หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และแนวทางวิจัยในอนาคต

ข้อมูลของงานวิจัยในการทำปฏิกิริยาอัลคิลเลชัน ระหว่างโทลูอีนกับเมทธานอล ซึ่งต้องการพาราไซลีน เป็นสารผลิตภัณฑ์ บนตัวเร่งปฏิกิริยา มอร์ดีไนต์ และเฟอร์จาไซต์ จากสมาคามตัวเร่งปฏิกิริยาของประเทศญี่ปุ่น มีดังต่อไปนี้

<u>ตัวเร่งปฏิกิริยามอร์ดีไนต์</u>

ก) HM 10 มีองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังต่อไปนี้ SiO_2 : Al_2O_3 : Na_2O เท่ากับ 83.7 : 14.3 : 0.12

ข) HM 20 มีองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังนี้ SiO_2 : Al_2O_3 : Na_2O เท่ากับ 91.0 : 7.76 : 0.06

<u>ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟอร์จาไซต์</u> นำมาผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุบวกจากประจุของโซเดียมเป็นโปรตอน ด้วยสารละลาย 1 นอร์มัล ของเกลือ แอมโมเนียมคลอไรด์ ร้อยละของการแลกเปลี่ยนประจุเท่ากับ 71.3

ค) NaHY 5.6 มีองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังต่อไปนี้ SiO_2 : Al_2O_3 : Na_2O เท่ากับ 74.06 : 22.38 : 3.56

ง) NaHY 21 มีองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังต่อไปนี้ SiO_2 : Al_2O_3 : Na_2O เท่ากับ 89.50 : 7.30 : 3.20

จ) NaHY 21 + MgO (7.4%) มีองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังต่อไปนี้ SiO_2 : Al_2O_3 : Na_2O : MgO เท่ากับ 82.9 : 6.8 : 2.9 : 7.4

ฉ) NaHY 21 + MgO(13.8%) มีองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังต่อไปนี้ SiO_2 : Al_2O_3 : Na_2O : MgO เท่ากับ 77.1 : 6.3 : 2.8 : 13.8

ช) NaHY 5.6 + $Si(C_2H_5O)_4$ มีค่าองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังต่อไปนี้ SiO_2 : Al_2O_3 : Na_2O เท่ากับ 74.06 : 22.38 : 3.56

ตารางที่ 5.1 อัตราการเกิดของไซลีน และสัดส่วนของไซลีนทั้งสามไอโซเมอร์ ที่อุณหภูมิ ต่าง ๆ ของตัวเร่งปฏิกิริยาแต่ละแบบ

ตัวเร่งปฏิกิริยา	อุณหภูมิ 200 °ซ				อุณหภูมิ 300 °ซ				อุณหภูมิ 500 °ซ			
	อัตราการเกิดของไซลีน*	สัดส่วนของไซลีนทั้งสามไอโซเมอร์(%) พารา-	เมตา-	ออร์โธ-	อัตราการเกิดของไซลีน*	สัดส่วนของไซลีนทั้งสามไอโซเมอร์(%) พารา-	เมตา-	ออร์โธ-	อัตราการเกิดของไซลีน*	สัดส่วนของไซลีนทั้งสามไอโซเมอร์(%) พารา-	เมตา-	ออร์โธ-
ก)	1.14×10^{-2}	38.88	23.31	36.81	1.31×10^{-2}	38.56	25.49	35.95	1.35×10^{-2}	25.6	50.4	24.0
ข)	1.3×10^{-2}	45.78	16.85	37.36	1.10×10^{-2}	43.93	13.59	42.51	1.54×10^{-2}	25.00	48.7	26.3
ค)	2.58×10^{-2}	37.17	21.95	40.88	2.83×10^{-2}	31.77	27.39	40.84	2.75×10^{-2}	22.74	53.34	23.92
ง)	9.90×10^{-3}	39.09	21.82	39.09	1.45×10^{-2}	42.01	17.55	40.44	2.54×10^{-2}	24.37	48.03	27.60
จ)	5.07×10^{-3}	56.25	22.32	21.43	5.99×10^{-3}	58.78	17.56	23.66	8.46×10^{-3}	42.16	27.57	30.27
ฉ)	2.65×10^{-3}	71.19	10.17	18.64	3.02×10^{-3}	67.17	14.73	17.91	4.89×10^{-3}	55.56	19.44	25.00
ช)	8.58×10^{-3}	42.11	23.68	34.21	1.16×10^{-2}	40.08	25.29	34.63	1.08×10^{-2}	36.29	30.80	32.91

ก) HM 10

ข) HM 20

ค) NaHY 5.6

ง) NaHY 21

จ) NaHY 21 + MgO (7.4%)

ฉ) NaHY 21 + MgO (13.8%)

ช) NaHY 5.6 + $Si(C_2H_5O)_4$

* (กรัมของไซลีน) / (กรัมของตัวเร่งปฏิกิริยา) (ชั่วโมง)

WHSV = 0.47 (กรัมของสารตั้งต้น) / (กรัมของตัวเร่งปฏิกริยา) (ชั่วโมง)

ไทลูอีน : เมทธานอล = 1.7 : 1

ข้อมูลจากตารางที่ 5.1 สรุปได้ว่า

1. ตัวเร่งปฏิกิริยา เฟอร์จาไซต์ (NaHY 21 + MgO(13.8%) ที่อุณหภูมิ 200°ซ ให้สัดส่วนของพาราไซลีนสูงสุดเท่ากับร้อยละ 71.19

2. ตัวเร่งปฏิกิริยา เฟอร์จาไซต์ (NaHY 5.6) ที่อุณหภูมิ 300 °ซ ให้อัตราการเกิดไซลีนมากที่สุด เท่ากับ 2.83×10^{-2} (กรัมของไซลีน)/(กรัมของตัวของปฏิกิริยา)(ชั่วโมง)

จากข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า การเลือกตัวเร่งปฏิกิริยาให้เหมาะสมกับปฏิกิริยาใด ๆ มีความสำคัญมาก เพราะจะช่วยลดขั้นตอนการปรับปรุงคุณลักษณะบางประการได้ เช่นในกรณีของปฏิกิริยาอัลคิลเลชันของโทลูอีนกับเมทธานอล ถ้าหากเลือกตัวเร่งปฏิกิริยาซนิดเพนตาซิล (ZSM-5) แล้วจะลดขั้นตอนการลดสัดส่วนของอลูมินาในผลิตลงมาได้ แต่อย่างไรก็ตามถ้ามองในแง่ราคาของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เลือกใช้ระหว่าง เพนตาซิล กับเฟอร์จาไซต์ แล้วจะพบว่าแตกต่างกันมาก (ตารางที่ 5.2)

ตารางที่ 5.2 ราคาของซีโอไลต์ แต่ละประเภทในเชิงพาณิชย์

กระบวนการ	ซีโอไลต์	สารผลิตภัณฑ์	ราคา ดอลลาร์ (US)/ตัน
แครกกิ้ง	เฟอร์จาไซต์	แกสโซลีน น้ำมันเชื้อเพลิง	1.5-3,000
ไฮโดรแครกกิ้ง	เฟอร์จาไซต์	น้ำมันก๊าด เบนซีน โทลูอีน ไซลีน	12,000 Pt*
ไฮโดรไอโซเมอไรเซชัน	มอร์ดีไนต์	ไอโซ-เฮกเซน เฮพเทน	12,000 Pt*
การแยกไอโซและนอร์มัลพาราฟิน	Ca-A	นอร์มัลพาราฟิน บริสุทธิ์	5,000
ดีแวกซิง	ZSM-5	น้ำมันหล่อลื่น	16,000 Pt*
	มอร์ดีไนต์	(Low pour point lube)	14,000 Pt*
อัลคิลเลชันของเบนซีน	ZSM-5	สไตรีน	60,000
ไอโซเมอไรเซชันของไซลีน	ZSM-5	พาราไซลีน	60,000*

Pt หมายถึงราคานี้ไม่รวมราคาของการเติมโลหะพลาตินัม หรือพาลาเดียม หรือราคาของการนำเอาโลหะเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่

* เป็นราคาที่ประเมินได้ค่อนข้างลำบาก เพราะขึ้นอยู่กับค่าลิขสิทธิ์ด้วย

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าราคาของเฟอร์จาไซต์ถูกกว่า เพนตาซิลประมาณ 20 เท่า ถึงแม้ว่าจะต้องนำมาผ่านกระบวนการลดอลูมินาก็ตาม ก็ยังถูกกว่าอยู่ดี เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาซนิด เพนตาซิล ก็ยังต้องถูกนำไปผ่านกระบวนการปรับปรุงลักษณะของรูด้วย เช่นเดียวกับ นอกจากนี้ ปฏิกิริยาอัลคิลเลชันของโทลูอีนกับเมทธานอลบนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ เพนตาซิลจะเกิดได้น้อยมากในรูของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่ออุณหภูมิของระบบต่ำ (Yashima T. 1985) เพราะไม่สามารถจะแพร่เข้าไปในรูได้ เนื่องจากระบบช่องว่างของ เพนตาซิล เป็นแบบ 1 มิติ (ดูจากภาคผนวก จ. ตารางที่ จ.1) ในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ เฟอร์จาไซต์ สามารถจะเกิดขึ้นได้ เมื่ออุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 200 ถึง 300°ซ) เพราะระบบของช่องว่างเป็นแบบ 3 มิติ เพราะฉะนั้นผลเสียของตัวเร่งปฏิกิริยา เฟอร์จาไวต์ ก็คือ เมื่ออุณหภูมิของระบบสูงขึ้น การจะควบคุมไม่ให้สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่แพร่ออกมาจากรูไม่เข้าสู่สมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์ จะลำบากมาก ในขณะที่ตัวเร่งแบบ เพนตาซิลทำได้ง่ายกว่า เมื่ออุณหภูมิสูง

เนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวแปรของความเปลี่ยนของโทลูอีน เพราะฉะนั้นหากจะเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ เฟอร์จาไซต์แล้ว ถึงแม้ราคาของตัวเร่ง และค่าพลังงานจะถูกกว่า แต่ขนาดของปฏิกรณ์รวมทั้งหน่วยรีคัฟเวอรี ก็จะต้องใหญ่ขึ้น เพื่อให้มีผลผลิตมากเพียงพอ

แนวทางวิจัยในอนาคต

เนื่องจากปัญหาทางด้านลิขสิทธิ์ คือ ซีโอไลต์ที่ประกอบด้วย ธาตุ ซิลิกา และอลูมินาขึ้น จะผลิตออกมา เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมไม่ได้ และเนื่องจาก เพนตาซิลที่ผลิตขึ้นมาได้ ตามลิขสิทธิ์ของบริษัท โมบิล ออยล์ (Mobil Oil Company, USA) ก็ใช่ว่าจะมีความเหมาะสมกับปฏิกิริยาการเกิดพาราไซลีน จนไม่จำเป็นต้องปรับปรุงขนาดของปากรู เพราะฉะนั้นแนวทางการวิจัยในอนาคตน่าจะเป็นการสังเคราะห์ ตัวเร่งปฏิกิริยาตัวใหม่ ซึ่งไม่ใช้ซิลิกา หรืออลูมินาเป็นตัวหลัก อาจจะเป็นแกลลาเลียม (Ga) เยอรมันเนียม (Ge) หรือ เหล็ก (Fe) ก็ได้