



แก้วเชื่อมประสานเสถียรภาพสูงในเซลล์เชื้อเพลิงออกไซด์ของแข็งแบบแผ่น

High Stability Glass Sealant for Solid Oxide Fuel Cell

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพชรลดา กันทาดี สังกัดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
งบประมาณ 800,000 บาท ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี

จุดเด่นโครงการ : เซลล์เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานทดแทนในอนาคต เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดและไม่มีการปล่อยมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้งานอย่างจริงจัง โดยเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง (Solid Oxide Fuel Cell; SOFC) สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยอาศัยปฏิกิริยาอิเล็กโทรลิซิสของก๊าซเชื้อเพลิง ซึ่งได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจน หรือ มีเทน เป็นต้น เซลล์เชื้อเพลิงชนิดนี้ได้รับความสนใจในการนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากส่วนประกอบเซลล์เป็นของแข็ง ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะผลิตแก้วเชื่อมประสานที่สามารถใช้งานได้ดีในเซลล์เชื้อเพลิงที่มีวัสดุเซรามิกประเภทอิเทรียเจ็ดด้วยเซอร์โคเนียหรือ YSZ เป็นหลักในการประกอบเซลล์ แก้วเชื่อมประสานที่ผลิตขึ้นจะถูกพัฒนาโดยการปรับปรุงองค์ประกอบของแก้วที่ผู้วิจัยได้ศึกษามาแล้วในเบื้องต้น เพื่อพัฒนาสมบัติความคงทนต่อรอบการใช้งานที่มีการเพิ่ม-ลดอุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิง และยืดอายุการใช้งานของแก้วเชื่อมประสาน นอกจากนี้แก้วที่พัฒนาขึ้นจะถูกติดตามการเปลี่ยนแปลงตลอดจนอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างแก้วเชื่อมประสานกับวัสดุส่วนประกอบอื่นๆ ในเซลล์เชื้อเพลิง ภายใต้สภาวะการทำงานที่อุณหภูมิสูง จากนั้นจะทำการประกอบและทดสอบแก้วเชื่อมประสานที่ผลิตขึ้นกับเซลล์เชื้อเพลิง SOFC ภายใต้สภาวะการทำงานจริง เพื่อรองรับการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงกลุ่มนี้สำหรับพลังงานทางเลือกในอนาคต เพื่อผลิตแก้วเชื่อมประสานใช้เองภายในประเทศทดแทนการนำเข้า อีกทั้งยังทำให้เกิดการพัฒนาพลังงานทางเลือกเพื่อใช้เองในประเทศอีกด้วย

มติการนำไปใช้ประโยชน์

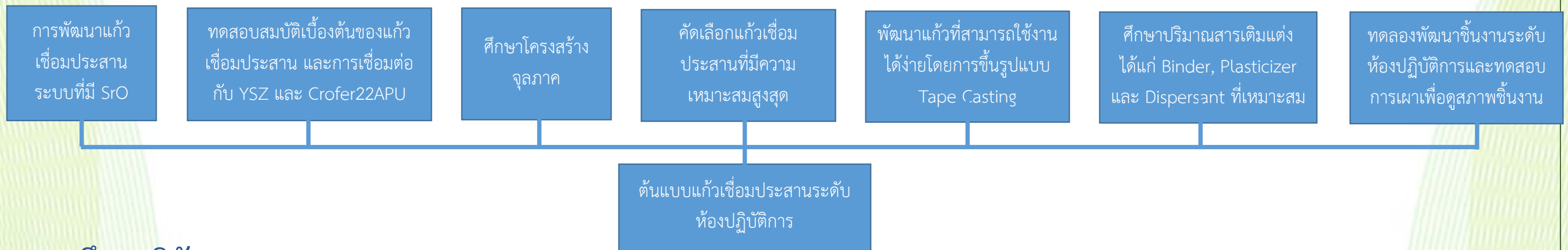
- เชิงวิชาการ
- เชิงพาณิชย์
- เชิงนโยบาย
- เชิงสาธารณะ
- เชิงชุมชนและพื้นที่

ที่มาและความน่าสนใจของการวิจัย เซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง (Solid Oxide Fuel Cell; SOFC) มีส่วนประกอบ ได้แก่ อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ขั้วแคโทด (Cathode) ขั้วแอโนด (Anode) แผ่นโลหะกั้นเซลล์ (Interconnect) และตัวเชื่อมประสาน (Sealant) ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยอาศัยปฏิกิริยาอิเล็กโทรลิซิสของก๊าซเชื้อเพลิง ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจน หรือ มีเทน ผู้วิจัยมุ่งหวังพัฒนาแก้วเชื่อมประสานที่ใช้ใน Planar SOFC เพื่อพัฒนาความคงทนต่อรอบการใช้งานและระยะเวลาการใช้งานของแก้วเชื่อมประสาน ณ สภาวะจริงของเซลล์เชื้อเพลิง SOFC โดยมุ่งหวังพัฒนาแก้ว โดยการปรับสมบัติโดยเปลี่ยนสารเคมีจาก BaO เป็น SrO เพื่อให้ได้แก้วที่มีค่า CTE อยู่ในช่วง $8-11 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับส่วนประกอบอื่นๆ อีกทั้งยังมุ่งพัฒนาให้แก้วอยู่ในรูปแบบที่ใช้งานง่ายขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

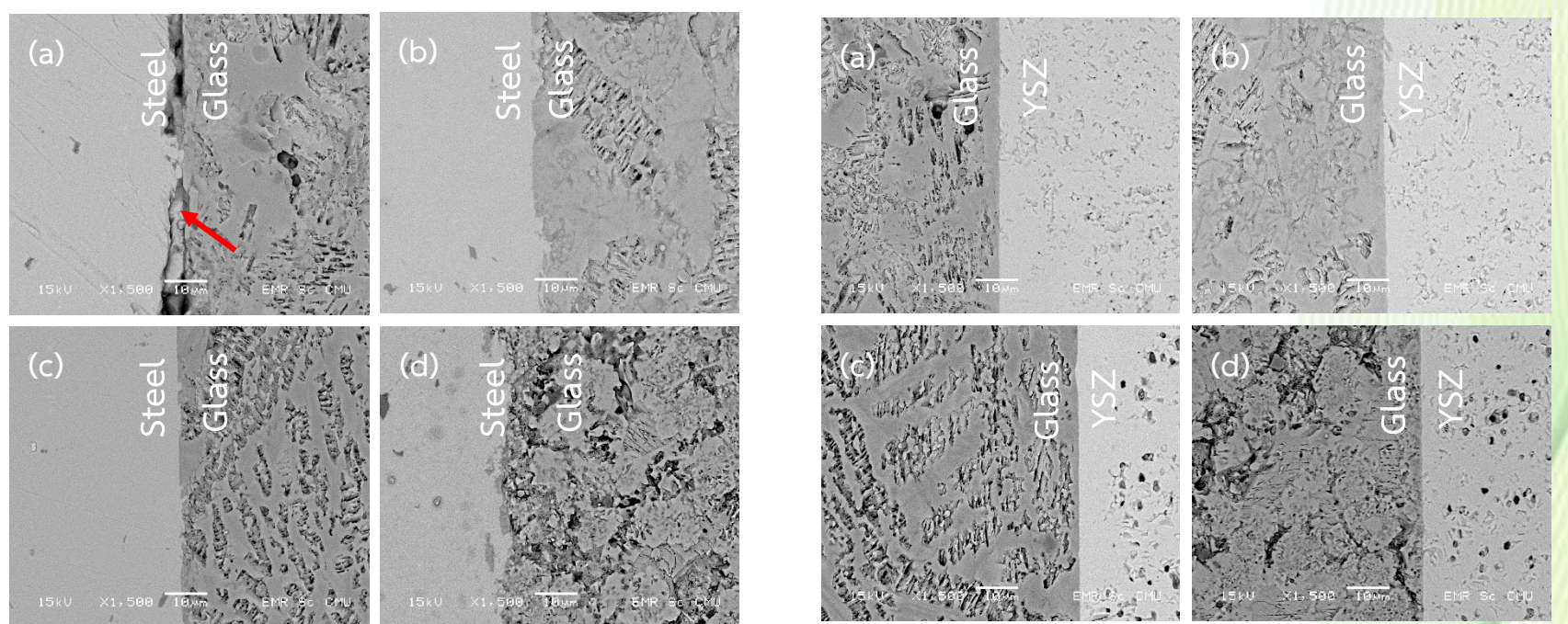
- 1) ปรับปรุงแก้วเชื่อมประสานเพื่อพัฒนาสมบัติความคงทนต่อรอบการใช้งานที่มีการเพิ่ม-ลดอุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง โดยการปรับองค์ประกอบทางเคมีของแก้ว
- 2) พัฒนาแก้วเชื่อมประสานที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานโดยใช้สารอินทรีย์ตัวกลาง

กระบวนการศึกษาวิจัย



ผลการศึกษาวิจัย

- แก้วมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเพราะความร้อนของแก้วสูงขึ้นเมื่อปริมาณ SrO สูงขึ้น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง $9.2-11.2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ การเพิ่มขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเพราะความร้อนนั้นน่าจะเกิดมาจากการที่ SrO ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพันธะ Si-O-Si ในแก้ว ให้กลายเป็นออกซิเจนที่ไม่เชื่อมต่อหรือ NBOs (Non-bridging Oxygens) อีกทั้งแก้วที่มีปริมาณ SrO ต่ำจะมีอุณหภูมิการเปลี่ยนเป็นแก้วและอุณหภูมิอ่อนตัวสูงสุด
- โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมประสานระหว่างแก้วและวัสดุโลหะ Crofer22APU และแผ่น YSZ โดยผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 800 °C เป็นเวลา 50 ชั่วโมง พบรอยแยกขนาดเล็กขึ้นตรงบริเวณรอยต่อระหว่างแก้วและโลหะ Crofer22APU โดยพบในชิ้นงานที่ใช้แก้วรหัส SrBS-0 (ปริมาณ SrO 57.4088 mol%) เท่านั้น อีกทั้งยังพบว่าผลึกที่สังเกตเห็นในแก้วเชื่อมประสานมีขนาดเปลี่ยนไปตามปริมาณ SrO ที่เป็นองค์ประกอบของแก้ว โดยผลึกจะมีขนาดเล็กที่สุดเมื่อปริมาณ SrO สูงที่สุด (แก้วรหัส SrBS-3 ที่มีปริมาณ SrO 62.4088 %mol)
- การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นสารช่วยกระจายตัว สารเชื่อมประสานและสารเพิ่มความเหนียว ซึ่งใช้น้ำมันละหุ่ง พอลิไวนิลบิวทิล และ ไดบิวทิลทาลาเลท ตามลำดับ พบว่าสลิปที่เหมาะสมคือสลิปที่มีปริมาณของแข็งเท่ากับ 62% โดยน้ำหนัก ใช้ปริมาณสารกระจายตัวอยู่ที่ 2.5% โดยน้ำหนัก ปริมาณสารเชื่อมประสานอยู่ที่ 7.5%wt โดยปริมาณสารเพิ่มความเหนียวนั้นจะใส่เป็นสัดส่วนเทียบกับสารเชื่อมประสานโดยค่าที่เหมาะสมอยู่ที่สัดส่วนปริมาณสารเพิ่มความเหนียวต่อปริมาณเชื่อมประสานเท่ากับ 0.6 โดยชิ้นงานที่ได้สามารถขึ้นรูปและเผาให้อนุภาคแก้วยึดเกาะกันได้ดี



ภาพอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ (BEI) ของรอยต่อระหว่างแก้วกับ Crofer22APU หลังทดสอบการใช้งานที่อุณหภูมิ 800 °C เป็นเวลา 50 ชั่วโมง ที่กำลังขยาย 100 เท่า โดย (a) ใช้แก้วรหัส SrBS-0 (b) SrBS-1 (c) SrBS-2 และ (d) SrBS-3

ภาพอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ (BEI) ของรอยต่อระหว่างแก้วกับ YSZ หลังทดสอบการใช้งานที่อุณหภูมิ 800 °C เป็นเวลา 50 ชั่วโมง โดย (a) ใช้แก้วรหัส SrBS-0 (b) SrBS-1 (c) SrBS-2 และ (d) SrBS-3

สรุปผลการวิจัย

- ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเพราะความร้อนของแก้วมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณ SrO ในแก้วเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิการเปลี่ยนเป็นแก้ว (Tg) และค่าอุณหภูมิอ่อนตัวของแก้ว (Td) ลดลงในแก้วที่มีปริมาณ SrO สูงขึ้น
- การเชื่อมต่อกับวัสดุอินเตอร์คอนเน็คและอิเล็กโทรไลต์ ที่อุณหภูมิ 800 °C เป็นเวลา 50 ชั่วโมง พบว่าแก้วที่มีปริมาณ SrO 62 % mol ให้ลักษณะการเชื่อมต่อที่ดีที่สุด เนื่องจากรอยต่อของวัสดุแก้วกับวัสดุทั้งสองปราศจากรอยแยกหรือรอยร้าว และเกิดผลึกขึ้นในแก้วประมาณสามรูปแบบ โดยเป็นผลึกของ Strontium Silicate (Sr_2SiO_4) และ Strontium Borate (SrB_2O_6) ในกลาสเซรามิกเชื่อมประสาน
- การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นสารช่วยกระจายตัว สารเชื่อมประสานและสารเพิ่มความเหนียว ซึ่งใช้และ ไดบิวทิลทาลาเลท ตามลำดับ พบว่าสลิปที่เหมาะสมคือสลิปที่มีปริมาณผงแก้วเท่ากับ 62% โดยน้ำหนัก ใช้ปริมาณน้ำมันละหุ่งอยู่ที่ 2.5%wt ปริมาณพอลิไวนิลบิวทิลอยู่ที่ 7.5%wt และมีสัดส่วนของไดบิวทิลทาลาเลทต่อพอลิไวนิลบิวทิลอยู่ที่สัดส่วน 0.6

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2563

ผลผลิตของโครงการวิจัย

ต้นแบบแก้วเชื่อมประสานสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงออกไซด์ของแข็งแบบแผ่น

ผลกระทบ

- การพัฒนาแหล่งพลังงานทางเลือกในภูมิภาคของชาติ เพื่อสร้างเทคโนโลยีและนวัตกรรมพลังงานทดแทนอย่างเป็นรูปธรรม
- ลดการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานสิ้นเปลือง