

Abstract

Depletion of fossil fuel, growing in energy demand, and global climate change are reason to search for a method of effective energy unitization. The thermochemical heat storage can be applied for energy harvesting from waste heat and sustainable solar energy. The environmentally-friendly working pair of adsorption between zeolite or molecular sieve and water is selected. Low-Silica-X (LSX) zeolite and silicoaluminophosphate number 11 (SAPO-11) were selected as adsorbent for this research. The structure of LSX was modified by ion-exchange to different cations of Na, Li, Ca, Mg (parent cations are K/Na). The result from differential scanning calorimetry (DSC) shows Li-LSX gives the highest heat of water desorption. The structure of SAPO-11 was modified by varying the molar ratios of (Al+P)/Si as infinite, 20, 4, 1.33 and 1. SAPO-11 with (Al+P)/Si = 20 gives the highest heat amount. Therefore, Li-LSX and SAPO-11 ((Al+P)/Si = 20) were selected to study the characteristic of water adsorption and heat profile in the fixed bed unit. The effect of charging temperatures at 95, 120 and 140 °C were studied to the amount of adsorbed water and heat of adsorption. Li-LSX shows that the amount of adsorbed water and heat of adsorption depends on charging temperatures. With higher charging temperature, Li-LSX can adsorb more water and give more heat of adsorption. In contrast, SAPO-11 ((Al+P)/Si = 20) can adsorb the same amount of water and gives similar heat of adsorption at all studied charging temperatures. Li-LSX can adsorb water at maximum of $0.174 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{adsorbent}}$ and gives heat amount of 8.283 kJ/kg (at charging temperature of 140 °C). SAPO-11 ((Al+P)/Si = 20) can adsorb water at maximum of $0.194 \text{ g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{adsorbent}}$ and gives heat amount of 5.795 kJ/kg (at charging temperature of 95 °C). This information can provide the suitable working operation for the required heat amount. Moreover, for each heat storage material, they can be selected for proper waste heat sources.

Keyword: Zeolite : Low-Silica X, SAPO-11, Functional material, Energy storage

บทคัดย่อ

เนื่องจากการลดลงของพลังงานฟอสซิล ความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นและสภาวะโลกร้อนที่รุนแรงขึ้น เป็นสาเหตุให้มีการคิดหาวิธีในการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานลงได้ วิธีการกักเก็บพลังงานความร้อนเพื่อนำมาใช้ในยามที่จำเป็น เป็นหนึ่งในวิธีที่ทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพ การกักเก็บความร้อนชนิดอุณหภูมิเคมีชนิดการดูดซับเป็นเทคนิคหนึ่งที่ถูกเลือกมาศึกษา ซึ่งสามารถนำไปกักเก็บความร้อนจากความร้อนที่ปล่อยทิ้งหรือความร้อนจากแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนของแสงอาทิตย์ได้ โดยใช้การดูดซับที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมคือวัสดุดูดซับซีโอไลต์หรือโมเลกุลาร์ซีฟและน้ำ วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือซีโอไลต์ Low-Silica-X (LSX) และโมเลกุลาร์ซีฟซิลิโกอลูมิโนฟอสเฟตหมายเลข 11 (SAPO-11) โดยทำการแลกเปลี่ยนประจุบวกในโครงสร้างของซีโอไลต์ LSX คือ Na, Li, Ca, Mg จากโครงสร้างดั้งเดิมคือมีประจุบวกของ K/Na ผลการให้ความร้อนจากการวัดการคายซับน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความร้อนของสาร (DSC) พบว่า Li-LSX ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดในกลุ่มของซีโอไลต์ LSX สำหรับ SAPO-11 เมื่อทำการเปลี่ยนปัจจัยปริมาณซิลิกอนในวัสดุ ดังนี้โดยปรับสัดส่วนโดยโมลของ $(Al+P)/Si = \text{infinite}, 20, 4, 1.33, 1$ พบว่าที่สัดส่วน $(Al+P)/Si = 20$ ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุด ดังนั้นจึงสังเคราะห์วัสดุทั้งสองในปริมาณมากและนำไปศึกษาต่อในการดูดซับน้ำในทอฟิกซ์เบด โดยทำการศึกษาถึงปัจจัยอุณหภูมิในชั้นสะสมพลังงาน (charge) ที่ 95, 120 และ 140 °C ว่ามีผลต่อปริมาณการดูดซับน้ำและค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเนื้อวัสดุ จากการทดสอบพบว่า Li-LSX ให้ค่าการดูดซับน้ำและปล่อยพลังงานความร้อนเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในชั้นสะสมพลังงานในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา แต่ในทางกลับกันสำหรับวัสดุ SAPO-11 ($(Al+P)/Si = 20$) สามารถดูดซับน้ำและปล่อยพลังงานความร้อนได้ดีเทียบเท่ากันในทุกอุณหภูมิของชั้นสะสมพลังงานที่ศึกษา โดยที่ Li-LSX ให้ค่าการดูดซับน้ำในโครงสร้าง 0.174 g_{H₂O}/g_{adsorption} ความร้อนสูงสุดที่ได้คือ 8.283 kJ/kg (ที่อุณหภูมิชั้นสะสมพลังงานที่ 140 °C) และ SAPO-11 ค่าการดูดซับน้ำคือ 0.194 g_{H₂O}/g_{adsorbent} และให้ความร้อนสูงสุด 5.795 kJ/kg (ที่อุณหภูมิชั้นสะสมพลังงานที่ 95 °C) ทำให้เราทราบช่วงการใช้งานของวัสดุทั้งสองชนิดต่อประสิทธิภาพของความร้อนที่ได้และสามารถเลือกวัสดุในการกักเก็บพลังงานความร้อนที่เหมาะสมกับแหล่งสะสมพลังงานความร้อน

คำสำคัญ: ซีโอไลต์ : ซีโอไลต์เอ็กซ์ชนิดซิลิกาต่ำ : ซิลิโกอลูมิโนฟอสเฟตหมายเลข 11 : วัสดุเฉพาะทาง : ระบบกักเก็บพลังงาน