ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาชุดสำเร็จอุปกรณ์เก็บสะสมพลังงานทางเคมีโดยใช้สารโซเดียมซัลไฟด์-น้ำ เป็นคู่สารทำงาน

ผู้เขียน นางสาวกันทิมา เอี่ยมมาก

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อ.ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์

บทคัดย่อ

หนึ่งในมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่กำลังได้รับความสนใจ คือ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ประกอบกับการนำมาเก็บสะสมอยู่ในรูปของพลังงานทางเคมี การเก็บสะสมพลังงานทางเคมี (Chemical Energy Storage, CES) อาศัยกระบวนการย้อนกลับได้ของปฏิกิริยาเคมีระหว่างคู่สารทำงาน งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยออกแบบ สร้าง และทดสอบชุดอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อปรับปรุงสมรรถนะระบบ CES ที่ใช้สารโซเดียมซัลไฟด์และน้ำเป็นคู่สารทำงาน การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาภาคปฏิบัติการและภาคทฤษฎี

สำหรับการศึกษาภาคปฏิบัติการ ชุดอุปกรณ์ทดสอบได้รับการออกแบบให้มีการเชื่อมต่อองค์ประกอบสำคัญในแนวดิ่ง โดยติดตั้งปฏิกรณ์อยู่ด้านบนสุด ถัดลงมาเป็นเครื่องควบแน่นและเครื่องทำระเหย การทดสอบวัฏจักรทำงานของระบบ ประกอบด้วย 2 ช่วง คือ ช่วงเกิดปฏิกิริยาดูดซับระหว่างคู่สารทำงานตามด้วยการหล่อเย็นระบบ และช่วงคายสารทำงานจากสารดูดซับตามด้วยการหล่อเย็นระบบเช่นกัน การทดสอบเน้นการพิจารณาผลกระทบของ 4 ตัวแปรสำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิเครื่องทำระเหย (45-60 °C) อุณหภูมิสารถ่ายโอนความร้อนช่วงคายสารดูดซับ (80-100 °C) ชนิดและอัตราส่วนผสมของสารผสม (10-30 % โดยมวล) โดยสารผสมที่ใช้ คือ เส้นใยคาร์บอนและแกรไฟต์ และระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาในปฏิกรณ์ (30-60 นาที) โดยความดันทำงานของระบบแปรผันในช่วง 2-10 kPa

ผลการทดสอบแสดงว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องทำระเหยจาก 45 เป็น 50 °C ทำให้อัตราการดูดซับสารทำงานหรือไอน้ำดีขึ้น 10 % โดยมวลของไอน้ำ การเพิ่มอุณหภูมิของสารถ่ายโอนความร้อนช่วงคายสารจาก 90 เป็น 100 °C ทำให้พันธะของสารทำงานหรือไอน้ำหลุดออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากสารดูดซับได้เร็วและมากขึ้น 30 – 40 % โดยมวลของไอน้ำ นอกจากนี้การผสมแกรไฟต์ทำให้สารผสมปฏิกิริยาดูดซับไอน้ำได้มากกว่าการผสมเส้นใยคาร์บอน 10 % โดยมวลของไอน้ำ และพบว่าระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาในวงจรทำงานควรได้รับการควบคุมให้สิ้นสุดเมื่อระบบเข้าใกล้สภาวะสมดุลทางเคมี เพื่อให้สามารถดึงความร้อนออกมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) ของระบบ พบความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ชุดทดสอบนี้ในทางปฏิบัติต่อไป

เมื่อพิจารณาสมรรถนะโดยรวมของระบบ CES พบว่าอุณหภูมิทำระเหย 50 °C ให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่สูง อุณหภูมิของสารถ่ายโอนความร้อนที่เหมาะสมสำหรับช่วงแตกพันธะคู่สารทำงาน คือ 80-90 °C และสัดส่วนผสมเส้นใยคาร์บอน 30 % โดยมวล ให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะสำหรับการทำความร้อน หรือ COP เท่ากับ 1.67 และให้ค่าการเก็บพลังงานความร้อนจำเพาะ หรือ SHP เท่ากับ 816 W/kg ในขณะที่สัดส่วนผสมแกรไฟต์ 30 % โดยมวลให้ค่า COP 3.47 และ SHP 948 W/kg แสดงว่าสารผสมแกรไฟต์ช่วยเพิ่มสมรรถนะของระบบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการผสมเส้นใยคาร์บอนในอัตราส่วนที่เท่ากัน

การทำนายพฤติกรรมระบบอาศัยการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่เป็นแบบจำลองโดยรวมของระบบ (Lumped Parameter Model) โดยการเขียนโปรแกรมคำนวณและทำซิมูเลชัน เพื่อคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและพลังงานตามเวลา ค่า COP และ SHP ของระบบ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบจริงและการคำนวณ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและพลังงานของระบบตามเวลามีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดย R-square มีค่ามากกว่า 0.9 และเมื่อเปรียบเทียบค่า COP และ SHP พบว่าแตกต่างกันในช่วงที่ยอมรับค่าได้ แสดงว่าแบบจำลองแบบ Lumped Parameter Model ใช้ทำนายพฤติกรรมของระบบได้ดีในระดับหนึ่ง

สำหรับแนวทางการดำเนินการต่อ ควรแก้ไขปัญหาด้านการรั่วซึมของระบบ ควบคุมความดันทำงานให้ลดต่ำลงโดยอาศัยเทคโนโลยีการประกอบระบบแบบสุญญากาศ และปรับปรุงการออกแบบปฏิกรณ์โดยติดครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว และในการต่อเชื่อมปฏิกรณ์กับอุปกรณ์อื่นควรลดระยะต่อเชื่อมให้สั้นลง เพื่อให้ CES มีลักษณะเป็นโมดูล่าร์มากยิ่งขึ้น และเอื้อต่อการขยายกำลังการเก็บสะสมและจ่ายความร้อนของระบบ CES ให้เหมาะสมกับการใช้งานที่หลากหลายต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Development of a Chemical Energy Storage Package Using Na_2S-H_2O as Working Pairs

Author Miss Kantima Iammak

Degree Master of Engineering (Energy Engineering)

Thesis Advisor Lect. Dr. Wipawadee Wongsuwan

ABSTRACT

One of interesting energy conservation measures is waste heat recovery with energy storage in chemical energy form. Chemical energy storages require reversible chemical reaction between working pairs. This research work involves design, fabrication and testing of the CES package to improve performance of the sodiumsulfide-water (Na_2S-H_2O) CES. Work done was divided into two parts: experimental and theoretical studies.

In the experimental study, CES was designed by assembling of major components vertically. A reactor was placed in the topmost, followed by a condenser and an evaporator. The operating cycle was combined by two phases: chemical reaction/adsorption and cooling processes desorption and again cooling processes. Parametric studies were carried out with four variables: evaporation temperature (45 – 60 ^{o}C), desorption temperature (80 – 100 ^{o}C), type and fraction of binder (10 – 30% by mass), which two binders in use were carbon fiber and graphite powder, and reaction time (30 – 60 minutes). Generally, operation pressures were in the range of 2 – 10 kPa.

The experimental results showed that increasing of evaporation temperature from 45 – 50 ^{o}C led to 10% higher adsorption capacity by working fluid (water vapor) mass. The increased desorption temperature from 90 – 100 ^{o}C resulted in faster and higher decomposition

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

rate of water vapor from adsorbent about 30 – 40% by water vapor mass. Mixing with graphite binder gave reactive mixtures that adsorb water vapor 10% (by water vapor mass) more than mixing with carbon fiber. Regarding to reaction time, adsorption process should be controlled to end by closed to the chemical equilibrium state to achieve larger heat extraction. The repeatability of the CES was satisfied so that the system was appropriated for development to practical use.

Considering the overall CES performance, evaporation temperature of 50 ^{o}C gave highest reaction rate. The suitable heat transfer fluid temperature during desorption process was around 80 – 90 ^{o}C. Mixing ratio 30% of carbon fiber provided coefficient of performance or COP of 1.67, and specific heating power or SHP of 816 W/kg. On the other hand, mixing ratio of graphite about 30% gave COP about 3.47 and SHP about 948 W/kg, which enhance better system performance as compared to case of mixing with carbon fiber binder.

Prediction of CES performance used resolution of mathematical models in Lumped parameter models form. The programming and simulation were carried out to calculate variations of temperature and power production with time, also COP and SHP of CES. The comparison between calculated and experimental results showed their consistency that R-square obtained were above 0.90. The COP and SHP were compared and their differences were satisfactory.

Recommendations for further works are fixing leakage problems, and operating CES under lower pressure using advanced fabrication by vacuum technology. The improvement of reactor design by adding fins to increase heat transfer area. The connections among reactor and other major components should become closer to move toward modular CES shape, and enhance scale up for larger energy storage/discharge capacity, in order to satisfy various load requirements.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved