บทคัดย่อ

แบตเตอรี่ความร้อนเป็นแหล่งเก็บสะสมและเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่สามารถให้กำลังไฟฟ้าสูง ให้ความหนาแน่นพลังงานสูง และสามารถเก็บรักษาไว้ใช้งานได้มากกว่า 20 ปี จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งสะสมพลังงานไฟฟ้าสำหรับงานด้านการทหาร เพื่อให้พลังงานแก่อุปกรณ์ที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้ากำลังสูง รวมถึงอาวุธยุทโธปกรณ์อื่นๆ ที่ทำงานในสภาวะวิกฤต ส่วนประกอบสำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพเชิงกำลัง ช่วงอุณภูมิการใช้งาน และเสถียรภาพในการเก็บรักษาแบตเตอรี่ความร้อน คือ สารอิเลกโตรไลต์หลอมเหลว ซึ่งจะอยู่ในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ จึงมีความสามารถในการนำไอออนต่ำ (10^{-4}-10^{-3} $S.cm^{-1}$) การใช้งานแบตเตอรี่ความร้อน สารอิเลกโตรไลต์จำเป็นต้องได้รับความร้อนจนหลอมเหลว เพื่อให้อยู่ในสถานะที่นำไอออนได้สูงขึ้นมากเทียบกับสถานะของแข็ง (0.1-5 $S.cm^{-1}$) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่การศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้เพื่อการพัฒนาต้นแบบอิเล็กโทรไลต์ชนิดเกลือหลอมเหลวของแบตเตอรี่ความร้อน ที่สามารถผลิตขึ้นเองภายในประเทศได้ ลดการนำเข้า และสอดคล้องกับการสร้างองค์ความรู้เพื่อรองรับกิจการของกองทัพ ขอบเขตงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์เพื่อการเตรียมสารอิเลกโตรไลต์หลอมเหลว (LiCl-KCl/MgO) และใช้วัดค่าการนำไฟฟ้าของเกลืออิเลกโตรไลต์ที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิสูง ภายใต้สภาวะหลอมเหลว (ประมาณ 350-500°C) สารอิเลกโตรไลต์ถูกเตรียมจากเกลืออิเลกโตรไลต์ LiCl-$KCl_{(eutectic)}$ และตัวประสาน MgO ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ (65/35 และ 70/30 โดยร้อยละของน้ำหนัก) เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่สารอิเลกโตรไลต์สามารถหลอมเหลวและให้ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงในช่วงอุณหภูมิการใช้งานที่ต้องการ ผลการวิจัยพบว่าสารอิเลกโตรไลต์ผลิตภัณฑ์สามารถเตรียมได้โดยวิธีหลอมผสมระหว่าง LiCl-$KCl_{(eutectic)}$ และ MgO ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 500°C ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง ได้สารอิเลกโตรไลต์มีลักษณะเป็นผลึกแข็งสีขาว เกลืออิเลกโตรไลต์และตัวประสานสามารถผสมกันเป็นเนื้อเดียวกันได้อย่างสม่ำเสมอ อุณหภูมิหลอมเหลวของอิเลกโตรไลต์ที่เตรียมขึ้นทั้ง 2 อัตราส่วน มีค่าประมาณ 360-370°C พบว่าสารอิเลกโตรไลต์ที่เตรียมจากอัตราส่วน 65/35 โดยร้อยละของน้ำหนักของ LiCl-KCl/MgO มีค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวต่ำกว่าที่เตรียมจากอัตราส่วน 70/30 เล็กน้อย ในการวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเลกโตรไลต์ที่เตรียมขึ้น ทำโดยอาศัยอุปกรณ์การให้ความร้อนและสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ขณะทำการวัด ที่ผู้วิจัยประดิษฐ์ขึ้น ร่วมกับการใช้เทคนิคแบบขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ทรงกระบอกกลวง และวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าโดยใช้มัลติมิเตอร์ เทคนิคนี้ร่วมกับการปรับค่าให้แม่นยำเทียบกับสารละลายมาตราฐาน KCl พบว่าสามารถวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเลกโตรไลต์ LiCl-KCl/MgO ที่เตรียมจากทั้ง 2 อัตราส่วน ในช่วงอุณหภูมิ 350-500 °C มีค่าประมาณ 0.1-5 $S.cm^{-1}$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าการนำไฟฟ้าที่วัดโดยกลุ่มวิจัยอื่น แม้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของสารอิเลกโตรไลต์สูงขึ้น อย่างไรก็ดี เมื่อทำการวัดการนำไฟฟ้าที่อุณหูมิสูงขึ้นมากกว่า 450°C พบว่าสารอิเลกโตรไลต์ที่เตรียมจากอัตราส่วน 70/30 มีแนวโน้มที่จะมีค่าการนำไฟฟ้าที่ลดลง ในขณะที่การเตรียมจากอัตราส่วน 65/35 ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 400°C สารอิเลกโตรไลต์ให้ค่าการนำไฟฟ้าที่ค่อนข้างคงที่ ประมาณ 5 $S.cm^{-1}$ ในการพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมระหว่างเกลืออิเลกโตรไลต์และตัวประสานที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ควรพิจารณาโดย

คำนึงถึงอุณหภูมิในการใช้งาน ผลการวิจัยบ่งชี้ว่าในช่วงอุณหภูมิการใช้งานประมาณ 350-500°C ควรเลือกใช้สารอิเลกโตรไลต์ LiCl-KCl/MgO ที่เตรียมจากอัตราส่วน 65:35 เนื่องจากให้ค่าการนำไฟฟ้าที่ค่อนข้างคงที่ และมีค่าสูงถึงประมาณ 5 $S.cm^{-1}$ ในการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพการวัดค่าการนำไฟฟ้าโดยเทคนิคแบบขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ทรงกระบอกกลวง ผู้วิจัยเสนอแนะให้ใช้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานที่มีความแม่นยำมากขึ้น เช่น เครื่อง electrical impedance spectroscopy เป็นต้น

Abstract

Thermal battery is an electrical energy storage and conversion device that can generate high power and high energy density with a long storage life more than 20 years. These advantages can benefit the army as the promising energy storage for devices that requires high power performance and weapons that have to be operated under critical conditions. The key component of thermal batteries that determines their power performance, operating temperature, and the storage life is their molten electrolyte. Since, the molten electrolyte is in a solid state under ambient temperature and pressure; it exhibits low ionic conductivity down to 10^{-4}-10^{-3} $S.cm^{-1}$. To activate thermal batteries, their molten electrolytes are needed to be heat to their molten state where its ionic conductivity can be promoted up to 0.1-5 $S.cm^{-1}$. Hence, this research is aimed to study the fundamental knowledge of molten electrolyte for thermal batteries in order to develop and produce the thermal battery prototype for domestic used. This study can not only help the country reducing the importing cost, but also can be the fundamental knowledge for serving the army activities. The scope of this research covers the design and constructing of electrical conducting measurement cell that can either used as a the molten electrolyte preparation chamber or as an electrical conducting measurement cell that can stabilize the measurement condition to be under steady state at high constant temperature around 350-500°C The molten electrolyte was prepared from fusing various weighting ratios of LiCl-$KCl_{(eutectic)}$ electrolyte salt and MgO binder (*i.e.* 65/35 and 70/30 wt%) to explore the appropriate LiCl-KCl to MgO ratio that provides high ionic conductivity under targeted operating temperature. To obtain a homogeneous mixing solid molten electrolyte with a narrow melting transition temperature, LiCl-$KCl_{(eutectic)}$ electrolyte salt and MgO binder have to be fused under high temperature (>500°C) for more than 3 hrs. The melting point of the obtained molten electrolyte is in the range of 360-370°C. It was found that the molten electrolyte prepared from the mixing ratio of 65/35 exhibits slightly lower melting point than the other one prepared from mixing ratio of 70/30. The electrical conductivity measurement of the molten electrolyte products was performed by employing the thermal chamber and electrical conducting measurement cell that has been produced, combining with the 2 probe measurement, using coaxial cylinder technique. The resistance of the molten electrolyte was measured by using multimeter. After calibrating the obtained electrical conductivity results with the accurate information using standard KCl

solution as the standard sample, the calculated electrical conductivity of the molten electrolyte prepared from both ratios was in the range of 0.1-5 $S.cm^{-1}$ under the operating temperature range of 350-500°C. This obtained calculated electrical conductivity results are consistent with the results reported by other research groups. Increasing operating temperature tends to support ionic conductivity of the molten electrolyte. However, compared to the LiCl-KCl/MgO electrolyte prepared from the ratio of 65/35, at higher operating temperature more than 400°C the electrolyte prepared from mixing ratio of 70/30 tends to provide lower electrical conductivity. Meanwhile, the electrolyte product prepared from the ratio of 65/35 could provide stable electrical conductivity up to around 5 $S.cm^{-1}$ during studied operating temperature. For a practical use, the most appropriate preparation ratio of the electrolyte salt and the binder should be considered from the range of operating temperature. During the operating temperature of 350-500°C, the LiCl-KCl/MgO electrolyte prepared from the ratio of 65/35 is more effective due to its stable electrical conductivity up to around 5 $S.cm^{-1}$. Further study to develop the performance of electrical conductivity measurement using coaxial cylinder technique, more accurate electrical resistance measuring instrument such as electrical impedance spectroscopy should be employed.