

พุดิเมธ ทองตัน : ตัวกักเก็บไฮโดรเจนและความร้อนที่มีแมกนีเซียมไฮไดรด์เป็นฐาน (MgH₂-BASED HYDROGEN AND THERMAL STORAGE) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ระพี อุทเคอ, 98 หน้า

คำสำคัญ: การกักเก็บไฮโดรเจนชนิดของแข็ง วัสดุไฮไดรด์แมกนีเซียม คาร์บอนกัมมันต์ จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการปลดปล่อยไฮโดรเจน การกักเก็บความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี

วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติในการกักเก็บและปลดปล่อยไฮโดรเจนของวัสดุไฮไดรด์แมกนีเซียม (MgH₂) ในระดับห้องปฏิบัติการและขยายไปสู่ระดับถังกักเก็บ โดยการเติมด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาและวัสดุคาร์บอน สำหรับใช้เป็นวัสดุกักเก็บไฮโดรเจนประเภทของแข็ง จากการศึกษาพบว่า การเติมด้วย TiF₄ และวัสดุคาร์บอนกัมมันต์ช่วยลดอุณหภูมิในการปลดปล่อยไฮโดรเจนของ MgH₂ ลงมากกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยมีความจุไฮโดรเจน 4.4 ร้อยละโดยน้ำหนัก ซึ่งต่ำกว่าความจุไฮโดรเจนทางทฤษฎี (6.8 ร้อยละโดยน้ำหนัก) เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์ การปรับปรุงทำได้โดยการเพิ่มจำนวนชั้นการบรรจุและการใส่ท่อถ่ายสแตนด์เลสที่บริเวณกลางถังกักเก็บ ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของไฮโดรเจนและจลนพลศาสตร์ของการกักเก็บและปลดปล่อยไฮโดรเจน โดยถังกักเก็บที่ปรับปรุงแล้วมีความจุไฮโดรเจน 4.46 ร้อยละโดยน้ำหนัก และมีความจุไฮโดรเจนที่ผันกลับได้ 3.42-3.62 ร้อยละโดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของสารตัวอย่างแตกต่างกันออกไปในแต่ละตำแหน่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการถ่ายเทความร้อนที่ไม่มีประสิทธิภาพ และการแพร่ผ่านของแก๊สไฮโดรเจนที่ถูกปิดกั้นจากการรวมตัวของอนุภาคของสารตัวอย่างภายในถังกักเก็บ

นอกจากการเติมด้วย TiF₄ และวัสดุคาร์บอนกัมมันต์แล้ว ยังมีการศึกษาการพัฒนาคุณสมบัติการกักเก็บและปลดปล่อยไฮโดรเจนของ MgH₂ โดยการเติมด้วย NbF₅ และวัสดุท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรแบบหลายชั้นที่ปริมาณ 5-10 ร้อยละโดยน้ำหนัก โดยทำการศึกษาด้วยถังกักเก็บขนาด 337.4 มิลลิลิตร พบว่าสารตัวอย่างสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่ตำแหน่งรัศมีกลางถังกักเก็บ เนื่องจากได้รับความร้อนที่เพียงพอจากขดลวดความร้อนที่อยู่ตรงกลางถังกักเก็บ จากคุณสมบัติการนำความร้อนที่ดีของวัสดุท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรแบบหลายชั้น ทำให้สารตัวอย่างที่เติมด้วยวัสดุท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรแบบหลายชั้นปริมาณ 10 ร้อยละโดยน้ำหนัก แสดงการถ่ายเทของความร้อนภายในถังกักเก็บได้ดีกว่า ส่งผลให้สามารถเกิดปฏิกิริยาการกักเก็บและปลดปล่อยไฮโดรเจนที่ดีกว่า โดยสารตัวอย่างที่เติมด้วยวัสดุท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรแบบหลายชั้นปริมาณ 5 และ 10 ร้อยละโดย

ตัวอย่างที่เติมด้วยวัสดุท่อคาร์บอนระดับนาโนเมตรแบบหลายชั้นปริมาณ 5 และ 10 ร้อยละโดยน้ำหนัก มีความจุไฮโดรเจน 2.66 และ 3.39 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ยังพบการถ่ายเทความร้อนที่ไม่ทั่วถึง รวมถึงการรวมตัวของอนุภาคภายในถังกักเก็บหลังเกิดปฏิกิริยา ซึ่งสามารถพัฒนาได้โดยการออกแบบถังกักเก็บและระบบจัดการความร้อนที่มีประสิทธิภาพ

นอกจากการใช้ประโยชน์เป็นวัสดุกักเก็บไฮโดรเจนแล้ว MgH_2 ยังสามารถใช้เป็นวัสดุกักเก็บความร้อนจากปฏิกิริยาเคมีได้อีกด้วย โดยวิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาการจับคู่กันของ MgH_2 และ $LaNi_5$ ในการใช้เป็นระบบกักเก็บความร้อน โดย MgH_2 ทำหน้าที่เป็นวัสดุกักเก็บความร้อน ส่วน $LaNi_5$ ทำหน้าที่กักเก็บไฮโดรเจน และใช้อากาศเป็นวัสดุถ่ายเทความร้อน ผลการทดลองแสดงให้เห็นความเสถียรตลอดการเก็บความร้อนจำนวน 16 รอบ โดยปริมาณไฮโดรเจนที่แลกเปลี่ยนระหว่าง MgH_2 และ $LaNi_5$ มีค่า 0.82 ± 0.02 โมลไฮโดรเจน หรือ 4.14 ± 0.2 ร้อยละโดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 86 ของความจุเริ่มต้นของ MgH_2 (4.78 ร้อยละโดยน้ำหนัก) พลังงานความร้อนที่ได้รับระหว่างการกักเก็บและปลดปล่อยคือ 1406 ± 31 และ 1513 ± 36 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อคำนวณพลังงานความร้อนที่วัสดุถ่ายเทความร้อนสามารถนำออกมาได้ พบว่ามีค่า 1583 ± 91 กิโลจูลต่อกิโลกรัม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเคมี

ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนักศึกษา

กมลวิภา วัฒนศิริ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

อ.วิภา วัฒนศิริ

PHUTTHIMET THONGTAN : MgH₂-BASED HYDROGEN AND THERMAL STORAGEES.
THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. RAPEE UTKE, Ph.D. 98 PP.

Keywords: Solid-state hydrogen storage, Mg-based hydride materials, Activated carbon, Dehydrogenation kinetics, Thermochemical storage

This thesis investigates the development of hydrogen storage properties of magnesium hydride (MgH₂) by doping with catalysts and carbon materials in laboratory and tank scales. MgH₂ doped with TiF₄ and activated carbon (AC) demonstrates the notable reduction in dehydrogenation temperatures, although incomplete hydrogenation during sample preparation degrades hydrogen capacity to 4.4 wt. % H₂. Improvements are made by increasing the number of hydride beds and inserting the stainless-steel mesh tubes at the tank center. This enhances hydrogen permeability and de/rehydrogenation kinetics. Initial cycles exhibit gravimetric and volumetric capacities of 4.46 wt. % H₂ and 28 gH₂/L, respectively. Upon cycling, the capacities stabilize at 3.42-3.62 wt. % H₂ and 22-23 gH₂/L, respectively. Despite homogeneous heat transfer along the tank radius, the decayed hydrogen permeability towards the tank wall results in inferior kinetics. Challenges relating to particle sintering and/or agglomeration upon cycling are responsible for the inferior hydrogen content.

MgH₂ doped with NbF₅ and 5-10 wt. % MWCNTs exhibits superior de/rehydrogenation kinetics in tank scale. Optimal performance is observed at the middle positions due to effective heat supply and hydrogen diffusion. Increasing MWCNTs content up to 10 wt. % significantly improves hydrogen de/absorption kinetics at all tank positions. This elevates the hydrogen capacities over multiple cycles. Suggestions for tank design and fabrication with superior heat exchanger and gas diffusion pathways are proposed to address these issues.

Additionally, the experimental study of coupled MgH₂-Nb₂O₅-Graphite (HTMH) with LaNi₅H₆ (LTMH) thermochemical storage is carried out. The temperature, pressure, and H₂ flow rate behaviors during the heat storage/release reaction, energy storage

and H₂ flow rate behaviors during the heat storage/release reaction, energy storage density as well as the cycling stability are investigated. Thermal storage system demonstrates stability over 16 heat storage cycles. Hydrogen contents exchanged between HTMH and LTMH are up to 4.14 ± 0.2 wt. % H₂. Approximately 86% of the theoretical capacity of HTMH (4.78 wt. % H₂) participates in the heat storage cycles. The obtained heat storage densities during discharging and charging are 1406 ± 31 and 1513 ± 36 kJ/kg, respectively. The calculated heat storage density based on temperature changes of the heat transfer fluid (compressed air) used during heat discharging is 1583 ± 91 kJ/kg.



School of Chemistry
Academic Year 2023

Student's Signature ยอธินันท์ นามศิริ
Advisor's Signature Boye Uth