

## บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็นสองระยะคือ ในช่วงต้นและในช่วงท้าย โดยที่ในช่วงต้นนี้ เป็นการศึกษาการปรับปรุงสมบัติโดยเฉพาะทางไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์สำหรับใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดอิเล็กโทรไลต์ของแข็ง (Solid Oxide Fuel Cell) ซึ่งเป็นเซลล์เชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพในการกำเนิดไฟฟ้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ โดยสารอิเล็กโทรไลต์ที่นำมาศึกษาประกอบด้วยสารกลุ่มเซอร์โคเนียเป็นฐานและสารกลุ่มซีเรียเป็นฐาน สารทั้งสองกลุ่มนี้มีพื้นฐานปัญหาที่แตกต่างกัน ในช่วงท้ายเป็นการพัฒนาการขึ้นรูปเซลล์เชื้อเพลิงที่มีรูปแบบต่างๆ และการพัฒนาระบบการวัดสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์ในบรรยากาศไฮโดรเจนและออกซิเจน

สารกลุ่มเซอร์โคเนียเป็นฐาน เป็นเซรามิกที่มีค่าการนำไอออนที่ดีในช่วงอุณหภูมิสูง การทดลองในส่วนนี้เป็นการทดลองโดยใช้วิธีการเผาผนึกแบบสถานะของแข็ง และใช้การขึ้นรูปโดยการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาการขึ้นรูปเซรามิกกลุ่มนี้ให้มีโครงสร้างแบบแกนและเปลือกโดยกระบวนการเคลือบด้วยสารละลายอื่นๆ เช่น ซีเรียและอิตเทรีย เพื่อให้สารมีโครงสร้างแกนเป็นเตตราโกนอลและเปลือกเป็นคิวบิกที่มีการนำไอออนที่ดี การทดลองสามารถนำไปสู่การขึ้นรูปให้มีโครงสร้างที่ต้องการได้ เมื่อใช้สภาวะในการทดลองที่เหมาะสม ส่วนสารกลุ่มซีเรียเป็นฐานผู้วิจัยได้พยายามปรับปรุงความสามารถในการนำไอออนเพื่อใช้ในช่วงอุณหภูมิปานกลาง โดยการทดลองใช้สารซีเรียเจือด้วยซามาเรีย แกโดลิเนีย และอิตเทรีย และทำเติมสารช่วยในการเผาผนึกเช่นโคบอลต์ออกไซด์และเฟอริกออกไซด์ลงไป การทดลองพบว่า การเติมสารโคบอลต์ออกไซด์ลงในสารซีเรียเจือด้วยซามาเรีย ในปริมาณเพียง 1% สามารถช่วยลดอุณหภูมิในการเผาผนึกลงได้ถึง 200 °C และยังทำให้สารอิเล็กโทรไลต์มีค่าการนำไอออนที่ดีขึ้นกว่าเดิมและมีค่าการนำไอออนภายในเกรนเป็น  $1.14 \times 10^{-3}$  ต่อโอห์ม.เซนติเมตร ค่าการนำไอออนบริเวณขอบเกรนเป็น  $4.1 \times 10^{-4}$  ต่อโอห์ม.เซนติเมตร จึงมีค่าการนำไอออนรวมเป็น  $3.0 \times 10^{-4}$  ต่อโอห์ม.เซนติเมตร ที่อุณหภูมิการวัด 350 °C

การทดลองขึ้นรูปเซลล์เชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้ทำเป็นหลายรูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 การขึ้นรูปโดยใช้เหล็กกล้าไร้สนิมพูนเป็นฐานรองรับ พบว่าปัญหาหลักของการขึ้นรูปคือ การทำให้ชั้นอิเล็กโทรไลต์มีการผนึกตัวสูง ทั้งนี้ปัญหาที่พบคือเหล็กกล้าไร้สนิมพูนระหว่างอุณหภูมิขนาดใหญ่เนื่องจากเป็นโลหะอุตสาหกรรม มีราคาสูงและขนาดอนุภาคใหญ่ ทำให้การหดตัวน้อย การแก้ปัญหาโดยการใช้ตัวรองรับโลหะที่สังเคราะห์โดยวิธีการเคมีเพื่อให้มีขนาดอนุภาคที่เล็กลงน่าจะแก้ปัญหานี้ได้ แต่ในทางกลับกันจะทำให้ราคาของเซลล์สูงขึ้นด้วย

รูปแบบที่ 2 การขึ้นรูปโดยใช้เซรามิกเซอร์โคเนียอิเล็กโทรไลต์หรือ 8YSZ เป็นตัวรอง ทำการขึ้นรูปเซลล์โดยศึกษาผลของโครงสร้างทางจุลภาคของชั้นไอออนสองชนิดคือชนิด Ni-10GDC และ Ni/Co-10GDC โดยใช้ค่าโทดมาตรฐานเหมือนกันในทุกการทดลอง คือสาร lanthanum strontium cobalt ferrite (LSCF) ทั้งนี้ศึกษาผลการเปลี่ยนโครงสร้างทางจุลภาค ในการศึกษาผลของปัจจัยต่างๆในการเตรียมไอออน Ni-GDC ได้แก่ ระบบของสารยึดเกาะ ปริมาณสารยึดเกาะ เวลาในการบดสารไอออน และปริมาณของ Ni ซึ่งเป็นเฟสที่นำไฟฟ้าแบบอิเล็กโทรนิคส์ ต่อสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์ พบว่า ไอออนที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดวัดในช่วงอุณหภูมิ 600-800 °C อยู่ที่  $12.37 \times 10^2 - 13.97 \times 10^2 \text{ S.cm}^{-1}$  ค่าความต่างศักย์ของวงจรเปิดในทุกเซลล์มีค่าใกล้เคียงกันโดยไม่ขึ้นกับชนิดของไอออนที่ใช้ และค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อมีการจ่ายกระแสและต่อตัวต้านทานให้กับวงจรคือ  $99 \text{ mW.cm}^{-2}$  ในการปรับเปลี่ยนสารไอออนจาก Ni เป็นโลหะผสม  $\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}$  ( $x = 0.25-0.75$ ) เพื่อปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้าของไอออน ในการทดลองนี้พบว่าไอออนที่มีค่า  $x = 0.25$  ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 800 °C เมื่อมีการจ่ายกระแสและต่อตัวต้านทานให้กับวงจรคือ  $111 \text{ mW.cm}^{-2}$

รูปแบบที่ 3 การขึ้นรูปโดยใช้ตัวรองเซรามิกพอร์ซันดอลูมินาเป็นฐาน ขึ้นรูปโดยใช้การ เทหล่อลงในแม่พิมพ์ปูนพลาสเตอร์และการรีดออกเป็นท่อ ผลการทดลองพบว่าการใช้เตรียมท่อด้วยวิธีการเทหล่อลงในแม่พิมพ์ปูนพลาสเตอร์ ให้ท่อที่มีความหนามากเกินไปและการควบคุมความหนาทำได้ยาก ดังนั้นการรีดเป็นท่อจึงพบว่ามีความเหมาะสมกว่า ในการทดลองใช้แป้งมันและ methyl cellulose (MC) เป็นสารสร้างรูพรุน การเตรียมวัสดุไอออนทำโดยใช้สารเซอร์เมระหว่างสาร 10GDC และ NiO โดยสาร 10GDC นี้เตรียมโดยวิธีการโซลเจลแบบเผาไหม้ พบว่าอนุภาคที่ได้มีขนาด 10-30 nm และสามารถเผาผนึกได้ที่อุณหภูมิ 1300 °C. การทดลองเบื้องต้นโดยการฉีดพ่นวัสดุไอออนลงบนท่ออะลูมินาพบว่ามีปัญหาการหลุดร่อนหลังการเผา จึงปรับใช้ตัวรองเป็นแบบแผ่น เมื่อทดลองนำตัวรองที่มีการเคลือบสารไอออนลงไปเผา พบว่าเกิดชั้นของสารนิเกิลสปีเนลที่มีความหนาแน่นสูง คั่นกลางระหว่างชั้นไอออนและชั้นอลูมินา ซึ่งอาจทำให้เกิดขัดขวางการไหลของแก๊สเข้าสู่ชั้นไอออนและอิเล็กโทรไลต์ได้ เมื่อทดลอง

เคลือบชั้นคาโทดลงบนตัวรองอลูมินาพบว่าเกิดสารแปลกปลอมเช่นเดียวกัน ดังนั้นการนำวัสดุรองอลูมินาไปใช้งานจึงไม่สามารถทำได้

รูปแบบที่ 4 เซลล์เชื้อเพลิงโดยมีวัสดุผสมนิกเกิล-นิกเกิลสปีเนล ( $\text{Ni-NiAl}_2\text{O}_4$ ) เป็นตัวรองรับ โดยมี Ni-8YSZ เป็นชั้นแอโนด 8YSZ เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ โลหะแพลตทินัมเป็นชั้น การศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติทางกลของตัวรองรับ  $\text{NiO-NiAl}_2\text{O}_4$  ที่อัตราส่วนนิกเกิลออกไซด์ 50, 55 และ 60 Wt% โดยใช้สัญลักษณ์ 50NO50NS, 55NO45NS และ 60NO40NS ตามลำดับ หลังการเผาอบที่  $1400\text{ }^\circ\text{C}$  และเผาที่  $800\text{ }^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศแก๊สไฮโดรเจน พบว่าการเพิ่มปริมาณนิกเกิลออกไซด์ในตัวรองรับ  $\text{NiO-NiAl}_2\text{O}_4$  พบว่าเซลล์เดี่ยวที่ใช้ตัวรองรับ 60NO40NS แสดงประสิทธิภาพต่ำสุด โดยให้ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าประมาณ  $43.3\text{ mW/cm}^2$  ที่อุณหภูมิ  $800\text{ }^\circ\text{C}$  เนื่องจากพบรูพรุนและรอยแตกเกิดขึ้นในชั้นอิเล็กโทรไลต์ของ 8YSZ ในขณะที่ชั้นอิเล็กโทรไลต์ที่ผนึกตัวได้ดีสำหรับเซลล์เดี่ยวที่ใช้ตัวรองรับ 55NO45NS สามารถแสดงค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ  $94.5\text{ mW/cm}^2$  ที่อุณหภูมิ  $800\text{ }^\circ\text{C}$