ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250746

การดูดซับและคายสารดูดซับของถ่านกัมมันต์ในหางถ่านที่มีผงโลหะและขี้เถ้าลอยเป็นองค์ประกอบ

นฤมล จินะกาศ

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มีนาคม 2554

b00255867

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250746

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

การดูดซับและคายสารดูดซับของถ่านกัมมันต์เมทานอล ที่มีผงโลหะและคลื่นอุลตราโซนิคเสริม

นฤมล จินะกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มีนาคม 2554

การดูดซับและคายสารดูดซับของถ่านกัมมันต์เมทานอล ที่มีผงโลหะและคลื่นอุลตราโซนิคเสริม

นฤมล จินะกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร. นคร ทิพยาวงศ์

.....กรรมการ
อาจารย์ ดร. ณัฐนี วรยศ

.....กรรมการ
ดร. อติพงศ์ นันทพันธุ์

.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์

3 มีนาคม 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้มอบความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และชี้แนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ความช่วยเหลือทางด้านต่างๆ ตลอดจนการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้จนเสร็จสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณ รศ. ดร. นคร ทิพยาวงศ์ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ แนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ณัฐนี วรยศ และ ดร.อติพงศ์ นันทพันธุ์ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณอาจารย์อนุสรณ์ เราเท่า ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำวิจัยที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานแห่งชาติ (สนพ.) สำนักงานกองทุนอุดหนุนการวิจัย บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำนักงานงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาแห่งประเทศไทย (สกอ.) สำนักงานคณะกรรมการการวิจัย (สกว.) ที่อุดหนุนทุนวิจัยบางส่วน โดยเฉพาะภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้สถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกตลอดจนเงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิศวกรรมพลังงาน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำแนะนำที่ดีในการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบูชาคุณ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณสูงสุด เป็นผู้ให้กำเนิด ให้การศึกษาที่ดีแก่ลูก คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจด้านการเรียนและการดำเนินชีวิต

ขอบูชาคุณ ครูอาจารย์ ที่ประสาทวิชาความรู้ อบรมสั่งสอน จนกระทั่งมีสติปัญญาและความรู้ เพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและศึกษาต่อจนถึงระดับปัจจุบันนี้

สุดท้ายหากวิทยานิพนธ์เรื่องนี้มีความดีใด ๆ ผู้เขียนขอยกความดีให้แก่ผู้มีพระคุณดังที่ได้กล่าวมา แต่หากมีส่วนหนึ่งส่วนใดบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอกราบอภัย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเกิดประโยชน์ต่อทุกท่านที่สนใจ ตลอดจนเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบทำความเย็นแบบดูดซับต่อไป

นฤมล จินะกาศ

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การดูดซับและคายสารดูดซับของถ่านกัมมันต์เมทานอลที่มีผงโลหะและคลื่นอุลตราโซนิคเสริม
ผู้เขียน	นางสาวนฤมล จินะกาศ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์

บทคัดย่อ

250746

ในงานวิจัยนี้เน้นที่ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ โดยได้ทำการเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนและมวลในการดูดซับ โดยมีถ่านกัมมันต์ชนิด CGC-11A และเมทานอลเป็นคู่สารทำงาน ตัวดูดซับใช้สารเติมแต่งเพื่อช่วยเพิ่มค่าการนำความร้อน ได้แก่ ผงทองแดง และผงอลูมิเนียม ในสัดส่วนร้อยละเทียบกับน้ำหนักของถ่านกัมมันต์บริสุทธิ์เป็น 2.5, 7.5, 12.5, 17.5 และ 22.5 ซึ่งจะส่งผลต่อการดูดซับให้ดีขึ้น โดยทำการทดสอบค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับ และค่าการดูดซับและคายสารดูดซับของตัวดูดซับในสภาพสุญญากาศ ในกรณีใช้และไม่ใช้คลื่นอุลตราโซนิคประกอบ

จากการทดสอบพบว่า พบว่าค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับจากถ่านกัมมันต์ผสมผงโลหะทองแดงและอลูมิเนียมเพิ่มสูงขึ้นตามสัดส่วนที่เติม ตัวดุดซับที่เติมผงทองแดงและอลูมิเนียมในสัดส่วนร้อยละเทียบกับน้ำหนักของถ่านกัมมันต์บริสุทธิ์ 22.5 ให้ค่าการนำความร้อนสูงสุดเท่ากับ 1.90 W/m.K และ 1.22 W/m.K ตามลำดับ

การทดสอบค่าการดูดซับของตัวดูดซับในระบบสุญญากาศ ที่ความดันการดูดซับและการคายสารดูดซับ <50 kPa กรณีใช้คลื่นอุลตราโซนิค พบว่าตำแหน่งการใช้คลื่นอุลตราโซนิคก็มีอิทธิพลต่อปริมาณการดูดซับ โดยเฉพาะตำแหน่งของเครื่องทำระเหยที่มีการใช้คลื่นอุลตราโซนิค ซึ่งทำให้ปริมารการดูดซับเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 12.64-15.51% ส่วนปริมาณคายสารดูดซับที่มีการใช้คลื่นอุลตราโซนิคที่ตำแหน่งเครื่องดูดซับ ทำให้ปริมาณการคายสารดูดซับเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 42.59-48.15

Thesis Title Adsorption-Desorption of Activated Carbon Methanol Having Metal Powder Assisting by Ultrasonic-Wave

Author Miss. Naruemon Jinakad

Degree Master of Engineering (Energy Engineering)

Thesis Advisor Assistant Professor Dr. Wipawadee Wongsuwan

Abstract

250746

This research work concentrates on heat and mass transfer enhancement in adsorption cooling. The activated carbon (AC) with CGC-11A type and methanol were used as a working pair. The adsorbent bed was added with the selected binder to enhance bed formation using consolidation method, i.e., copper and aluminium powder, mixed to pure AC with weight proportion about 2.5, 7.5, 12.5, 17.5 and 22.5%. The experiments for thermal conductivity and methanol adsorption and desorption were carried out under vacuum pressure condition with and without ultrasonic waves.

The experimental results showed that the adsorbent bed's using copper and aluminium thermal conductivity increased with the mixing proportion. The adsorbent bed with copper and aluminium power mixed to pure AC with weight proportion about 22.5% showed the highest thermal conductivity of 1.90 W/m.K and 1.22 W/m.K

The experiment on adsorption was done under vacuum condition, at <50 kPa adsorption and desorption pressure, with ultrasonic wave. It was found that the position of the ultrasonic wave affected the amount of adsorption. For positioning at the evaporator device with ultraviolet wave, adsorped volume showed an average increase of 12.64-15.51%. The amount of desorption with ultrasonic wave positioned at the adsorber,was found to increase on average 42.59-48.15%.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของวิทยานิพนธ์	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	10
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	10
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	10
1.6 วิธีการวิจัย	11
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	13
2.1 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ	13
2.2 หลักการดูดซับละประเภทการดูดซับ	17
2.3 หลักการดูดซับก๊าซบนของแข็ง	19
2.4 หลักการและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคลื่นอุลตร้าโซนิค	19
2.5 การส่งผ่านคลื่นอุลตราโซนิคในตัวกลางของแข็งและของเหลว	22
2.6 ค่าการนำความร้อน	26
2.7 การหาค่าการนำความร้อนโดยวิธี Hot wire	28
2.8 การวิเคราะห์สมดุลพลังงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	34
3.1 การเตรียมตัวดูดซับ	35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การทดสอบการนำความร้อน 38

3.3 การทดสอบการดูดซับในความดันต่ำกว่าบรรยากาศ 43

3.4 การทดสอบวัฏจักรทำงานของระบบดูดซับเพื่อทำความเย็น 54

บทที่ 4 ผลการทดสอบและเคราะห์ 55

4.1 ผลของผงโลหะต่อค่าการนำความร้อน 55

4.2 การดูดและคายสารเมทานอลที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ 60

4.3 สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบ 74

4.4 สรุปผลการทดสอบ 77

บทที่ 5 บทสรุป 78

5.1 สรุปผลการวิจัย 78

5.2 ข้อเสนอแนะ 80

บรรณานุกรม 81

ภาคผนวก 84

ภาคผนวก ก ตารางผลการทดสอบค่าการนำความร้อน 85

ภาคผนวก ข Integrated table of thermal conductivity 127

ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณ 129

ภาคผนวก ง ตารางคุณสมบัติทางกายภาพของเมทานอล 132

ภาคผนวก จ ตารางคุณสมบัติทางกายภาพของสารเติมแต่ง 136

ภาคผนวก ฉ ผลงานวิชาการที่ได้เผยแพร่ 139

ประวัติผู้เขียน 146

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	เปรียบเทียบปริมาณของ H_2S ที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์	3
2.1	ตัวอย่างการคำนวณค่าการนำความร้อน	30
3.1	น้ำหนักสารผสมแต่ละชนิดในแท่นตัวดูดซับ	39
3.2	ตัวแปรละเงื่อนไขในการทดลอง	52
3.3	เงื่อนไขในการใช้คลื่นอุลตราโซนิคที่เครื่องดูดซับและเครื่องทำระเหย	53
4.1	เปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับถ่านกัมมันต์และค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นสัมพัทธ์	57
4.2	ชุดทดสอบความสามารถในการดูดซับและคายการดูดซับ	60
4.3	สภาวะการทดสอบกระบวนการดูดและคายสารดูดซับของตัวดูดซับภายในสุญญากาศ	61
4,4	สรุปผลกระทบของชนิดและสัดส่วนของสารเติมแต่ง และตำแหน่งการใช้คลื่นอุลตราโซนิค	62
4.5	สรุปปริมาณการดูดซับและคายเมทานอลของตัวดูดซับที่ผสมผงโลหะสัดส่วนต่างๆ	66
4.6	เงื่อนไขในการใช้คลื่นอุลตราโซนิคที่เครื่องดูดซับและเครื่องทำระเหย	68
4.7	สรุปปริมาณการดูดและคายเมทานอลต่อน้ำหนักตัวดูดซับที่เงื่อนไขต่างๆ	70
4.8	ค่าคงที่ในการคำนวณสัมประสิทธิ์สมรรถนะ	75

สารบัญภาพ

รูป		หน้า
1.1	การจับตัวของไอออนโลหะทองแดงกับออกซิเจน	3
1.2	เปรียบเทียบอัตราการดูดซับระหว่างตัวดูดซับที่มีค่าการนำความร้อนแตกต่างกัน	4
1.3	แสดงชุดอุปกรณ์ทดลอง ที่ใช้ในงานวิจัยของ (O.Hamdaoui, 2003)	5
1.4	กราฟแสดงผลการดูดซับสาร p-CP จากการใช้และไม่ใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคความถี่ 21 kHz ที่ช่วงอุณหภูมิทำงาน 21 °C	5
1.5	กราฟแสดงผลของคลื่นอุลตร้าโซนิค ที่กำลัง 21.5 W และ 38.3 W ช่วงอุณหภูมิ 21°C และ 63°C ที่ส่งผลต่ออัตราการคายสาร p-CP จากถ่านกัมมันต์	6
1.6	กราฟแสดงอัตราการคายสาร phenol เทียบกับช่วงระยะเวลา (นาที) ณ ที่กำลังของคลื่นอุลตร้าโซนิคต่างๆ	7
1.7	กราฟแสดงผลของกำลังเครื่องอุลตร้าโซนิคและขนาดอนุภาคคาร์บอนต่างๆ บนอัตราการคายสารของ phenol	7
1.8	แสดงชุดอุปกรณ์ทดลอง ที่ใช้ในงานวิจัยของ (Ye Yao, 2009)	8
1.9	แสดงการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ โดยใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคช่วยในการคายสารดูดซับที่อุณหภูมิ 45 °C, 55 °C, 65 °C และ 75 °C	9
2.1	ลักษณะการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซับแบบต่อเนื่อง	14
2.2	ถ่านกัมมันต์ชนิดผง	15
2.3	ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด	16
2.4	แบบจำลองโครงสร้างภายในถ่านกัมมันต์	16
2.5	แสดงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยายสูง	17
2.6	Magnetostrictive Transducer	20
2.7	Piezoelectric Transducer	21
2.8	การส่งผ่านคลื่นอุลตร้าโซนิคในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ	25
2.9	ค่าการนำความร้อนของสารประเภทต่างๆ	26
2.10	ผลของอุณหภูมิต่อค่าการนำความร้อนของของแข็งชนิดต่างๆ	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป		หน้า
2.11	กราฟ P-T-x แสดงการทำงานของระบบใน 1 วัฏจักร	30
3.1	Flow chart ภาพโดยรวมของงานวิจัย	35
3.2	เครื่องบด	36
3.3	เครื่องชั่ง	36
3.4	ตู้อบสารเคมี	37
3.5	ผงทองแดงละผงอลูมิเนียม	37
3.6	ชุดทดสอบค่าการนำความร้อน	39
3.7	ตำแหน่งที่ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล	41
3.8	แท่นตัวดูดซับที่ใช้ในการทดสอบค่าการนำความร้อน	41
3.9	การต่อชุดอุปกรณ์เข้ากับแท่นตัวดูดซับเพื่อทดสอบค่าการนำความร้อน	42
3.10	ภาคตัดขวางของเครื่องดูดซับและเครื่องทำระเหย	44
3.11	แผนภาพเครื่องมือวัดอัตราการดูดซับและคายสารดูดซับ	45
3.12	อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นอุลตราโซนิค	46
3.13	แหล่งกำเนิดคลื่นอุลตราโซนิค	46
3.14	เทอร์โมคัปเปิล	47
3.15	เครื่องเก็บข้อมูลอุณหภูมิ	48
3.16	ปั๊มสุญญากาศ	48
3.17	ปั๊มน้ำขนาดเล็ก	49
3.18	แผนผังแสดงลำดับการทดสอบระบบดูดซับในความดันต่ำกว่าบรรยากาศ	51
4.1	ตำแหน่งของเทอร์โมคับเปิลภายในตัวดูดซับ และภาพตัดขวางภายในตัวดูดซับแสดงระยะห่างของลวดความร้อนและเทอร์โมคับเปิล	56
4.2	ค่าการนำความร้อนของตัวดูดซับที่มีชนิดและสัดส่วนการผสมของสารผสมต่างกัน	57
4.3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแท่นสารทดสอบกรณีผสมผงโลหะและไม่ผสมผงโลหะ	59
4.4	กราฟเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับเมทานอลกับเวลา ที่คาบเวลา (นาที) ของตัวดูดซับที่ผสมผงโลหะในสัดส่วนต่างๆ	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.5	กราฟเปรียบเทียบปริมาณการคายเมทานอลกับเวลา ที่คาบเวลา (นาที) ของตัวดูดซับที่ผสมผงโลหะในสัดส่วนต่างๆ	65
4.6	กราฟเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับเมทานอลกับเวลา ที่คาบเวลา (นาที) กรณีให้คลื่นอุลตราโซนิคที่เครื่องดูดซับและเครื่องทำระเหย	69
4.7	กราฟเปรียบเทียบปริมาณการคายเมทานอลกับเวลา ที่คาบเวลา (นาที) กรณีให้และไม่ให้ คลื่นอุลตราโซนิคที่เครื่องดูดซับ	69
4.8	กราฟเปรียบเทียบปริมาณการดูดและคายเมทานอลทั้งวัฏจักรเทียบกับเวลา ที่คาบเวลา (นาที)	70
4.9	การทดสอบสมรรถนะการทำความเย็น	74
4.10	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบ	76

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
AC	Activated carbon
^{o}C	Degree Celsius
CGC-11A	ชื่อทางการค้าของถ่านกัมมันต์
cm	เซนติเมตร
COP	Coefficient of Performance
Cu	Copper
Al	Aluminium
g	gram
K	Kelvin
kPa	kilopascal
met	Methanol
m	meter
m^2	ตารางเมตร
ml	milliliter
mm	millimeter
v/w	volume by weight
V	Volt
W	Watt
w/w	weight by weight
Ad	Adsorber
Ev	Evaporator
Cd	Condenser
λ	thermal conductivity
λ_{eff}	Effective thermal conductivity