

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเชื้อเพลิงเหลวที่ภาวะต่าง ๆ โดยตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ เวลาในการเกิดปฏิกิริยา ความดันของไฮโดรเจนบริสุทธิ์ที่ใช้ในปฏิกิริยา อัตราส่วนระหว่างยางรถยนต์ใช้แล้วกับถ่านหินลิกไนต์ และตัวเร่งปฏิกิริยา 3 ชนิดว่ามีผลอย่างไรกับผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวและร้อยละประกอบที่ได้ในภาวะการทดลองต่าง ๆ

ธาตุองค์ประกอบหลักที่มีอยู่ในวัตถุดิบที่จะนำมาทำให้นึกเป็น เชื้อเพลิงเหลวคือ ยางรถยนต์ใช้แล้วกับถ่านหินลิกไนต์

ตารางที่ 4.1 ธาตุองค์ประกอบที่มีในยางรถยนต์และถ่านหินลิกไนต์

ธาตุองค์ประกอบ	ยางรถยนต์ (1)	ลิกไนต์ (2)
<u>Ultimate analysis</u>		
คาร์บอน (C)	76.45	35.25
ไฮโดรเจน (H)	8.21	3.54
ไนโตรเจน (N)	0.62	1.47
ซัลเฟอร์ (S)	2.86	3.96
<u>proximate analysis</u>		
ปริมาณเถ้า (Ash)	5.36	40.40
ปริมาณสารระเหย (VCM)	64.50	37.10
ปริมาณคาร์บอนคงตัว (FC)	30.14	21.89

(1) ข้อมูลยางรถยนต์ จาก บริษัท ดีสโตน อินเตอร์เนชันนัล จำกัด

(2) ข้อมูลถ่านหินลิกไนต์ จาก วิทยานิพนธ์ของ ธาวิณี กิตติเรืองทอง

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ยางรถยนต์มีองค์ประกอบของคาร์บอนมากกว่าลิกไนต์ 2.17 เท่า และมีไฮโดรเจนมากกว่า 2.32 เท่า แสดงให้เห็นว่าในยางรถยนต์มีองค์ประกอบที่เป็นไฮโดรคาร์บอนมากกว่าถ่านหินลิกไนต์ เมื่อเทียบสัดส่วนกันระหว่าง ไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอะตอม (H/C atom) แล้วพบว่าสัดส่วนในยางรถยนต์มีค่ามากกว่า คือมีค่าเท่ากับ 0.107 ส่วนถ่านหินมีค่าเท่ากับ 0.100

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอะตอมที่มีค่ามากจะมีผลทำให้เกิดการแตกตัวของคาร์บอนภายในโมเลกุลได้ง่ายกว่า เนื่องจากไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของวัสดุสามารถทำให้คาร์บอนเกิดการแตกตัวได้ก่อนที่จะมีการดึงไฮโดรเจนจากภายนอกมาใช้ในปฏิกิริยา และส่วนที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนไปเป็นของเหลวได้ดีหรือไม่นั้นก็ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุที่มีในองค์ประกอบของวัสดุด้วย โดยปริมาณธาตุที่มากจะทำให้เกิดการเปลี่ยนไปเป็นของเหลวได้น้อย จากการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่าถ่านหินลิกไนต์ที่นำมาทดลองมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ เพราะว่ามีองค์ประกอบของคาร์บอนและไฮโดรเจนมีค่าต่ำและมีปริมาณธาตุสูงดังตารางที่ 4.1 ดังนั้นในการทดลองในส่วนแรกจึงเลือกวัสดุที่เป็นยางรถยนต์มาใช้ในการทำการทดลอง

ผลการทดลองได้แบ่งเป็นสองส่วนโดยส่วนแรกเป็นการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากวัสดุจากยางรถยนต์ใช้แล้ว ส่วนที่สองเป็นการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากยางรถยนต์ผสมกับถ่านหินลิกไนต์

4.1 ผลการทดลองการผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากยางรถยนต์ใช้แล้ว

4.1.1 ผลของอุณหภูมิกับเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่มีต่อการผลิตเชื้อเพลิงเหลว

การทดลองทำโดยใช้ยางรถยนต์ใช้แล้วที่ตัดขนาด 0.5 x 0.5 x 0.5 เซนติเมตร เป็นวัสดุดิบ เริ่มต้นน้ำหนัก 25 กรัม ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยการเติมไฮโดรเจนบริสุทธิ์ภายใต้ความดัน 30 บาร์ คงที่ พร้อมทั้งแปรเปลี่ยนอุณหภูมิจากช่วง 350 – 450 องศาเซลเซียส ผลแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวโดยรวมของยางรถยนต์ใช้แล้ว ที่อุณหภูมิต่างๆ ในเวลาการเกิดปฏิกิริยาที่ 30 และ 60 นาที

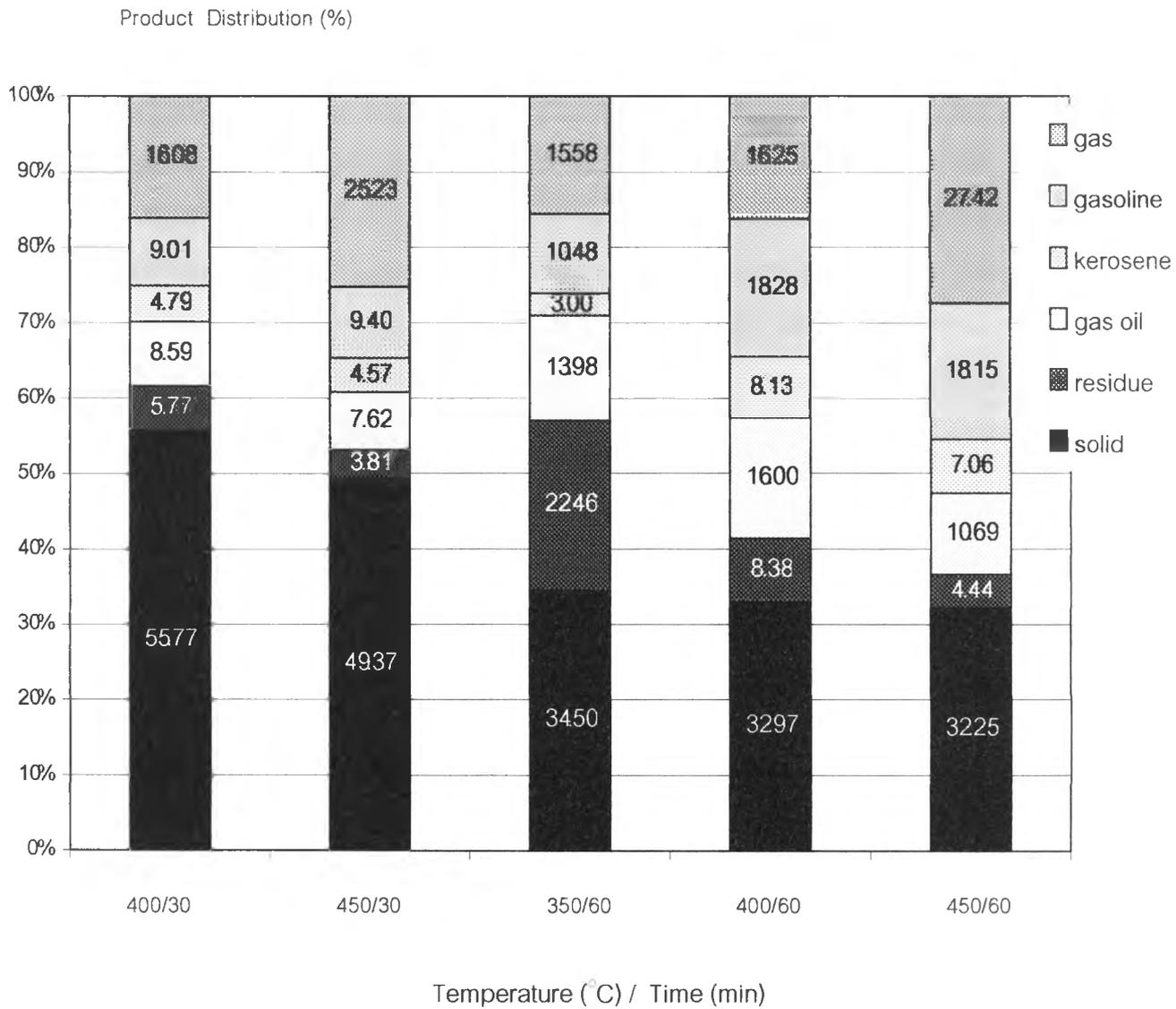
ความดันแก๊สไฮโดรเจนที่ใช้ 30 บาร์	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงโดยรวม ที่อุณหภูมิต่างๆ (องศาเซลเซียส)		
	350	400	450
30 นาที	*	44.23	50.63
60 นาที	65.50	67.03	67.24

* คือ ผลที่ได้ ยางรถยนต์เปลี่ยนรูปจากลักษณะเป็นก้อนไปเป็นผงหนืดไม่สามารถกรองแยกผลิตภัณฑ์ได้

จากตารางที่ 4.2 ร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงโดยรวมจะคิดรวมผลิตภัณฑ์ที่เกิดในรูปของของเหลวและแก๊ส จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแนวโน้มของร้อยละผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงที่ได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นและในส่วนของเวลาก็เช่นเดียวกัน สำหรับในส่วนของกาวิเคราะห์ในเชิงปริมาณและคุณภาพ เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่แน่นอนจึงวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้เป็นการวิเคราะห์หาคุณค่าของน้ำมันดิบเพื่อหาองค์ประกอบและสมบัติของส่วนต่าง ๆ ในน้ำมันดิบ เริ่มต้นหาปริมาณและองค์ประกอบของแก๊สที่มีอยู่โดยวิธี gas chromatography แล้วนำน้ำมันมากลั่นแยกเป็นส่วนตามคาบจุดเดือด (boiling range) อย่างละเอียด นิยมแยกออกเป็นส่วนแคบ ๆ ชนิดคาบจุดเดือดเพียง 5-10 °C วิธีดังกล่าวนี้ใช้ค่าใช้จ่ายแพงมากและเป็นการเปลืองเวลา จึงไม่นิยมใช้ ปัจจุบันจึงได้มีการแยกน้ำมันดิบออกตามคาบจุดเดือดต่าง ๆ ให้พอดีกับที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำมันสำเร็จรูปกล่าวอย่างคร่าวๆสามารถแบ่งได้เป็น

1. พวกที่มีคาบจุดเดือดตั้งแต่ IBP จนถึง 200 °C เรียกว่าส่วนของแก๊สโซลีน (gasoline fraction) มักใช้ในการผลิตน้ำมันเบนซินรถยนต์
2. พวกที่มีคาบจุดเดือดระหว่าง 200-250 °C เรียกว่าส่วนน้ำมันก๊าด (kerosene fraction) มักใช้เป็นน้ำมันก๊าดที่ให้แสงสว่าง ถ้าจุดเกิดควันไม่ต่ำจนเกินไป
3. น้ำมันก๊าดที่มีคุณภาพที่ดี และมีจุดเยือกแข็งต่ำจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงอากาศยานไอพ่นได้ซึ่งต้องขึ้นกับคุณสมบัติอื่น ๆ ด้วย
4. พวกที่มีคาบจุดเดือดระหว่าง 250-370 °C เรียกว่าส่วนของแก๊สออยล์ (gas oil fraction) เหมาะในการนำมาใช้เป็นน้ำมันสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล
5. พวกที่มีคาบจุดเดือดเหนือกว่า 370 °C เรียกว่าส่วนกาก (residue) อาจนำไปใช้ได้หลายอย่างแล้วแต่สมบัติของมัน เช่น นำมาใช้เป็นน้ำมันเตา หรือนำไปผลิตเป็นยางมะตอยหรือผลิตเป็นน้ำมันเครื่อง หรือนำมาเป็นสารป้อน (feed stock) อื่น ๆ

ผลการวิเคราะห์หาคุณค่าของน้ำมันดิบเพื่อหาองค์ประกอบและสมบัติของส่วนต่าง ๆ ในน้ำมันดิบจากตารางที่ 4.2 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับเวลาที่มีต่อกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลว ในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ร้อยละของการกระจายตัวขององค์ประกอบต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 350, 400 และ 450 °C ที่เวลา 30 และ 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนคงที่ 30 บาร์ โดยมียางรถยนต์ 25 กรัมเป็นวัตถุดิบตั้งต้น

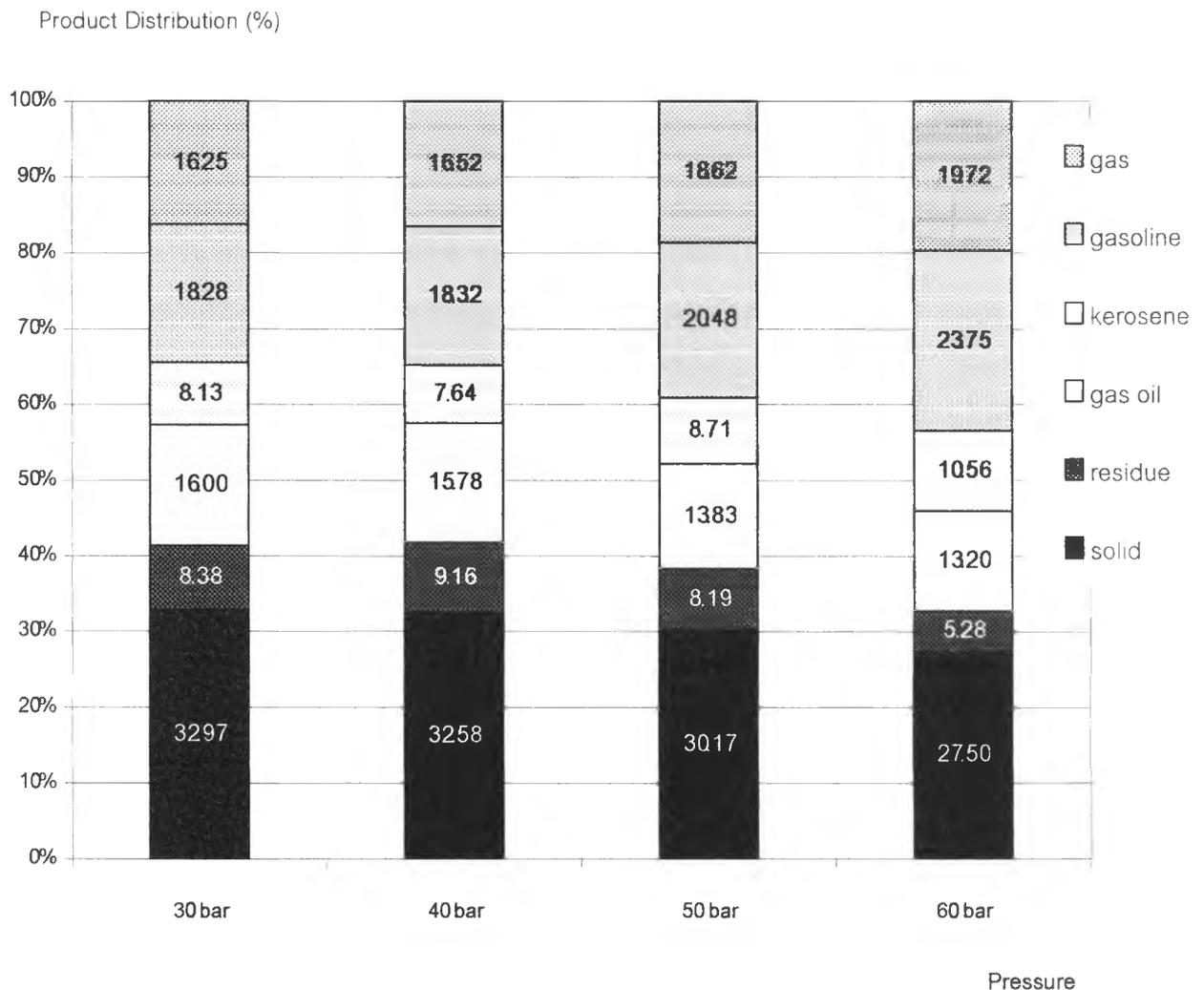
รูปที่ 4.1 แสดงการกระจายตัวขององค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่อุณหภูมิ 350, 400, 450 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการทดลองที่อุณหภูมิ 400 และ 450 องศาเซลเซียส ที่เวลา 30 นาที พบว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะพบองค์ประกอบของแก๊สน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากปฏิกิริยาภายในปฏิกรณ์เริ่มต้นจะเริ่มด้วย Thermal Cracking การให้ความร้อนเพิ่มสูงขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้พันธะของคาร์บอนแยกจากกันเป็นการลดความยาวของพันธะไฮโดรคาร์บอน ทำให้ได้โมเลกุลที่เล็กลงโดยเริ่มจากการเกิด Free radical ทำให้มีการแลกเปลี่ยนไฮโดรเจนอะตอมได้ดีขึ้นและปฏิกิริยาก็ยังดำเนินไปแบบต่อเนื่องโดยมีการสลายโมเลกุลที่ยาวให้สั้นลงต่อไปพร้อมกับการเกิด Free radical ตัวใหม่เพื่อดำเนินการเกิดปฏิกิริยาต่อไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ส่วนมากจะเป็น Kerosene กับ Gas Oil และในส่วนนี้มีการเติมแก๊สไฮโดรเจนเข้าไปให้กับระบบ การเกิดปฏิกิริยา hydrogenation ที่อุณหภูมิสูงจะเกิดได้ดี สังเกตได้ว่าที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ส่วนที่เป็น Residue, Kerosene และ Gas Oil เริ่มต้นนั้นสามารถเปลี่ยนไปเป็นส่วนของ Gasoline กับแก๊สได้ง่าย โดยจะพบสัดส่วนของ Gasoline เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีสัดส่วนของแก๊สเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่สัดส่วนของ Residue, Gas Oil และ Kerosene มีแนวโน้มลดลง

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นการเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ เวลาการเกิดปฏิกิริยา 30 นาที สำหรับที่เวลาการเกิดปฏิกิริยา 60 นาทีนั้นที่อุณหภูมิเดียวกัน เวลาการเกิดปฏิกิริยาที่ 60 นาที จะได้ว่าร้อยละของการเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์มากกว่าที่เวลา 30 นาที และที่เวลา 60 นาทีเช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบกันที่อุณหภูมิ 350, 400 และ 450 องศาเซลเซียส จะมีแนวโน้มคล้ายดังที่กล่าวมาข้างต้นแต่จะเห็นได้ว่า ร้อยละของการเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์แตกต่างกันค่อนข้างน้อยนั้นอาจเป็นเพราะว่าที่เวลา 60 นาทีนั้นเป็นเวลาเพียงพอจะทำให้คาร์บอนที่มีอยู่ในยางรถยนต์ และองค์ประกอบประเภทยาง พอลิเมอร์ เกิดการหลอมหรือแตกพันธะออกไปได้ในอัตราที่มากพอ ในส่วนของแข็งที่เหลือจากปฏิกิริยานี้โดยส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของคาร์บอนคงตัวและเข้าที่มีอยู่ในยางรถยนต์โดยรวมประมาณ 35.5% สังเกตได้ว่าที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ก็เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ได้มากเช่นกันโดยประมาณเกือบ 70% ซึ่งตรงจุดนี้ก็ทำการทดลอง โดยเพิ่มเวลาการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นอีกก็ปรากฏว่าเป็นดังที่คาดไว้ คือได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์แตกต่างจากที่เวลา 60 นาทีไม่มากนัก มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมเล็กน้อย แต่สิ่งที่น่าสังเกตอุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้นองค์ประกอบภายในที่ผลิตภัณฑ์มีสัดส่วนที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส พบว่ามีสัดส่วนที่เป็น Residue สูงที่สุดคือ 22.46% ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิที่ต่ำการเกิด Free radical จะเกิดขึ้นได้ในอัตราที่ต่ำลง ทำให้มีองค์ประกอบที่เป็นสายโซ่โมเลกุลยาวค่อนข้างมาก สัดส่วนที่เป็น Kerosene,

Gasoline กับ Gas มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอื่น และที่อุณหภูมิ 450 ผลิตรภัณฑ์ที่ได้โดยส่วนใหญ่จะมีปริมาณแก๊สค่อนข้างมาก คือ 27.42% โดยมีสัดส่วนของ Residue, Gas Oil, Kerosene และ Gasoline ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสนั้นก็แสดงว่าการเกิดปฏิกิริยาที่เวลา 60 นาที อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียสนั้นไม่เหมาะสมสำหรับกระบวนการที่ต้องการเชื้อเพลิงเหลว สำหรับที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสนั้น จะเห็นได้ว่าปริมาณแก๊สที่ได้มีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียสไม่มากนัก คือ 16.25% กับ 15.58% ตามลำดับ และสัดส่วนของ Gas Oil, Kerosene และ Gasoline ก็มีมากกว่าที่อุณหภูมิ 350 และ 450 องศาเซลเซียสจากรูปที่ 4.1 ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อ ๆ ไป จึงเลือกใช้ภาวะการเกิดปฏิกิริยาที่ 400 องศาเซลเซียส เวลาการเกิดปฏิกิริยา 60 นาทีเป็นหลัก

4.1.2 ผลของความดันแก๊สไฮโดรเจนที่มีต่อกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลว

ทดลองโดยใช้ยางรถยนต์ใช้แล้วที่ตัดขนาด 0.5 x 0.5 x 0.5 เซนติเมตร เป็นวัตถุดิบ เริ่มต้นน้ำหนัก 25 กรัม ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวภายใต้อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส คงที่ และเวลาการเกิดปฏิกิริยาคงที่ 60 นาที พร้อมกับแปรเปลี่ยนความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้นที่ 30,40,50 และ 60 บาร์ ผลการทดลองที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.2

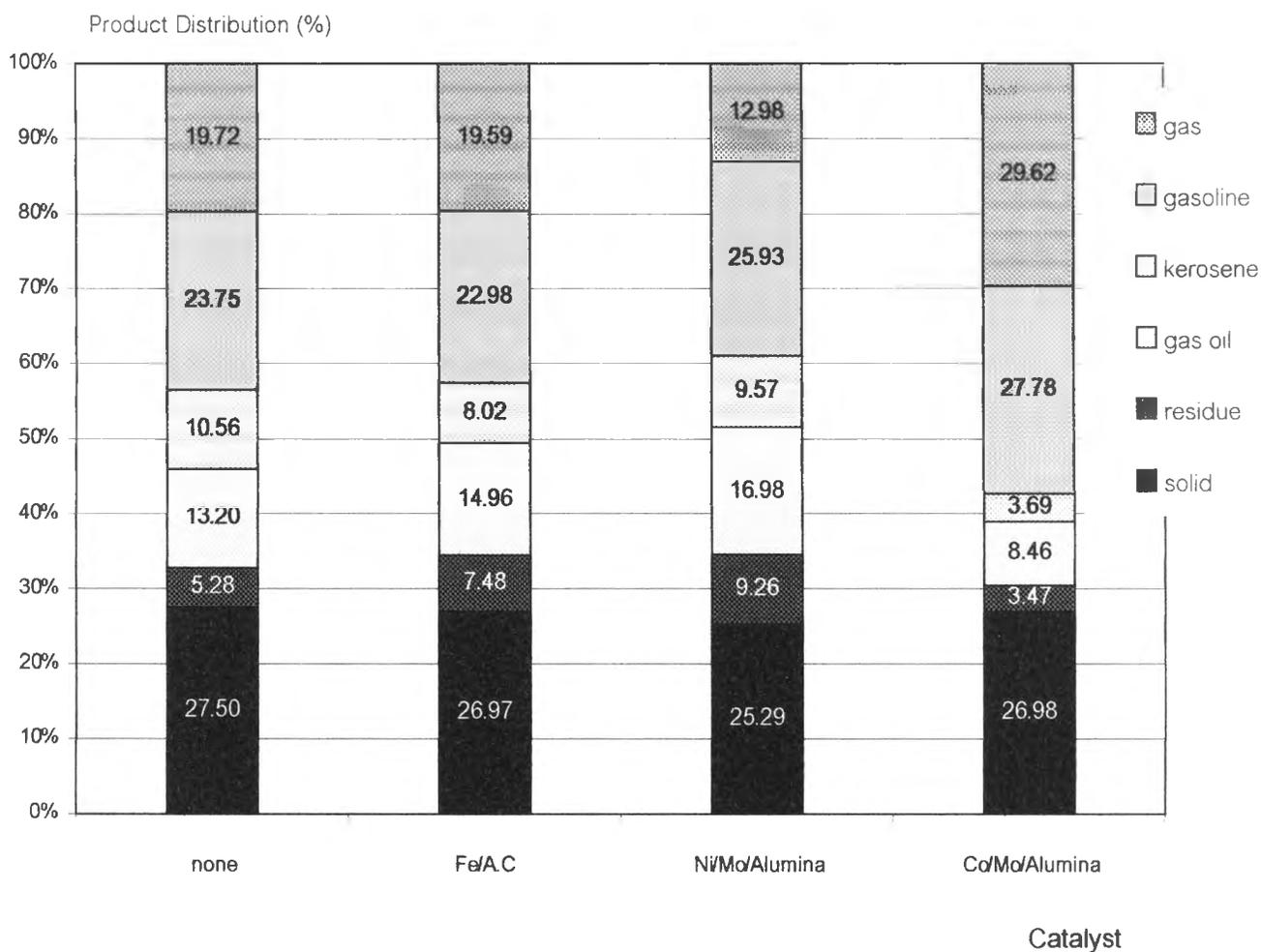


รูปที่ 4.2 ร้อยละของการกระจายตัวขององค์ประกอบต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังเก็บปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสคงที่ และเวลาการเกิดปฏิกิริยาคงที่ 60 นาที พร้อมกับแปรเปลี่ยนความดันแก๊สไฮโดรเจนที่ 30,40,50 และ 60 บาร์ โดยมียางรถยนต์ 25 กรัม เป็นวัตถุดิบตั้งต้น

จากรูปที่ 4.2 ผลของการแปรเปลี่ยนค่าความดันแก๊สไฮโดรเจน พบว่ามีผลต่อร้อยละของการเปลี่ยนให้เป็นผลิตภัณฑ์โดยรวมค่อนข้างน้อยแต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่สิ่งที่สังเกตได้ชัดเจนก็คือเมื่อความดันเพิ่มขึ้น องค์ประกอบของแก๊สโซลีนในเชื้อเพลิงเหลวจะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับอย่างเห็นได้ชัด ในส่วนของ kerosene จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย องค์ประกอบของ gas oil ในเชื้อเพลิงเหลวมีแนวโน้มที่ลดลง เช่นเดียวกับส่วนของ residue แต่ส่วนของผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความดันให้กับระบบ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าการเพิ่มความดันให้กับระบบจะมีส่วนช่วยในการเกิดปฏิกิริยา hydrogenation และ hydrocracking โดยโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนที่เติมลงไปจะทำให้สารตั้งต้นเกิดสลายตัวเป็นสายโซ่โมเลกุลที่สั้นลงในกลไกของการเกิดปฏิกิริยาแบบ Free radical โดยสังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์โดยรวมกับร้อยละของ Gasoline ที่เพิ่มขึ้นที่ความดัน 30 บาร์ ได้ Gasoline 18.28% ส่วนที่ 60 บาร์ ได้ Gasoline 23.75 % ซึ่งในการทดลองขั้นต่อไป ในการแปรเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาจะใช้ภาวะที่ความดันแก๊สไฮโดรเจน 60 บาร์ เนื่องจากให้ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่มีคุณภาพและปริมาณมากกว่าภาวะอื่นที่ทำการทดลอง พร้อมทั้งกำหนดอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ในการศึกษาขั้นต่อไป

4.1.3 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิด ที่มีต่อองค์ประกอบของน้ำมันที่ได้ โดยใช้เหล็กบนถ่านกัมมันต์ (Fe/Active Carbon), นิกเกิลโมลิบดีนัมบนอะลูมินา(Ni/Mo/Al₂ O₃) และโคบอลต์โมลิบดีนัมบนอะลูมินา(Co/Mo/Al₂ O₃)เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ทดลองโดยใช้ยางรถยนต์ใช้แล้วที่ตัดขนาด 0.5 x 0.5 x 0.5 เซนติเมตร เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น น้ำหนัก 25 กรัม ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวภายใต้อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสคงที่ และเวลาการเกิดปฏิกิริยาคงที่ 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจน 60 บาร์ ความคุมขนาดอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ขนาดเท่ากันคือ 250 ไมครอนหรือ 60 เมช ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้เท่ากันคือ น้ำหนัก 1.0 กรัม ได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันดิบเพื่อหาองค์ประกอบและสมบัติของส่วนต่าง ๆ ในน้ำมันดิบสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของการแปรเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิด ที่มีต่อกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลว แสดงในรูปที่ 4.3

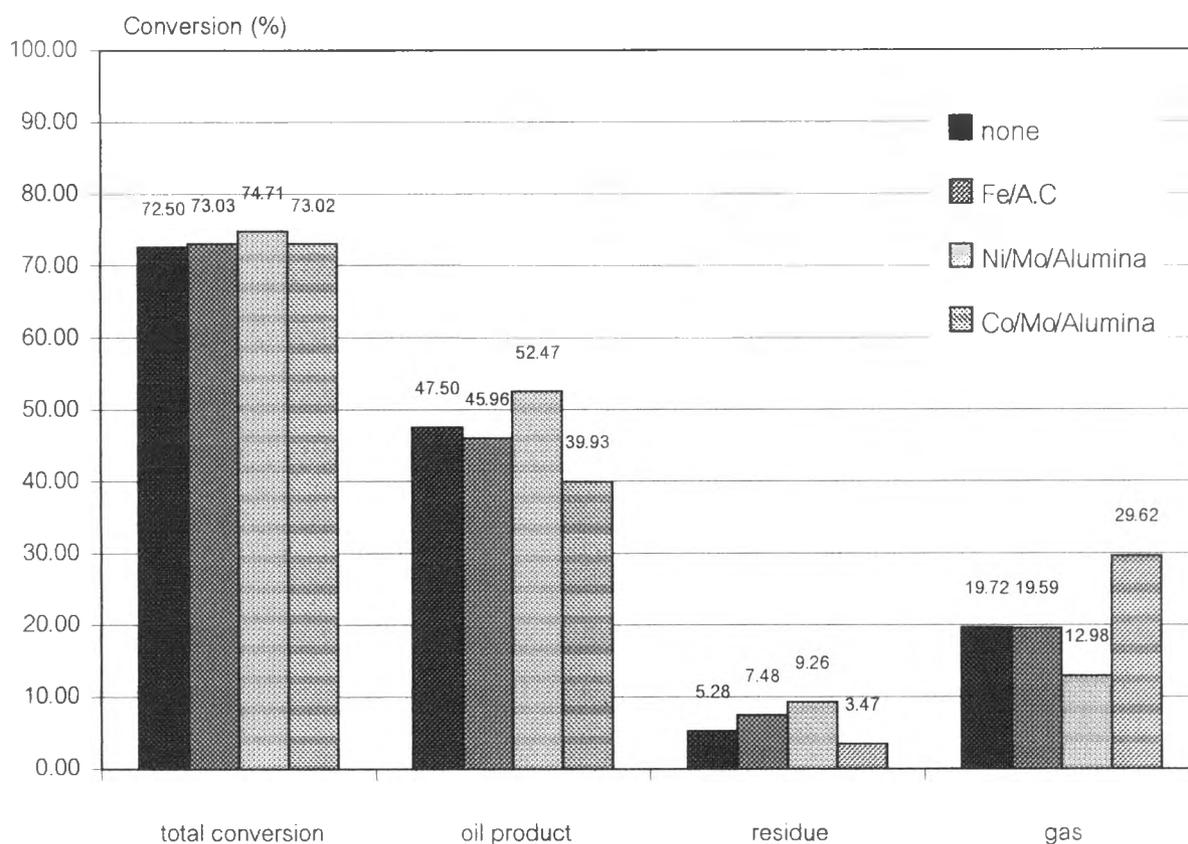


รูปที่ 4.3 ร้อยละของการกระจายตัวขององค์ประกอบต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังเกิดปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลาการเกิดปฏิกิริยา 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจน 60 บาร์ พร้อมกับแปรเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิดโดยมียางรถยนต์ 25 กรัมเป็นวัตถุตั้งต้น

เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลในผลที่เกิดจากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิดสามารถนำข้อมูลจากกราฟรูปที่ 4.3 มาเขียนอยู่ในรูปของร้อยละผลิตภัณฑ์รวมซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลวกับแก๊ส (Total conversion) แล้วแยกองค์ประกอบในส่วนนี้ออกมา 3 ส่วนด้วยกันคือ

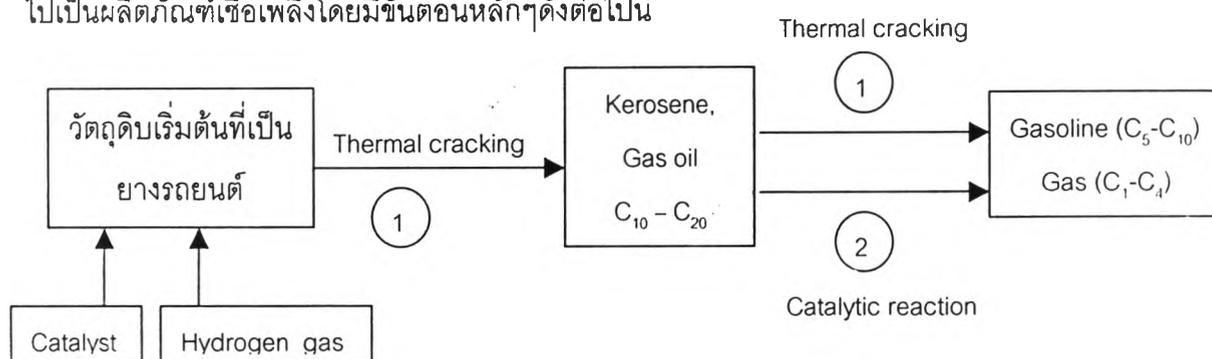
1. ผลิตภัณฑ์น้ำมัน (Oil product) ประกอบด้วย gasoline,kerosene และ gas oil
2. ส่วนที่เป็นกาก (Residue)
3. ผลิตภัณฑ์แก๊ส (Gas)

โดยเขียนได้ดังในกราฟรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบผลของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ ,นิกเกิลโมลลิบดีนัมบนอะลูมินา และโคบอลต์โมลลิบดีนัมบนอะลูมินา ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลว ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลาการเกิดปฏิกิริยา 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจน 60 บาร์ โดยมียางรถยนต์ 25 กรัม เป็นวัตถุตั้งต้น

เมื่อมีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปในระบบสามารถเกิดขึ้นตอนการเปลี่ยนจากวัตถุดิบเริ่มต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงโดยมีขั้นตอนหลักๆดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการเกิด Thermal cracking กับ Catalytic reaction

1. การเกิด Thermal cracking

เมื่อเริ่มโดยให้ความร้อนอย่างรวดเร็วกับระบบประกอบกับการเติมแก๊สไฮโดรเจนลงไป ในขั้นตอนนี้จะเกิดปฏิกิริยา hydrogenation เป็นการลดความยาวโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนเริ่มต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ จะได้ Kerosene กับ Gas oil เป็นส่วนมาก ซึ่ง Kerosene กับ Gas oil ที่ได้นี้มีขนาดโมเลกุลที่พอเหมาะที่จะเข้ากับขนาดรูพรุนของตัวพองตัวเร่งปฏิกิริยา และปฏิกิริยานี้ก็ยังคงดำเนินไปจนถึงสิ้นสุดปฏิกิริยา

2. การเกิด Catalytic reaction

ในขั้นตอนนี้ Kerosene กับ Gas oil จะถูกทำให้เป็นโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนที่เล็กลงด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นส่วนใหญ่ (hydrocracking) ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อมาจะเป็นผลิตภัณฑ์ของ Gasoline ซึ่งมีค่า C_5-C_{10} และได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็น Gas ซึ่งมีค่า C_1-C_4 ตามลำดับ

ในขั้นตอนที่กล่าวมานั้นจะนำมาประกอบกับการอธิบายผลที่เกิดจากการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา

4.1.3.1 ผลของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ (Fe/Active Carbon)

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างระบบที่ไม่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าร้อยละของการเปลี่ยนไปเป็นเชื้อเพลิงเหลวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และสัดส่วนที่เป็นน้ำมันประเภท Gasoline มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากคือ 23.75 กับ 22.98 % ส่วนค่าของ Kerosene มีค่าลดลงเล็กน้อยจาก 10.56 เป็น 8.02 % ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปแก๊สลดลงน้อยมากจาก 19.72 เป็น 19.59 % ส่วนของ Gas oil และ Residue มี

แนวโน้มเพิ่มมากขึ้นจาก 13.20 เป็น 14.96 % และ 5.28 เป็น 7.48 % ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.4 แสดงว่าตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา Hydrogenation น้อยมากโดยสังเกตจากผลิตภัณฑ์โดยรวมเพิ่มขึ้นน้อยมาก และไม่มีผลต่อการเกิด Hydrocracking ใน Catalytic reaction เลย ในกรณีวัตถุดิบเริ่มต้นเป็นยางรถยนต์ 100% ทั้งนี้เนื่องมาจากเหล็กที่อยู่ในรูปของเหล็กออกไซด์ จะเกิดการเปลี่ยนรูปไปเป็นเหล็กซัลไฟด์ เมื่อมีการเติมแก๊สไฮโดรเจนที่ความดันสูงสามารถทำให้เกิดกลุ่มของมอนอซัลไฟด์ได้มาก การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นน้อยมากอีกส่วนหนึ่งคือ ความว่องไวของเหล็กต่อปฏิกิริยา hydrogenation นั้นมีความว่องไวในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบลำดับความว่องไวของโลหะตัวเร่งปฏิกิริยาที่เลือกใช้ในงานวิจัยสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ Ni > Co > Fe ถ้าเปรียบเทียบพื้นที่ผิวรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาแต่ละตัว ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์จะมีพื้นที่ผิวรูพรุนมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมบนอะลูมินา และตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์โมลิบดีนัมบนอะลูมินา จากผลการทดลองคาดว่าพื้นที่ผิวรูพรุนจะมีผลกับการเกิดปฏิกิริยาเฉพาะในช่วงเริ่มแรก เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปที่ภาวะอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการรวมตัวของโลหะตัวเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากความร้อน พร้อมทั้งเกิดการอุดตันที่รูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ผิวสัมผัสที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนลดลง ดังนั้นการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลิตภัณฑ์ที่ได้น่าจะมีผลมาจากเปอร์เซ็นต์การกระจายตัว และค่าความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของโลหะตัวเร่งปฏิกิริยาแต่ละตัวมากกว่า

4.1.3.2 ผลของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมบนอะลูมินา (Ni/Mo/Al₂O₃)

เมื่อเปรียบเทียบตัวเร่งปฏิกิริยาอื่นๆที่เติม พบว่าได้ร้อยละของการเปลี่ยนไปเป็นเชื้อเพลิงเหลว มีค่าสูงสุด 74.71% และสัดส่วนที่เป็นน้ำมันประเภท Gasoline และ Gas oil ก็เพิ่มขึ้นตามด้วย ดังรูปที่ 4.4 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สจะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาอื่นๆและส่วนที่เป็นกาก (residue) มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมบนอะลูมินามีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา Hydrogenation มากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาอื่นๆ จากงานวิจัยของ Peter J. Redlich, M. Marchall (1,2), ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมบนอะลูมินาคู่โลหะ Ni กับ Mo มีการประสานงานกันได้ดีในการช่วยให้เกิดปฏิกิริยา hydrogenation โดยการกระจายตัวของคู่โลหะในช่วงเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาจะมีมากกว่าคู่โลหะ Co กับ Mo และเมื่อเปรียบเทียบความว่องไวของโลหะแต่ละตัวในการเกิดปฏิกิริยา hydrogenation แล้วสามารถเรียงตามลำดับความว่องไวได้ดังนี้ Ni > Mo > Co สังเกตจากผลิตภัณฑ์โดยรวมที่เพิ่มขึ้น และยังมีผลต่อการเกิด Hydrocracking ใน Catalytic reaction เช่นกันและข้อดีอีก

ส่วนหนึ่งก็คือผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปแก๊สมีค่าลดลงคือจาก 19.72 เป็น 12.98 % เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเชื้อเพลิงเหลวเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

4.1.3.3 ผลของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์โมลิบดีนัมบนอะลูมินา (Co/Mo/Al₂O₃)

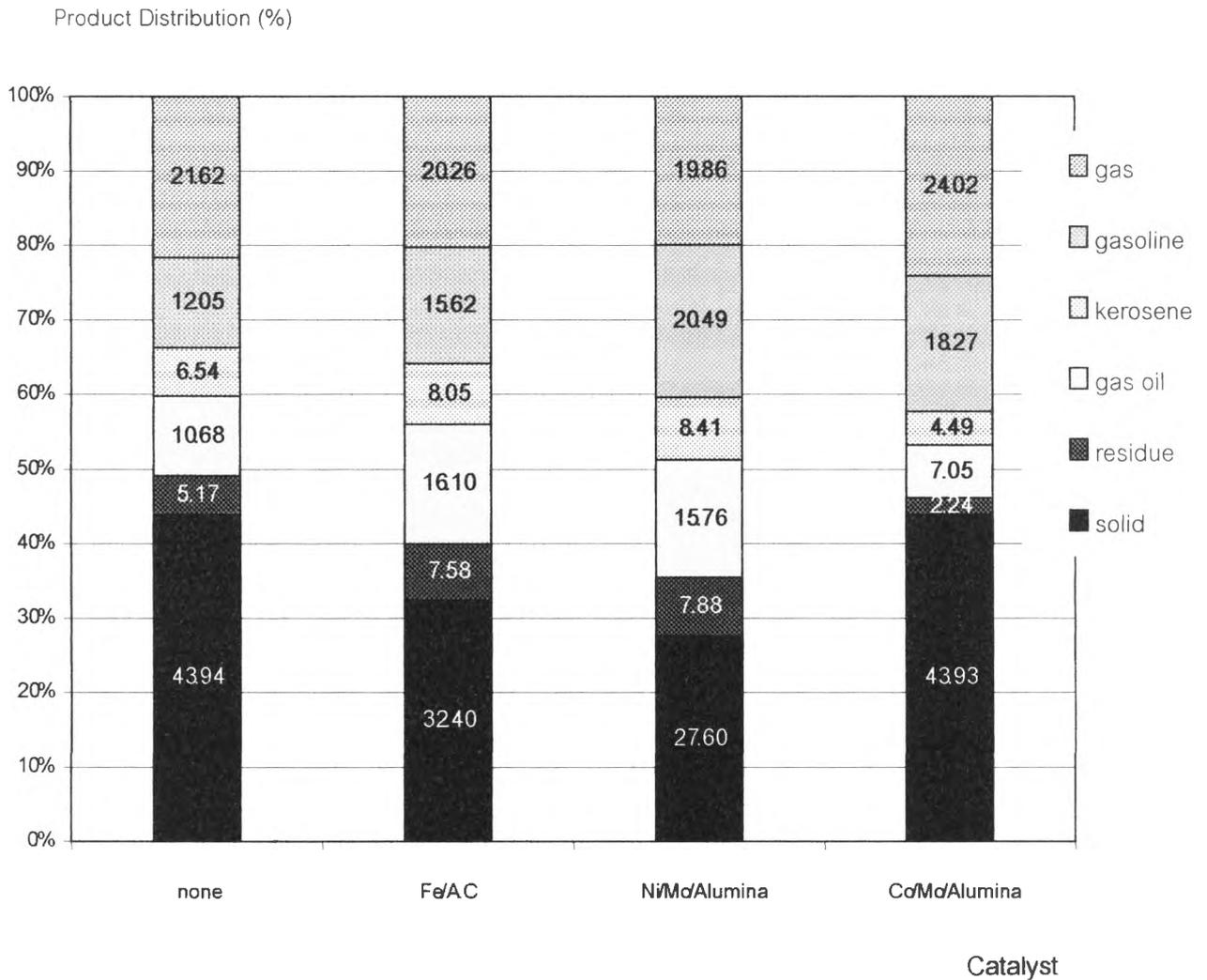
เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างระบบที่ไม่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าร้อยละของการเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงโดยรวมเพิ่มขึ้นน้อยมากจากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์โมลิบดีนัมบนอะลูมินามีผลทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปแก๊สมากมีค่าสูงถึง 29.62% และพบว่าสัดส่วนที่เป็นน้ำมันประเภท Gasoline ที่ได้มีค่าสูงกว่าการใช้โมลิบดีนัมบนอะลูมินาคือ 27.78 กับ 25.93% ตามลำดับและพบว่าสัดส่วนของ Kerosene , Gas oil และ Residue มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างระบบที่ไม่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยาอื่นๆ แสดงว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์โมลิบดีนัมบนอะลูมินาไม่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา Hydrogenation โดยสังเกตจากผลิตภัณฑ์โดยรวมมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่จะมีผลมากต่อการเกิด Hydrocracking ใน Catalytic reaction เนื่องจากสัดส่วนที่เป็นน้ำมันประเภท Gasoline ที่ได้มีค่าสูงและมีผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปแก๊สเกิดขึ้นมาก

4.2 ผลการทดลองทำเชื้อเพลิงเหลวจากวัตถุดิบผสมระหว่างยางรถยนต์ใช้แล้วกับถ่านหินลิกไนต์

4.2.1 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยา 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กบนถ่านกัมมันต์ (Fe/Active Carbon), นิกเกิลโมลิบดีนัมบนอะลูมินา (Ni/Mo/Al₂O₃) และโคบอลต์โมลิบดีนัมบนอะลูมินา (Co/Mo/Al₂O₃) ที่มีต่อกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวโดยใช้วัตถุดิบร่วมระหว่างยางรถยนต์ใช้แล้วกับถ่านหินลิกไนต์ ที่อัตราส่วนร้อยละ 80 กับ 20 โดยน้ำหนักวัตถุดิบเริ่มต้น

ทดลองโดยใช้อัตราส่วนระหว่างยางรถยนต์ใช้แล้วกับถ่านหินลิกไนต์ที่อัตราส่วนร้อยละ 80 ต่อ 20 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวภายใต้อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสคงที่ และเวลาการเกิดปฏิกิริยาคงที่ 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 60 บาร์ ความเข้มข้นอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ขนาดเท่ากันคือ 250 ไมครอนหรือ 60 เมช ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้เท่ากันคือ น้ำหนัก 1.0 กรัม ได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพในน้ำมันดิบสามารถนำมาเขียน

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ใช้แล้วที่อัตราส่วนร้อยละ 20 ต่อ 80 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบตั้งต้นเพราะอัตราส่วนนี้ให้ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงสุดจากการทดลองพื้นฐานพร้อมทั้งแปรเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิด ที่มีผลต่อกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลว แสดงในรูปที่ 4.6

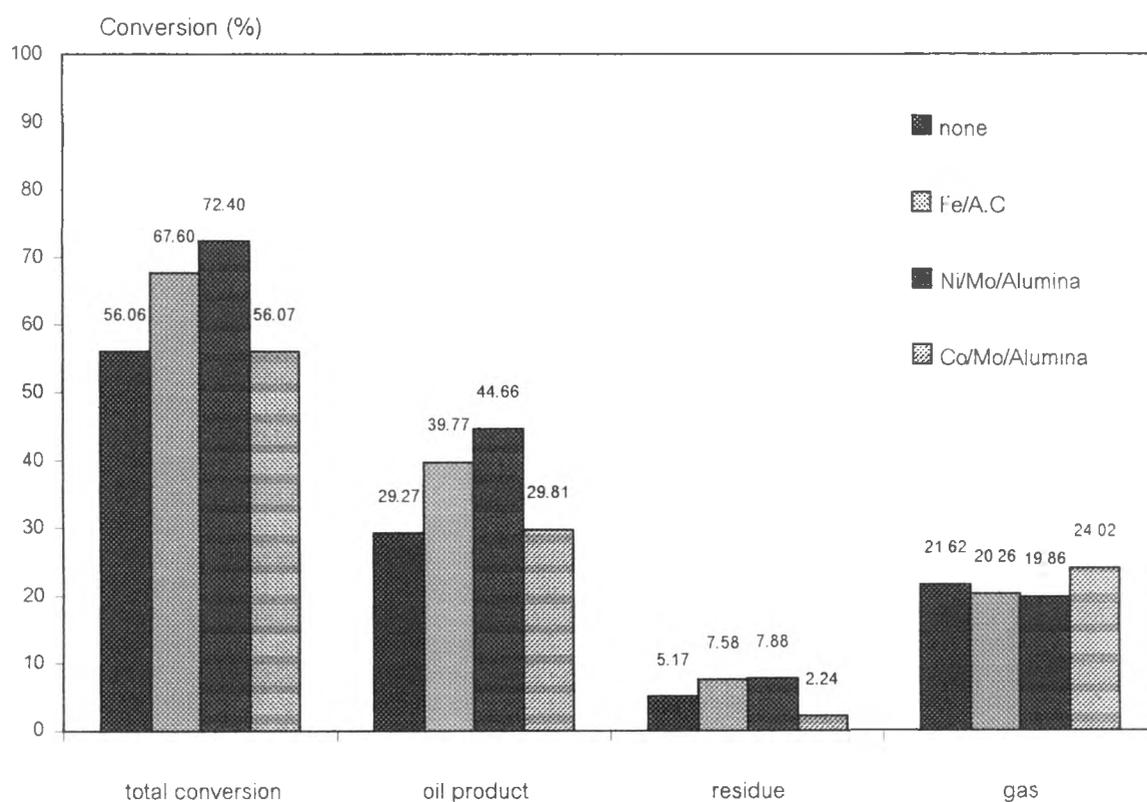


รูปที่ 4.6 ร้อยละของการกระจายตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลาการเกิดปฏิกิริยา 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจน 60 บาร์ พร้อมกับแปรเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิดโดยใช้อัตราส่วนระหว่างถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ใช้แล้วที่อัตราส่วนร้อยละ 20 ต่อ 80 โดยน้ำหนักของวัสดุตั้งต้น

เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลในผลที่เกิดจากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิดสามารถนำข้อมูลจากกราฟรูปที่ 4.6 มาเขียนอยู่ในรูปของร้อยละผลิตภัณฑ์รวมซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลวกับแก๊ส (Total conversion) แล้วแยกองค์ประกอบในส่วนนี้ออกมา 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ผลิตภัณฑ์น้ำมัน (Oil product) ประกอบด้วย gasoline,kerosene และ gas oil
2. ส่วนที่เป็นกาก (Residue)
3. ผลิตภัณฑ์แก๊ส (Gas)

โดยเขียนได้ดังในกราฟรูปที่ 4.7



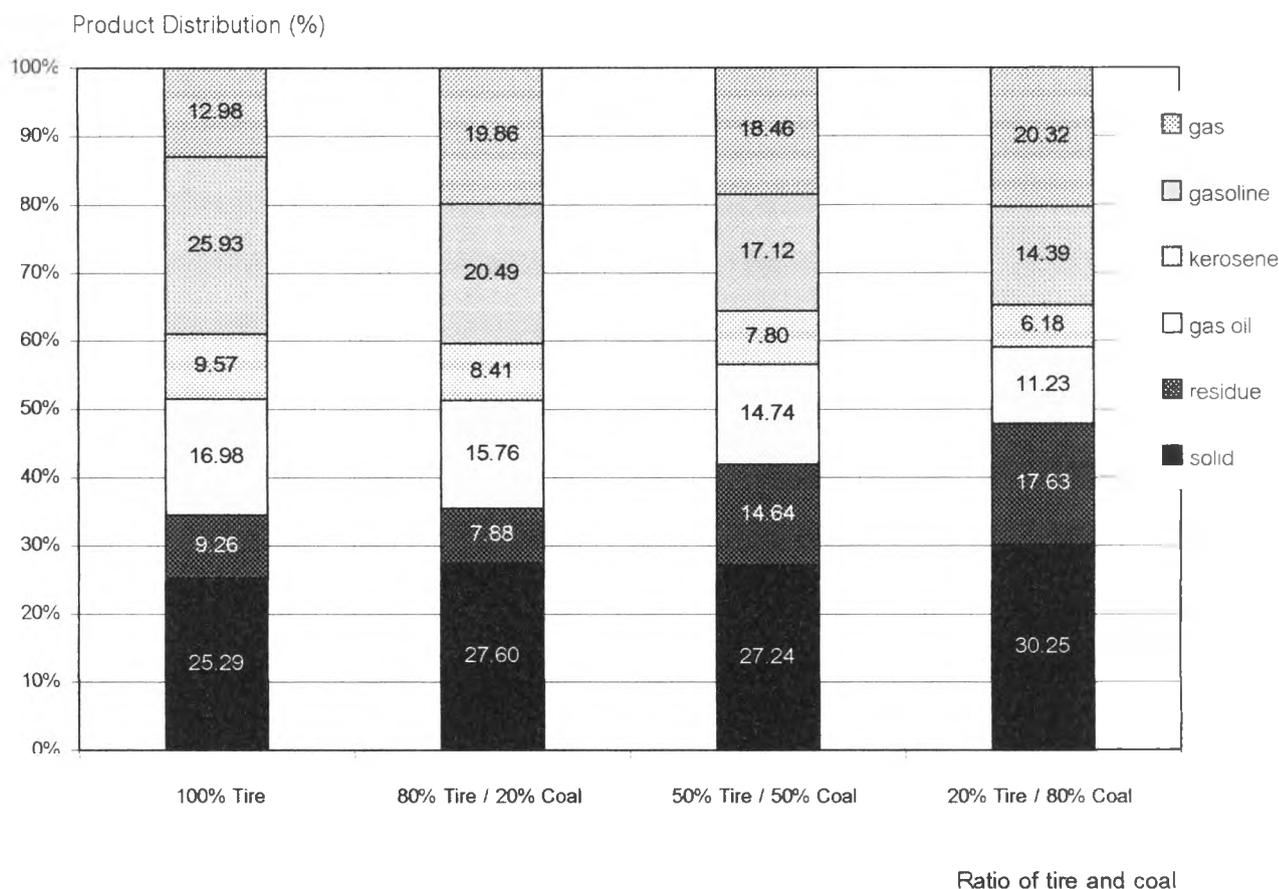
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบผลของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ ,นิกเกิลโมลลิบดีนัมบนอะลูมินา และโคบอลต์โมลลิบดีนัมบนอะลูมินา ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลาการเกิดปฏิกิริยา 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 60 บาร์ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ที่ใช้แล้วที่อัตราส่วนร้อยละ 20 ต่อ 80 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบตั้งต้น

จากรูปที่ 4.4 และ 4.7 ค่าร้อยละของการเปลี่ยนให้เป็นผลิตภัณฑ์โดยรวมมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับการใช้สารตั้งต้นเป็นยางรถยนต์ 100 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนที่เป็นน้ำมัน(Oil product) ประเภท แก๊สโซลีน, น้ำมันก๊าด และแก๊สออยล์ ก็ลดลงด้วยเช่นเดียวกันและยังพบว่าการเกิดปฏิกิริยาร่วมระหว่าง ถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ใช้แล้วอัตราส่วนร้อยละ 20 ต่อ 80 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวผลของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมบนอะลูมินาก็ยังให้ผลิตภัณฑ์โดยรวมและสัดส่วนที่เป็นน้ำมัน(Oil product) ประเภท แก๊สโซลีน, น้ำมันก๊าด และแก๊สออยล์ที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาอื่นๆ ที่เติมในระบบ ในส่วนผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สนั้นค่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้สารตั้งต้นเป็นยางรถยนต์ 100 เปอร์เซ็นต์แต่จะมีกรณีที่ใช้โคบอลต์โมลิบดีนัมบนอะลูมินาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเกิดปฏิกิริยาร่วมระหว่างถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ใช้แล้วที่อัตราส่วนร้อยละ 20 ต่อ 80 โดยน้ำหนักพบว่าส่วนผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สนั้นค่าจะลดลงเมื่อเทียบกับกรณีใช้สารตั้งต้นเป็นยางรถยนต์ 100 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นกาก (residue) จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน สิ่งที่น่าสังเกตอีกส่วนหนึ่งก็คือ เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ในการเกิดปฏิกิริยาร่วมระหว่างถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ใช้แล้วที่อัตราส่วนร้อยละ 20 ต่อ 80 โดยน้ำหนักพบว่าค่าร้อยละของการเปลี่ยนให้เป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงโดยรวมเพิ่มมากขึ้น จากการทดลองก่อนหน้านี้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์ไม่มีผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงโดยรวมเมื่อใช้ยางรถยนต์ 100% ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยามีขนาดที่ใกล้เคียงกับขนาดของถ่านหินที่มีอยู่ในระบบ 20% คือขนาด 250 ไมครอน ในปฏิกรณ์เริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอนุภาคของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กบนถ่านกัมมันต์สามารถเกิดการสัมผัสกันหรือมีการกระจายตัวได้ดีระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยากับอนุภาคของถ่านหิน ทำให้มีการเกิดปฏิกิริยา Hydrogenation ในส่วนของถ่านหินก่อนที่โมเลกุลของยางรถยนต์จะหลอมละลายแล้วเกิดปฏิกิริยาไปพร้อมกัน ซึ่งผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงโดยรวมที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจได้มาจากปฏิกิริยาที่เกิดกับถ่านหินลิกไนต์ ในตอนเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาในระบบ

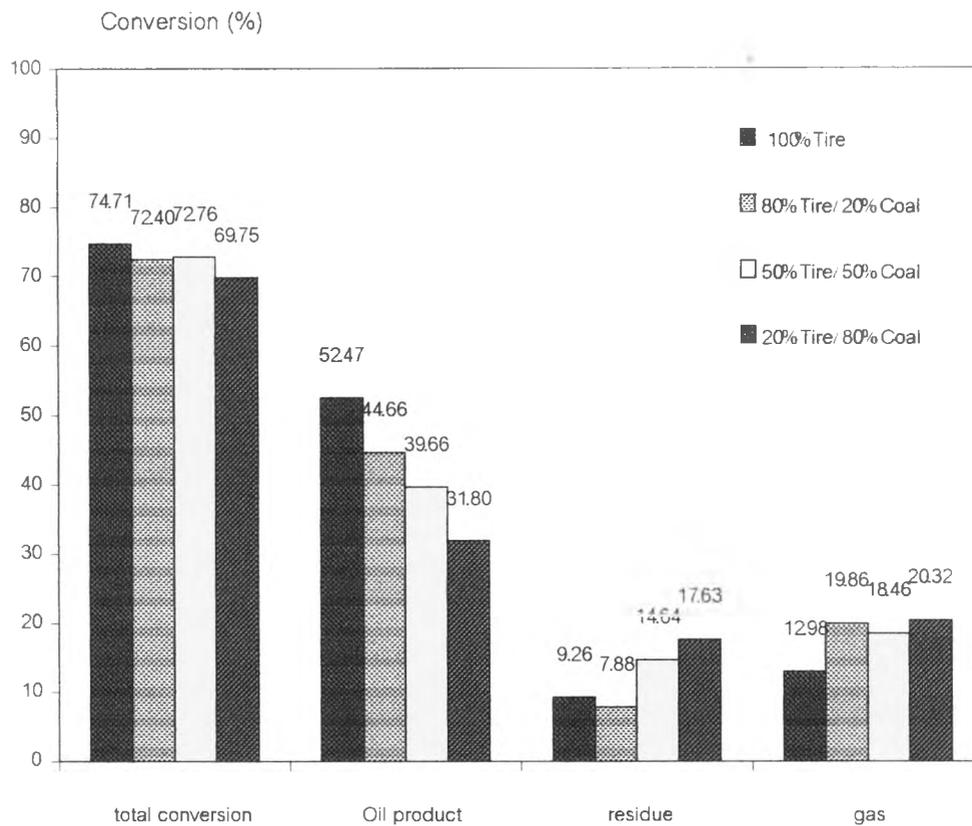
อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ก็ยังคงพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมบนอะลูมินาก็ยังให้ผลของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงโดยรวมและสัดส่วนองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์มีปริมาณและคุณภาพที่ดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาอื่น ๆ ในการทดลองต่อไปจึงเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลิบดีนัมบนอะลูมินา

4.2.2 ผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างยางรถยนต์ใช้แล้วกับถ่านหินลิกไนต์ที่มีต่อองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์

จากข้อมูลในขั้นต้นที่ได้กล่าวมาจะเห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่นำมาใช้กับกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลวในปฏิกริยาร่วมระหว่างถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ใช้แล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเชื้อเพลิงเหลวมากที่สุดคือ ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลโมลลิบดีนัมบนอะลูมินา ซึ่งในขั้นต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ใช้แล้วที่ค่าต่างๆโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นนิกเกิลโมลลิบดีนัมบนอะลูมินา ซึ่งได้ผลการทดลองตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.8 ร้อยละของการกระจายตัวขององค์ประกอบต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังเกิดปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลาการเกิดปฏิกิริยา 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 60 บาร์ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ นิกเกิลโมลลิบดีนัมบนอะลูมินา พร้อมกับแปรเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ใช้แล้วที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนักของวัตถุดิบตั้งต้น



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบผลของการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์
ใช้แล้วที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนักของวัตถุดิบตั้งต้น โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล
โมลิบดีนัมบนอะลูมินา ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเหลว ที่อุณหภูมิ 400 องศา
เซลเซียส เวลาการเกิดปฏิกิริยา 60 นาที ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 60 บาร์

จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 ที่ภาวะการเกิดปฏิกิริยาเดียวกันค่าร้อยละของการเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์โดยรวมมีค่าลดลงตามลำดับที่สัดส่วนการใช้ถ่านหินร้อยละ 20, 50 และร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์น้ำมัน (Oil product) ประเภท Gasoline, Kerosene และ Gas oil มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการใช้ปริมาณถ่านหินเพิ่มขึ้น และยังพบว่าส่วนที่เป็น Residue กับ Gas มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของถ่านหินลิกไนต์ในปฏิกิริยา สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ร้อยละของการเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์โดยรวมมีค่าลดลง เพราะว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณถ่านหินเข้าไปในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากถ่านหินที่ใช้ในการทดลองมีคุณภาพต่ำมีปริมาณของกำมะถันและเมื่อเทียบสัดส่วนธาตุองค์ประกอบภายในพบว่าไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอะตอม (H/C atom) มีค่าลดลงตามตารางที่ 4.3 ซึ่งจะเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณขององค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ลดลง โดยจะมีผลต่อการเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์โดยรวมทำให้มีค่าลดลง เนื่องจากไฮโดรคาร์บอนที่ลดลงนั้นอาจมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการแตกตัวไปเป็นผลิตภัณฑ์ ส่วน residue ที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดมาจากถ่านหินลิกไนต์ซึ่งโครงสร้างของคาร์บอนภายในถ่านหินมีการเกาะกันแน่น จึงทำให้การแตกตัวเป็นโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนสายสั้นเป็นไปได้ยาก มีผลทำให้ได้ Oil Product ลดลง

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอะตอม (H/C atom) ในวัตถุดิบตั้งต้นระหว่าง ถ่านหินลิกไนต์กับยางรถยนต์ใช้แล้วที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนยางรถยนต์ใช้แล้วกับลิกไนต์	ไฮโดรเจน (H)	คาร์บอน(C)	(H/C atom)
ยางรถยนต์ใช้แล้ว 100%	8.210	76.450	0.107
ยางรถยนต์ใช้แล้ว 80%ลิกไนต์ 20%	7.276	68.210	0.106
ยางรถยนต์ใช้แล้ว 50%ลิกไนต์ 50%	5.875	55.850	0.105
ยางรถยนต์ใช้แล้ว 20%ลิกไนต์ 80%	4.474	43.490	0.103

หมายเหตุ ข้อมูลข้างต้นได้จากตารางที่ 4.1