บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันมลพิษจากไอเสีย เป็นมลพิษจากไอเสียของรถที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นส่วนใหญ่ และเมืองไทยใช้รถบรรทุกเล็กหรือที่เรียกกันว่ารถปิคอัพซึ่งใช้เครื่องยนต์ดีเซล จึงมีปัญหามลพิษจากไอเสียของรถ อีกทั้งยังต้องพึ่งพาน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศมีมูลค่าปีละกว่าหลายพันล้านบาท เพื่อผ่อนคลายปัญหาด้านการจัดหาพลังงานและลดการขาดดุลทางการค้า จึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาวิจัย เพื่อแสวงหาพลังงานในรูปแบบต่างๆ ภายในประเทศมาทดแทน [1] ซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษาวิจัยและพัฒนากันอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีข้อดีในด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทยได้มีโครงการวิจัยและพัฒนารถยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานโดยมีรายงานว่าประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี [2] อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบสำคัญต่าง ๆ ของเซลล์เชื้อเพลิงยังคงนำเข้ามาจากต่างประเทศทำให้มีราคาสูง ดังนั้นการพัฒนาชิ้นส่วนประกอบในประเทศจึงเป็นสิ่งที่ต้องรีบทำให้สำเร็จเช่นกัน

เซลล์เชื้อเพลิงมีหลายชนิดแต่ที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือ เซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน หรือเซลล์เชื้อเพลิงชนิดที่มีพอลิเมอร์เมมเบรนเป็นอิเล็กโทรไลต์ (Proton Exchange Membrane Fuel Cell or Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell) หรือเรียกย่อ ๆ ว่าเซลล์เชื้อเพลิงชนิดพีอีเอ็ม (PEMFC) เนื่องจากให้กำลังไฟฟ้าสูง ทำงานได้ที่อุณหภูมิต่ำ (50-80°C) อีกทั้งโครงสร้างไม่ซับซ้อน ประกอบกับบำรุงรักษาได้ง่าย และสามารถปรับค่ากำลังไฟฟ้าได้รวดเร็วตามที่ต้องการ จึงได้มีการนำไปประยุกต์ในงานหลายด้าน เช่น ในรถยนต์ อาคารสำนักงาน หรือใช้เป็นเซลล์เชื้อเพลิงขนาดพกพา ในเครื่องคอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น โดยใช้งานได้นานกว่าแบตเตอรี่ในปัจจุบัน [3]

หัวใจของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ประกอบด้วยแผ่นเยื่อบางๆ ใสๆ และองค์ประกอบบนแผ่น ซึ่งเรียกว่า MEA ที่ย่อมาจาก Membrane Electrode Assembly เรียกเป็นภาษาไทยว่า เยื่อแลกเปลี่ยนโปรตอน โดยทั้ง 2 ด้านของ MEA ประกอบด้วยไบโพลาร์เพลต (Bipolar plate) ในปัจจุบันทำจากแกร์ไฟต์ ซึ่งมีความซับซ้อนในการผลิต และมีราคาสูง ทำให้เซลล์เชื้อเพลิงมีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง อีกทั้งความหนาแน่นที่สูงของแกรไฟต์ ทำให้เซลล์เชื้อเพลิงมีน้ำหนักมากไม่สะดวกในการใช้งาน

โครงสร้างของเซลล์ประกอบด้วยอิเล็กโทรดเชื้อเพลิง (ขั้วแอโนด) และอิเล็กโทรดออกซิแดนท์ (ขั้วแคโทด) โดยมีแพลตินัมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยากระจายตัวฝังอยู่ที่ขั้วทั้งสองอย่างสม่ำเสมอ ทั้งสองขั้วจะถูกแยกออกจากกันด้วยชั้นของอิเล็กโทรไลต์ซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของเหลว โดยการทำงานนั้นเริ่มจากขั้วแอโนดได้รับเชื้อเพลิง ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจน จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งโมเลกุลก๊าซไฮโดรเจนแตกตัวให้อิเล็กตรอนกับโปรตอน โดยโปรตอนสามารถเคลื่อนที่ผ่านอิเล็กโทรไลต์ ไปยังขั้วแคโทดได้ เนื่องจากสารอิเล็กโทรไลต์มีสมบัติเป็นตัวนำโปรตอน ส่วนอิเล็กตรอนอิสระจะเคลื่อนที่เป็นกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรภายนอกเพื่อไปยังขั้วแคโทด ทั้งโปรตอนและอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ไปยังขั้วแคโทดจะทำปฏิกิริยารีดักชันกับก๊าซออกซิเจนที่ถูกป้อนเข้ามายังขั้วแคโทด ซึ่งผลจากปฏิกิริยาจะได้โมเลกุลของน้ำและความร้อน เซลล์เชื้อเพลิงชนิดพีอีเอ็ม 1 เซลล์ให้ศักย์ไฟฟ้าประมาณ 1.16 โวลต์ และเมื่อนำแต่ละเซลล์มาต่อเข้ากันแบบอนุกรมจะเรียกว่า หอเซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell stack) ซึ่งแต่ละเซลล์จะถูกกั้นด้วยไบโพลาร์เพลต แรงเคลื่อนไฟฟ้าจึงมีค่าสูงขึ้นตามจำนวนเซลล์ที่ต่อ ด้วยเหตุนี้ไบโพลาร์เพลตจึงเป็นส่วนประกอบสำคัญอันหนึ่งของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดพีอีเอ็ม โดยมีน้ำหนักประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเซลล์เชื้อเพลิง [4] หน้าที่ของไบโพลาร์เพลต คือ กระจายความร้อน เป็นช่องทางเดินของก๊าซเชื้อเพลิงและออกซิเจน สามารถส่งกระแสไฟฟ้าจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง ป้องกันการรั่วไหลของก๊าซ ควบคุมน้ำภายในเซลล์ และเป็นตัวกั้นระหว่างเซลล์ภายในหอเซลล์ วัสดุที่จะนำมาใช้ทำไบโพลาร์เพลตจะต้องสามารถนำไฟฟ้าและนำความร้อนได้ดี มีสมบัติเชิงกลที่ดี ทนต่อสภาวะในเซลล์เชื้อเพลิงได้ดี นอกจากนั้นควรจะมีน้ำหนักเบาราคาถูก และผลิตง่าย [5] วัสดุที่จะนำมาใช้ในการผลิต ไบโพลาร์เพลตต้องมีสมบัติ ดังนี้ [6]

- มีค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) : >100 S cm^{-1}
- มีการซึมผ่านของก๊าซไฮโดรเจนได้ต่ำ (hydrogen permeability) : < 2×10^{-6} cm^3 $(cm^2 s)^{-1}$
- ทนต่อการกัดกร่อน (corrosion resistance) : < 16 μA cm^{-2}
- มีสมบัติเชิงกลที่ดี : ความทนต่อแรงโค้งงอ (flexural strength) > 25 MPa
  : ความทนต่อแรงดึง (tensile strength) > 41 MPa
- มีค่าการนำความร้อนสูง (thermal conductivity) : > 10 W $(mK)^{-1}$
- ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่เป็นกรดภายในเซลล์เชื้อเพลิง : pH < 4
- เสถียรต่อความความร้อน (thermal stability) : สูงถึง 120 °C

วัสดุที่นำมาใช้ทำไบโพลาร์เพลตแบ่งได้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

1. แกรไฟต์ ได้แก่ แผ่นแกรไฟต์ชนิดไม่มีรูพรุน (non-porous graphite) เนื่องจากมีข้อดี คือ ทนการกัดกร่อนและสภาวะแวดล้อมในเซลล์เชื้อเพลิงได้ดี นำกระแสไฟฟ้าสูง แต่วัสดุชนิดนี้ มีกระบวนการผลิตยากและซับซ้อน อีกทั้งยังมีความเปราะสูงและราคาแพงมาก

2. แผ่นโลหะ มีสมบัติเชิงกลดี นำไฟฟ้าและความร้อนได้สูง แต่มักจะเกิดการกัดกร่อนได้ง่าย ทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงลดลง

3. พอลิเมอร์คอมโพสิต มีน้ำหนักเบา ทนต่อการกัดกร่อนได้สูง มีกระบวนการผลิตง่าย ทั้งยังมีราคาถูกกว่าวัสดุทั้ง 2 ชนิดข้างต้นมาก แต่มีข้อจำกัดในด้านการนำไฟฟ้าที่ได้ไม่สูงมาก และสมบัติเชิงกลยังด้อยกว่าโลหะ [5]

พอลิเมอร์คอมโพสิต จึงได้รับความสนใจในการนำมาผลิตเป็นไบโพลาร์เพลตและมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง โดยพอลิเมอร์ที่เหมาะสำหรับการผลิตเป็นไบโพลาร์เพลตมากที่สุดจะอยู่ในกลุ่มของพอลิเมอร์ที่เป็นเทอร์มอเซต ซึ่งในระหว่างการผลิตจะมีความหนืดต่ำ จึงสามารถเติมสารตัวเติมที่นำไฟฟ้าได้ในปริมาณสูง เทอร์มอเซตจะมีความแข็งแรง แต่มีความเปราะสูง [7] ประกอบกับแนวโน้มของอุณหภูมิการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงมีแนวโน้มที่สูงขึ้นถึง 120°C แทนที่ 80°C ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เทอร์มอเซตจึงมีความเหมาะสมกว่าเทอร์มอพลาสติก

ขณะนี้มีงานวิจัยในกลุ่มวิจัยของภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [8] ที่ใช้พอลิเมอร์ที่เป็นเทอร์มอเซต ซึ่งได้แก่ พอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ผสมกับพอลิไวนิลคลอไรด์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ในกลุ่มของเทอร์มอพลาสติก แล้วเติมแกรไฟต์ ซึ่งเป็นสารตัวเติมนำไฟฟ้าร่วมด้วย ผลการทดลองพบว่า พอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์คอมโพสิตที่ได้ สามารถให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 130 Scm^{-1} ค่าความทนต่อแรงดึงและค่าความทนต่อแรงโค้งงอ เท่ากับ 14.8 และ 15.9 MPa ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าการนำไฟฟ้าเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ แต่ค่าสมบัติเชิงกลยังด้อยอยู่ งานวิจัยที่จะพัฒนาต่อไปจึงเน้นการเสริมสมบัติเชิงกลให้กับวัสดุคอมโพสิตให้แข็งแรงขึ้น

ซิลิกอนคาร์ไบด์ เป็นเซรามิกชนิดหนึ่ง มีสูตรเคมีคือ SiC มีความแข็งสูง มีสภาพนำความร้อนได้ดี มีความแข็งแรงที่อุณหภูมิ 1,000°C ดียิ่งกว่าอะลูมินา มีมอดุลัสยืดหยุ่น 410 GPa แม้ที่ระดับอุณหภูมิสูงถึง 1,600°C ความแข็งแรงก็ไม่ลดลง ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงต่อความร้อนอย่างฉับพลันดีมาก อีกทั้งยังไม่ทำปฏิกิริยากับกรด ซึ่งอาจใช้เป็นสารกึ่งตัวนำ และวัสดุสำหรับการขัด [9] เนื่องจากซิลิกอนคาร์ไบด์มีสมบัติที่น่าสนใจ ดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีการใช้ซิลิกอนคาร์ไบด์ในงาน

คอมโพสิต โดยซิลิกอนคาร์ไบด์ที่เป็นอนุภาคจะเสริมการทนการกัดกร่อน และซิลิกอนคาร์ไบด์ที่เป็นเส้นจะเสริมแรง ปัจจุบันมีการศึกษาการเตรียมวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างซิลิกอนคาร์ไบด์นาโนไวร์และอีพอกซีเรซิน [15] ซึ่งผลการตรวจสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติกายภาพ เช่น ความแข็งและความทนต่อแรงดึง พบว่าเมื่อเติมซิลิกอนคาร์ไบด์นาโนไวร์ลงในอีพอกซีเรซินที่ 0-15%โดยน้ำหนัก ค่าความแข็งและค่าความทนต่อแรงดึงจะเพิ่มขึ้น 1.3-6.3 HK และ 5.4-23.8 MPa ตามลำดับ

ในงานวิจัยนี้ จะใช้อนุภาคของซิลิกอนคาร์ไบด์ ทำการเสริมแรงพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์คอมโพสิต ซึ่งทางกลุ่มวิจัยได้ทำการพัฒนาจนได้ค่าการนำไฟฟ้าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของDOE โดยมุ่งเน้นการพัฒนาสมบัติเชิงกลของคอมโพสิตนี้

1.2. สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Kuan และคณะ [10] ได้ทำการเตรียมคอมโพสิตไบโพลาร์เพลต โดยพอลิเมอร์ที่ใช้ คือ ไวนิลเอสเทอร์ เตรียมวิธีการกดอัดขึ้นรูป และทำการศึกษาสมบัติต่างๆของคอมโพสิต พบว่าเมื่อมีการเพิ่มเปอร์เซ็นต์แกรไฟต์จาก 60% เป็น 80 % โดยน้ำหนัก ค่าความต้านทานไฟฟ้าของคอมโพสิตจะลดลงจาก 20,000 เป็น 5.8 mΩ และเมื่อมีการลดขนาดของแกรไฟต์จาก 1,000 เป็น 177 μm ค่าความต้านทานไฟฟ้าของคอมโพสิตจะเพิ่มขึ้นจาก 6.5 เป็น 25.2 mΩ ค่าความยืดหยุ่นและค่ามอดุลัสของการโค้งงอจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของแกรไฟต์ ค่ามอดุลัสของการโค้งงอจะลดลงเมื่อมีการลดขนาดของแกร์ไฟต์จาก 31.25 MPa (1000–177 μm) เป็น 15.96 MPa (53 μm)

Muller และคณะ [11] ศึกษาการขึ้นรูปของคอมโพสิตไบโพลาร์เพลตโดยใช้วิธีการฉีดเข้าแม่แบบและการขึ้นรูปด้วยวิธีกดอัด โดยใช้พอลิเมอร์สองชนิด คือ เทอร์มอพลาสติกและเทอร์มอเซต เทอร์มอพลาสติกพอลิเมอร์ที่ใช้ คือ พอลิพรอพิลีน และเทอร์มอเซตคือพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งคอมโพสิตประกอบด้วยสาร 3 ชนิด คือ พอลิเมอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวยึด แกรไฟต์ และเส้นใยคาร์บอน จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้พอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ จะให้ค่าการนำไฟฟ้าและค่าความคงทนต่ออุณหภูมิที่ดีกว่าพอลิพรอพิลีน และพบว่าเมื่อเปรียบเทียบการขึ้นรูปพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ โดยการขึ้นรูปด้วยวิธีการฉีดเข้าแม่แบบ กับขึ้นรูปแบบกดอัด พบว่าสมบัติของพอลิเมอร์ที่ได้จากการขึ้นรูปทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน

Dhakate และคณะ [12] ศึกษาสมบัติของคอมโพสิตไบโพลาร์เพลตที่เตรียมโดยวิธีการกดอัดขึ้นรูป โดยคอมโพสิตที่เตรียมมีการเติมสารตัวเติมที่แตกต่างกัน เช่น แกรไฟต์ธรรมชาติ แกรไฟต์สังเคราะห์ ผงเขม่าดำ และเส้นใยคาร์บอน เป็นต้น โดยพอลิเมอร์เมทริกซ์ที่ใช้ คือ พอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดี

ไฮด์ ที่อยู่ในรูปผง และมีการศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของคอมโพสิตไบโพลาร์เพลตที่เตรียมได้ จากการทดลองพบว่าเมื่อมีการรวมสารตัวเติมและเติมลงไปในคอมโพสิตโดยมีการควบคุมอัตราส่วนของสารตัวเติมพบว่าสมบัติที่ได้จะเหมาะสมกับการทำคอมโพสิตไบโพลาร์เพลตเพื่อใช้ในเซลล์เชื้อเพลิง ดังนี้ ค่าความหนาแน่น 1.85 $g.cm^{-3}$ ค่าการนำไฟฟ้า > 150 $S.cm^{-1}$ ค่าความแข็งชอร์ > 65 ค่าความทนแรงโค้งงอ > 60 MPa ค่ามอดุลัส > 10 MPa และค่าความทนแรงกดอัด > 70MPa

Kakati และคณะ [14] ได้ทำการศึกษาความแตกต่างของสมบัติเชิงกลของไบโพลาร์เพลตโดยใช้พอลิเมอร์สองชนิดคือ พอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ชนิดของเหลวและชนิดผงโดยทำการเตรียมเป็นคอมโพสิตไบโพลาร์เพลตที่เตรียมโดยวิธีการกดอัดขึ้นรูป จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ เช่น ความหนาแน่น ความพรุนตัว ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความแข็งแรง ค่าความทนต่อแรงดึง พบว่าสมบัติเชิงกลของไบโพลาร์เพลตที่ใช้พอลิเมอร์สองชนิดนั้นมีความแตกต่างกัน พอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ชนิดผงนั้นจะให้ค่าสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าชนิดของเหลว โดยที่อัตราส่วนของผงเขม่าดำ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่าความทนต่อแรงโค้งงอของคอมโพสิตพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ชนิดผงและชนิดเหลว มีค่าเท่ากับ 75 MPa และ 50 MPa ตามลำดับ แต่พอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ชนิดของเหลว นั้นจะให้ค่าการนำไฟฟ้าที่ดีกว่าชนิดผงเล็กน้อย โดยที่อัตราส่วนของผงเขม่าดำ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่าการนำไฟฟ้าของคอมโพสิตพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ชนิดผง และชนิดเหลว มีค่าเท่ากับ 250 $S.cm^{-1}$ และ270 $S.cm^{-1}$ ตามลำดับ เนื่องจากมีหมู่ฟังก์ชั่น σ–OH มากกว่า แต่ฟีนอลิกเรซินชนิดผงให้ค่าความพรุนตัวที่น้อยกว่าและให้ค่าสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า ไบโพลาร์เพลตที่ทำจากพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ชนิดผงจึงมีศักยภาพที่ดีกว่า

Yin และคณะ [13] ได้ทำการเตรียมคอมโพสิตไบโพลาร์เพลต จากการใช้ผงพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ และผงแกรไฟต์เป็นวัสดุตั้งต้น โดยใช้การขึ้นรูปแบบกดอัด และศึกษาผลของปริมาณผงพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปที่มีผลต่อค่าสมบัติทางกายภาพและค่าการนำไฟฟ้าของคอมโพสิต พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของผงพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงและค่าความทนแรงโค้งงอจะเพิ่มขึ้น และเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปค่าการนำไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแบบคลื่นคือมีการเพิ่มเมื่อมีสภาวะที่เหมาะสมและลดลงเมื่อมีสภาวะที่ไม่เหมาะสม และค่าความทนแรงโค้งงอ จะเพิ่มขึ้นในตอนแรกและหลังจากนั้นจะลดลง จากการทดลองนี้ค่าการนำไฟฟ้าดีที่สุดคือ 142 Scm^{-1} และค่าความทนแรงโค้งงอที่ดีที่สุดคือ 61.6 MPa เมื่อมีการใช้ปริมาณผงพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ 15% อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปคือ 240°C และเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปคือ 60 นาที

Nhuapeng และคณะ [15] ได้ศึกษาการเตรียมวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างซิลิกอนคาร์ไบด์นาโนไวร์และอีพอกซีเรซินโดยใช้เทคนิคการผสมแบบอัลตราโซนิกและการหล่อแบบ ซึ่งได้ทำการตรวจสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติกายภาพ เช่น ความแข็งและความทนต่อแรงดึง พบว่าเมื่อเติมซิลิกอนคาร์ไบด์นาโนไวร์ลงในอีพอกซีเรซินที่ 0-15%โดยน้ำหนัก ค่าความแข็งและค่าความทนต่อแรงดึงจะเพิ่มขึ้น 1.3-6.3 HK และ 5.4-23.8 MPa ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่เตรียมได้โดยใช้เทคนิค SEM พบว่าการเตรียมโดยใช้การผสมแบบอัลตราโซนิคนี้สามารถใช้เตรียมวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างซิลิกอนคาร์ไบด์นาโนไวร์และอีพอกซีเรซินที่มีสมบัติการทนต่อการขีดข่วนที่ดีได้

Bin และคณะ [16] ได้ทำการศึกษาคอมโพสิตไบโพลาร์เพลตโดยใช้พอลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ (PVDF) เป็นตัวเมทริกซ์และใช้ไทเทเนียมซิลิกอนคาร์ไบด์ (Ti_3SiC_2) เป็นสารตัวเติมเพื่อให้เกิดการนำไฟฟ้าได้ โดยใช้การขึ้นรูปแบบวิธีกดอัด ใส่สารตัวเติมเป็นปริมาณ 80% พบว่าได้ค่าการนำไฟฟ้า 28.83 Scm^{-1} และความทนแรงโค้งงอเป็น 24.92 MPa

Chisholm และคณะ [17] ได้ศึกษาสมบัติทางความร้อนและสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมระหว่างซิลิกอนคาร์ไบด์และอีพอกซีเรซิน โดยใช้อนุภาคของซิลิกอนคาร์ไบด์ในระดับไมโครเมตรและนาโนเมตรเติมลงไป 1.5% และ 3.0% โดยน้ำหนัก ผสมโดยใช้เทคนิคอัลตราโซนิก และขึ้นรูปด้วยวิธี VARTM (Vacuum Assisted Resin Transfer Molding) เป็นการฉีดเรซินเข้าไปในแม่แบบ โดยใช้สุญญากาศเข้าช่วย ทำให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นสูง ไร้ฟองอากาศ จากการศึกษาพบว่า อนุภาคซิลิกอนคาร์ไบด์ในระดับนาโนจะให้ค่าความเสถียรทางความร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการเชื่อมต่อกันในโครงสร้างโมเลกุลมาก ส่งผลทำให้ช่องว่าง (void) ลดลง สมบัติเชิงกลจึงสูงกว่า การเติมอนุภาคซิลิกอนคาร์ไบด์ในระดับไมโครลงไปในอีพอกซีเรซิน

Doungban และคณะ [8] ได้ศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าและสมบัติเชิงกลของพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์คอมโพสิต ที่ใช้พอลิเมอร์ที่เป็นเทอร์มอเซต ซึ่งได้แก่ พอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ผสมกับพอลิไวนิลคลอไรด์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ในกลุ่มของเทอร์มอพลาสติก แล้วเติมแกรไฟต์ ซึ่งเป็นสารตัวเติมนำไฟฟ้าร่วมด้วย ผลการทดลองพบว่า พอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์คอมโพสิตที่ใช้แกรไฟต์ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ผ่านการอบหลังบ่มที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 ชั่วโมง สามารถให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 130 Scm^{-1} ค่าความทนต่อแรงดึงและค่าความทนต่อแรงโค้งงอ เท่ากับ 14.8 และ15.9 MPa ตามลำดับ

Chaiwan และคณะ [50] ได้ศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าและสมบัติเชิงกลของพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ สารตัวเติมคาร์บอนคอมโพสิตที่มีการเติมและไม่เติมอนุภาคยางไนไตรล์ ที่ปริมาณแกรไฟต์เท่ากันที่ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่า คอมโพสิตที่มีการเติมยางจะมีสมบัติการนำไฟฟ้าและสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า โดยพอลิฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์คอมโพสิตที่ใช้แกรไฟต์ 80 เปอร์เซ็นต์และอนุภาคยาง ไนไตรล์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อทำการอบหลังบ่มที่ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 ชั่วโมง มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดคือ 105.6 ซีเมนต่อเซนติเมตร ขณะที่สมบัติเชิงกล ได้แก่ ความทนแรงดึงและความทนแรงโค้งงอ มีค่าเท่ากับ 18.4 เมกะพาสคัล และ 30.7 เมกะพาสคัล ตามลำดับ เนื่องจากอนุภาคยางจะไปแทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างแกรไฟต์และพอลิเมอร์เมทริกซ์ ทำให้คอมโพสิตมีความแน่นขึ้น เกิดโครงร่างแหได้เพิ่มขึ้น และจากโครงสร้างที่ชิดกันมากขึ้นนี้ ทำให้อนุภาคแกรไฟต์อยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้น นำไฟฟ้าได้ดีขึ้น รวมทั้งมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้นด้วย

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อเสริมแรงฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์คอมโพสิตและนำไปประยุกต์ใช้เป็นไบโพลาร์เพลตในเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนโดยให้เป็นไปตามมาตรฐานของ DOE (Department of Energy, USA) นั่นคือ มีค่าการนำไฟฟ้า > 100 Scm^{-1} และค่าความทนแรงโค้งงอ > 25 MPa

1.4. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา เชิงทฤษฎีและ/หรือเชิงประยุกต์

1.4.1 เชิงทฤษฎี

ทราบความสัมพันธ์ของชนิดและสัดส่วนของตัวเติมต่อค่าการนำไฟฟ้า สมบัติเชิงกล และสมบัติทางกายภาพของฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์คอมโพสิต

1.4.2 เชิงประยุกต์

ได้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่มีสมบัติเหมาะสมกับการประยุกต์เป็นไบโพลาร์เพลตสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน