ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246112

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การพัฒนาหน้าต่างกระจกสองชั้นที่มีวัสดุเปลี่ยนเฟสทำงานร่วมเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

โดย

ดร.วราภรณ์ รัตตนงพิสัตย์ และคณะ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

มกราคม 2555

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246112

สัญญาเลขที่ R2553B005

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาหน้าต่างกระจกสองชั้นที่มีวัสดุเปลี่ยนเฟสทำงานร่วม เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

คณะผู้วิจัย

ดร.วราภรณ์ รัตตนงพิสัตย์ หัวหน้าโครงการ

ดร.สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์

ผศ.ดร.ศิรินุช จินดารักษ์

ผศ.ดร.สมชาย มณีวรรณ์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สนับสนุนโดยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร และขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือวัดและความสะดวกในด้านห้องปฏิบัติการ

บทคัดย่อ

246112

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการศึกษาการลดความร้อนส่งผ่านระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำงานร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะด้วยวิธีการทดสอบภายในอาคาร ณ ห้องปฏิบัติการของอาคารภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ โดยออกแบบและสร้างห้องทดสอบขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 2.5 เมตร พร้อมติดตั้งกรอบที่สามารถปรับเปลี่ยนระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นที่ต้องการทดสอบ มีการบุฉนวนใยหินที่ผนังห้องรอบด้านเพื่อกำจัดผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนบริเวณผนังเหลือเพียงที่ส่งผ่านหน้าต่างกระจก รวมทั้งออกแบบและสร้างระบบแสงจำลองจากหลอดฮาโลเจนเพื่อให้ความร้อนด้วยแสงที่ตกกระทบลงบนกระจก ได้ทำการทดสอบการกระจายแสงให้มีความสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าต่างกระจกขนาดกว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.4 เมตร กำหนดที่ค่าความเข้มแสงแปรผันไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ตรวจวัดความเข้มแสงด้วยไพรานอมิเตอร์พร้อมกำหนดให้มีการแปรผันสามค่าที่ 572 W/m^2 663 W/m^2 และ 756 W/m^2 ทั้งนี้เพื่อจำลองความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดพิษณุโลกระหว่างเวลา 10:00 – 15:00 นาฬิกา ทำการทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการส่งผ่านความร้อนทางระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นที่พัฒนาขึ้นให้ทำงานร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะ โดยสารที่ใช้ในการงานวิจัยนี้คือซอลท์ไฮเดรทและพาราฟิน พบว่าพาราฟินมีความเหมาะสมกว่าด้วยข้อดีหลายประการได้แก่การไม่เกิดการแยกชั้นของสารทำให้รับและคายความร้อนแฝงได้สมบูรณ์ ความโปร่งแสงขณะอยู่ในสถานะของเหลวทำให้คงสภาพการมองเห็นผ่านหน้าต่างกระจก ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีสารเปลี่ยนสถานะคือที่มีอากาศและแก๊สอาร์กอนบรรจุระหว่างแผ่นกระจกทั้งสอง ผลการทดสอบพบว่าสัมประสิทธิ์ความร้อนแสงอาทิตย์ของระบบหน้าต่างที่มีสารเปลี่ยนสถานะทำงานร่วมมีค่าต่ำกว่าที่ 0.64 ต่อ 0.68

246112

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องผ่านระบบหน้าต่างที่พัฒนาขึ้นมีค่าต่ำกว่าระบบที่ไม่มีสารเปลี่ยนสถานะ 5.6 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลถึงภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศที่ลดลงตามไป จากการพิจารณาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นโดยคำนวณจากผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นทำงานร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะและระบบที่ไม่มีสารเปลี่ยนสถานะพบว่ามีระยะเวลาคืนทุน 4 ปี จากการคำนวณภายใต้สภาวะรับความร้อนสูงตลอดเวลามีส่วนทำให้ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าที่ควรจะเป็นและมีระยะเวลาคืนทุนสูงเกินจริงได้

ABSTRACT

246112

This research presents an experimental finding on the reduction of heat transfer through a double glaze window system which developed in the way to function with phase change material. The indoor test carried out in the laboratory at the building of Physics department, Faculty of Science. In this research, the testing room was designed and constructed with the dimension of 2 meter wide, 2 meter length and 2.5 meter height. The window system was installed on the frame in one side of the room wall. With this frame, the test window system can be changed from one type to another. The room well insulated with a rock wool as to eliminate the effect of heat transfer through other part of the room but the window. In addition, the artificial light system was designed and constructed using halogen lamps as a light source to radiate heat on the window glaze. The artificial light system was tested to ensure a consistent radiation all over the window area size 0.4 meter wide and 0.4 length with the acceptability no more than 5 percentage variation. The radiation was detected by a pyranometer. The radiation was varied between 572 W/m^2 663 W/m^2 and 756 W/m^2 which referred the monthly average of solar radiation in Phitsanulok during 10:00 and 15:00. The heat transmitted through the double glaze window system that collaborated with phase change material was investigated and analysis. Two types of phase change materials employed were salt hydrate and paraffin. Paraffin is more suitable than salt hydrate and offers several advantages included no segregation, complete operating cycle, and transparent liquid-phase which preserve the window visual. The comparison between the double glaze window with and without phase

change material showed that the prior provide lower solar heat gain coefficient for the value of 0.64 against 0.68. In addition, the amount of heat transmitted through the double glaze window with phase change material is 5.6 percent lower than the one without phase change material. This also implied the lower cooling load for an air conditioning system. An economic feasibility considered on the reduction of electric consumption, this compared between the double glaze window system with phase change material and the one without it. The simple payback period show at 4 years that seem to be a long time. According to the calculation based on the duration of high heat gain, this can cause lesser energy reduction and higher payback period than what might be in practical.

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก

ABSTRACT ..... ค

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 วัตถุประสงค์ 5

1.2 ขอบเขต 5

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน 6

2.1.1 การนำความร้อน 7

2.1.2 การพาความร้อน 8

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน 9

2.2 แสงอาทิตย์และความร้อน 10

2.2.1 ความร้อนถ่ายเทจากรังสีอาทิตย์ผ่านระบบหน้าต่างกระจก 16

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25

2.3.1 ระบบหน้าต่างกระจกและการป้องกันความร้อน 26

2.3.2 สารเปลี่ยนสถานะและการประยุกต์ใช้ในด้านอาคาร 32

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 39

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

หน้า

3.1 รายละเอียดระบบทดสอบและอุปกรณ์การทดลอง.....40

3.2 ขั้นตอนการทดสอบ.....46

บทที่ 4 ผลการทดสอบ การวิเคราะห์ และอภิปรายผล..... 48

4.1 ผลการทดสอบระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นที่ไม่มีสารเปลี่ยนสถานะ.....48

4.2 ผลการทดสอบระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นที่มีสารเปลี่ยนสถานะทำงานร่วมด้วย..... 53

4.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นที่ไม่มีสารเปลี่ยนสถานะเปรียบเทียบกับระบบที่มีสารเปลี่ยนสถานะ..... 58

4.4 ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ 62

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 64

5.1 สรุป 64

5.2 ข้อเสนอแนะ 65

เอกสารอ้างอิง 66

ภาคผนวก.....71

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับช่องว่างระหว่างกระจก (Chirarattananon, 2005) 24

ตารางที่ 3.1 สมบัติของสารเปลี่ยนสถานะ 45

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 สเปกตรัมแสงอาทิตย์ช่วงคลื่นรังสีเหนือม่วง (UV) รังสีมองเห็น (V) และรังสีใต้แดง(IR) (เพิ่มรายละเอียดรูปจาก Duffie and Beckman, 2006) 11

รูปที่ 2.2 รังสีอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศและตกกระทบบนผิวโลก 12

รูปที่ 2.3 ความเข้มรังสีอาทิตย์รายชั่วโมงตลอดปี ของจังหวัดพิษณุโลก (Handbook of Solar Radiation and Climatic Data for Renewable Energy Applications, 2005) 12

รูปที่ 2.4 ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ตกกระทบบนกระจกและผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร 14

รูปที่ 2.5 วงจรความร้อนของระบบกระจกสองชั้น 20

รูปที่ 2.6 พลังงานความร้อนส่งผ่านหน้าต่างกระจกสองชั้น 21

รูปที่ 3.1 แผนภาพภาคตัดขวางระบบทดสอบ ตำแหน่งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ และความเข้มแสง 41

รูปที่ 3.2 แผนภาพโครงสร้างระบบแสงจำลอง ก ด้านหน้า ข ด้านข้าง 42

รูปที่ 3.3 สารเปลี่ยนสถานะ ภาพซ้าย RT42 ขณะจัดเตรียมเพื่อใช้ในการทดสอบ ภาพขวา ภาพขยายเห็นลักษณะเป็นผลึกของเนื้อสาร 43

รูปที่ 3.4 เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ YOKOGAWA รุ่น DX220-3-2 43

รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความเข้มแสง Pyranometer 43

รูปที่ 3.6 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K 44

รูปที่ 3.7 หน้าต่างกระจกสองชั้นมีสารเปลี่ยนสถานะทำงานร่วม ถ่ายภาพจากด้านในห้องทดสอบเมื่อสารเปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลวใสขณะได้รับความร้อน 44

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.8 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ ก ผิวกระจกด้านนอกและด้านใน ข ภายนอกและภายในห้อง แสดงระยะในหน่วยเมตร.....47

รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบห้องทดสอบเมื่อไม่มีแสงตกกระทบหน้าต่าง กระจกสองชั้น ภายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง.....49

รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาระหว่างทดสอบระบบหน้าต่างกระจกสอง ชั้นแบบมีอากาศเป็นฉนวน ณ ความเข้มแสง 663 W/m^2..... 50

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาระหว่างทดสอบระบบหน้าต่างกระจกสอง ชั้นแบบมีอากาศเป็นฉนวน ณ ความเข้มแสง 756 W/m^2.....51

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาระหว่างทดสอบระบบหน้าต่างกระจกสอง ชั้นแบบมีแก๊สอาร์กอนเป็นฉนวน ณ ความเข้มแสง 663 W/m^2..... 52

รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาระหว่างทดสอบระบบหน้าต่างกระจกสอง ชั้นแบบมีแก๊สอาร์กอนเป็นฉนวน ณ ความเข้มแสง 756 W/m^2..... 52

รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในขณะทดสอบหน้าต่างกระจกสองชั้นแบบ ไม่มีและแบบมีสารเปลี่ยนสถานะ $Na_2.SO_4.10H_2O$ ทำงานร่วม ณ ความเข้มแสง 750 W/m^2..54

รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาระหว่างทดสอบระบบหน้าต่างกระจกสอง ชั้นที่มีสารเปลี่ยนสถานะ RT 42 ทำงานร่วม ณ ความเข้มแสง 572 W/m^2..... 55

รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาระหว่างทดสอบระบบหน้าต่างกระจกสอง ชั้นที่มีสารเปลี่ยนสถานะ RT 42 ทำงานร่วม ณ ความเข้มแสง 663 W/m^2.....57

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเทียบกับเวลาระหว่างทดสอบระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นที่มีสารเปลี่ยนสถานะ RT 42 ทำงานร่วม ณ ความเข้มแสง 756 W/m^2 58

รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนแสงอาทิตย์ระหว่างระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นแบบมีอากาศ แก๊สอาร์กอน และสารเปลี่ยนสถานะพาราฟินทำงานร่วม ณ ความเข้มแสง 572 W/m^2 663 W/m^2 และ 756 W/m^2 59

รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดระหว่างผิวกระจกด้านนอกและด้านในระหว่างระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นแบบมีอากาศ แก๊สอาร์กอน และสารเปลี่ยนสถานะพาราฟินทำงานร่วม ณ ความเข้มแสง 572 W/m^2 663 W/m^2 และ 756 W/m^2 60

รูปที่ 4.12 ความร้อนถ่ายเทผ่านหน้าต่างกระจกสองชั้นที่มีอากาศ แก๊สอาร์กอน และแบบที่มีสารเปลี่ยนสถานะพาราฟินทำงานร่วม ณ ความเข้มแสง 572 W/m^2 663 W/m^2 และ 756 W/m^2 61

รูปที่ ผ.1 พาราฟิน RT 42 มีช่วงการหลอมเหลวและพลังงานที่ตำแหน่งแรก 16.64 ^{o}C 21.47 J/g ตำแหน่งสอง 28.02 ^{o}C 4.57 J/g และตำแหน่งสาม 42.84 ^{o}C 149.65 J/g ตามลำดับ ..72

รูปที่ ผ.2 พาราฟิน RT 50 มีช่วงการหลอมเหลวและพลังงานที่ตำแหน่งแรก 29.56 ^{o}C 33.31 J/g และตำแหน่งสอง 51.02 ^{o}C 150.86 J/g ตามลำดับ..... 72

รูปที่ ผ.3 พาราฟินแข็งที่ใช้งานห้องปฏิบัติการเคมีมีช่วงการหลอมเหลวและพลังงานที่ตำแหน่งแรก 46.46 ^{o}C 34.45 J/g และตำแหน่งสอง 60.19 ^{o}C 144.29 J/g ตามลำดับ 73

รูปที่ ผ.4 $NaSO_4.10H_2O$ มีจุดหลอมเหลวที่ 36.13 ^{o}C ค่าพลังงาน 250.67 J/g 73