

การศึกษาการเร่งปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนของอะเซทิลีนบนตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/SBA-15 ภายใต้สนามแม่เหล็ก -2

Magnetic field-assisted acetylene hydrogenation of Ni/SBA-15 catalyst – Part II

ปฐมพงศ์ คงช่วย ฐาวัน เปรมจิตต์

เมตตา เจริญพานิช

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร 02-5792083 โทรสาร 02-5614621 E-mail: fengmtc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการงานวิจัยนี้ ศึกษาผลของสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเร่งปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนบนอะเซทิลีน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิล (Ni) บนตัวรองรับซิลิกาออกไซด์ (SiO₂) ชนิด SBA-15 ที่อุณหภูมิต่ำและอัตราส่วนสารตั้งต้นเข้าต่างกัน โดยใช้ปฏิกรณ์แบบ fixed-bed ดำเนินปฏิกิริยาในปฏิกรณ์แบบท่อขนาด 2 นิ้ว (1/4") ที่ความดัน 1 บรรยากาศ จากการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยา พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิตั้งแต่ 160-240 องศาเซลเซียส ร้อยละการแปลงผัน และร้อยละผลได้ของก๊าซเอทิลีนมีค่าเพิ่มขึ้นโดยลำดับ เมื่อศึกษาผลของสนามแม่เหล็กต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยใช้จำนวนแม่เหล็กตั้งแต่ 2-10 ชิ้น พบว่า ที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียสแม่เหล็กจำนวน 8 ชิ้น ซึ่งให้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุด (51.4 mT) ให้ร้อยละของการแปลงผันของก๊าซอะเซทิลีน และร้อยละผลได้ของเอทิลีนสูงสุด เท่ากับ 81.20 และ 25.17 ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนก๊าซอะเซทิลีนต่อก๊าซไฮโดรเจนเข้าที่ 1:1, 1:2 และ 1:3 โดยใช้สนามแม่เหล็กจำนวน 8 ชิ้น พบว่าอัตราส่วนก๊าซอะเซทิลีนต่อก๊าซไฮโดรเจนเข้าที่ 1:2 ให้ร้อยละการแปลงผันของก๊าซอะเซทิลีนสูงสุด ในขณะที่อัตราส่วนก๊าซอะเซทิลีนต่อก๊าซไฮโดรเจนเข้าที่ 1:3 ให้ร้อยละผลได้ของเอทิลีนสูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรณีอัตราส่วน 1:3 โดยมี และไม่มีสนามแม่เหล็ก พบว่าร้อยละของการแปลงผันของก๊าซอะเซทิลีนเท่ากับ 74.17 และ 68.82 ตามลำดับ ร้อยละผลได้ของเอทิลีนเท่ากับ 29.41 และ 24.01 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า สนามแม่เหล็กส่งผลช่วยเสริมการเร่งปฏิกิริยาให้มากขึ้น โดยปรับปรุงการจัดเรียงตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาให้มีทิศทางที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา

คำสำคัญ: นิกเกิล, ตัวเร่งปฏิกิริยา, อะเซทิลีน, การเติมไฮโดรเจน, สนามแม่เหล็ก

Abstract

In this project, the effect of magnetic field on the catalytic hydrogenation of acetylene over Ni/SiO₂ catalyst has been studied. The

effects of thermal reaction, SBA-15 support, nickel catalyst and the existence of magnetic field were systematically investigated using fixed bed reactor (1/4" tube reactor) at atmospheric gas pressure. It was found that acetylene conversion and ethylene yield were increased with increasing reaction temperature in the range of 160-240 °C. The effect of magnetic field was investigated using magnet ring varied from 2-10 pieces, it was found that magnet ring of 8 pieces (corresponding to the highest magnetic intensity of 51.4 mT) gave the highest acetylene conversion and ethylene yield of 81.20 and 25.18, respectively. Moreover, the effect of acetylene to hydrogen inlet gas ratio was also investigated in the range of 1:1 – 1:3, using 8-pieces magnet ring (51.4 mT). The highest acetylene conversion and ethylene yield were obtained at the acetylene to hydrogen inlet gas ratios of 1:2 and 1:3, respectively. Furthermore, it was clearly seen that, at the inlet gas ratio of 1:3, the acetylene conversion and ethylene yield were 74.17 and 68.82, and 29.41 and 24.01, with and without magnetic field, respectively.

Keywords: Nickel, Catalyst, Acetylene, Hydrogenation, Magnetic field.

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมที่ทำการได้หลักให้กับประเทศอุตสาหกรรมหนึ่งคือ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆทางปิโตรเคมีนั้น มีหลากหลายรูปแบบ สารตั้งต้นที่สำคัญที่สุดของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งมีส่วนแบ่งการตลาดมากที่สุดถึงร้อยละ 30 ของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นทั้งหมดคือ เอทิลีน (C₂H₄) โดยเอทิลีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ที่นำเอาวัตถุดิบได้แก่ น้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติมาเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีใหม่ นำไปสู่ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่มีความสำคัญและมีมูลค่ามากขึ้น อุตสาหกรรมในกลุ่มโอเลฟินส์ส่วนใหญ่

ใช้เอทิลีนเป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก โดยมีมูลค่าถึง 1240 เหรียญต่อตัน (<http://www.ryt9.com/s/iq05/320156>) อุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกต่างๆ ได้แก่ โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC), โพลีเอทิลีน (PE) ซึ่งนำไปผลิตเป็นท่อน้ำ อุปกรณ์หุ้มเครื่องใช้ไฟฟ้า นอกจากนั้นยังใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมีอีกหลายๆชนิด เช่น แอลกอฮอล์สายโซ่ตรง ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นผงซักฟอก เป็นต้น (<http://th.wikipedia.org/wiki/ปิโตรเคมี>)

กระบวนการผลิตเอทิลีน ประกอบด้วยกระบวนการหลักที่สำคัญคือ กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยความร้อนและไอน้ำ (thermal steam cracking) หรือการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำ (steam cracking) ซึ่งในกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยความร้อนและไอน้ำจะมีสารพลอยได้ (by product) คือ อะเซทิลีน (acetylene) เกิดขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์เอทิลีนที่ได้ไม่เป็นไปตามเกรดของพอลิเมอร์ (polymer grade) เนื่องจากอะเซทิลีนมีผลทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ของเอทิลีนเสื่อมสภาพ (Lee, 2009) ดังนั้นในการดำเนินการโดยทั่วไปจึงต้องเปลี่ยนอะเซทิลีนให้เป็นเอทิลีน โดยนำมาทำปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน (hydrogenation) ซึ่งเป็นการเติมไฮโดรเจนลงไปที่พันธะสามระหว่างอะตอมคาร์บอน (C≡C) ของอะเซทิลีนให้เป็นเอทิลีนที่เป็นพันธะสองระหว่างอะตอมคาร์บอน (C=C) ซึ่งสามารถนำเอทิลีนไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ แต่เนื่องด้วยอัตราเร็วของปฏิกิริยาไฮโดรเจนชัน (hydrogenation rate) กับอะเซทิลีนที่ต้องการยังไม่เพียงพอ ส่งผลให้ในกระบวนการผลิตเอทิลีนในอุตสาหกรรมทั่วไป มีการนำตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) เข้ามาใช้ในกระบวนการ เพื่อให้ได้เอทิลีนจำนวนมากเพียงพอและเกิดได้รวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น โดยปกติในอุตสาหกรรมจะใช้โลหะกลุ่มโนเบิล (noble) ได้แก่ พาลาเดียม (palladium, Pd) ออสเมียม (Osmium, Om) หรือแพลทินัม (Platinum, Pt) ซึ่งเป็นโลหะกลุ่มที่ว่องไว และมีราคาสูงมาก จากปัญหาดังกล่าวประกอบกับความเป็นไปได้ในการนำสนามแม่เหล็ก (magnetic field) มาใช้ปรับปรุงการเร่งปฏิกิริยา จึงได้มีการนำ โลหะ ที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก (ferromagnetic) และมีราคาถูก เข้ามาช่วยเร่งปฏิกิริยาแทน

จากการวิจัยของ Yao และคณะ (2010) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของสนามแม่เหล็กต่อการเกิดปฏิกิริยา การสังเคราะห์แอมโมเนียจากไนโตรเจนออกไซด์โดยใช้เหล็กออกไซด์ (Fe₂O₃) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาควบคู่ไปกับการใช้สนามแม่เหล็ก ในปฏิกรณ์แบบ fluidized bed พบว่าสนามแม่เหล็กสามารถทำให้ร้อยละของการเกิดสารผลิตภัณฑ์ (percent conversion) มากขึ้น และสามารถลดพลังงานก่อกัมมันต์ (activated energy) ได้อย่างไรก็ตามงานวิจัยทางด้านนี้เป็นงานใหม่ ยังมีข้อมูลน้อยมาก และมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำมาใช้ควบคู่กับปฏิกิริยาอื่นๆ ได้อีก

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงจึงทำการศึกษากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรเจนชัน จากสารตั้งต้นอะเซทิลีนไปเป็นผลิตภัณฑ์เอทิลีน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก (ferromagnetic) ซึ่งในที่นี้เลือกใช้

นิกเกิล (Ni) บนตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาซิลิกาเมโซพอร์ซชนิด SBA-15 รวมทั้งใช้ปฏิกรณ์แบบ fixed bed และมีสนามแม่เหล็กเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาควบคู่ไปด้วย ในที่นี้ได้ทำการศึกษาผลของ รูปแบบการวางสนามแม่เหล็กในลักษณะต่างๆ รูปแบบในการปล่อยสารเข้าไปทำปฏิกิริยา รวมถึงอัตราส่วนของสารตั้งต้นขาเข้า และทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรเจนชันของอะเซทิลีนในสภาวะการทำปฏิกิริยาโดยไม่มีสนามแม่เหล็ก การทำปฏิกิริยาโดยมีสนามแม่เหล็กอย่างเดียว การทำปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งอย่างเดียว และการทำปฏิกิริยาที่มีสนามแม่เหล็กควบคู่กับการใช้ตัวเร่ง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยา และอธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาในสภาวะที่มีสนามแม่เหล็กต่อไป

2. การทดลอง

2.1 ขั้นตอนการเตรียม และทำการทดลอง

เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะนิกเกิลบนตัวรองรับซิลิกา SBA-15 โดยใช้พลาสมา (Pluronic, P-123) 0.169 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร โดยใช้การกวนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7-8 ชั่วโมง นำสารละลายโซเดียมซิลิเกต 0.625 กรัมผสมกับสารละลายพลาสมา P-123 จากนั้นนำเข้าเครื่อง digital hot plate and stirrer โดยกวนที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 37.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักปริมาตร 1.08 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ค่า pH เท่ากับ 0.2 และกวนที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปรับให้เป็นความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเข้าเครื่อง autoclave โดยให้ความร้อนจากไอน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารที่ได้มากรองแล้วล้างด้วยน้ำให้สะอาด นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำสารที่ได้ไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เตรียมสารละลายนิกเกิลในเตรดโดยคิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ของโลหะนิกเกิลที่ต้องการ โหลดจากนั้นเติมสารละลายลงไปในตัวรองรับที่เตรียม แล้วกวนไว้เป็นเวลา 30 นาที อบแห้งโดยใช้เตาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้นและปรับปรุงการกระจายตัวของโลหะนิกเกิลบนตัวรองรับ เผาที่อุณหภูมิ 540 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมงเพื่อทำให้โลหะนิกเกิลที่อยู่ในรูปของนิกเกิลไนเตรด (Ni(NO₃)) เปลี่ยนไปเป็นนิกเกิลออกไซด์ (NiO) บรรจุตัวเร่งปฏิกิริยาลงในท่อปฏิกรณ์ เริ่มจากนำไฮดรอกไซด์ลงในท่อปฏิกรณ์ให้มีความยาว 1 เซนติเมตร แล้วนำตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะนิกเกิลบนตัวรองรับ SBA-15 ผสมกับทรายสำหรับใช้เป็นตัวรองรับเฉื่อยที่อัตราส่วน 1:2 ปริมาตรรวม 0.6 กรัม จากนั้นนำไฮดรอกไซด์ลงในท่อปฏิกรณ์อีกครั้งหนึ่งให้มีความยาว 1 เซนติเมตร ริวซ์ตัวเร่งปฏิกิริยาดำเนินการ โดยผ่านก๊าซไฮโดรเจนด้วย

อัตราการไหล 60 มิลลิลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสความดัน 1 บรรยากาศเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

2.2 รูปแบบการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง โดยการทดลองแรกศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของอะเซทิลีน ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60-100 องศาเซลเซียส โดยทั้งมีสนามแม่เหล็ก และไม่มีสนามแม่เหล็ก ในทิศทาง $N \rightarrow S$ และ $S \rightarrow N$ ในที่อุปกรณ์เปล่า, มี Sand, SBA-15 และ Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทดลองที่สองศึกษาความเข้มของสนามแม่เหล็ก และอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของอะเซทิลีน โดยใช้แม่เหล็กตั้งแต่ 0-10 ชั้น อุณหภูมิตั้งแต่ 160-240 องศาเซลเซียส โดยใช้ Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทดลองที่สามศึกษาผลของอัตราส่วนของก๊าซเข้า ($C_2H_2:H_2$) ต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของอะเซทิลีน โดยใช้แม่เหล็กความเข้ม 51.4 mT (แม่เหล็ก 8 ชั้น) ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 160-240 องศาเซลเซียส โดยใช้ Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำการทดสอบปริมาณสารผลิตภัณฑ์และสารผลิตภัณฑ์ข้างเคียงที่เกิดขึ้น โดยใช้ Gas Chromatograph ในการวิเคราะห์ และทำการหาร้อยละการแปลงผันของสารตั้งต้นอะเซทิลีน, ร้อยละผลได้ของสารผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ข้างเคียง, อัตราการเลือกเกิดของสารผลิตภัณฑ์ รวมถึงวิเคราะห์การกระจายของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

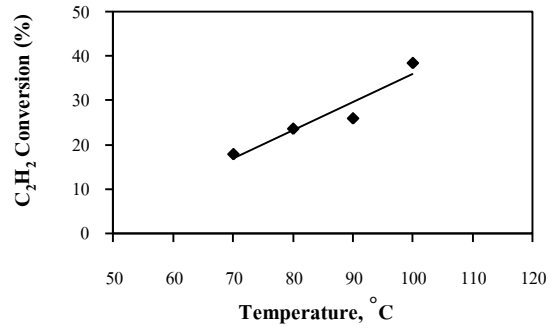
3. ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองดังนี้

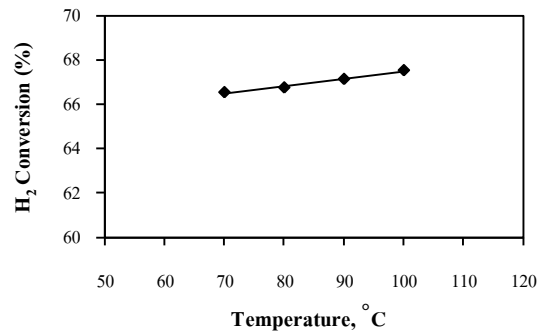
3.1 การทดลองชุดแรก

ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของอะเซทิลีน ที่อุณหภูมิ ตั้งแต่ 60-100 องศาเซลเซียส โดยทั้งมีสนามแม่เหล็ก และไม่มีสนามแม่เหล็ก ในทิศทาง $N \rightarrow S$ และ $S \rightarrow N$ ในที่อุปกรณ์เปล่า, มี Sand, SBA-15 และ Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยาที่ดำเนินที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60-100 องศาเซลเซียส ในที่อุปกรณ์เปล่า, บรรจุ Sand และ SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทั้งมีสนามแม่เหล็ก และไม่มีสนามแม่เหล็ก พบว่าไม่เกิดปฏิกิริยาขึ้นที่ทุกๆ อุณหภูมิตั้งแต่ 60-100 องศาเซลเซียส

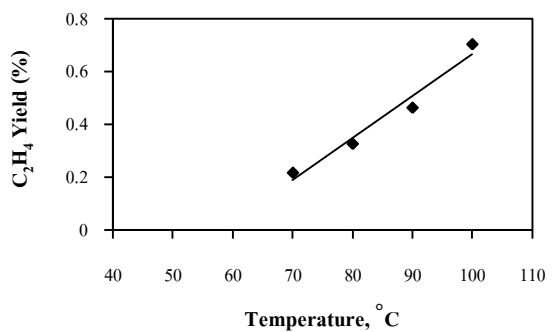
ปฏิกิริยาที่ดำเนินที่อุณหภูมิ 60-100 องศาเซลเซียส โดยมี Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และไม่มีสนามแม่เหล็ก พบว่าเกิดปฏิกิริยาขึ้นที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียสเท่านั้น และเมื่อปฏิกิริยาดังกล่าวดำเนินโดยมีสนามแม่เหล็ก พบว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิ 70-100 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าเมื่อปฏิกิริยามีสนามแม่เหล็กเข้ามาช่วยช่วงของอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยามีค่ามากขึ้น ซึ่งมีร้อยละของการแปลงผันของสารตั้งต้นอะเซทิลีน และไฮโดรเจน และร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์เอทิลีนดังกราฟรูปที่ 1-3



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการแปลงผันของก๊าซอะเซทิลีน กับอุณหภูมิ ในปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน โดยมี Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการแปลงผันของก๊าซไฮโดรเจน กับอุณหภูมิ ในปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน โดยมี Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

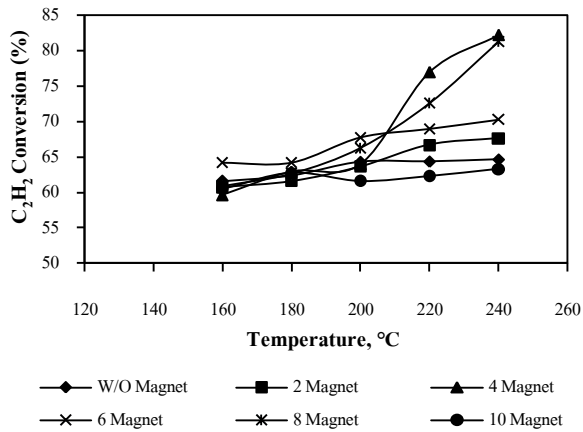


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผลได้ของก๊าซเอทิลีนกับอุณหภูมิ ในปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน โดยมี Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

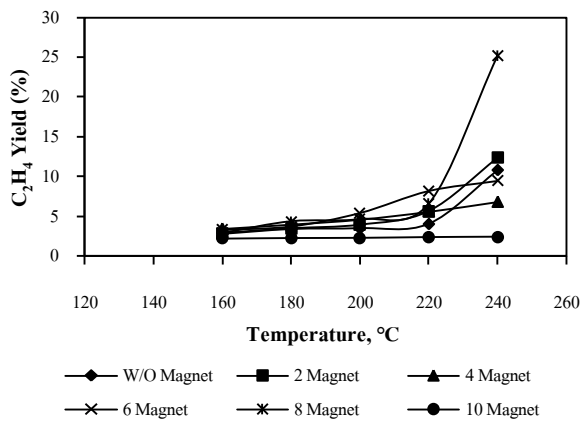
จากรูปที่ 1-3 พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แนวโน้มของร้อยละของการแปลงผันของสารตั้งต้น และร้อยละผลได้ของสารผลิตภัณฑ์ ต่างก็เพิ่มสูงขึ้นด้วย

3.2 การทดลองชุดที่สอง

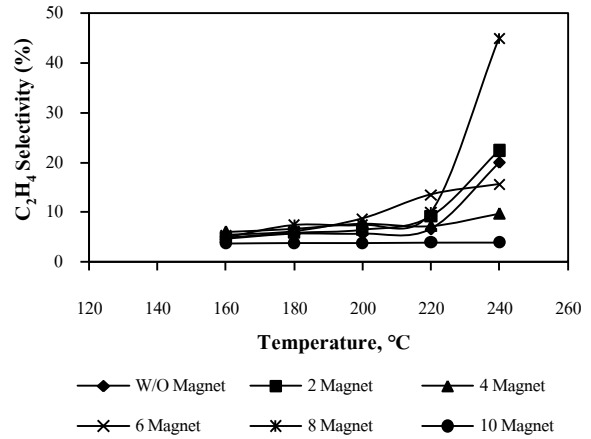
ศึกษาความเข้มข้นของสนามแม่เหล็ก และอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของอะเซทิลีน โดยใช้แม่เหล็กตั้งแต่ 0-10 ชั้น อุณหภูมิตั้งแต่ 160-240 องศาเซลเซียส โดยใช้ Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งแสดงผลเป็นร้อยละการแปลงผันของสารตั้งต้น ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และอัตราการเลือกเกิดของสารผลิตภัณฑ์ ดังกราฟรูปที่ 4-6



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของการแปลงผันของก๊าซอะเซทิลีนกับอุณหภูมิ ของปฏิกิริยาที่ใช้ Ni/SBA-15 ที่ไม่มีอิทธิพลของสนามแม่เหล็ก และมีสนามแม่เหล็กตั้งแต่ 2-10 ชั้น



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผลได้ของก๊าซเอทิลีนกับอุณหภูมิของปฏิกิริยาที่ใช้ Ni/SBA-15 ที่ไม่มีอิทธิพลของสนามแม่เหล็ก และมีสนามแม่เหล็กตั้งแต่ 2-10 ชั้น

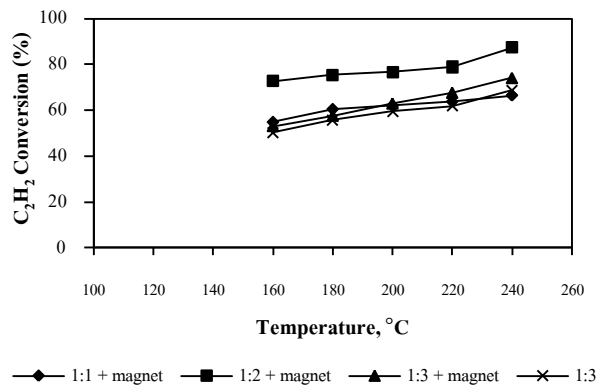


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเลือกเกิดก๊าซเอทิลีนกับอุณหภูมิของปฏิกิริยาที่ใช้ Ni/SBA-15 ที่ไม่มีอิทธิพลของสนามแม่เหล็ก และมีสนามแม่เหล็กตั้งแต่ 2-10 ชั้น

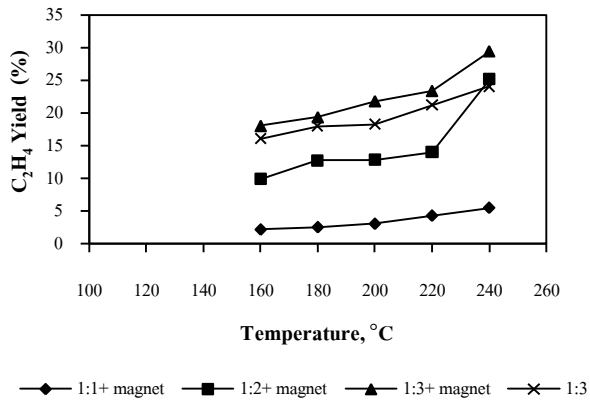
จากรูปที่ 4-6 พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แนวโน้มของร้อยละของการแปลงผันของสารตั้งต้น และร้อยละผลได้ของสารผลิตภัณฑ์ต่างก็เพิ่มสูงขึ้นด้วย และพบว่าแม่เหล็กจำนวน 8 ชั้นให้ค่าประสิทธิภาพในการเกิดผลิตภัณฑ์สูงสุด

3.3 การทดลองชุดที่สาม

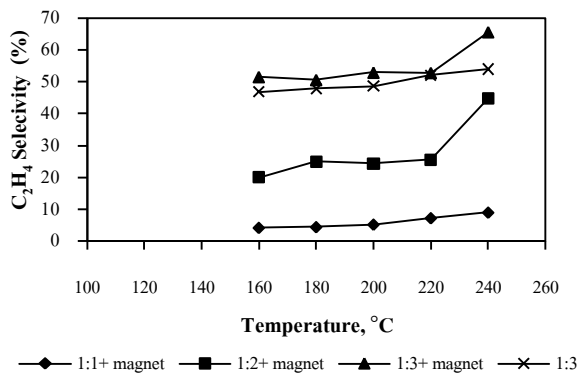
ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนบนอะเซทิลีนโดยใช้โลหะนิกเกิลบนตัวรองรับตัวเร่งชนิด SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้อัตราส่วนสารตั้งต้นขาเข้า C₂H₂:H₂ เป็น 1:1, 1:2 และ 1:3 ภายใต้สนามแม่เหล็ก ตามลำดับ และใช้อัตราส่วนสารตั้งต้น C₂H₂:H₂ เป็น 1:3 โดยไม่มีสนามแม่เหล็ก แสดงข้อมูลร้อยละการแปลงผันของอะเซทิลีน, ร้อยละผลได้ของเอทิลีน และอัตราการเลือกเกิดสารผลิตภัณฑ์เอทิลีนดังกราฟรูปที่ 7-9



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการแปลงผันของก๊าซอะเซทิลีนกับอุณหภูมิ ของปฏิกิริยาที่ใช้ Ni/SBA-15 ที่อัตราส่วนขาเข้า 1:1, 1:2, 1:3 ที่มีแม่เหล็ก และ 1:3 ที่ไม่มีแม่เหล็ก



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผลได้ของเอทิลีนกับอุณหภูมิ ของปฏิกิริยาที่ใช้ Ni/SBA-15 ที่อัตราส่วนขาเข้า 1:1, 1:2, 1:3 ที่มีแม่เหล็ก และ 1:3 ที่ไม่มีแม่เหล็ก

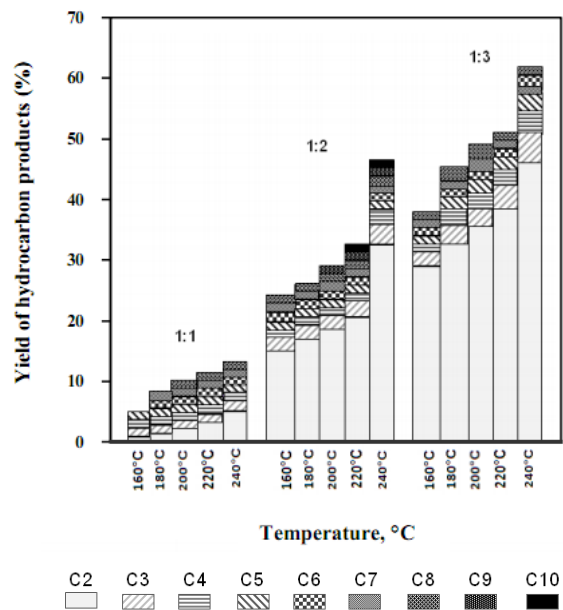


รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเลือกเกิดของเอทิลีนกับอุณหภูมิ ของปฏิกิริยาที่ใช้ Ni/SBA-15 ที่อัตราส่วนขาเข้า 1:1, 1:2, 1:3 ที่มีแม่เหล็ก และ 1:3 ที่ไม่มีแม่เหล็ก

จากรูปที่ 7-9 พบว่าปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนบนอะเซทิลีน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/SBA-15 ดำเนินการที่อัตราส่วนสารตั้งต้นขาเข้าเท่ากับ 1:3 ภายใต้สนามแม่เหล็ก มีร้อยละผลได้ของสารผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ข้างเคียงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาที่ดำเนินการที่อัตราส่วนสารตั้งต้นขาเข้าเท่ากับ 1:2 โดยมีสนามแม่เหล็ก, 1:3 โดยไม่มีสนามแม่เหล็ก และ 1:1 โดยมีสนามแม่เหล็ก ตามลำดับ เนื่องจากอัตราส่วนขาเข้าเท่ากับ 1:3 มีปริมาณไฮโดรเจนมากขึ้นในการเข้าทำปฏิกิริยากับอะเซทิลีน เห็นได้ว่าอัตราส่วนสารตั้งต้นขาเข้ามีผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์มากกว่าสนามแม่เหล็ก แต่สนามแม่เหล็กก็มีส่วนช่วยทำให้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

ผลของอัตราส่วนของก๊าซขาเข้าผลของอัตราส่วนก๊าซขาเข้า (C₂H₂ : H₂) ต่อปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอน ในปฏิกิริยาที่

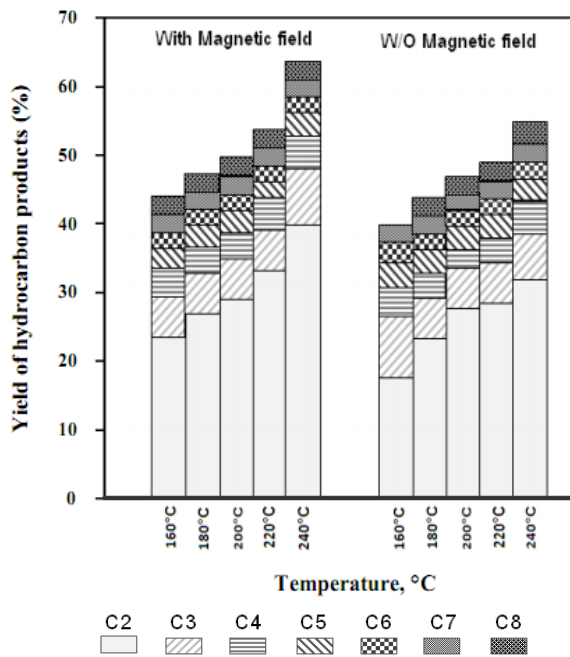
ใช้ Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่ง ภายใต้สนามแม่เหล็กความเข้ม 51.4 mT (8 ชั้น) แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอน ในปฏิกิริยาที่ใช้ Ni/SBA-15 ที่มีความเข้มสนามแม่เหล็ก 51.4 mT อุณหภูมิ 160 – 240 องศาเซลเซียส และอัตราส่วน C₂H₂ : H₂ เท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3

จากรูปที่ 10 พบว่าที่อัตราส่วนขาเข้าเท่ากับ 1:2 มีการกระจายของสารผลิตภัณฑ์สูงสุดถึง C10 แต่ขณะเดียวกันนั้นปฏิกิริยาที่ใช้อัตราส่วนเท่ากับ 1:1 และ 1:2 มีการกระจายของสารผลิตภัณฑ์ถึง C8 เพียงเท่านั้น และพบว่าทั้งอัตราส่วนตั้งต้นขาเข้า และอุณหภูมิล้วนมีผลต่อปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ข้างเคียงที่เพิ่มขึ้นทั้งสิ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่อนุภาคของสาร ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ได้รวดเร็วขึ้น เพิ่มโอกาสในการชนกันของอนุภาค ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มากขึ้น อีกทั้งยังมีผลิตภัณฑ์ข้างเคียงเกิดขึ้นมาด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sarkany และคณะ (2006) ที่ศึกษาปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของอะเซทิลีน โดยมี Ag/SiO₂ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าเกิดผลิตภัณฑ์ขึ้นเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น จะปรากฏสารผลิตภัณฑ์ข้างเคียงเพิ่มขึ้นมาด้วย

สำหรับผลของสนามแม่เหล็กต่อปริมาณสารผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาที่ใช้ Ni/SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอน ในปฏิกิริยาที่ใช้ Ni/SBA-15 อุณหภูมิ 160 – 240 องศาเซลเซียส และอัตราส่วน $C_2H_2 : H_2$ เท่ากับ 1:3 โดยมีทั้งสนามแม่เหล็ก และไม่มีสนามแม่เหล็ก

จากรูปที่ 11 พบว่าอัตราส่วนมีผลต่อการเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์แต่ไม่ส่งผลต่อการกระจายของสารผลิตภัณฑ์ข้างเคียง เนื่องจากแม่เหล็กช่วยการปรับปรุงการจัดเรียงตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาให้มีทิศทางที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhang และคณะ (2004) ที่ศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็น nanocomposite โดย nanocomposite ที่ใช้ คือ $Pt\gamma-Fe_2O_3$ ซึ่งพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้นได้ เนื่องจาก nanocomposite $Pt\gamma-Fe_2O_3$ มีคุณสมบัติเป็น ferromagnetic ส่งผลให้ตัวเร่งปฏิกิริยามีการปรับปรุงการกระจายตัวเพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาในระบบให้เร็วมากยิ่งขึ้น และทำให้การแปลงผันของสารตั้งต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้สูงถึง 99-100% จึงเห็นได้ว่าสนามแม่เหล็ก มีประโยชน์ต่อการเพิ่มปริมาณสารผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของสนามแม่เหล็กต่อการเร่งปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนบนสารตั้งต้นอะเซทิลีน โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบ fix bed ที่มีโลหะนิกเกิลบนตัวรองรับ SBA-15 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการเร่งปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนบนอะเซทิลีนในสถานะที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา มีตัวเร่งปฏิกิริยา และมีตัวเร่งปฏิกิริยาควบคู่กับสนามแม่เหล็ก โดยปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ผลของอุณหภูมิ ความเข้มข้นของสนามแม่เหล็ก และอัตราส่วนสารตั้งต้นขาเข้า

พบว่า ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส ไม่เกิดปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนบนอะเซทิลีน และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยแม่เหล็กจำนวน 8 ชั้น (ให้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุดที่ 51.4 mT) ส่งผลช่วยเสริมการเร่งปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนบนอะเซทิลีนสูงสุด นอกจากนี้พบว่า อัตราการไหลของก๊าซ $C_2H_2 : H_2$ ขาเข้าเท่ากับ 1:3 ให้ร้อยละผลได้ของเอทิลีนมากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยระดับปริญญาตรี จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ และทุนอุดหนุนการวิจัยจากศูนย์นาโนเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และดร.พงศกร จันทร์รัตน์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือตรวจค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก และให้คำแนะนำในการออกแบบการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

- Lee, S.H.; 2009. *Partial catalytic hydrogenation of acetylene in ethylene production* [online]. Available Source: http://kolmetz.com/pdf/acetylene_converter.pdf. August 14, 2009.
- Sarkany, A.; 2006. *Some features of acetylene and 1,3-butadiene hydrogenation on Ag/SiO₂ and Ag/TiO₂ catalysts*. **Applied Catalysis A: General** 243 (2003). 347–355.
- Yao, G.; F. Wang, X. Wang, K. Gui. 2010. *Magnetic field effects on selective catalytic reduction of NO by NH₃ over Fe₂O₃ catalyst in a magnetically fluidized bed*. **Energy Journal**. 2295-2300
- Zhang, J.; 2004. *Magnetic nanocomposite catalysts with high activity and selectivity for selective hydrogenation of ortho-chloronitrobenzene*. **Journal of Catalysis** 229. 114–118. <http://www.ryt9.com/s/iq05/320156> <http://th.wikipedia.org/wiki/ปิโตรเคมี>