หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาคาร์บอไนซ์ของถ่านหินนั้นมีจุดประสงค์หลัก เพื่อปรับปรุงคุณภาพของถ่านหิน เริ่มจากการบดและคัดแยกขนาดถ่านหินออกเป็น 4 ช่วงขนาดคือ 0.5-1.0, 1.0-2.0, 2.0-4.0 และ 4.0-6.0 มิลลิเมตร แล้วทำการวิเคราะห์แบบประมาณเพื่อหาคุณสมบัติของถ่านหินที่ใช้ในการทดลอง

5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านหิน

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประมาณ จะพบว่าปริมาณความชื้น สารระเหยและคาร์บอนคงตัวมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณเถ้าในถ่านหินขนาดอนุภาค 0.5-1.0, 1.0-2.0, 2.0-4.0 และ 4.0 -6.0 มิลลิเมตร มีค่าเป็น 12.73, 11.20, 10.22 และ 9.47 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณเถ้าในอนุภาคขนาดเล็กมีมากกว่าในอนุภาคขนาดใหญ่ ส่วนที่เป็นสารประกอบอนินทรีย์มีความเหนียวน้อยกว่าส่วนที่เป็นเนื้อถ่านหิน เมื่อถูกบดส่วนของสารประกอบอนินทรีย์จึงแตกออกเป็นอนุภาคขนาดเล็กมากกว่า เมื่อทำการคัดแยกสารอนินทรีย์จะปนอยู่ในถ่านหินที่มีอนุภาคขนาดเล็กมากกว่าในอนุภาคขนาดใหญ่

การหาศักดิ์ของถ่านหินพิจารณาจากค่าความร้อน (รวมความชื้นและไม่รวมสารอนินทรีย์) ที่ได้ ผลจากค่าความร้อนของทุกขนาดอนุภาค พบว่า ถ่านหินที่ใช้ในการทดลองจัดอยู่ในศักดิ์ซับ-บิทูมินัสซี เปรียบเทียบจากตารางที่ 2.1

5.2 การทดลองการคาร์บอไนซ์ของถ่านหิน

การทดลองคาร์บอไนซ์ของถ่านหินได้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

5.2.1 ผลการทดลองคาร์บอไนซ์ในระบบรีทอร์ทมาตรฐานแบบฟิชเชอร์

การทดลองใช้ถ่านหินหนัก 100 กรัม มีอัตราการเพิ่มความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ที่ความดันบรรยากาศ โดยการปรับระดับน้ำในขวดเก็บก๊าซให้ไหลออกจนระดับน้ำในแมนอมิเตอร์เท่ากัน ตัวแปรที่ศึกษา คืออุณหภูมิในช่วง 250-600 องศาเซลเซียส และขนาดอนุภาคทั้ง 4 ช่วงขนาด เพื่อศึกษาหาปริมาณและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (ถ่านชาร์และน้ำมันทาร์)

5.2.1.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์

พิจารณาปริมาณของถ่านชาร์ ของเหลวและปริมาตรของก๊าซที่ได้จากการคาร์บอไนซ์

5.2.1.1.1 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 4.2 และตารางที่ ข.1 (ภาคผนวก ข) แสดงผลของอุณหภูมิช่วง 250-600 องศาเซลเซียสต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินในช่วงขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร เมื่ออุณหภูมิของระบบสูงขึ้น ทำให้สารประกอบภายในถ่านหินเกิดการแตกตัวไล่สารระเหยและน้ำออกมา แล้วควบแน่นกลายเป็นของเหลวในหลอดรองรับที่แช่อยู่ในอ่างน้ำแข็ง ส่วนที่ไม่ควบแน่นคือก๊าซจะไหลผ่านต่อไปยังขวดเก็บก๊าซ พบว่า ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวใสเท่านั้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 325 องศาเซลเซียสผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวจะมีน้ำมันทาร์ปนออกมา ทั้งนี้เนื่องจากสารระเหยที่อยู่ในถ่านหินเริ่มระเหยออกมา เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 400-475 องศาเซลเซียสปริมาณน้ำมันทาร์ไหลปนออกมากับของเหลวใสมากขึ้น ปริมาณของเหลวเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 23.3 เป็น 26.8 คาดว่าปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้สารประกอบภายในถ่านหินแตกออกมาพร้อมกับสารระเหยและได้ปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้นด้วยจากปริมาตร 6.4 ลิตรเป็น 12.2 ลิตร ที่อุณหภูมิ 475-600 องศาเซลเซียส น้ำหนักของถ่านชาร์มีปริมาณลดลง ในขณะที่ของเหลวมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ อาจเป็นเพราะการแตกตัวขั้นที่สอง (secondary decomposition) ของน้ำมันทาร์กลายเป็นก๊าซ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนัญญา พจนารถ (22) และประโยชน์ ศรีสุภนันต์ (23) พบว่า ปริมาณของของเหลวและก๊าซเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ แต่ปริมาณถ่านชาร์ลดลง

ในทำนองเดียวกันผลของอุณหภูมิต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ในช่วงอนุภาคอื่น ก็มีลักษณะเช่นนี้คล้ายกัน

5.2.1.1.2 ผลของขนาดอนุภาคถ่านหินต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

จากรูปที่ 4.3 ก. ข. ค.และตารางที่ ข.1 ถึง ข.4 แสดงผลของขนาดอนุภาคถ่านหินต่าง ๆ ต่อปริมาณผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ สังเกตผลของปริมาณถ่านชาร์ ของเหลว และปริมาตรของก๊าซที่ได้ในแต่ละช่วงของขนาดอนุภาคมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะปริมาณของถ่านหินที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณน้อยและขนาดของเม็ดถ่านหินไม่ใหญ่มาก ทำให้การกระจายความร้อนในตัวรีทอร์ทเป็นไปอย่างทั่วถึง ดังนั้นขนาดของอนุภาคไม่มีผลต่อปริมาณของถ่านชาร์ ของเหลว และปริมาตรก๊าซ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ อนัญญา พจนารถ (22) และประโยชน์ ศรีสุภนันต์ (23) สรุปไว้ว่า ปริมาณของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ในทุกช่วงขนาดอนุภาคมีปริมาณใกล้เคียงกัน

5.2.1.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

5.2.1.2.1 ผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติของถ่านชาร์

จากรูปที่ 4.4 และ ตารางที่ ค.1 แสดงผลการ

วิเคราะห์แบบประมาณถ่านชาร์ในช่วงขนาดอนุภาค 0.5-1.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิ พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะไล่สารระเหยและน้ำออกมามากขึ้น ปริมาณความชื้นในถ่านชาร์ลดลงมากที่ 250 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณความชื้นจะมีค่าน้อยและคงที่ ส่วนปริมาณสารระเหยของถ่านชาร์เริ่มลดลง เพราะความร้อนที่ให้กับถ่านชาร์สูงขึ้น ทำให้สารระเหยที่อยู่ในถ่านชาร์จะถูกไล่ออกมามากขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 325 องศาเซลเซียสปริมาณของสารระเหยลดลงเล็กน้อย เพราะปริมาณน้ำมันทาร์ไหลปนออกมากับของเหลวใส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากกว่า 400 องศาเซลเซียสปริมาณสารระเหยลดลงมากจาก 35.86 เป็น 28.88 เพราะความร้อนที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยที่ทำให้โครงสร้างโมเลกุลของถ่านหินเกิดการแตกตัวให้สารโมเลกุลเล็กลง และระเหยออกมาได้มากขึ้น ซึ่งปริมาณสารระเหยที่ได้จะลดลงตามอุณหภูมิ

ปริมาณของเถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ เนื่องจากถ่านหินตั้งต้นมีปริมาณสารอนินทรีย์อยู่จำนวนหนึ่ง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นความชื้นและสารระเหยได้หนีออกไปเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ น้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่น้อยทำให้สัดส่วนปริมาณเถ้าที่อยู่ในถ่านชาร์มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ

ปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส สัดส่วนคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น เพราะความชื้นหรือน้ำที่อยู่ในถ่านหินลดลง หลังจากนั้นจะมีการเพิ่มของค่าคาร์บอนคงตัวเล็กน้อย ที่อุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียส ปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นจาก 44.11 เป็น 50.8 เพราะความร้อนที่ให้เข้าไปสูงมากพอที่จะไล่สารระเหย จึงทำให้สัดส่วนของปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงขึ้นตามอุณหภูมิ

ในทำนองเดียวกัน ผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติของถ่านชาร์ในช่วงขนาดอนุภาคอื่น ก็มีลักษณะคล้ายกัน

5.2.1.2.2 ผลของขนาดอนุภาคต่อคุณสมบัติถ่านชาร์ (dry basis)

ปริมาณเถ้าที่เปลี่ยนแปลงมีผลเนื่องจากถ่านหินตั้งต้นของอนุภาคขนาดเล็กมีค่ามากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ทำให้สัดส่วนของปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่เพิ่มมากขึ้นกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ (ดังรูปที่ 4.5 ก.) จะเห็นว่าแนวโน้มของสัดส่วนในอนุภาคขนาดเล็กมีค่าสัดส่วนเพิ่มขึ้นมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่

จากรูปที่ 4.5 ข แสดงปริมาณสารระเหยในช่วงขนาดอนุภาคต่าง ๆ ของถ่านชาร์กับอุณหภูมิที่คาร์บอไนซ์ สรุปได้ว่าปริมาณสารระเหยในแต่ละช่วงขนาดอนุภาคมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะการแตกตัวของถ่านชาร์เป็นของเหลวและก๊าซมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละช่วงขนาดอนุภาค

จากรูปที่ 4.5 ค แสดงปริมาณคาร์บอนคงตัวในช่วงขนาดอนุภาคต่าง ๆ ของถ่านชาร์กับอุณหภูมิ สรุปได้ว่า ปริมาณคาร์บอนคงตัวในอนุภาคขนาดเล็กมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ เพราะเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นปริมาณของสารระเหยจะลดลงและสัดส่วนของปริมาณเถ้าในอนุภาคขนาดเล็กมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ทำให้สัดส่วนของปริมาณคาร์บอนคงตัวในถ่านชาร์ จะมีค่าสูงขึ้นในอนุภาคขนาดใหญ่มากกว่าอนุภาคขนาดเล็ก เช่น ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสมีค่าคาร์บอนคงตัวลดลงจาก 44.17, 44.23, 41.91 และ 40.63 ตามลำดับ

5.2.1.3 ผลการวิเคราะห์น้ำมันทาร์

5.2.1.3.1 ผลของอุณหภูมิต่อกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์

จากรูปที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ของกลุ่มโครงสร้างต่าง ๆ ของน้ำมันทาร์จากการคาร์บอไนซ์ถ่านหินช่วงขนาดอนุภาค 0.5-1.0 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กลุ่มโครงสร้างของไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวจะระเหยออกมาก่อน เนื่องจากเป็นพวกที่มีค่าจุดเดือดต่ำ ส่วนพวกวงแหวนอะโรมาติกจะออกมาภายหลัง เพราะเป็นพวกที่มีจุดเดือดสูงและมีปริมาณมาก ดังนั้นที่อุณหภูมิสูง ๆ ปริมาณของอะโรมาติกจะออกมามากขึ้นดังเช่นที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส สัดส่วนของพวกกลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว : กลุ่มไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว : กลุ่มวงแหวนอะโรมาติก ที่ได้เท่ากับ 0.23 : 0.16 : 0.61 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Ahland (11) ที่ได้ปริมาณของกลุ่มอะโรมาติกมากกว่ากลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว

5.2.1.3.2 ผลของขนาดอนุภาคต่อกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์

ที่อุณหภูมิ 325 องศาเซลเซียส ในอนุภาคขนาดเล็กไอของพวกไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวออกมาได้เร็วกว่าอนุภาคใหญ่ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจะเป็นการเพิ่มความร้อนเข้าไปในถ่านหินได้มากขึ้น พวกไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวที่ยังค้างอยู่ในอนุภาคขนาดใหญ่จึงถูกไล่ออกมามาก (ดังรูปที่ 4.7 ก. และ ข.) ส่วนพวกอะโรมาติกเป็นพวกที่มีจุดเดือดสูงที่อุณหภูมิ 325 องศาเซลเซียสจึงมีสัดส่วนในอนุภาคขนาดเล็กบางส่วน และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นสัดส่วนของพวกอะโรมาติกในอนุภาคขนาดเล็กจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

5.2.2 ผลการทดลองคาร์บอไนเซชันด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน

เหตุผลที่จะนำเทคนิคฟลูอิไดเซชันมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการคาร์บอไนซ์ถ่านหินนี้มาจากการศึกษาในเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ ปรากฏว่า นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ประสบความสำเร็จ การคาร์บอไนซ์ถ่านหินในฟลูอิไดซ์เบด ด้วยเทคนิคนี้การคาร์บอไนซ์จะเกิดได้อย่างสม่ำเสมอ เพราะถ่านหินจะได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงทุกเม็ดถ่านหิน เนื่องจากเม็ดถ่านหินลอย

ตัวอย่างอิสระในเบดอาจจะทำให้การระเหยของไอน้ำและสารระเหยง่าย เคลื่อนตัวหลุดจากเม็ดถ่านหินได้เร็วขึ้น

จากผลของการทดลองในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์นี้ ได้นำบางอย่างมาประยุกต์ใช้กับระบบใหม่นี้ อาทิ การให้ปริมาณความร้อนกับเบดโดยเพิ่มอุณหภูมิภายในเบดนาทีละ 5 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสำหรับการคาร์บอไนซ์เป็นต้น

งานวิจัยในช่วงนี้ได้ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสองตัวแปร กล่าวคืออุณหภูมิและขนาดของอนุภาคถ่านหิน

5.2.2.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้มีถ่านชาร์และของเหลวคล้ายกับในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์

5.2.2.1.1 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์

การทดลองได้เริ่มอุณหภูมิแรกที่ 325 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่น้ำมันทาร์เริ่มระเหยออกจากเม็ดถ่านหิน เพราะว่าอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะมีแต่ความชื้นและสารระเหยง่ายอุณหภูมิต่ำหลุดออกมาเท่านั้น (จากผลการทดลองในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์)

ได้ทดลองใช้เม็ดถ่านหินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร ปริมาณ 200 กรัม พบว่าผลของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งของแข็งและของเหลวนั้นมีลักษณะและปริมาณคล้ายกับในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์ กล่าวคือปริมาณของของเหลวที่ควบแน่นได้มีปริมาณเพิ่มตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ดังนั้นน้ำหนักของแข็ง (ถ่านชาร์ที่เหลืออยู่ในเบด) จึงมีปริมาณลดลง ขณะที่ให้ปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้น ดังผลการทดลองแสดงในรูป 4.8 ซึ่งความร้อนจะไปกระตุ้นหรือทำให้สารประกอบโมเลกุลใหญ่สลายตัวเป็นสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย เมื่อนำถ่านชาร์ที่คาร์บอไนซ์ได้มาวิเคราะห์แบบประมาณพบว่า

ปริมาณของเถ้าในถ่านชาร์มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณของสารระเหย และความชื้นได้หลุดออกจากเม็ดถ่านหินออกไปแล้ว องค์ประกอบใหญ่ ๆ ที่เหลืออยู่จึงมีแต่เถ้า คาร์บอนคงตัวและองค์ประกอบโมเลกุลใหญ่บางตัว ถ้าปริมาณที่มีอยู่เดิมมิได้สูญหายหรือหลุดไปกับความชื้นหรือสารระเหยแล้ว เมื่อนำมาคำนวณใหม่ย่อมต้องมีค่าของปริมาณสูงขึ้นเนื่องจากน้ำหนักที่นำมาใช้เป็นตัวหารมีปริมาณน้อยลง ถ้ามีการระเหยของสารประกอบออกจากเม็ดถ่านหินมากเท่าใด ค่าของเถ้าจึงดูเสมือนว่าปริมาณเพิ่มขึ้นมากเป็นสัดส่วนกัน

ปริมาณของคาร์บอนคงตัวในถ่านชาร์มีปริมาณเพิ่มขึ้นในแนวทางเดียวกับปริมาณของเถ้าที่มีอยู่ในถ่านชาร์ ในทางตรงกันข้ามปริมาณของสารระเหย

ที่คงค้างอยู่ในถ่านชาร์หลังจากผ่านการคาร์บอไนซ์แล้วมีปริมาณลดลง เรื่อย ๆ อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการเพิ่มปริมาณความร้อนให้กับอนุภาคถ่านหินขณะที่ทำการเพิ่มอุณหภูมิของเบด

5.2.2.2.2 ผลของขนาดอนุภาคต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

โดยหลักการทั่ว ๆ ไปแล้ว ถ้าเราใช้ตัวอย่างถ่านหินน้ำหนักเท่ากันและเป็นถ่านหินมาจากแหล่งเดียวกันแล้ว ที่อุณหภูมิ ๆ หนึ่งของการทดลองควรได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวและก๊าซที่ระเหยออกมาจำนวนใกล้เคียงกัน ถ้าปล่อยให้การคาร์บอไนซ์มีช่วงเวลานานพอสมควร แต่ถ้าเวลาที่ใช้ทำงานในแต่ละครั้งไม่นานแล้วขนาดของเม็ดถ่านหินย่อมต้องมีผลต่อการระเหยของสารดังกล่าว ทั้งนี้เพราะถ่านหินที่มีขนาดใหญ่ความร้อนที่จะแพร่กระจายจากผิวภายนอกถึงแกนกลางภายในย่อมต้องใช้ระยะเวลาหนึ่ง จึงจะทำให้ตลอดทั้งเม็ดมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ การทดลองได้ใช้ขนาดของอนุภาคถ่านหิน 4 ขนาด ปรากฏว่าหลังจากการคาร์บอไนซ์แล้วปริมาณของถ่านชาร์และปริมาณของของเหลวที่ได้มีปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าขนาดของอนุภาคถ่านหินในช่วง 0.5-1.0 มม. ถึง 4.0-6.0 มม. ไม่มีผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการคาร์บอไนซ์ (พิจารณาจากรูปที่ 4.9 ก.และ 4.9 ข.) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากขนาดของอนุภาคถ่านหินในช่วงดังกล่าว การแพร่ของปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในเม็ดมีเวลาแตกต่างกันน้อยมาก ยิ่งในระบบฟลูอิไดเซชันด้วยแล้วสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างผนังความร้อนกับเม็ดของแข็งหรือก๊าซที่ทำให้เกิดการฟลูอิไดเซชันมีค่าสูงเมื่อเทียบกับในระบบอื่น (25)

5.2.2.3 คุณสมบัติของถ่านชาร์จากฟลูอิไดซ์เบด

จากผลการทดลองในหัวข้อ 5.2.2.1 และ 5.2.2.2 ที่พบว่าปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ใช้มีปริมาณใกล้เคียงกัน ดังนั้น ถ่านชาร์และของเหลวที่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ควรมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน ดังผลการวิเคราะห์ดังนี้

5.2.2.3.1 ผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติของถ่านชาร์

จากรูปที่ 4.10 และตารางที่ ข.5 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านหินและถ่านชาร์ในช่วงขนาดอนุภาค 0.5-1.0 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิ ผลการทดลองมีลักษณะแนวโน้มคล้ายกันกับระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์ (รูปที่ 4.4) ในทำนองเดียวกันผลของอุณหภูมิที่มีต่อถ่านชาร์ในช่วงขนาดอื่น ๆ ก็ให้ผลการทดลองคล้ายกัน

5.2.2.3.2 ผลของขนาดอนุภาคต่อคุณสมบัติของถ่านชาร์(dry basis)

สามารถกล่าวได้ว่าสมมติฐานที่กล่าวไว้ตอนต้นน่าจะมีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน ดังผลการทดลองในรูป 4.11 ก เป็นปริมาณของถ่านชาร์ รูปที่ 4.11 ข เป็นปริมาณของสารระเหย และรูปที่ 4.11 ค แสดงปริมาณของคาร์บอนคงตัว จะเห็นว่ามีปริมาณ

ใกล้เคียงในทุกขนาดของอนุภาคถ่านหิน ณ อุณหภูมิแต่ละช่วงที่ทดลอง และให้ผลคล้ายคลึงกับผลการทดลองในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์ที่ใช้ขนาดของอนุภาคถ่านหินใน 4 ขนาดที่เหมือนกัน

5.2.2.4 ผลการวิเคราะห์น้ำมันทาร์

5.2.2.4.1 ผลของอุณหภูมิต่อกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์

จากรูปที่ 4.12 และตารางที่ ง.5 แสดงผลการวิเคราะห์ของกลุ่มโครงสร้างต่าง ๆ ของน้ำมันทาร์จากถ่านหินช่วงขนาดอนุภาค 0.5-1.0 มิลลิเมตร พบว่ากลุ่มโครงสร้างของหมู่ไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ คล้ายกับรูปที่ 4.6 แต่ปริมาณที่ได้มีค่าแตกต่างกับในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์ เพราะโครงสร้างของกลุ่มอะโรมาติก อาจเกิดการแตกตัวกลายเป็นกลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวและไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวต่อไป ทำให้ได้อะโรมาติกลดลง คือได้สัดส่วนของพวกกลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว : กลุ่มไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว : กลุ่มวงแหวนอะโรมาติกเป็น 0.36 : 0.26 : 0.38 ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ส่วนผลการทดลองของน้ำมันทาร์ในช่วงขนาดอนุภาคอื่นก็ให้ผลการทดลองคล้ายกัน (ตารางที่ ง.6 ถึง ง.8)

5.2.2.4.2 ผลของขนาดอนุภาคต่อกลุ่มโครงสร้างของน้ำมันทาร์

จากรูปที่ 4.13 ก ข และ ค แสดงผลจากการทดลองได้สัดส่วนของกลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว กลุ่มไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว และพวกอะโรมาติกมีแนวโน้มคล้ายกับในระบบรีทอร์ทแบบพิชเชอร์ คือ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวในอนุภาคขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่แต่กลุ่มอะโรมาติกในอนุภาคขนาดใหญ่มากกว่าช่วงขนาดเล็ก และกลุ่มไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวจะปริมาณใกล้เคียงกัน

5.2.2.5 ก๊าซที่เกิดจากการคาร์บอไนซ์

ได้พยายามวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี เพื่อใช้เป็นแนวความคิดและเปรียบเทียบผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่น ๆ ปรากฏว่าก๊าซที่ได้จะประกอบด้วย CO_2 O_2 และ CH_4 ส่วน H_2S ไม่สามารถตรวจสอบด้วยเครื่องได้ทั้ง ๆ ที่ก๊าซมีกลิ่นฉุน คาดว่าคงมีปริมาณมาก CO_2 และ O_2 จะเกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิของการคาร์บอไนซ์ 400 องศาเซลเซียส แต่ CH_4 จะเกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสขึ้นไป (รูปที่ 4.14) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของประโยชน์ ศรีสุภนันต์ (23) และ Cliff (38)

5.3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคาร์บอไนซ์

5.3.1 ถ่านชาร์ มีลักษณะสีดำและมันเงากว่าถ่านหิน ดังรูปที่ 4.1

5.3.2 ของเหลว ประกอบด้วยของเหลวใส และน้ำมันทาร์ ดังรูปที่ 4.1

5.3.3 ก๊าซที่วิเคราะห์ได้ มีก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย