บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณ (Proximate analysis) ของถ่านหินจากแหล่งเวียงแหง

วิเคราะห์สมบัติของถ่านหิน คือ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณของถ่านหินจากแหล่งเวียงแหง

สมบัติของถ่านหิน	% โดยน้ำหนักแห้ง	% โดยน้ำหนักเปียก
ปริมาณเถ้า	3.20	1.99
ปริมาณสารระเหย	43.23	26.92
ปริมาณความชื้น	-	37.64
ปริมาณคาร์บอนคงตัว	53.59	33.46

4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติแบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) ของถ่านหินจากแหล่งเวียงแหง

วิเคราะห์สมบัติของถ่านหิน คือ ปริมาณไฮโดรเจน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณคาร์บอน ปริมาณซัลเฟอร์ และปริมาณออกซิเจน

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติแบบแยกธาตุของถ่านหินจากแหล่งเวียงแหง

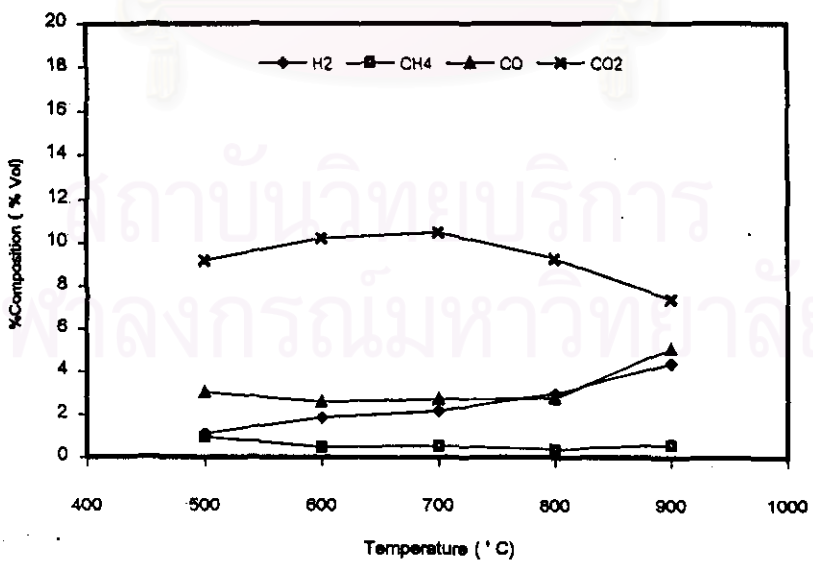
Element	% weight by dry basis
Carbon	68.84
Hydrogen	4.68
Nitrogen	1.91
Sulfur	1.27
Oxygen	20.12
Ash	3.19
ค่าความร้อนถ่านหิน	4,574.64 Cal / g

4.3 ผลการทดลองปฏิกิริยาแกสิฟิเคชันของถ่านหินจากแหล่งเวียงแหง

ตารางที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด < 0.8 มิลลิเมตร

Temperature	% Volume (dry gas)			
° C	H_2	CH_4	CO	CO_2
500	1.09	0.93	3.01	9.17
600	1.84	0.45	2.56	10.22
700	2.14	0.51	2.69	10.47
800	2.96	0.37	2.75	9.27
900	4.38	0.57	5.07	7.38

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา กับค่าร้อยละความเข้มข้นแก๊สองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.1

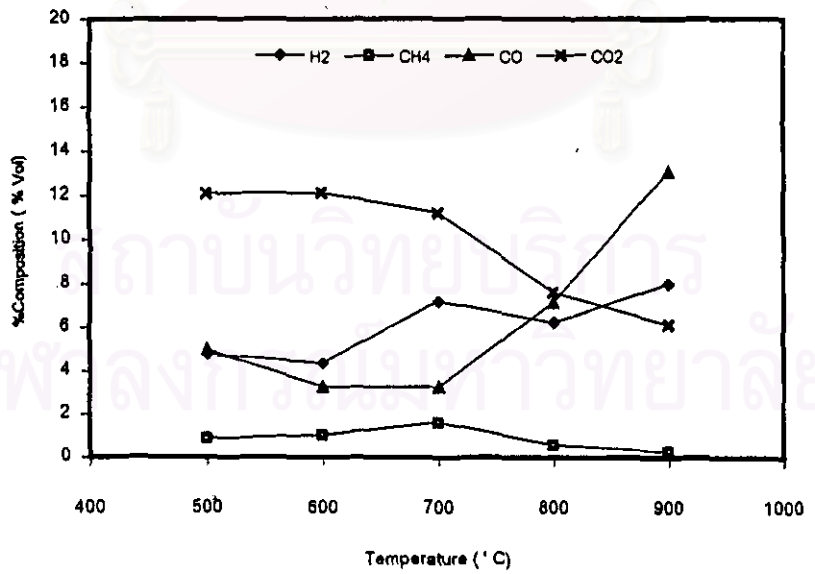


รูปที่ 4.1 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด < 0.8 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 0.8 – 2.36 มิลลิเมตร

Temperature	% Volume (dry gas)			
° C	H_2	CH_4	CO	CO_2
500	4.76	0.87	4.98	12.09
600	4.34	1.02	3.25	12.14
700	7.18	1.62	3.24	11.22
800	6.21	0.56	7.12	7.59
900	8.00	0.27	13.07	6.11

จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา กับ ค่าร้อยละความเข้มข้นแก๊สองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.2

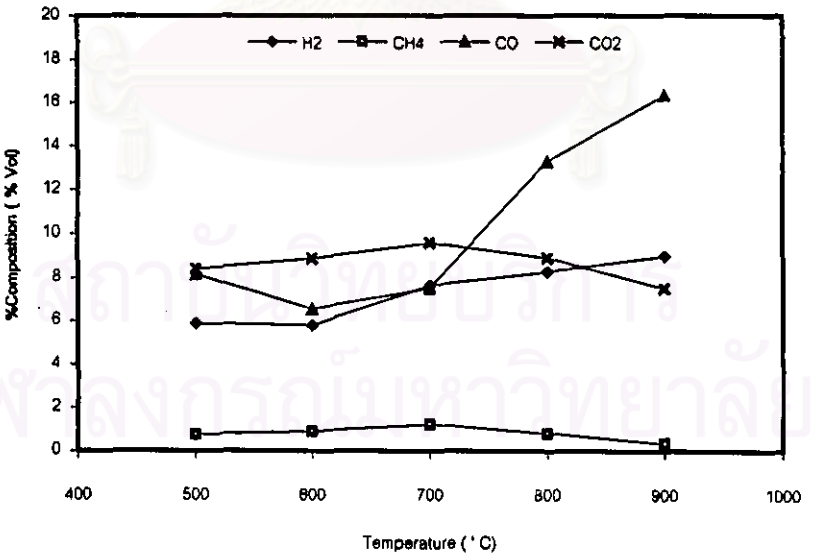


รูปที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 0.8 – 2.36 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.5 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 2.36 – 4.75 มิลลิเมตร

Temperature °C	% Volume (dry gas)			
	H_2	CH_4	CO	CO_2
500	5.89	0.76	8.14	8.38
600	5.80	0.91	6.54	8.85
700	7.62	1.23	7.52	9.57
800	8.26	0.82	13.28	8.88
900	8.98	0.36	16.32	7.51

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา กับ ค่าร้อยละความเข้มข้นแก๊สองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 2.36 – 4.75 มิลลิเมตร

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์

ข้อมูลจากตารางที่ 4.3 – 4.5 และ รูปที่ 4.1 – 4.3 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ พบว่า จะให้แนวโน้มเดียวกันในทุกขนาดถ่านหิน

ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สมีเทนมีค่าในช่วงร้อยละ 0.76 – 0.93 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ลดลงเป็นร้อยละ 0.27 – 0.57 โดยปริมาตรที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เนื่องจากปฏิกิริยาที่ให้แก๊สมีเทนในการแกสิฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยาไฮโดรแกสิฟิเคชัน และปฏิกิริยาเมทาเนชัน จะมีอัตราการเกิดที่ต่ำลงเมื่ออุณหภูมิสูง

ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสมีค่าในช่วงร้อยละ 1.10 -5.89 โดยปริมาตร และมีค่าเพิ่มเป็นร้อยละ 4.38 - 8.98 โดยปริมาตรที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เนื่องจากปฏิกิริยา วอเตอร์แก๊ส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนจึงต้องใช้พลังงานในการทำปฏิกิริยาเพื่อทำให้น้ำในถ่านหินและในอากาศที่ป้อนเข้าไปแตกตัว และทำปฏิกิริยากับคาร์บอนได้เป็นไฮโดรเจน และ คาร์บอนมอนอกไซด์ ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาต่ำพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้มีอยู่น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำจึงมีปริมาณน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง

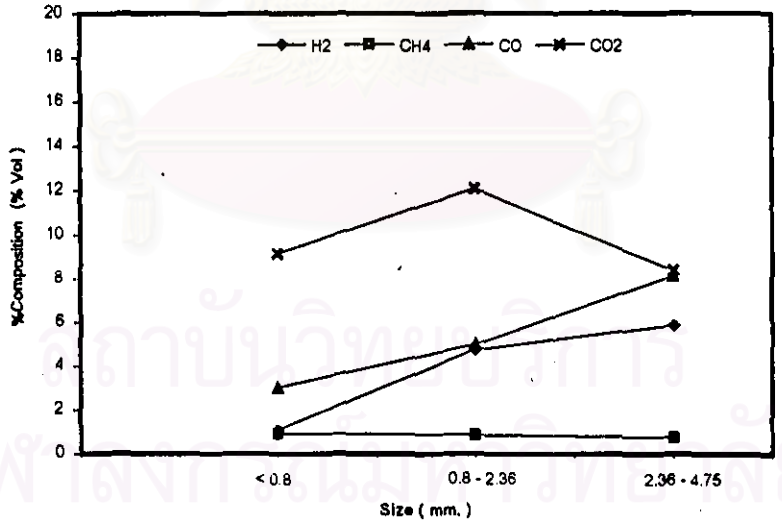
ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าในช่วงร้อยละ 3.01 - 8.14 โดยปริมาตรที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เพิ่มเป็นร้อยละ 5.07 - 16.32 โดยปริมาตรที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เนื่องจากปฏิกิริยาเผาไหม้ไม่สมบูรณ์, ปฏิกิริยาเบาดาดซ์, และปฏิกิริยาวอเตอร์แก๊ส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ในช่วงอุณหภูมิต่ำนั้นปฏิกิริยาเผาไหม้ไม่สมบูรณ์สามารถเกิดได้ดี แต่ปฏิกิริยาเบาดาดซ์ และปฏิกิริยาวอเตอร์แก๊สมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ต่ำกว่าเพราะเป็นปฏิกิริยา ดูดความร้อน ต้องอาศัยพลังงานในการเกิดปฏิกิริยา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาเบาดาดซ์ และปฏิกิริยาวอเตอร์แก๊สจะสูงขึ้น เป็นเหตุให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าสูงมากขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 700 ถึง 900 องศาเซลเซียส

ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสมีค่าในช่วงร้อยละ 8.38 – 12.07 โดยปริมาตร ลดลงเป็นร้อยละ 6.11 – 7.38 ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เนื่องด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สามารถเกิดได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนที่เกิดได้เร็ว เป็นเหตุให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณมาก แต่ในช่วงอุณหภูมิ 700 ถึง 900 องศาเซลเซียสปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณที่ลดลงเนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาเบาดาดซ์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนที่ต้องอาศัยพลังงานในการเกิดปฏิกิริยาจึงเป็นเหตุให้ปฏิกิริยาเบาดาดซ์เกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูง

ตารางที่ 4.6 ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ

ขนาดถ่านหิน (มิลลิเมตร)	% Volume (dry gas)			
	H_2	CH_4	CO	CO_2
< 0.8	1.09	0.93	3.01	9.17
0.8 - 2.36	4.76	0.87	4.98	12.09
2.36 - 4.75	5.89	0.76	8.14	8.38

จากข้อมูลในตารางที่ 4.6 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา กับ ค่าร้อยละความเข้มข้นแก๊สองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.4

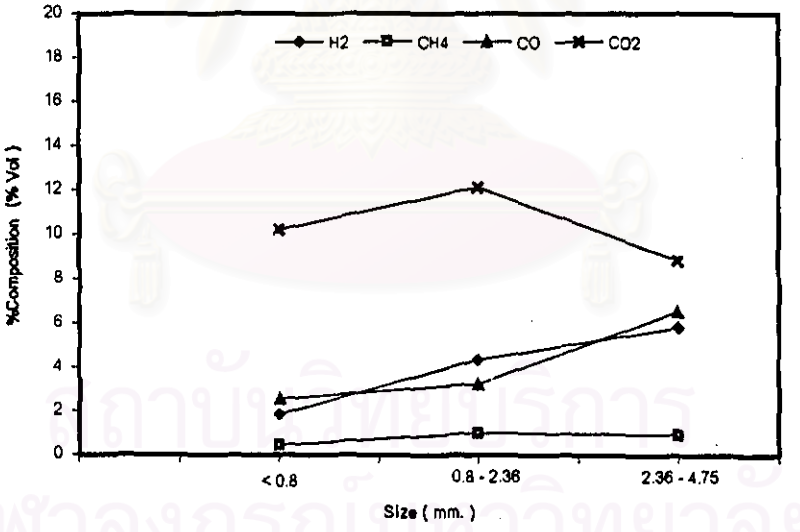


รูปที่ 4.4 ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 500 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.7 ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ

ขนาดถ่านหิน (มิลลิเมตร)	% Volume (dry gas)			
	H_2	CH_4	CO	CO_2
< 0.8	1.84	0.45	2.56	10.22
0.8 - 2.36	4.34	1.02	3.25	12.14
2.36 - 4.75	5.80	0.91	6.54	8.85

จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา กับ ค่าร้อยละความเข้มข้นแก๊สองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.5



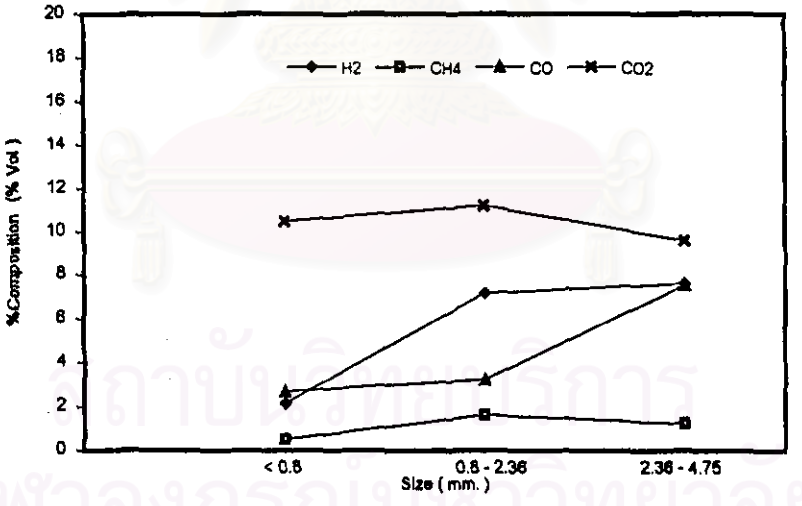
รูปที่ 4.5 ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 600 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ

ขนาดถ่านหิน (มิลลิเมตร)	% Volume (dry gas)			
	H_2	CH_4	CO	CO_2
< 0.8	2.14	0.51	2.69	10.47
0.8 - 2.36	7.18	1.62	2.24	11.22
2.36 - 4.75	7.62	1.23	7.52	9.57

จากข้อมูลในตารางที่ 4.8 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา กับ ค่าร้อยละความเข้มข้นแก๊สองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.6

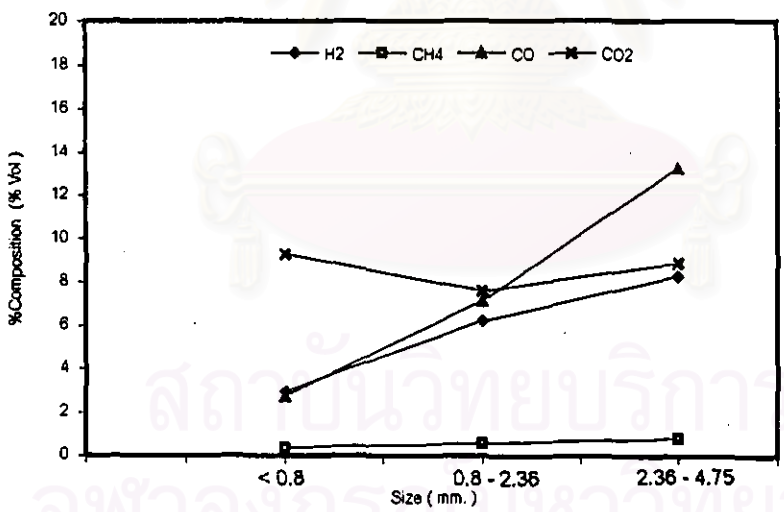


รูปที่ 4.6 ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 700 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.9 ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ

ขนาดถ่านหิน (มิลลิเมตร)	% Volume (dry gas)			
	H_2	CH_4	CO	CO_2
< 0.8	2.96	0.37	2.75	9.27
0.8 - 2.36	6.21	0.56	7.12	7.59
2.36 - 4.75	8.26	0.82	13.28	8.88

จากข้อมูลในตารางที่ 4.9 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา กับ ค่าร้อยละความเข้มข้นแก๊สองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.7

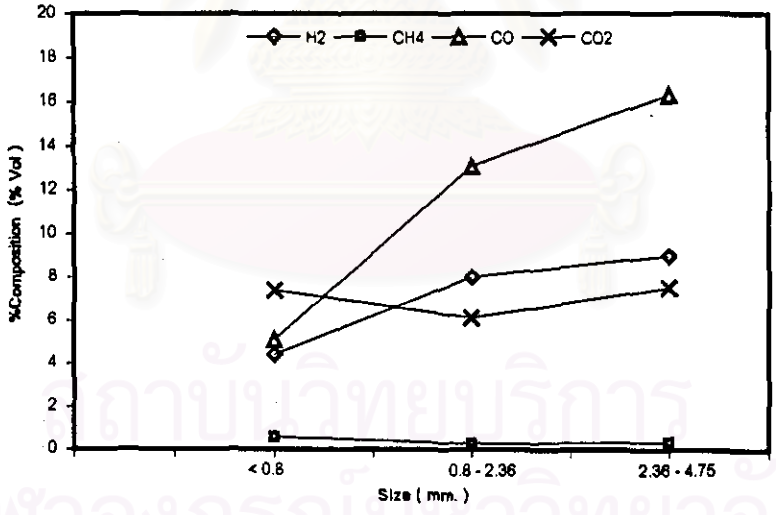


รูปที่ 4.7 ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 800 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.10 ค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ถ่านหินขนาดต่างๆ

ขนาดถ่านหิน (มิลลิเมตร)	% Volume (dry gas)			
	H_2	CH_4	CO	CO_2
< 0.8	4.38	0.57	5.07	7.38
0.8 - 2.36	8.00	0.27	13.07	6.11
2.36 - 4.75	8.98	0.36	16.32	7.51

จากข้อมูลในตารางที่ 4.10 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา กับ ค่าร้อยละความเข้มข้นแก๊สองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าร้อยละองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ ณ อุณหภูมิการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ 900 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของขนาดถ่านหินที่มีต่อองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์

ข้อมูลจากตารางที่ 4.6 - 4.10 และรูปที่ 4.4 - 4.8 แสดงขนาดถ่านหินที่มีต่อองค์ประกอบแก๊สผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาต่างๆ พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแก๊สมีเทนมีแนวโน้มที่ลดลงโดยค่าร้อยละในช่วง 0.37 - 0.57 โดยปริมาตร เมื่อใช้ถ่านหินขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร มีค่าลดลงเป็นร้อยละ 0.36 – 1.23 โดยปริมาตร เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 2.36-4.75 มิลลิเมตร

ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนมีค่าในช่วงร้อยละ 1.09 - 4.38 โดยปริมาตรเมื่อใช้ถ่านหินขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.80 - 8.98 โดยปริมาตร เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 2.36-4.75 มิลลิเมตร เนื่องจากปฏิกิริยาส่วนใหญ่ที่ให้แก๊สไฮโดรเจนในการแกสิฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาระหว่างแก๊สกับคาร์บอนในถ่านหินจึงทำให้อัตราการแพร่ของแก๊สเข้าไปในอนุภาคถ่านหินมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ถ่านหินขนาดเล็ก แก๊สสามารถแพร่ผ่านได้ง่ายกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ จึงทำให้น้ำในอนุภาคถ่านหินแพร่ออกมาสู่ภายนอกถ่านหินได้ดีระยะเวลาที่น้ำทำปฏิกิริยากับคาร์บอนในถ่านหินน้อยเกินไป เป็นผลให้อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนมีค่าน้อยกว่าอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนในถ่านหินขนาดใหญ่

ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าในช่วงร้อยละ 2.56 - 5.07 โดยปริมาตรเมื่อใช้ถ่านหินขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3.14 - 16.32 โดยปริมาตรเมื่อใช้ถ่านหินขนาด 2.36-4.75 มิลลิเมตร เนื่องจาก ปฏิกิริยาที่ให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในการแกสิฟิเคชัน คือปฏิกิริยาวอเตอร์แก๊สเป็นปฏิกิริยาที่เกิดบนพื้นผิวถ่านหิน อัตราการแพร่จึงมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาวอเตอร์แก๊สเป็นปฏิกิริยาที่มีความไวในการเกิดปฏิกิริยาอยู่ในระดับปานกลางจึงต้องใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยามากกว่า ระยะเวลาการแพร่ผ่านของน้ำในถ่านหินออกสู่ภายนอก เป็นผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับคาร์บอนของถ่านหินที่ขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร มีอัตราการเกิดที่น้อยกว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของน้ำกับคาร์บอนของถ่านหินขนาด 2.36-4.75 มิลลิเมตร

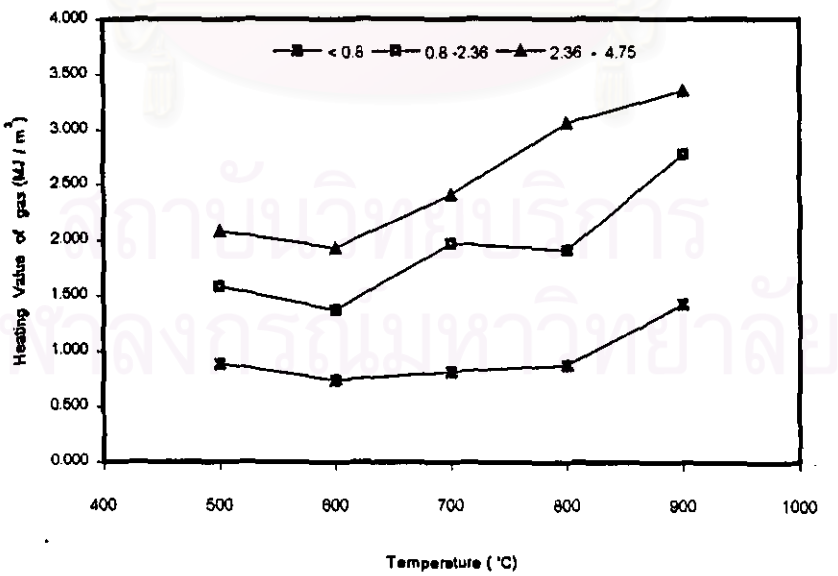
ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าในช่วงร้อยละ 7.38 – 10.47 โดยปริมาตรเมื่อใช้ถ่านหินขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร มีค่าลดลงเป็นร้อยละ 7.51 – 9.57 โดยปริมาตรเมื่อใช้ถ่านหินขนาด 2.36 – 4.75 มิลลิเมตร เนื่องจากถ่านหินขนาดเล็ก อัตราการแพร่ผ่านของแก๊สมีค่าที่สูงกว่าถ่านหินขนาดใหญ่ ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาไหม้แบบสมบูรณ์แพร่ออกมาจากอนุภาคถ่านได้ดี จึงทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อใช้ถ่านหินขนาดเล็ก 0.8 มิลลิเมตร มีปริมาณมากกว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากถ่านหินขนาด 2.36 - 4.75 มิลลิเมตร จากการที่อัตราแพร่ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน

ถ่านหินขนาดใหญ่มีค่าต่ำเป็นผลให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ไปในการเกิดปฏิกิริยาเบาดาดซ์กับคาร์บอนในถ่านหินจะสังเกตได้ จากเมื่อใช้ถ่านหินขนาดใหญ่ขึ้น ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณลดลง แต่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณสูงขึ้น

ตารางที่ 4.11 ปริมาณความร้อนของแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ ณ อุณหภูมิ และถ่านหินขนาดต่างๆ

Size Coal (mm.)	< 0.8	0.8 - 2.36	2.36 - 4.75
Temperature (^{o}C)	Heating Value of producer gas(MJ / m^{3})		
500	0.89	1.58	2.08
600	0.74	1.37	1.93
700	0.81	1.97	2.41
800	0.87	1.91	3.06
900	1.43	2.78	3.35

จากข้อมูลในตารางที่ 4.11 สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา กับ ค่าความร้อนของแก๊สผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลของอุณหภูมิการแกสิฟาย และขนาดถ่านหินที่มีต่อค่าปริมาณความร้อนของแก๊สผลิตภัณฑ์

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลของอุณหภูมิในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่มีต่อร้อยละความเข้มข้นขององค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

จากข้อมูลในตาราง 4.3 – 4.5 ปฏิกิริยาแกสิฟิเคชันของถ่านหินได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งมีค่าร้อยละความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 500 องศาเซลเซียส เป็น 3.01 - 8.14 โดยปริมาตร และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.07 - 16.32 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เนื่องจาก

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ให้ผลิตภัณฑ์ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และพลังงาน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานจะเป็นสารตั้งต้น ให้แก่ปฏิกิริยา

$$C + CO_2 \longrightarrow 2CO \qquad (2.10)$$

และ

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2O \qquad (2.2)$$

ปฏิกิริยาทั้ง 2 เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ที่อุณหภูมิต่ำ อัตราการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้มีค่าไม่สูง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อย เป็นผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา 2.10 ต่ำ จึงได้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์น้อย ในทางกลับกัน ที่อุณหภูมิสูง อัตราการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้มีค่าสูง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่เกิดขึ้นมีปริมาณสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา 2.10 เพิ่มขึ้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยาทำให้มีปริมาณน้อยลง และผลิตภัณฑ์ คือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณเพิ่มขึ้น

ค่าร้อยละความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจน ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 500 องศาเซลเซียส เป็น 5.89 โดยปริมาตร และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 8.98 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เนื่องจากปฏิกิริยา

$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2 \qquad (2.3)$$

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2 \qquad (2.2)$$

ที่อุณหภูมิสูง อัตราการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้มีค่าสูง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และพลังงานที่เกิดขึ้นมีปริมาณสูง ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับของปฏิกิริยา 2.3 กับปฏิกิริยา 2.2 เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแก๊สไฮโดรเจน มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ค่าร้อยละความเข้มข้นของแก๊สมีเทน ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 500 องศาเซลเซียส เป็น 0.93 - 0.76 โดยปริมาตร และลดลงเป็นร้อยละ 0.57 - 0.36 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เนื่องจากปฏิกิริยา

$$C + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4 \quad \text{(Hydrogasification)}$$

$$CO + 3H_2 \rightleftharpoons CH_4 + H_2O \quad \text{(Methanation)}$$

เป็นปฏิกิริยาที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ผลการทดลองของอุณหภูมิที่มีต่อองค์ประกอบแก๊สในปฏิกิริยาแกสิฟิเคชันถ่านหิน ให้แนวโน้มสอดคล้องกับการทดลองของ Yong Jeon Kim และคณะ [51] โดยปริมาณความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ผลของขนาดอนุภาคถ่านหินที่มีต่อร้อยละความเข้มข้นขององค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

จากข้อมูลจากตารางที่ 4.6 – 4.11 ปฏิกิริยาแกสิฟิเคชันถ่านหินโดยใช้ถ่านหินขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร ได้ผลิตภัณฑ์แก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งมีค่าร้อยละความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 9.17 - 7.38 โดยปริมาตร ซึ่งลดลงเป็นร้อยละ 8.38 - 7.51 โดยปริมาตรที่ขนาดถ่านหิน 4.75-2.36 มิลลิเมตร อาจมาจากสาเหตุ ที่ถ่านหินขนาดเล็กมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาสูง เพราะมีพื้นที่ผิวมาก และแก๊สสามารถแพร่ผ่านได้ดี ส่งผลให้อัตราการทำปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจน กับคาร์บอนในถ่านหินมีอัตราสูง จากสาเหตุที่แก๊สสามารถแพร่ผ่านได้ดี แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น จากการเผาไหม้จึงมีอัตราการแพร่ผ่านออกจากอนุภาคถ่านหินสูง ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์ กับคาร์บอนในถ่านหินน้อย ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จึงสูง กว่าถ่านหินที่มีขนาดใหญ่กว่า

จากเหตุผลเดียวกัน ค่าร้อยละความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และไฮโดรเจนมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดถ่านหินใหญ่ขึ้น โดยค่าร้อยละความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ถ่านหินขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร มีค่า 3.01 - 5.07 โดยปริมาตร ซึ่งเพิ่มเป็นร้อยละ 8.14 - 16.32 โดยปริมาตรที่ขนาดถ่านหิน 2.36-4.75 มิลลิเมตร และค่าร้อยละความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนที่ถ่านหินขนาดเล็กกว่า 0.8 มิลลิเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.09 - 4.38 โดยปริมาตร เป็นร้อยละ 5.89 - 8.984 โดยปริมาตรที่ถ่านหินขนาด 2.36-4.75 มิลลิเมตร

ผลการทดลองของขนาดถ่านหินที่มีปริมาณความเข้มข้นขององค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ให้แนวโน้มเช่นเดียวกันกับการทดลองของ S.K. FOONG และคณะ[45] โดยเมื่อใช้ถ่าน

หินขนาดใหญ่ (2.35 มิลลิเมตร) จะให้แก๊สผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบแก๊สเชื้อเพลิงสูงกว่าเมื่อใช้ถ่านหินขนาดเล็ก (1.75 มิลลิเมตร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย