บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันวัสดุคาร์บอนเป็นที่นิยมและได้รับการประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น ตัวดูดซับประสิทธิภาพสูง (High efficiency absorbents) ส่วนประกอบในอุปกรณ์อิเล็กทอร์นิค (Electronic devices) อุปกรณ์กักเก็บพลังงาน (Energy store) เมมเบรน (Membráne) และตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst supports) (Yamamoto และคณะ (2001) Moreno-Castilla และคณะ (2005) และ Jin และคณะ (2009)) โดยเฉพาะอย่างยิ่งบทบาททางด้านการเป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุคาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูพรุนค่อนข้างสูงและมีการกระจายตัวของขนาดรูพรุนที่ดี รวมทั้งความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนและยากต่อการเกิดปฏิกิริยา (Tanaka และคณะ (2005)) ซึ่งคุณสมบัติสองข้อหลังถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญต่องานด้านตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาอย่างยิ่ง โดยวัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซ (Mesoporous: ขนาดรูพรุนอยู่ระหว่าง 2 ถึง 50 นาโนเมตร) นิยมนำมาใช้เป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยา ถึงแม้ว่าวัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซมีพื้นที่ผิวและแรงดูดซับโมเลกุลน้อยกว่าวัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบไมโคร (ถ่านกัมมันต์) แต่วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซมีคุณสมบัติการถ่ายเทมวลสารภายในรูพรุนดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบไมโคร

วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนสามารถสังเคราะห์ได้จากกระบวนการเผาวัสดุแหล่งกำเนิดคาร์บอน (Carbon precursor) ให้กลายเป็นคาร์บอน (Carbonization) อย่างไรก็ตาม ตลอด 20 ปีที่ผ่านมาได้มีความพยายามในการเตรียมวัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซ โดย Pekala และ คณะ (Al-Muhtaseb และคณะ (2003)) เป็นกลุ่มแรกที่ประสบความสำเร็จในการใช้ แหล่งกำเนิดคาร์บอนเป็น รีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์ เจล (Resorcinol-Formaldehyde gel: RF gel หรือ RF เจล) ซึ่งภายในโครงสร้างมีรูพรุนแบบเมโซ โดย RF gel สามารถเตรียมได้จากกระบวนการโซล-เจล (Sol-gel processing) และมี

โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate: Na_2CO_3) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดด่าง และอบแห้งด้วยสภาวะเหนือวิกฤติ (Supercritical drying) ซึ่ง RF gel ที่สังเคราะห์ได้จากกระบวนการนี้เรียกว่า "Aerogel" นับตั้งแต่การประสบความสำเร็จของ Pekala และ คณะ (Al-Muhtaseb และคณะ (2003)) ส่งผลให้นักวิจัยหันมาสนใจศึกษาวิธีการอบแห้งของ RF gel และกระบวนการโซล-เจลที่ส่งผลต่อความเป็นรูพรุนของวัสดุคาร์บอนและการคงไว้ซึ่งการเกิดรูพรุนแบบเมโซภายในวัสดุคาร์บอน อย่างไรก็ตามการควบคุมการกระจายตัวของขนาดรูพรุนและการเรียงตัวของรูพรุนที่เป็นระเบียบด้วยกระบวนการโซล-เจลทำได้ยาก ด้วยเหตุนี้จึงมีนักวิจัยสนใจที่จะใช้แม่แบบ (Template) ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างแบบจำลองโครงสร้าง (Structure directing agent) เพื่อช่วยควบคุมการกระจายตัวของขนาดรูพรุนให้สม่ำเสมอและมีการจัดเรียงตัวของรูพรุนที่เป็นระเบียบ โดยทั่วไปแม่แบบสามารถจำแนกตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภทคือแม่แบบชนิดฮาร์ด (Hard template) เช่น ซิลิกา(Silica) และแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) (Tanaka และคณะ (2005)) และแม่แบบชนิดซอฟท์ (Soft template) เช่น สารลดแรงตึงผิวประเภทไร้ประจุ (Nonionic surfactant) ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า แม่แบบชนิดซอฟท์เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการสังเคราะห์วัสดุคาร์บอนรูพรุนที่มีการจัดเรียงตัวของรูพรุนอย่างเป็นระเบียบ (Ordered mesoporous carbons; OMCs) มากกว่าแม่แบบชนิดฮาร์ด ทั้งนี้เนื่องจากแม่แบบชนิดฮาร์ด กำจัดออกจากแหล่งกำเนิดคาร์บอนได้ยากพร้อมทั้งต้องการขั้นตอนที่พิเศษในการเตรียม ทำให้ใช้เวลานาน ค่อนข้างยุ่งยาก และต้นทุนสูง (Li และคณะ (2007)) เมื่อเปรียบเทียบกับแม่แบบชนิดซอฟท์ที่สามารถกำจัดออกจากแหล่งกำเนิดคาร์บอนได้ง่าย ด้วยกระบวนการเผา (Meng และคณะ (2006)) ทำให้ใช้เวลาในการสังเคราะห์น้อยกว่าและมีขั้นตอนที่ง่ายไม่ยุ่งยาก ด้วยเหตุนี้การสังเคราะห์วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุน จึงนิยมใช้แม่แบบชนิดซอฟท์และมุ่งเน้นความสนใจไปที่สารลดแรงตึงผิวประเภทไร้ประจุอย่างสารกลุ่ม Polaxamer

ปัจจุบันการสังเคราะห์วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนรองรับโลหะทรานซิชัน สามารถเตรียมได้หลายวิธีแต่วิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือวิธีการเคลือบฝัง (Impregnation) โดยกระบวนการการเคลือบฝังคือ การจุ่มวัสดุคาร์บอนรูพรุนลงไปในสารละลายของโลหะหรือหยดสารละลายโลหะลงบนวัสดุคาร์บอนรูพรุน โดยสารละลายโลหะส่วนใหญ่เป็นสารจำพวกโลหะทรานซิชัน (Huwe และคณะ

(2003) และ Vengatesan และคณะ (2008)) ซึ่งวัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนรองรับโลหะทรานซิชันด้วยวิธีนี้มีขั้นตอนการเตรียมหลายขั้นตอนและยุ่งยาก อีกทั้งควบคุมการกระจายตัวของโลหะทรานซิชันได้ยาก ด้วยเหตุนี้นักวิจัยจึงได้มีการคิดค้นเทคนิคที่สามารถลดทอนขั้นตอนการสังเคราะห์พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายตัวของโลหะทรานซิชัน โดยการเติมเกลือโลหะในแหล่งกำเนิดคาร์บอนโดยตรงผ่านกระบวนการโซล-เจล ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะทรานซิชันที่ศึกษาคือ เหล็ก (Iron: Fe) นิกเกิล (Nickel: Ni) ทองแดง (Copper: Cu) และแพลทินัม(Platinum) (Maldonado-Hodar และคณะ (2000) Moreno-Castilla และคณะ (2003) Job และคณะ (2004) Maldonado-Hodar และคณะ (2004) และ Job และคณะ (2007))

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะคิดค้นแนวทางใหม่ในการสังเคราะห์วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะทรานซิชัน โดยสามารถควบคุมการเกิดรูปแบบโครงสร้างที่มีรูพรุนแบบเมโซ รวมทั้งมีการกระจายตัวของโลหะภายในโครงสร้าง RF gel สม่ำเสมอ ด้วยเทคนิคการเติมเกลือโลหะในแหล่งกำเนิดคาร์บอน (RF gel) โดยตรงผ่านกระบวนการโซล-เจล โดยใช้เหล็กและนิกเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต้นแบบศึกษา สารลดแรงตึงผิวประเภทไร้ประจุอย่าง Pluronic F127 ทำหน้าที่เป็นตัวสร้างแบบจำลองโครงสร้าง และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้ยังศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างรีโซซินอลต่อฟอร์มอลดีไฮด์ ประเภทของโลหะทรานซิชันและปริมาณของโลหะทรานซิชัน ที่มีผลต่อลักษณะโครงสร้างของรูพรุนและการกระจายตัวของโลหะภายในวัสดุคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การสังเคราะห์วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนระดับเมโซรองรับโลหะทรานซิชันโดยการเติมเกลือโลหะลงในรีโซซินอล/ฟอร์มดีไฮด์เจลโดยตรง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสังเคราะห์โลหะทรานซิชันบนตัวรองรับวัสดุคาร์บอนรูพรุนโดยการเติมเกลือโลหะลงรีโซซินอล/ฟอร์มอลดีไฮด์เจลโดยตรง ดังนี้

1.3.1 ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างรีโซซินอลต่อฟอร์มอลดีไฮด์ (Resorcinol-to-formaldehyde; R/F ratio) ภายใต้เงื่อนไขในการสังเคราะห์ที่ อัตราส่วนโดยโมลของ Pluronic F127: เอทานอล: น้ำ: โซเดียมไฮดรอกไซด์: ปริมาณของโลหะทรานซิชัน เท่ากับ 0.0027: 15: 5.6: 0.55: ปริมาณของโลหะทรานซิชัน ร้อยละ 5 และ 10 โดยน้ำหนัก (ต่อน้ำหนักคาร์บอน) คงที่และปรับเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่าง R/F ที่ 1:1 1:1.4 และ 1:2 ตามลำดับ

1.3.2 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณโลหะทรานซิชัน ภายใต้เงื่อนไขในการสังเคราะห์ที่ อัตราส่วนโดยโมลของ Pluronic F127: เอทานอล: น้ำ: รีโซซินอล: ฟอร์มอลดีไฮด์: โซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 0.0027: 15: 5.6: 1.0: 1.4: 0.55 คงที่และปรับเปลี่ยนปริมาณของโลหะที่ต้องการศึกษา ที่ร้อยละ 5 และ 10 โดยน้ำหนัก

1.3.3 ศึกษาอิทธิพลของประเภทโลหะทรานซิชัน ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกศึกษา เหล็ก อะซิเทต (Fe $(CH_3CO_2)_2$) และ นิกเกิล อะซิเทต (Ni (CH_3CO_2)) ภายใต้เงื่อนไขในการสังเคราะห์คือ 0.0027 Pluronic F127: 15 เอทานอล: 5.6 น้ำ: 0.55 โซเดียมไฮดรอกไซด์: ปริมาณของโลหะทรานซิชัน (ร้อยละ 5 และ 10 โดยน้ำหนัก (ต่อน้ำหนักคาร์บอน))

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้รับความรู้และความเข้าใจถึงกระบวนการในการสังเคราะห์โลหะทรานซิชันบนตัวรองรับวัสดุคาร์บอนรูพรุน

1.4.2 ความรู้ที่ได้รับเกี่ยวกับกระบวนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถส่งต่อความรู้ที่ได้ให้นักวิจัยท่านอื่น