม่มากนัก เมื่อเทียบกับการทดลองของผู้อื่นและจุดประสงค์ในการสร้าง Scrubber เพื่อลดปริมาณทาร์ก่อนที่จะนำก๊าซผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ โดยใช้น้ำเป็นตัวลดอุณหภูมิและเพิ่มประสิทธิภาพโดยใช้ Packing Material เป็นเบดไม้เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการจับทาร์

<u>ผลของตัวแปรที่มีต่อการเกิดโซนออกซิเดชันและรีดักชัน</u>

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากแกลบ เกิดจากคาร์บอนทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีทั้งดูดความร้อนและคายความร้อน การเกิดโซนออกซิเดชันและรีดักชัน พิจารณาจากอุณหภูมิและองค์ประกอบก๊าซที่ได้ ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่อโซนทั้งสองคือ อัตราการไหลของอากาศและการป้อนแกลบ

ก. อัตราการไหลของอากาศ

อากาศเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ควบคุมการเกิดแก๊สซิฟิเคชันเพราะถ้ามีปริมาณอากาศเข้าสู่เบดมากเกินไปก็จะเป็นการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ อัตราการไหลของอากาศเป็นตัวกำหนดปริมาณออกซิเจนที่จะเข้าทำปฏิกิริยาในแต่ละการทดลองจะเห็นว่าการเพิ่มหรือลดปริมาณออกซิเจนจะมีผลกระทบต่อสมการที่ (5.1), (5.2) และ (5.3) ซึ่งสมการทั้งสามเป็นตัวกำหนดขอบเขตของโซนออกซิเดชัน

โซนออกซิเดชัน

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad (5.1)$$

$$C + 1/2\ O_2 \rightarrow CO \quad (5.2)$$

$$CO + 1/2\ O_2 \rightarrow CO_2 \quad (5.3)$$

โซนรีดักชัน

$$C + CO_2 \rightarrow 2CO \quad (5.4)$$

เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นจะพบว่าการเผาไหม้ หรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของอากาศ ดังจะสังเกตได้จากแนวเส้นอุณหภูมิและแนวเส้น ร้อยละของ CO_2 ที่เพิ่มขึ้น ทำให้บริเวณการเผาไหม้หรือโซนออกซิเดชันเพิ่มขึ้น โซนรีดักชันจึงลดลง

การเพิ่มอัตราการไหลจะทำให้เกิดการเผาไหม้ของแกลบมากขึ้น จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นและจะขยายช่วง Combustion Zone ให้กว้างขึ้น ทำให้อุณหภูมิของจุดที่เราควบคุม 2 จุดมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น แต่การใช้อัตราการไหลของอากาศมากเกินไปก็อาจทำให้อุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์สูงเกินไป และเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ซึ่งจะไม่ได้คาร์บอนมอนนอกไซด์ซึ่งเป็นสิ่งที่เราต้องการออกมา การเพิ่มความเร็วในการหมุนของตะแกรงจะทำให้แกลบที่กำลังเผาไหม้อยู่และเถ้าตกลงไปสู่ถังรองรับได้เร็วขึ้น ซึ่งจะทำให้ Combustion Zone แคบลง และอุณหภูมิจะลดลงด้วย ถ้าให้ความเร็วในการหมุนของตะแกรงสูงเกินไปจะทำให้ความแตกต่างระหว่างจุดที่วัดอุณหภูมิ 2 จุดมากขึ้น และอุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ แต่ถ้าความเร็วในการหมุนตะแกรงต่ำเกินไป จะทำให้เกิดการสะสมของเถ้าและช่วง Combustion Zone จะกว้างขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ

ดังนั้นในการทำการทดลองและผลที่ได้จากการทดลอง จึงนำมาสรุปถึงแนวทางในการใช้ควบคุมความเร็วในการหมุนตะแกรง และอัตราการไหลของอากาศให้สัมพันธ์กัน โดย

1. ใช้ความเร็วในการหมุนตะแกรงต่ำสุด
2. ปรับอัตราการไหลของอากาศให้เหมาะสม โดยค่อยๆเพิ่มอัตราการไหลของอากาศจนอุณหภูมิคงที่ตามที่ต้องการควบคุม
3. คอยสังเกตอุณหภูมิทั้ง 2 จุดให้คงที่ตามต้องการ ซึ่งถ้าอุณหภูมิ เปลี่ยนแปลงไปจะต้องปรับอัตราการไหลของอากาศและความเร็วในการหมุนตะแกรงใหม่

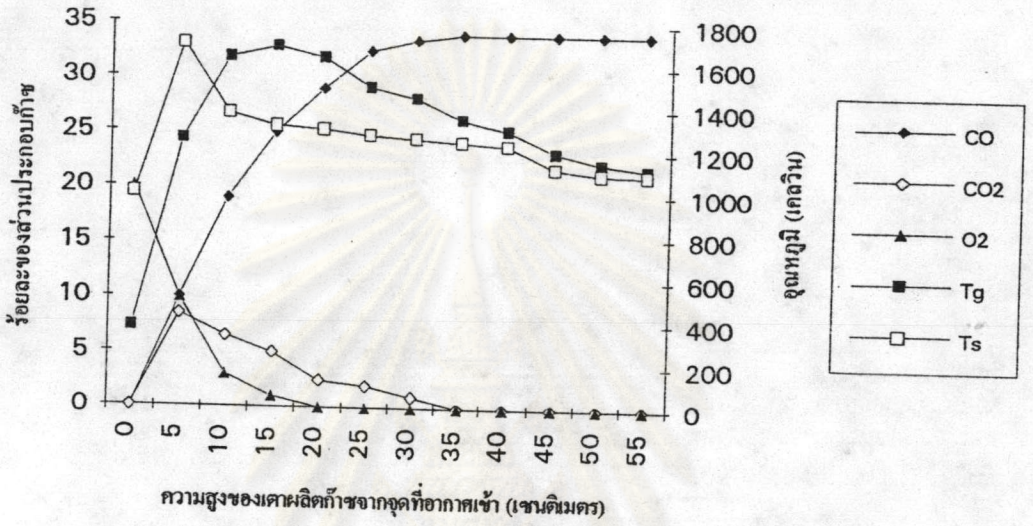
ข. อัตราการป้อนแกลบ

แกลบเป็นตัวแปรที่สำคัญอีกตัวแปรหนึ่ง เพราะเป็นตัวกำหนดปริมาณคาร์บอนที่เข้าทำปฏิกิริยา ในการทดลองจะกำหนดค่าอัตราการป้อนแกลบให้คงที่ โดยจะสัมพันธ์กับการหมุนของตะแกรง นั่นคือจะควบคุมอัตราการป้อนแกลบให้แกลบเติมเต็มเบดที่ระดับคงที่สม่ำเสมอ เพื่อที่จะได้ลดผลกระทบต่อโซนออกซิเดชันและโซนรีดักชันในเตา

ในการทดลองนี้เมื่อป้อนแกลบเข้าสู่เตา เกิดการเผาไหม้ภายในเตาจะถูกทำให้ร้อน (Preheat) ทำให้แกลบปลดปล่อยสารระเหย (Volatile Matter) ออกมา ไหลปะปนไปกับก๊าซผลิตภัณฑ์ อนุภาคที่เหลือเป็นคาร์บอนทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เนื่องจากคาร์บอนเข้าทำปฏิกิริยาโดยผ่านเข้าสู่โซนออกซิเดชันก่อนจะเข้าสู่โซนรีดักชัน

ดังนั้นเมื่อทำการเพิ่มปริมาณแกลบ หรือปริมาณคาร์บอนที่เข้าสู่เตา และมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากโซนออกซิเดชัน จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาจากสมการ 5.4 หรือปฏิกิริยา Boudouard ดำเนินไปข้างหน้าหรือเกิดมากขึ้น นั่นคือมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มมากขึ้น ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ปริมาณความร้อนจากปฏิกิริยาเผาไหม้ในเบดไม่เพียงพอกับปริมาณความร้อนที่ต้องการ ความร้อนจากโซนออกซิเดชันจึงถูกดึงไปใช้ ทำให้อุณหภูมิในโซนออกซิเดชันลดลง ดูจากตารางอุณหภูมิในภาคผนวก ข จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิในโซนออกซิเดชันเพิ่มสูงถึงจุดหนึ่งก็จะลดลง เนื่องจากมีการดึงความร้อนของโซนออกซิเดชันไปใช้ และเพราะปฏิกิริยาที่สมการ 5.4 ดำเนินไปข้างหน้า ทำให้มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการทำปฏิกิริยานี้มากขึ้น ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในโซนออกซิเดชันซึ่งเกิดจากสมการที่ 5.1 และ 5.3 จึงลดลงไปด้วย จึงเห็นได้ว่าทั้งอุณหภูมิและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นตัวกำหนดขอบเขตของโซนออกซิเดชัน ดังนั้นเมื่อค่าทั้งสองมีปริมาณลดลง โซนออกซิเดชันจึงลดลงไปด้วย ทำให้โซนรีดักชันกว้างขึ้น ส่วนประกอบของก๊าซต่างๆตามความสูงของเบด ดังแสดงในรูปที่ 5.3 โดย Bhahacharya and Basak (พ.ศ.2530)[19]

VARIATION OF GAS COMPOSITION (CO, CO_2, O_2), SOLID TEMPERATURE AND GAS TEMPERATURE WITH BED DEPTH (CONDITIONS: GASIFICATION IN DRY AIR AT NM^3/CM^2-H : 2.54 CM INITIAL CHAR DIAMETER; 10% LOSS THROUGH GRATE)



รูปที่ 5.3 แสดงส่วนประกอบของก๊าซต่างๆตามความสูงของเบด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิจารณ์ผลการพัฒนาเครื่องมือ

ผลการพัฒนาเครื่องมือ โดยดำเนินการศึกษาโครงสร้างระบบการทำงานและรายละเอียดของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของระบบเตาผลิตก๊าซ

1. การศึกษาโครงสร้างของระบบเผาแกลบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

1.1 ระบบนำเถ้าออกจากเตาใช้วิธีหมุนตะแกรงและแกนกวนแกลบพร้อม ๆ กันทำให้เถ้าที่อยู่ด้านล่างหล่นจากตะแกรงรองรับลงมา และถูกน้ำพัดออกไปจากระบบ

1.2 ระบบการป้อนแกลบควรเป็นระบบที่เป็นสกรู และควบคุมปริมาณการป้อนแกลบโดยใช้มอเตอร์หมุนและใช้ระดับแกลบภายในเตาเป็นตัวควบคุมมอเตอร์

1.3 ระบบการควบคุมการหมุนของตะแกรงและแกนกวนแกลบ อุณหภูมิที่ผนังภายในของเตาควรเป็นตัวกำหนด จะทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบว่าระบบทำงานอยู่หรือไม่

1.4 การใช้วิธีหมุนตะแกรงมีการติดขัดเกิดขึ้นบ่อยๆ และถ้าเกิดขึ้นแล้วจะต้องหยุดการทำงานทั้งระบบ นำเอาแกลบออกมาจากเตาซึ่งเสียเวลาในการทำงานมากสาเหตุของการติดขัดเกิดขึ้นเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เกิดการบิดตัวของตะแกรงไปชนกับโลหะที่ใกล้เคียง ดังนั้นจึงควรแก้ไขในเรื่องตะแกรงนี้

2. กรรมวิธีการผลิตก๊าซเพื่อใช้ในขบวนการผลิตความร้อนของระบบเผาไหม้แกลบ

2.1 การเตรียมการเพื่อการผลิตระยะต้น

ในการเตรียมการเพื่อการผลิตนั้น เป็นเทคนิคที่ต้องอาศัยประสบการณ์ในการทำงานด้วยเพราะถ้าการเริ่มต้นการติดไฟให้กับแกลบไม่สม่ำเสมอ อาจทำให้เกิดอุณหภูมิสูงเพียงบางจุดและแกลบเกิดปฏิกิริยาเพียงบางจุด บางจุดอาจไม่เกิดเลยและหล่นลงมาและถูกกำจัดออกจากระบบไปเมื่อเริ่มการทดลองนั้นควรจะต้องระมัดระวังที่จะทำให้แกลบที่กองอยู่เหนือตะแกรงติดไฟอย่างทั่วถึงในตอนเริ่มต้นไม่เช่นนั้นแล้วจะพบว่าอุณหภูมิที่ระดับต่างๆภายในเตาผลิตก๊าซจะแตกต่างกันไม่เป็นระบบเพราะมีการทำปฏิกิริยาที่เป็นจุดต่างไม่เท่ากัน จะต้องใช้เวลาในการเริ่มต้นนานมากจนกว่าจะเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) ทำให้มีผลต่อค่าความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิง จากการทดลองพบว่าการเตรียมการกว่าระบบจะเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

2.2 เมื่อการผลิตก๊าซเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State)

เมื่อระบบการผลิตเข้าสู่สภาวะปกติแล้ว จะมีปัญหาน้อยยกเว้นปัญหาการหยุดหมุนของตะแกรงและการป้อนวัตถุดิบให้คงที่