หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๖

สรุปผลการทดลอง

จากข้อมูลทั้งหมดในบทที่แล้ว เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมมาพิจารณา พบว่า เมื่อทำการสังเคราะห์ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ ความเร็วเชิงสเปซ ๒,๐๐๐ ต่อชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิจาก ๒๒๐ °ซ เป็น ๒๕๐, ๒๘๐, และ ๓๑๐ °ซ พบว่าการเปลี่ยนรูปของก๊าซสังเคราะห์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ก็มีค่า ๒๕.๔๕, ๓๑.๐๘, ๔๖.๖๑ และ ๗๖.๑๖ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๘ สอดคล้องกับการทดลองของแอนเดอร์สัน (๒๒) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ สุรพงษ์ ศุภจรรยา ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาตัวเดียวกัน แต่ทำการสังเคราะห์ในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบสเลอรี (๘)

เมื่อพิจารณาถึงการกระจายของผลิตภัณฑ์สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ในรูปของส่วนประกอบ (composition) โดยนำมาจัดรวมกลุ่ม จะได้ ๓ กลุ่ม คือ กลุ่มก๊าซ ($C_1 - C_4$) กลุ่มก๊าซโซลีน ($C_5 - C_{11}$) (๕๖) และกลุ่ม C_{12}^+ ดังแสดงในตารางที่ ๖.๑ เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอม พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณก๊าซมีค่าเพิ่มขึ้นจาก ๒๑.๘๐ เป็น ๓๙.๘๓, ๔๗.๘๑ และ ๕๑.๓๓ เปอร์เซนต์ แต่ปริมาณ C_{12}^+ มีค่าลดลงจาก ๔๖.๒๐ เหลือ ๑๘.๕๐, ๘.๒๕ และ ๓.๕๔ เปอร์เซนต์ ที่อุณหภูมิ ๒๒๐, ๒๘๐ และ ๓๑๐ °ซ ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของแอนเดอร์สัน (๒๒) และ สุรพงษ์ ศุภจรรยา ซึ่งกล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะได้ผลิตภัณฑ์สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่ำลง

เมื่อพิจารณาถึงการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง พบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก ๒๒๐ เป็น ๒๕๐, ๒๘๐ และ ๓๑๐ °ซ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมจะเกิดมากขึ้นจาก ๐ เป็น ๒.๒๒, ๗.๔๑ และ ๓๑.๔๐ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๑๑ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้เกิดจากปฏิกิริยา วอเทอร์ – ก๊าซชิฟท์ โดยน้ำซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงของกระบวนสังเคราะห์แบบ ฟิสเชอร์ – โทรปช์ เข้าไปทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับก๊าซไฮโดรเจน (๑๖, ๒๒)

ตารางที่ ๖.๑ แสดงการกระจายของผลิตภัณฑ์สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่สภาวะต่าง ๆของการปฏิบัติการโดยการจัดรวมกลุ่ม (๑)

อุณหภูมิ (°ซ)	ความดัน (บรรยากาศ)	ความเร็วเชิงสเปซ (ต่อชั่วโมง)	Fe (๒)			Fe + std ZSM - 5			Fe + prep ZSM - 5		
			$C_1 - C_4$	$C_5 - C_{11}$	C_{12}^+	$C_1 - C_4$	$C_5 - C_{11}$	C_{12}^+	$C_1 - C_4$	$C_5 - C_{11}$	C_{12}^+
๒๒๐	๑๐	๒,๐๐๐	๒๑.๘๐	๓๒.๐๐	๔๖.๒๐	๑๘.๒๘	๓๐.๐๑	๕๑.๗๑	๑๗.๒๘	๓๑.๕๗	๕๑.๑๕
๒๕๐	๑๐	๒,๐๐๐	๓๔.๘๓	๔๑.๖๗	๑๘.๕๐	๔๓.๗๐	๔๖.๑๔	๑๐.๑๑	๔๗.๓๔	๔๕.๗๔	๖.๘๗
๒๘๐	๑๐	๒,๐๐๐	๔๗.๘๑	๔๓.๔๔	๘.๒๕	๕๐.๑๔	๔๘.๓๐	๐.๕๑	๕๑.๒๔	๔๗.๒๖	๑.๔๕
๓๑๐	๑๐	๒,๐๐๐	๕๑.๓๓	๔๕.๑๓	๓.๕๔	๔๗.๔๔	๕๑.๖๔	๐.๔๒	๕๒.๓๐	๔๖.๕๒	๑.๑๘
๓๑๐	๑๐	๓,๐๐๐	๕๓.๔๗	๔๐.๒๔	๕.๗๔	๔๗.๐๗	๕๒.๒๒	๐.๗๑	๕๖.๘๔	๔๒.๔๗	๐.๖๔
๓๑๐	๑๐	๔,๐๐๐	๔๗.๔๑	๔๔.๔๖	๘.๑๓	๔๘.๑๖	๔๔.๗๘	๒.๐๖	๕๖.๔๒	๔๒.๘๕	๐.๗๓
๓๑๐	๒๐	๔,๐๐๐	๔๔.๔๘	๕๑.๖๔	๓.๘๘	๓๕.๔๘	๖๓.๑๗	๐.๘๕	๔๕.๘๐	๕๒.๔๖	๑.๒๔

(๑) ในรูปของส่วนประกอบ (composition)

(๒) ปริมาตรของตัวเร่งปฏิกิริยาที่นำมาใช้คำนวนก็อปริมาตรของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมรวมกับปริมาตรของตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ไม่ใช่ปริมาตรของตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมตัวเดียว

เมื่อความเร็วเชิงสเปซมีค่าเพิ่มขึ้นจาก ๒,๐๐๐ เป็น ๓,๐๐๐ และ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง แล้วทำการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ ๓๑๐° ซ และความกัน ๑๐ บรรยากาศ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอม จะให้ค่าการเปลี่ยนรูปของก๊าซสังเคราะห์ลดลงจาก ๗๖.๑๖ เหลือ ๕๒.๑๘ และ ๔๑.๘๕ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๘ สอดคล้องกับการทดลองของแอนเดอร์สัน (๒๒) และ สุรพงษ์ ศุภจรรยา ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาตัวเดียวกัน แต่ปฏิบัติการในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบสเลอร์รี (๘)

เมื่อพิจารณาถึงการกระจายของผลิตภัณฑ์สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในตารางที่ ๖.๑ พบว่า เมื่อความเร็วเชิงสเปซมีค่าเพิ่มขึ้นจาก ๒,๐๐๐ เป็น ๓,๐๐๐ และ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมจะให้ปริมาณก๊าซโซลีนไม่ต่างกันมากนัก คือ ๔๕.๑๓, ๔๐.๒๔ และ ๔๔.๔๖ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ สุรพงษ์ ศุภจรรยา ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาตัวเดียวกัน แต่ทำการสังเคราะห์ในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบสเลอร์รี (๘) ส่วนปริมาณ C_{12}^{+} มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วเชิงสเปซสูงขึ้น คือมีค่า ๓.๕๔, ๕.๗๕ และ ๘.๑๓ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ที่ความเร็วเชิงสเปซต่ำ (๒,๐๐๐ ต่อชั่วโมง) น้ำซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงของกระบวนการสังเคราะห์แบบ ฟิสเชอร์ – โทรปช์ เกิดมากขึ้น และเข้าไปแย่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่ให้ทำปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป เพื่อเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน ตามสมการของปฏิกิริยา วอเทอร์ – ก๊าซชิฟท์ (๑๖, ๒๒) เมื่อปฏิกิริยาลูกโซ่ถูกยับยั้ง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่ได้ จึงน้อยลง (C_{12}^{+}= ๓.๕๔ เปอร์เซนต์) แต่ความเร็วเชิงสเปซสูง (๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง) น้ำที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยกว่า จึงเข้าไปแย่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้น้อยกว่าปฏิกิริยาลูกโซ่ สามารถเกิดต่อไปได้ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่ได้ จึงมากขึ้น (C_{12}^{+} = ๘.๑๓ เปอร์เซนต์)

เมื่อพิจารณาถึงการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า เมื่อความเร็วเชิงสเปซมีค่าเพิ่มขึ้นจาก ๒,๐๐๐ เป็น ๓,๐๐๐ และ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงจาก ๓๑.๔๐ เหลือ ๒๐.๐๐ และ ๑๑.๘๘ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๑๑ แสดงให้เห็นว่า ที่ความเร็วเชิงสเปซต่ำ (๒,๐๐๐ ต่อชั่วโมง) น้ำซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงของกระบวนการสังเคราะห์แบบ ฟิสเชอร์ – โทรปช์ เกิดมากกว่าที่ความเร็วเชิงสเปซสูง (๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง) จึงเกิดปฏิกิริยา วอเทอร์ –

ก๊าซซิฟท์ (๑๖, ๒๒) ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า

ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอม ให้การเปลี่ยนรูปของก๊าซสังเคราะห์ ๔๑.๘๕ เปอร์เซนต์ ในขณะที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศให้การเปลี่ยนรูปของก๊าซสังเคราะห์สูงกว่า คือ ๕๕.๑๘ เปอร์เซนต์ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๘ สอดคล้องกับการทดลองของแอนเดอร์สัน (๒๒) และ สุรพงษ์ ศุภจรรยา ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาตัวเดียวกัน แต่ทำการสังเคราะห์ในเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบสเลอร์รี (๘)

เมื่อพิจารณาถึงการกระจายของผลิตภัณฑ์สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในตาราง ที่ ๖.๑ ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมให้ก๊าซโซลีน ๔๔.๔๖ เปอร์เซนต์ ในขณะที่ ๒๐ บรรยากาศให้ก๊าซโซลีนมากกว่า คือ ๕๑.๖๔ เปอร์เซนต์ ส่วนปริมาณ C_{12}^{+} ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศมีค่า ๘.๑๓ เปอร์เซนต์ มากกว่าที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ ซึ่งมีค่า ๓.๘๘ เปอร์เซนต์ ทั้งนี้เพราะที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ น้ำซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียงของกระบวนสังเคราะห์แบบ ฟิสเชอร์ – โทรปช์ เกิดมากกว่าที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ และเข้าไปแย่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่ให้ทำปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไปเพื่อเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน ตามสมการของปฏิกิริยา วอเทอร์–ก๊าซซิฟท์ (๑๖, ๒๒) เมื่อปฏิกิริยาลูกโซ่ถูกยับยั้ง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่ได้จึงน้อยลง (C_{12}^{+}= ๓.๘๘ เปอร์เซนต์) ในขณะที่ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ น้ำที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยกว่า จึงเข้าไปแย่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้น้อยกว่า ปฏิกิริยาลูกโซ่สามารถเกิดต่อไปได้ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงที่ได้ จึงมากขึ้น (C_{12}^{+} = ๘.๑๓ เปอร์เซนต์)

เมื่อพิจารณาถึงการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ๓๙.๓๘ เปอร์เซนต์ มากกว่าที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ ซึ่งมีค่า ๑๑.๘๘ เปอร์เซนต์ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๑๑ แสดงให้เห็นว่า ที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ น้ำซึ่งเป็นผลิตข้างเคียงของกระบวนการสังเคราะห์แบบฟิสเชอร์ – โทรปช์ เกิดมากกว่า ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ จึงเกิดปฏิกิริยา วอเทอร์ – ก๊าซซิฟท์ (๑๖, ๒๒) ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า

เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 กับตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอม พบว่าการเปลี่ยนรูปของก๊าซสังเคราะห์มีแนวโน้มเหมือนกันกับเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมตัวเดียว คือการเปลี่ยนรูปของก๊าซสังเคราะห์มีค่ามากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ลดลงเมื่อความเร็ว

เชิงสเปซมีค่ามากขึ้น และที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศจะให้ค่าการเปลี่ยนรูปสูงกว่าที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล ให้ค่าการเปลี่ยนรูปของก๊าซสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ ๒๒๐, ๒๕๐, ๒๘๐ และ ๓๑๐ °ซ เท่ากับ ๑๗.๗๓, ๓๘.๐๘, ๔๗.๐๙ และ ๗๘.๘๑ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และที่ความเร็วเชิงสเปซ ๒,๐๐๐, ๓,๐๐๐ และ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง มีค่า ๗๘.๘๑, ๖๔.๘๐ และ ๕๕.๓๙ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ มีค่า ๕๕.๓๙ เปอร์เซนต์ ในขณะที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ มีค่า ๗๙.๔๖ เปอร์เซนต์ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๙ และเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเอง จะเห็นว่าการเปลี่ยนรูปของก๊าซสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ ๒๒๐, ๒๕๐, ๒๘๐ และ ๓๑๐ °ซ มีค่า ๒๖.๗๖, ๓๔.๙๗, ๕๔.๕๙ และ ๗๗.๔๖ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และที่ความเร็วเชิงสเปซ ๒,๐๐๐, ๓,๐๐๐ และ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง มีค่า ๗๗.๔๖, ๕๖.๙๙ และ ๕๑.๓๘ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ มีค่า ๕๑.๓๘ เปอร์เซนต์ ในขณะที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ มีค่า ๘๓.๒๔ เปอร์เซนต์ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๑๐

เมื่อพิจารณาถึงการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 กับตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอม จะให้ผลซึ่งมีแนวโน้มเหมือนกันกับเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมตัวเดียว คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ลดลงเมื่อความเร็วเชิงสเปซมีค่ามากขึ้น และที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล ให้ค่าการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ ๒๒๐, ๒๕๐, ๒๘๐ และ ๓๑๐ °ซ เท่ากับ ๐, ๑.๗๔, ๑๒.๒๑ และ ๓๓.๔๐ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และที่ความเร็วเชิงสเปซ ๒,๐๐๐, ๓,๐๐๐ และ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง มีค่า ๓๓.๔๐, ๒๗.๘๐ และ ๒๓.๗๘ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ มีค่า ๒๓.๗๘ เปอร์เซนต์ ในขณะที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ มีค่า ๓๘.๔๒ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๑๒ และเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเองผสมตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอม พบว่าการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ ๒๒๐, ๒๕๐, ๒๘๐ และ ๓๑๐ °ซ มีค่า ๐, ๑.๕๕, ๑๔.๕๔ และ ๒๘.๕๐ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และที่ความเร็วเชิงสเปซ ๒,๐๐๐, ๓,๐๐๐ และ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง มีค่า ๒๘.๕๐, ๒๑.๐๘ และ ๑๕.๗๕ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

ที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ มีค่า ๑๕.๗๕ เปอร์เซนต์ ในขณะที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ มีค่า ๓๖.๗๖ เปอร์เซนต์ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๑๓

เมื่อพิจารณาถึงการกระจายของผลิตภัณฑ์สารประกอบไฮโดรคาร์บอน จะดูปริมาณก๊าซโซลีน และ C_{12}^{+} เปรียบเทียบกันระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมกับตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ที่สภาวะการปฏิบัติการเดียวกัน จากตารางที่ ๖.๑ พบว่าที่อุณหภูมิ ๒๒๐ °ซ ความดัน ๑๐ บรรยากาศ และความเร็วเชิงสเปซ ๒,๐๐๐ ต่อชั่วโมง ส่วนประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมให้ก๊าซ ๒๑.๘๐ เปอร์เซนต์, ก๊าซโซลีน ๓๒.๐๐ เปอร์เซนต์ และ C_{12}^{+} ๔๖.๒๐ เปอร์เซนต์ ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ของบริษัทโมบิล ให้ก๊าซ ๑๘.๒๘ เปรอ์เซนต์, ก๊าซโซลีน ๓๐.๐๑ เปอร์เซนต์ และ C_{12}^{+} ๕๑.๗๑ เปอร์เซนต์ และตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ที่เตรียมเอง ให้ก๊าซ ๑๗.๒๘ เปอร์เซนต์, ก๊าซโซลีน ๓๑.๕๗ เปอร์เซนต์ และ C_{12}^{+} ๕๑.๑๕ เปอร์เซนต์ แสดงให้เห็นว่า ที่อุณหภูมิ ๒๒๐ °ซ ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ที่ผสมลงไป ไม่มีผลต่อการกระจายของผลิตภัณฑ์สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น ๒๕๐, ๒๘๐ และ ๓๑๐ °ซ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 จะให้ปริมาณ C_{12}^{+} น้อยกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมตัวเดียว แต่ให้ปริมาณก๊าซโซลีนมากกว่า โดยที่อุณหภูมิ ๒๕๐ °ซ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมให้ C_{12}^{+} ๑๘.๕๐ เปอร์เซนต์ เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ของบริษัทโมบิลลงไปให้ C_{12}^{+} ๑๐.๑๑ เปอร์เซนต์ และเมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ที่เตรียมเองลงไปให้ C_{12}^{+} ๖.๘๗ เปอร์เซนต์ ในทำนองเดียวกัน ที่อุณหภูมิ ๒๘๐ °ซ C_{12}^{+} จะลดลงจาก ๘.๒๕ เปอร์เซนต์ เหลือ ๐.๕๑ และ ๑.๔๕ เปอร์เซนต์ และที่อุณหภูมิ ๓๑๐ °ซ ลดลงจาก ๓.๕๔ เปอร์เซนต์ เหลือ ๐.๔๒ และ ๑.๑๘ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในขณะที่ก๊าซโซลีนเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ ๒๕๐ °ซ เพิ่มขึ้นจาก ๔๑.๖๗ เปอร์เซนต์ เป็น ๔๖.๑๔ และ ๔๕.๗๔ เปอร์เซนต์ ที่อุณหภูมิ ๒๘๐ °ซ เพิ่มขึ้นจาก ๔๓.๔๔ เปอร์เซนต์ เป็น ๔๔.๓๐ และ ๔๗.๒๖ เปอร์เซนต์ และที่อุณหภูมิ ๓๑๐ °ซ เพิ่มขึ้นจาก ๔๕.๑๓ เปอร์เซนต์ เป็น ๕๑.๖๔ และ ๔๖.๕๒ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM - 5 ที่ผสมลงไปช่วยแตกหักสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ (C_{12}^{+}) ได้ดีที่อุณหภูมิ

สูง (มากกว่า ๒๕๐ °ซ) ทำให้ได้กาซโซลีนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล จะให้กาซโซลีนสูงกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเอง การที่ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 สามารถตัดช่วงการกระจายของผลิตภัณฑ์สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ทำให้ C_{12}^{+} ลด และกาซโซลีนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับกลไกของปฏิกิริยาซึ่งเสนอโดย อินุอิ (๓๔)

ที่ความเร็วเชิงสเปซ ๒,๐๐๐, ๓,๐๐๐ และ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง ก็พบว่าให้ผลทำนองเดียวกัน คือ ที่ความเร็วเชิงสเปซ ๒,๐๐๐ ต่อชั่วโมง ตังเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมให้ C_{12}^{+} ๓.๕๔ เปอร์เซนต์ เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ลงไปจะเห็นว่า C_{12}^{+} ลดลงเหลือ ๐.๔๒ เปอร์เซนต์ (เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล) และ ๑.๑๔ เปอร์เซนต์ (เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเอง) ในขณะที่กาซโซลีนเพิ่มขึ้นจาก ๔๕.๑๓ เปอร์เซนต์ เป็น ๕๑.๖๔ และ ๔๖.๕๒ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ส่วนที่ความเชิงสเปซ ๓,๐๐๐ ต่อชั่วโมง C_{12}^{+} ลดลงจาก ๕.๓๔ เปอร์เซนต์ เหลือ ๐.๓๑ และ ๐.๖๔ เปอร์เซนต์ ในขณะที่กาซโซลีนเพิ่มขึ้นจาก ๔๐.๖๔ เปอร์เซนต์ เป็น ๕๒.๖๖ และ ๔๒.๔๗ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และที่ความเร็วเชิงสเปซ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง C_{12}^{+} ลดลงจาก ๘.๑๓ เปอร์เซนต์ เหลือ ๒.๐๖ และ ๐.๓๓ เปอร์เซนต์ ในขณะที่กาซโซลีนเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมมีค่า ๔๔.๔๖ เปอร์เซนต์ และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิลลงไปเป็น ๔๔.๓๘ เปอร์เซนต์ แต่เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเองลงไปแทนตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล ปริมาณกาซโซลีนที่ได้ไม่แตกต่างจากเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมตัวเดียว คือมีค่า ๔๒.๔๕ เปอร์เซนต์ แสดงให้เห็นว่า ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่ผสมลงไปสามารถแตกหักสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ๆ (C_{12}^{+}) ได้ แต่ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล เมื่อเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเองจะแตกหักสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหนัก แล้วได้กาซโซลีนมากกว่าในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเอง ได้กาซมากกว่า โดยเฉพาะที่ความเร็วเชิงสเปซ ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง ให้ค่ากาซมากถึง ๕๖.๔๒ เปอร์เซนต์ ในขณะที่เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิลให้ค่ากาซ ๔๘.๑๖ เปอร์เซนต์ และเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมตัวเดียวให้ค่ากาซ ๔๗.๔๑ เปอร์เซนต์

ที่ความดัน ๑๐ และ ๒๐ บรรยากาศก็พบว่าให้ผลทำนองเดียวกัน คือที่

ความดัน ๑๐ บรรยากาศ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมให้ C_{12}^{+} ๘.๑๓ เปอร์เซนต์ แต่เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ลง C_{12}^{+} มีค่าลดลงเหลือ ๒.๐๖ เปอร์เซนต์ (เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล) และ ๐.๗๓ เปอร์เซนต์ (เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเอง) และที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ C_{12}^{+} ลดลงจาก ๓.๘๘ เปอร์เซนต์ เหลือ ๐.๘๕ และ ๑.๒๔ เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณก๊าซโซลีนที่ได้ที่ ๑๐ บรรยากาศ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก ๔๔.๔๖ เปอร์เซนต์ เป็น ๔๔.๗๘ เปอร์เซนต์ (เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล) แต่เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเอง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ ก็พบว่าให้ผลซึ่งคล้ายกันคือ เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมให้ค่าก๊าซโซลีน ๕๑.๖๔ เปอร์เซนต์ เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล จะให้ค่าก๊าซโซลีน ๖๓.๑๗ เปอร์เซนต์ แต่เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเองลงไปแทน จะให้ก๊าซโซลีนเปลี่ยนไปไม่มากนัก คือมีค่า ๕๒.๔๖ เปอร์เซนต์

ที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศนั้น จะเห็นว่าเมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิลลงไป นอกจากจะช่วยแตกหักโมเลกุลสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหนัก (C_{12}^{+}) ยังเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวของโมเลกุลสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเบา ($C_1 - C_4$) ทำให้ได้ก๊าซโซลีนเพิ่มขึ้นมาก โดยดูได้จากปริมาณของก๊าซมีค่าลดลงจาก ๔๔.๔๘ เปอร์เซนต์ (เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมตัวเดียว) เหลือ ๓๕.๔๘ เปอร์เซนต์ (เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล)

จากคำอธิบายทั้งหมดสามารถนำมาสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

๑. ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง ๓ ชุด คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอม, ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล และตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเอง จะให้ค่าการเปลี่ยนรูปของก๊าซสังเคราะห์ และการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ในช่วง ๒๒๐ – ๓๑๐ °ซ) แต่มีค่าลดลงเมื่อความเร็วเชิงสเปซมีค่าเพิ่มขึ้น (ในช่วง ๒,๐๐๐ – ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง) และความดัน ๒๐ บรรยากาศจะให้ค่าสูงกว่าที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ

๒. เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบ (composition) ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ได้ตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอมให้ก๊าซโซลีนสูงขึ้น แต่ C_{12}^{+} ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ในช่วง ๒๒๐ – ๓๑๐ °ซ) และให้ก๊าซโซลีนมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในขณะที่

C_{12}^{+} มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วเชิงสเปซมีค่าเพิ่มขึ้น (ในช่วง ๒,๐๐๐ – ๔,๐๐๐ ต่อชั่วโมง) และที่ความดัน ๒๐ บรรยากาศ จะให้ก๊าซโซลีนสูงกว่าในขณะ C_{12}^{+} น้อยกว่าที่ความดัน ๑๐ บรรยากาศ

๓. เมื่อผสมตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 กับตัวเร่งปฏิกิริยาเหล็กหลอม ในอัตราส่วน ๑ : ๑ โดยน้ำหนัก พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 สามารถแตกหักโมเลกุลสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหนัก (C_{12}^{+}) ได้ดีที่อุณหภูมิสูง (มากกว่า ๒๕๐ °ซ) ทำให้ C_{12}^{+} ลดลง

๔. ในการแตกหักโมเลกุลสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหนัก (C_{12}^{+}) นั้น พบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล สามารถแตกหัก แล้วได้ก๊าซโซลีนดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเอง ในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ที่เตรียมเอง สามารถแตกหักแล้วได้ก๊าซดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM – 5 ของบริษัทโมบิล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย