

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ผลการเติมอิทธิพลและโลหะโคบอลต์ต่อการอบผนึกและค่าการนำ
ไอออนของอิเล็กโตรไลต์ซีเรียที่เจือด้วยซามาเรีย

ชื่อผู้เขียน นางสาวจิรัชญา อายะวรรณ

หลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สาขาวิชาวัสดุศาสตร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตรีณี วัฒนศิริเวช ประธานกรรมการ
อาจารย์ ดร. สุทธิ วัฒนศิริเวช กรรมการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเติมอิทธิพลและโลหะโคบอลต์ที่มีต่อพฤติกรรมกรอบผนึกและความสามารถในการนำไอออนของสารประกอบซีเรียที่เจือด้วยซามาเรีย (SDC) สำหรับใช้เป็นวัสดุอิเล็กโตรไลต์ในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดออกไซด์ของแข็ง (SOFC) การทดลองแบ่งเป็น 3 ส่วน โดยเริ่มจากการเตรียมชิ้นทดสอบซีเรียที่เจือด้วยซามาเรียในอัตราส่วน 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยโมล (ชื่อ: 10SDC, 15SDC และ 20SDC ตามลำดับ) บดผสมสารตั้งต้นด้วยหม้อบดความเร็วสูงเป็นเวลา 15 นาที ก่อนจะทำการอบแห้งและอัดขึ้นรูปให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 และ 2.0 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ที่กำลังอัด 100 เมกะพาสกาล แล้วเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1400 1500 และ 1600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์โครงสร้างผลึก และโครงสร้างทางจุลภาค วัดขนาดเกรนเฉลี่ยของเกรน ค่าความหนาแน่น ค่าการนำไอออน ค่าความต้านทานต่อการหักงอ ค่าความแข็งแรง และค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของชิ้นทดสอบ ผลการทดลองพบว่าเกิดสารละลายของแข็งของซามาเรียในโครงสร้างของซีเรียอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 1400 องศาเซลเซียส โดยชิ้นทดสอบ 10SDC มีขนาดเกรนเฉลี่ยใหญ่ที่สุด (11.60 ไมโครเมตร) และมีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด (96.2 เปอร์เซ็นต์) หลังจากเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 1600 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งแรงต่อการหักงอ 156.1 เมกะพาสกาล และมีค่าความแข็งแรง 8.68 จิกะพาสกาล นอกจากนี้ 10SDC ยังให้ค่าการนำไอออนรวมสูงที่สุด (1.0×10^{-5} ต่อ

ไอหุ้ม.เซนติเมตร ณ อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนเท่ากับ 14×10^{-6} ต่อองศาเซลเซียส ในช่วงอุณหภูมิ 250-1000 องศาเซลเซียส

ในการทดลองส่วนที่ 2 เป็นการแทนที่ขามาเริ่มด้วยอิทธิฤทธิ์ปริมาณ 2.5 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยโมล (ชื่อ: 2.5YSDC, 5YSDC และ 20YSDC ตามลำดับ) โดยเตรียมและศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของชั้นทดสอบเช่นเดียวกับชั้นทดสอบ 10SDC จากการศึกษาพบว่า การเติมอิทธิฤทธิ์ลงใน SDC ส่งผลให้ขนาดเฉลี่ยของเกรนเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่น และค่าการนำไอออนบริเวณขอบเกรนของชั้นทดสอบ 10SDC ดีขึ้น แต่ทำให้ค่าการนำไอออนภายในเกรนลดลง โดยชั้นทดสอบ 2.5YSDC ที่เผาอบที่อุณหภูมิ 1600 องศาเซลเซียส มีค่าการนำไอออนรวมสูงที่สุดเป็น 1.3×10^{-4} ต่อไอหุ้ม.เซนติเมตร ณ อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของชั้นทดสอบ 10SDC ที่มีการเติมอิทธิฤทธิ์ทั้งสามความเข้มข้นมีค่าใกล้เคียงกับชั้นทดสอบ 10SDC

การทดลองในส่วนที่ 3 จะเป็นการศึกษาการลดอุณหภูมิในการเผาอบผงโดยใช้สารประกอบโคบอลต์ ทำโดยเติมผงโลหะโคบอลต์ในปริมาณ 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักลงในชั้นทดสอบ 10SDC และ 2.5YSDC และเผาอบที่อุณหภูมิ 1300 และ 1400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าหลังเผาที่อุณหภูมิ 1400 องศาเซลเซียส โลหะโคบอลต์เกิดการเปลี่ยนเป็นสารประกอบโคบอลต์ออกไซด์ (Co_3O_4 และ CoO) สารละลายของแข็งของขามาเรีย และอิทธิฤทธิ์ในโครงสร้างของซีเรียเกิดอย่างสมบูรณ์ตั้งแต่ที่อุณหภูมิ 1300 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าชั้นทดสอบที่ไม่มีการเติมโคบอลต์ประมาณ 100 องศาเซลเซียส การเติมโลหะโคบอลต์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้สามารถเผาอบผงชั้นทดสอบ 10SDC และ 2.5YSDC ให้มีค่าความหนาแน่นสูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 1400 องศาเซลเซียส และส่งผลให้ชั้นทดสอบ 10SDC และ 2.5YSDC มีค่าการนำไอออนสูงขึ้น โดยชั้นทดสอบ 10SDC และ 2.5YSDC มีค่าการนำไอออนรวมเป็น 3.0×10^{-4} ต่อไอหุ้ม.เซนติเมตร และ 2.2×10^{-4} ต่อไอหุ้ม.เซนติเมตร ณ อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: อิทธิฤทธิ์ / โลหะโคบอลต์ / อิเล็กโตรไลต์ / ซีเรีย / ขามาเรีย / การนำไอออน

Thesis Title Effects of Yttria and Cobalt Metal Additions on Sintering and Ionic Conductivity of Samaria-doped Ceria Solid Electrolyte

Author Ms. Jiratchaya Ayawanna

Degree Master of Science (Materials Science)

Supervisory Committee	Assist. Prof. Dr. Darunee Wattanasiriwech	Chairperson
	Lecturer Dr. Suthee Wattanasiriwech	Member

ABSTRACT

This research was aimed to study the effects of yttria and cobalt additions on sintering behavior and ionic conductivity of samaria-doped ceria electrolyte for solid oxide fuel cell (SOFC). The experiments were divided into 3 parts. Firstly, ceria powder with 10, 15, and 20 mol% samarium (Code: 10SDC, 15SDC and 20SDC respectively) was mixed in a vibrational mill for 15 min. After drying, the mixtures were pressed into 1.5 and 2.0 cm pellets at 100 MPa using a hydraulic press. The samples were sintered at 1400, 1500 and 1600 °C with 5 hr soaking time. Phase development and microstructure of sintered samples, average grain size, density, ionic conductivity, flexural strength, Vickers hardness and the thermal expansion coefficient of sintered samples were determined. It was found that a complete solid solution between samaria and ceria was obtained at 1400 °C. 10SDC sample showed the largest average grain size (11.60 μm) and the highest density (96.2%) after sintering at 1600 °C. Maximum flexural strength (156.1 MPa), Vickers hardness value (8.68 GPa), and total ionic conductivity ($1.0 \times 10^{-5} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) measured at 350 °C were also obtained in the 10SDC sample. This sample exhibited thermal expansion coefficient of $14 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ at the temperature range of 250-1000 °C.

In the second part of experiment, samaria in 10SDC samples was equally replaced by yttrium at 2.5, 5 and 7.5 mol% (Code: 2.5YSDC, 5YSDC and 7.5YSDC respectively).

Preparation, characterization and properties were repeated. Addition of yttria to 10SDC was found to increase the average grain size, density and grain boundary conductivity value but decrease grain interior conductivity value of SDC sample. The highest total ionic conductivity of $1.3 \times 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ at 350°C was obtained in the 2.5YSDC sample sintered at 1600°C while thermal expansion coefficient of these samples were similar to that of 10SDC sample.

The third part of experiment was to study the reduction of sintering temperature by cobalt addition. Cobalt metal powder in the ratios of 0.5 and 1.0 wt% were added to 10SDC and 2.5YSDC samples. The samples were sintered at 1300°C and 1400°C with 1 hr soaking time. After firing at 1400°C , cobalt metal was found to oxidised to cobalt oxide (Co_3O_4 and CoO). A complete solid solution of samaria and yttria in ceria structure could be achieved at 1300°C , 100°C lower than the sample without addition of cobalt. Adding 1 wt% cobalt metal, the 10SDC and 2.5YSDC samples showed the highest density value of 96% after sintering at 1400°C . The highest total ionic conductivity of $3.0 \times 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ and $2.2 \times 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ measured at 350°C were obtained in the 10SDC and 2.5YSDC samples.

Keyword: Yttria / Cobalt metal / Ceria / Samaria / Ionic conductivity