

บทคัดย่อ

ปฏิกิริยาการแตกตัวของก๊าซมีเทนเป็นปฏิกิริยาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากปฏิกิริยานี้เป็นการนำก๊าซเรือนกระจก (ก๊าซมีเทน) มาใช้ประโยชน์ และเป็นการผลิตก๊าซไฮโดรเจนและผลิตภัณฑ์คาร์บอนโดยไม่มีการปนเปื้อนของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลถูกนำมาใช้ในปฏิกิริยานี้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากนิกเกิลมีประสิทธิภาพที่ดีที่การดำเนินปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำ มีราคาถูก สามารถหาได้ง่าย และมีความเป็นพิษต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลเสื่อมสภาพได้ง่ายจากการถูกปกคลุมด้วยคาร์บอน ทำให้ประสิทธิภาพต่ำลง การเพิ่มความเสถียรของตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลสามารถถูกปรับปรุงได้โดยการใช้ตัวรองรับและการเติมโปรโมเตอร์ที่เหมาะสม ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาผลของโครงสร้างของตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาซิลิกาเมโซเซลลูลาร์ (MS) และการเติมโลหะทองแดงเป็นโปรโมเตอร์ ต่อความสามารถของตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลในการเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของก๊าซมีเทนที่อุณหภูมิต่างๆ จากผลการทดลอง พบว่า ที่อุณหภูมิในการดำเนินปฏิกิริยา 500 และ 550 องศาเซลเซียส ตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/MS(x) ที่มีขนาดรูพรุนใหญ่อยู่ในช่วง 20 – 25 นาโนเมตร มีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาที่สูงกว่าและมีความเสถียรของตัวเร่งปฏิกิริยามากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/MS(x) ที่มีขนาดรูพรุนเล็กอยู่ในช่วง 10 – 15 นาโนเมตร สามารถอธิบายได้ว่า ตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/MS(x) ที่มีขนาดรูพรุนใหญ่ มีอัตราการระหว่งนิกเกิลและตัวรองรับที่แข็งแรงกว่า ทำให้ช่วยปรับปรุงการกระจายตัวของโลหะนิกเกิล และเพิ่มตำแหน่งว่องไวของโลหะนิกเกิล ซึ่งลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยาแบบนี้มีผลโดยตรงต่อความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาและลักษณะของผลิตภัณฑ์คาร์บอนที่เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม เมื่ออุณหภูมิในการดำเนินปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นมากกว่า 600 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/MS(x) ลดลง เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการเติมโลหะทองแดงที่อัตราส่วนของนิกเกิลและทองแดงต่างกัน ต่อความสามารถในการแตกตัวของก๊าซมีเทน จากผลการทดลอง พบว่า การเติมโลหะทองแดงช่วยลดอุณหภูมิในการรีดิวซ์โลหะนิกเกิลให้ต่ำลง สำหรับการทดสอบในปฏิกิริยาการแตกตัวของมีเทน ตัวเร่งปฏิกิริยา 8Ni-2Cu/MS(2) มีค่าร้อยละการแปลงผันของมีเทนและร้อยละของก๊าซไฮโดรเจนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาอื่น นอกจากนี้พบว่า ที่อุณหภูมิในการดำเนินปฏิกิริยามากกว่า 600 องศาเซลเซียส ตัวเร่งปฏิกิริยา xNi-yCu/MS(2) มีค่าประสิทธิภาพและความเสถียรในการเร่งปฏิกิริยาที่ดีกว่าตัวเร่งปฏิกิริยา Ni/MS(2) อย่างชัดเจน สามารถบ่งชี้ได้ว่า อัตราส่วนระหว่างโลหะนิกเกิลและทองแดง มีผลต่ออัตราการระหว่งนิกเกิลและตัวรองรับ ซึ่งส่งผลทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยามีความสามารถในการแตกตัวของมีเทนและการผลิตก๊าซไฮโดรเจนและคาร์บอนที่ต่างกัน นอกจากนี้ยังมีผลต่อความเสถียรของตัวเร่งปฏิกิริยาอีกด้วย

คำสำคัญ: ปฏิกิริยาการแตกตัวของมีเทน, ก๊าซไฮโดรเจน, ซิลิกา, โครงสร้างของรูพรุน, นิกเกิล-ทองแดง

Abstract

Methane cracking reaction is an environmentally friendly reaction as it consumes greenhouse gas (CH_4), as well as, produces CO_x -free H_2 and carbon filament products. Nickel based catalyst is widely used as the catalyst in methane cracking reaction due to its high active even at low reaction temperature, low cost, availability and low toxicity. However, Ni based catalyst is easily deactivated by carbon formation, leading to lower catalytic activity during the reaction. The stability of Ni-based catalyst can be improved by selecting suitable supports and promoters. In this research, the effect of pore structure of mesocellular silica (MS) and the addition of copper (Cu) as promoter on the Ni-based catalyst performance in methane cracking reaction at different reaction temperatures were investigated. As the results, the Ni/MS(x) catalyst with large mesopore size in the range of (20 – 25 nm) exhibited higher and more stable activity and stability than that of Ni/MS(x) catalyst with small mesopore size in the range of (10 – 15 nm) at reaction temperatures of 500 and 550°C. It was due to the fact that the large mesopore size of Ni/MS(x) catalyst exhibited stronger interaction between nickel and support, leading to improvement the nickel dispersion and Ni active surface area. These characteristic directly affect the performance of catalyst in terms of activity and stability, as well as, the structure of carbon formed during the methane cracking reaction. However, the reaction temperature was higher than 600°C, the Ni based catalyst was easily deactivated. In order to improve the problem, the copper (Cu) addition with different Ni and Cu ratios on the performance of xNi-yCu/MS(2) catalysts in methane cracking reaction at different reaction temperatures were further investigated. The addition of Cu improved reducibility of xNi-yCu/MS(2) catalysts. In the performance test, the 8Ni-2Cu/MS(2) catalyst exhibited the highest CH_4 conversion and H_2 yield compared to the other catalysts. Moreover, xNi-yCu/MS(2) catalysts demonstrated higher and more stable activity and stability than that of Ni/MS(x) at high reaction temperature (> 600°C). This result indicated that the ratio of Ni-Cu bimetallic catalyst directly affected the interaction between Ni and MS(2) support, resulting in the different CH_4 conversion, H_2 yield, carbon product structure, as well as, the stability of catalyst during the reaction.

Keywords: Methane cracking reaction, Hydrogen, Silica, Pore structure, Nickel-copper