บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

วัสดุนาโนคอมโพสิต (Nanocomposite materials) ของสารอินทรีย์กับสารอนินทรีย์กำลังเป็นที่ได้รับความสนใจทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแทรกสอด (Intercalation) ของโมเลกุลพอลิเมอร์ในในโครงสร้างระหว่างชั้นของออร์แกโนเคลย์ ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมพอลิเมอร์-เคลย์นาโนคอมโพสิตที่ดีวิธีหนึ่ง โดยออร์แกโนเคลย์จะทำให้สมบัติบางอย่าง เช่น สมบัติทางแสง สมบัติทางความร้อน และสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เปลี่ยนแปลงไป ออร์แกโนเคลย์ที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์-เคลย์นาโนคอมโพสิตนั้นสามารถเตรียมได้จากกลุ่มแร่ดินเหนียวหลายชนิด เช่น กลุ่มแร่ดินเหนียวสเม็คไทต์ (Smectite) เคโอลิไนต์ (Kaolinite) และเวอร์มิคูไลต์ (Vermiculite) คลอไรต์ (Chlorite) เป็นต้น แต่กลุ่มแร่ดินเหนียวที่ได้รับการพัฒนามากที่สุดก็คือ กลุ่มของสเม็คไทต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่ดินเหนียวมอนท์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) เนื่องจากมีลักษณะที่โดดเด่นกว่าแร่ดินเหนียวกลุ่มอื่นคือ มีโครงสร้างผลึกแผ่เป็นแผ่นหรือชั้นเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ ชั้นผลึกเหล่านี้มีความยืดหยุ่นและมีความเป็นขั้วหรือมีประจุ (Polarity) ดังนั้นเมื่อมอนท์มอริลโลไนต์ซึ่งมีความเป็นขั้วหรือชอบน้ำถูกเปลี่ยนให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำหรือชอบสารอินทรีย์แทนโดยการแทนที่ประจุต่างๆ ด้วยประจุของสารอินทรีย์แทน จึงทำให้ออร์แกโนเคลย์ที่เตรียมได้มีสมบัติชอบสารอินทรีย์ (Organophilic) เกิดขึ้นภายในช่องว่างระหว่างชั้นของโครงสร้าง ทำให้สามารถเกิดการกระจายตัวได้ดีในตัวทำละลายสารอินทรีย์ ออร์แกโนเคลย์นั้นมีชื่อเรียกอยู่หลายแบบด้วยกัน เช่น โมดิฟายด์เคลย์ (Modified clay) หรือ ออร์กาโนฟิลิกเคลย์ (Organophilic clay) เป็นต้น ดังนั้นการเตรียมพอลิเมอร์-เคลย์นาโนคอมโพสิต จึงไม่ใช่การนำแร่ดินเหนียมาเป็นสารตั้งต้นในการเตรียมโดยตรง แต่จะใช้แร่ดินเหนียวที่ผ่านการปรับสภาพผิวแล้วหรือออร์แกโนเคลย์เป็นสารตั้งต้นแทน

พอลิเมอร์-เคลย์นาโนคอมโพสิตได้พัฒนาสำเร็จสู่การค้าเป็นครั้งแรกโดย Toyota Central R&D laboratory โดยใช้ Caprolactam (Nylon-clay nanocomposite) เนื่องจากพอลิเมอร์เป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่สามารถผสมกับออร์แกโนเคลย์อย่างเข้ากันแล้วทำให้ชั้นซิลิเกตขยายออกห่างจากกันได้ เรียกว่า “นาโนคอมโพสิตของพอลิเมอร์-เคลย์” (Polymer-clay nanocomposites, PNC) หรือนิยมเรียกให้ชัดขึ้นว่า “นาโนคอมโพสิตของพอลิเมอร์-ชั้นซิลิเกต” (Polymer-layered silicate nanocomposites) เพราะมีอนุภาคนาโนเมตรผสมทั่วไปในเนื้อพอลิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมอร์ นาโนคอมโพสิตประเภทนี้ยังคงมีโครงสร้างของชั้นซิลิเกตที่เรียงซ้อนกันอย่างหลวมๆ แต่มีระเบียบ จึงเรียกว่า “นาโนคอมโพสิตชนิดแทรกสอด” (Intercalated nanocomposites) เมื่อผ่านเทคนิคการเตรียมที่ดีจะสามารถทำให้ชั้นซิลิเกตแตกกระจายออกจากกันเป็นชั้นเดี่ยวๆ กระจายอย่างอิสระในเนื้อพอลิเมอร์ได้ จึงเรียกว่าเป็นพอลิเมอร์ “นาโนคอมโพสิตชนิดแตกกระเจิง” (Exfoliated polymer nanocomposites)

คุณลักษณะสำคัญของพอลิเมอร์นาโนคอมโพสิต-เคลย์

- มีความใส เพราะอนุภาคขนาดนาโนเมตรจะเล็กกว่าความยาวคลื่นแสง UV-Vis มาก จึงไม่ทำให้แสงแตกกระเจิง ไม่เกิดความขุ่น ไม่ทึบแสง แต่จะโปร่งใส

- มีความแข็งแรง มอดุลัสสูงขึ้น เนื่องจากความแข็งของชั้นซิลิเกต

- มีสมบัติสกัดกั้นการซึมผ่านของแก๊ส เนื่องจากโครงสร้างผลึกที่หนาแน่น และมี Aspect ratio สูงทั้งสองมิติ จึงเพิ่มเส้นทางการเคลื่อนที่ของแก๊ส

- ทนความร้อนสูงได้ดี เพราะซิลิเกตเป็นฉนวนที่ดี การเผาไหม้จะให้ถ่าน (Char) ปกคลุมที่ผิวหน้า จึงไม่ลามไฟ และไฟดับรวดเร็ว

- เมื่อผสมในพอลิเมอร์ที่นำไฟฟ้าได้ จะทำให้นำไฟฟ้าหรือนำอิเล็กตรอนได้ดีขึ้น เพราะจำกัดการจัดตัวของโมเลกุลให้อยู่ในภาวะที่เอื้อต่อการนำไฟฟ้า เช่น สายโซ่โมเลกุลจะถูกยืดออกมากกว่าจะขดตัว ทำให้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนสะดวกขึ้น

สมบัติต่างๆ เหล่านี้สามารถเห็นได้ชัดเพียงมีส่วนผสมของปริมาณของออร์แกโนเคลย์หรือนาโนเคลย์เพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จึงเป็นการเพิ่มสมบัติของพอลิเมอร์ในการใช้งานเฉพาะทางต่างๆ ได้เป็นอย่างดี จึงนับเป็นแนวทางการพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์โดยนาโนเทคโนโลยีที่สำคัญอีกทางเลือกหนึ่ง [1]

ประกอบกับในสถานการณ์ปัจจุบันโลกกำลังประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเนื่องจากแหล่งพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ความต้องการพลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นและแหล่งพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้เกิดภาวะปัญหาการขาดแคลนน้ำมันขึ้นทั่วโลก และสำหรับประเทศไทยต้องนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ จึงทำให้ได้รับผลกระทบตามไปด้วย จากเหตุการณ์ดังกล่าวจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาแหล่งพลังงาน เพื่อทดแทนพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ถึงแม้ว่าเซลล์ที่สามารถสะสมพลังงานในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ทั่วไป เช่น ถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี จะสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายทั้งทางด้านอุตสาหกรรมภายในอาคารที่พักอาศัย หรือในยานพาหนะต่างๆ ก็ตาม แต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น พลังงานไฟฟ้าที่ได้นั้นมีอยู่อย่างจำกัดไม่สามารถที่จะให้ออกมาได้อย่างต่อเนื่อง และยังเกิดปัญหาทางด้านการกำจัดหลังหมดอายุการใช้งานด้วย ดังนั้นเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากมีลักษณะเฉพาะตัวที่น่าสนใจหลายประการ เช่นกระบวนการทางไฟฟ้าเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์เชื้อเพลิงไม่เป็นไปตามกฎของ Carnot ทำให้ไม่มีความจำเป็นที่ต้องเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อที่จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิง นอกจากนี้แล้วที่อุณหภูมิต่ำการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงก็ไม่ส่งผลให้เกิด NO_x ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดจากเชื้อเพลิงถูกออกซิไดซ์ โดยทั่วไปแล้วถ้าใช้เชื้อเพลิงเป็นไฮโดรเจน ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำ แต่อาจจะมีคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นได้ถ้าใช้เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอน นอกจากเรื่องของประสิทธิภาพและปราศจากมลพิษแล้ว เซลล์เชื้อเพลิงยังไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางเสียง และสามารถออกแบบในลักษณะที่นำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่อกันเป็นชุดๆ เพื่อให้เซลล์เชื้อเพลิงผลิตพลังงานไฟฟ้าตามที่ต้องการได้ และประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ทำให้เซลล์เชื้อเพลิงได้รับความสนใจในการพัฒนามาใช้งานจริง กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบเซลล์เชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ชนิดสันดาปภายในที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในรถยนต์ในปัจจุบัน เซลล์เชื้อเพลิงสามารถแปลงวัตถุดิบให้เป็นพลังงานขับเคลื่อนเครื่องยนต์สูงถึง 60% ในขณะที่เครื่องยนต์ชนิดสันดาปภายในมีประสิทธิภาพเพียง 25% อย่างไรก็ตาม การจะนำเซลล์เชื้อเพลิงมาเป็นแหล่งพลังงานในรถยนต์ได้นั้น ยังต้องมีการแก้ไขและพัฒนาอีกหลายจุดโดยเฉพาะความปลอดภัยของระบบการทำงาน กำลังไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงและระบบการกักเก็บวัตถุดิบที่มีประสิทธิภาพ [2]

ปัจจุบันได้มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์เชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้เซลล์เชื้อเพลิงนั้นสามารถใช้งานได้จริง ราคาไม่แพง ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ เพื่อทดแทนพลังงานน้ำมันในอนาคต และจากสมบัติที่โดดเด่นในหลายๆ ด้านของพอลิเมอร์นาโนคอมโพสิต-เคลย์ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมบัติทางด้านการสกัดกั้นการซึมผ่านของแก๊สเนื่องจากโครงสร้างผลึกที่หนาแน่น และมี Aspect ratio สูงทั้งสองมิติ จึงช่วยเพิ่มเส้นทางการเคลื่อนที่ของแก๊สนั้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์-นาโนเคลย์คอมโพสิตสำหรับใช้เป็นวัสดุกันรั่วในเซลล์เชื้อเพลิงประเภทเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนในครั้งนี้ เนื่องจากวัสดุกันรั่ว (Gasket) เป็นอีกส่วนประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลของออร์แกโนเคลย์ที่มีต่อสมบัติทางด้านการซึมผ่านของแก๊ส สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และการทนต่อสภาวะกรดของพอลิเมอร์-นาโนเคลย์คอมโพสิต สำหรับใช้เป็นวัสดุกันรั่วหรือประเก็นในเซลล์เชื้อเพลิงประเภทเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (PEMFC)

1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎี หรือเชิงประยุกต์

สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการปรับปรุงสมบัติของซิลิโคนพอลิเมอร์ให้มีสมบัติที่ดีขึ้น เพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุกันรั่ว (Seal) หรือประเก็น (Gasket) ในหอเซลล์เชื้อเพลิงประเภทเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

1.3.1 เชิงทฤษฎี

ทำให้ทราบถึงผลของออร์แกโนเคลย์ที่มีต่อสมบัติทางด้านการซึมผ่านของแก๊ส สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และการทนต่อสภาวะกรดของพอลิเมอร์-นาโนเคลย์คอมโพสิต รวมถึงกลไกของการจัดเรียงตัวของโมเลกุลสารลดแรงตึงผิวและการแทรกสอดของโมเลกุลพอลิเมอร์ในโครงสร้างระหว่างชั้นของออร์แกโนเคลย์

1.3.2 เชิงประยุกต์

สามารถนำชิ้นงานที่เตรียมได้ใช้เป็นวัสดุกันรั่วในเซลล์เชื้อเพลิงประเภทเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน หรือใช้ทำวัสดุกันรั่วในงานด้านอื่นๆ รวมทั้งออร์แกโนเคลย์ที่เตรียมได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านการบำบัดน้ำเสีย ใช้เป็นตัวช่วยปรับความหนืดในอุตสาหกรรมสีหรือเครื่องสำอาง เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved