

บทคัดย่อ

ชื่อหัวข้อวิจัย	การพัฒนาเม็ดสีเขียวอ่อนจากโครเมียมออกไซด์ให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอาทิตย์สำหรับวัสดุหลังคา
ผู้เขียน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนีย์ ทองก้านเหลือง
ทุนอุดหนุน	งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
ปี	พ.ศ. 2556

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเม็ดสีเขียวจากโครเมียมออกไซด์ให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอาทิตย์ช่วงอินฟราเรดใกล้ (NIR) การวิจัยนี้จึงได้สังเคราะห์สียโดยใช้สารประกอบออกไซด์ของโลหะที่เป็นส่วนผสมหลักคกก็คือโครเมียมออกไซด์ร้อยละ 70 สำหรับส่วนผสมรองคืออะลูมิเนียมออกไซด์ ซิลิกอนออกไซด์ และไทเทเนียมออกไซด์ ทั้งสามชนิดรวมกันจำนวนร้อยละ 30 ซึ่งเปลี่ยนแปลงส่วนผสมไปเพื่อหาจุดที่ให้ค่าสะท้อนอินฟราเรดใกล้สูงที่สุด ส่วนผสมในการวิจัยที่เตรียมขึ้นมีทั้งหมด 36 ตัวอย่าง ได้ถูกเตรียมภายใต้กรรมวิธีการผลิตเม็ดสี ผ่านการเผาอุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส นำมาวัดค่าสะท้อนอินฟราเรดใกล้ด้วยเครื่อง UV-Vis-spectrophotometer และศึกษาสมบัติของเม็ดสีด้วย SEM และ XRD ผลการวิจัยพบว่า LG3 ซึ่งประกอบด้วย $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$ ร้อยละ 70, 21, 3 และ 6 ตามลำดับ ให้ค่าสะท้อน NIR สูงที่สุดร้อยละ 80.6 ผลการศึกษาการกระจายตัวของเม็ดสี LG3 พบว่ามีการกระจายตัวที่ดี เมื่อนำเม็ดสี LG3 มาผสมกับวัสดุเคลือบเซรามิกส์และพ่นลงบนชิ้นงานเซรามิกส์ เพื่อศึกษาการกระจายตัวบนผิวเคลือบภายหลังการเผา พบว่าการใช้เม็ดสีน้ำตาล LG3 ในปริมาณ 5 กรัมต่อวัสดุเคลือบ 100 กรัม ให้ค่าสะท้อนสูงที่สุดร้อยละ 70.9 และมีผิวเรียบเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำเม็ดสีน้ำตาล LG3 มาทดสอบสมรรถนะเปรียบเทียบกับเม็ดสี A919 ซึ่งใช้อยู่ในท้องตลาด โดยการนำเม็ดสีทั้งสองไปทำวัสดุเคลือบหลังคาเซรามิกส์ แล้วนำไปมุงยังห้องทดสอบเพื่อวัดอุณหภูมิกลางห้อง พบว่าการใช้เม็ดสี LG3 ทำให้อุณหภูมิกลางห้องของห้องทดสอบน้อยกว่าการใช้เม็ดสี A919 อยู่ 0.8 องศาเซลเซียส จึงสรุปได้ว่าเม็ดสี LG3 เป็นเม็ดสีสะท้อนรังสีอาทิตย์ช่วงอินฟราเรดใกล้ที่ดีในโทนสี CIE $L^* a^* b^*$ มีค่า 45.15, -16.35 และ 18.38 ตามลำดับ สามารถใช้ผสมกับวัสดุเคลือบหลังคาเซรามิกส์เพื่อลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้

Abstract

Title : Development of Light Green Pigment from Chromium Oxide
for Solar Reflective Roof Materials

Researcher : Asst Prof. Dr.Thadsanee Thongkanluang

Grant : Suratthani Rajabhat University

Year : 2013

The aim of the development is to synthesize new light green pigments as near infrared (NIR) solar reflective for roofing materials. Light green pigments based on Cr_2O_3 have been fixed 70 wt%. Al_2O_3 , SiO_2 and TiO_2 guest components 30 wt% were varied into 36 different compositions for finding the high reflective value. The compositions were prepared according to pigment processing that calcine at 1150 °C. The spectral reflectance and the dispersion of pigment powder were determined using spectrophotometer, scanning electron microscope and x-ray diffraction. It was found that the sample LG3 with composition Cr_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 and TiO_2 of 70, 21, 3 and 6 wt%, respectively, gives a maximum near infrared solar reflectance of 80.6 %. In addition, the distribution of sample LG3 is homogeneous. The prepared pigment powders were then mixed with ceramic glaze and sprayed onto ceramic substrates for the reflectance measurement and the study of pigment powder dispersion in ceramic glaze after calcining. The results show that the ceramic glaze 100 g mixed with 5 g of sample LG3 gives a maximum near infrared solar reflectance of 70.9 % and found having the best homogeneity. The comparison of performance test between LG3 and A919 (commercial green pigment) that use for ceramic coating tile roof were covered two test box for temperature measurement. The results shown that LG32 pigment using make decrease the middle – room temperature less than A919 commercial pigment using about 0.8 °C. It can be concluded that the light green pigment LG3 in the CIE L^* a^* b^* color value 45.15, -16.35 and 18.38, respectively is suitable to be used as a coating ceramic-based roofs for reducing the heat penetrating into the building.

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาเมล็ดสีเขียวย่นจากโครเมียมออกไซด์ให้มีสมบัติสะท้อนรังสีอาทิตย์สำหรับวัสดุ
หลังคาได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ผู้วิจัย
ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ผศ.ประยูร สุรินทร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่เพื่อการวิจัย ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิตรวจรับงานวิจัยที่
กรุณาตรวจสอบและเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ ศ.ดร.พิเชษฐ ลีมสุวรรณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะ
วิทยาศาสตร์ และ ดร.พัฒนะ รักความสุข สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและ
วัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยจน
สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้

ผู้วิจัย

กันยายน 2556

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูป	vi
สารบัญตาราง	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 รังสีอาทิตย์และความร้อนในอาคาร	3
2.2 ชนิดและสมบัติของวัสดุที่ใช้ผนังหลังคา	7
2.3 ความสามารถในการลดความร้อนจากการใช้ผิวเคลือบสะท้อนความร้อน	10
2.4 กระบวนการเตรียมสารเคลือบ	12
2.5 ตัวแปรที่มีผลต่อค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์	13
2.6 ตัวแปรที่มีผลต่อการต้านทานการเสื่อมสภาพ	18
2.7 องค์ประกอบสารเคลือบ	19
2.8 สมบัติของเม็ดสี	20
2.9 สารเคมีที่ใช้ในการผสม pigment	23
2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อการสะท้อนความร้อน	29
2.11 กลไกความร้อน	31
2.12 สมบัติสะท้อนของวัสดุ	33
2.13 Pigment ที่มีความสามารถสะท้อน	36
2.14 สมบัติสะท้อนของสารประกอบอื่น	37
2.15 การแผ่รังสีอาทิตย์	39
2.16 สีและการเกิดสี	40
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	43
3.1 การเตรียม pigment	43
3.2 การศึกษาสมบัติของสี	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การนำเม็คสีไปใช้	52
3.4 การศึกษาผิวเคลือบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน	54
3.5 การทดสอบสมรรถนะของเม็คสี	54
บทที่ 4 ผลการทดลอง	58
4.1 ผลการวัดค่าสะท้อนอินฟราเรดใกล้	58
4.2 ผลการศึกษาลักษณะเฉพาะของเม็คสี	61
4.3 ผลการวัดค่าสะท้อนบนผิวเคลือบ	67
4.4 ผลการศึกษาผิวเคลือบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน	67
4.5 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของเม็คสี	69
บทที่ 5 สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ	72
5.1 สรุป	72
5.2 อภิปราย	73
5.3 ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก ASTM E891-87	78

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 แสดงความร้อนที่เข้าสู่อาคาร	5
2.2 ค่าดัชนีหักเหทำให้เกิดการกระเจิงแสง	13
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Color strength และความทึบแสงกับขนาดอนุภาค	15
2.4 สเปกตรัมสะท้อนที่ความหนาต่างกันของสารเคลือบที่ใช้เม็ดไททาเนียมไดออกไซด์	16
2.5 พฤติกรรมค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของผิวเคลือบสีขาวบนผิวเรียบและผิวขรุขระเมื่อผ่านการใช้งาน	18
2.6 รูปร่างอนุภาคเม็ดสี	21
2.7 ไททาเนียมออกไซด์	24
2.8 ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2)	26
2.9 อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	28
2.10 โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3)	29
2.11 TiO_2 เคลือบบนพื้นสีดำ	31
2.12 แสงตกกระทบบนวัตถุ	32
2.13 เปรียบเทียบการหักเหของแสงโดยอนุภาคที่มีค่าดัชนีหักเหต่างกัน, (a) อนุภาคที่มีค่าดัชนีหักเหสูง และ (b) อนุภาคที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำ	34
2.14 เส้นทางเดินของรังสีในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่างกัน, (a) ค่าดัชนีหักเหสูง และ (b) ค่าดัชนีหักเหต่ำ	35
2.15 เปรียบเทียบการเลี้ยวเบนของคลื่นไฟฟ้ารอบอนุภาคที่มีขนาดต่างกัน, (a) อนุภาคเล็ก และ (b) อนุภาคใหญ่	35
2.16 สมบัติเชิงแสงของ pigment และมุกธรรมชาติ	37
2.17 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ช่วงความยาวคลื่นต่างๆ	40
2.18 (ก) ความสัมพันธ์ของค่า CIE $L^*a^*b^*$ color index ในสามมิติ (ข) ความสัมพันธ์ของค่า CIE $L^*a^*b^*$ color index ในสองมิติ ที่ระดับค่า L^* เท่ากัน	42
3.1 Ternary diagram ใช้กำหนดส่วนผสม	44
3.2 ขั้นตอนการเตรียมเม็ดสี	46
3.3 หม้ออบความเร็วสูง agate	47
3.4 ก.สีหลังบดและ ข.เม็ดสีหลังอบแห้ง	47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
3.5 ตัวอย่างเม็ดยาเขียวอ่อนที่มีสมบัติสะท้อนอินฟราเรดใกล้	47
3.6 ตัวอย่างเม็ดยาอัดในอุปกรณ์เพื่อวัดค่าสะท้อน	48
3.7 เครื่อง Spectrophotometer	49
3.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	50
3.9 เครื่อง XRF spectrometer	51
3.10 เครื่อง XRD spectrometer	52
3.11 ชิ้นงานเคลือบด้วยเม็ดยา LG3 จำนวน 4 กรัม	53
3.12 ชิ้นงานเคลือบด้วยเม็ดยา LG3 จำนวน 5 กรัม	53
3.13 ชิ้นงานเคลือบด้วยเม็ดยา LG3 จำนวน 6 กรัม	53
3.14 ชิ้นงานเคลือบด้วยเม็ดยา LG3 จำนวน 7 กรัม	53
3.15 ชิ้นงานเคลือบด้วยเม็ดยา LG3 จำนวน 8 กรัม	54
3.16 ฟันผงสีผสมเคลือบลงบนแผ่นหลังคา	55
3.17 เตรียมแผ่นหลังคาเข้าเตาเผา	55
3.18 แผ่นหลังคา (ก) ใช้เม็ดยา LG3 และ (ข) ใช้เม็ดยา A919	55
3.19 ห้องทดสอบด้านในบุด้วยโฟมพอลิยูรีเทนความหนา 5 เซนติเมตร	56
3.20 Datalogger ใช้บันทึกอุณหภูมิ	57
3.21 Paranometer ใช้วัดความเข้มรังสีอาทิตย์	57
3.22 ห้องทดสอบงูหลังคาและติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและบันทึกข้อมูล	57
4.1 ตัวอย่างเม็ดยาเขียวหลังเผา	58
4.2 ภาพถ่าย SEM แสดงการกระจายตัวของ LG3 ประกอบด้วย Cr_2O_3 70 wt%, Al_2O_3 21 wt%, SiO_2 3 wt% และ TiO_2 6 wt%	62
4.3 ภาพถ่าย SEM แสดงการกระจายตัวของ LG3 ประกอบด้วย Cr_2O_3 70 wt%, Al_2O_3 3 wt%, SiO_2 18 wt% และ TiO_2 9 wt%	62
4.4 ภาพถ่าย SEM แสดงการกระจายตัวของผง Cr_2O_3 ที่ไม่ผสมสารอื่น	63
4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วย EDXRF ของ LG3	63
4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วย EDXRF ของ A919	64
4.7 XRD patterns ของตัวอย่าง LG3 และ Cr_2O_3	65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.8 ภาพถ่าย SEM ของผิวเคลือบที่ผสมเม็ดยี่ LG3 จำนวน 4 กรัม	68
4.9 ภาพถ่าย SEM ของผิวเคลือบที่ผสมเม็ดยี่ LG3 จำนวน 5 กรัม	68
4.10 ภาพถ่าย SEM ของผิวเคลือบที่ผสมเม็ดยี่ LG3 จำนวน 6 กรัม	68
4.11 ภาพถ่าย SEM ของผิวเคลือบที่ผสมเม็ดยี่ LG3 จำนวน 7 กรัม	69
4.12 ภาพถ่าย SEM ของผิวเคลือบที่ผสมเม็ดยี่ LG3 จำนวน 8 กรัม	69
4.13 เส้นกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของห้องทดสอบระหว่างการใช้เม็ดยี่ LG3 และเม็ดยี่ A919	70

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	วัสดุผงหลังคาและค่าการนำความร้อน	8
2.2	ค่าการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของวัสดุชนิดต่างๆ	9
2.3	ค่า emittance ของรังสีอาทิตย์ของวัสดุชนิดต่างๆ	9
2.4	ค่าสะท้อนรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิหลังคาเทียบกับสิ่งแวดล้อมของวัสดุหลังคาชนิดต่างๆ	11
2.5	ค่าสะท้อนรังสีที่มีความหนาต่างๆ	17
2.6	แสดงค่าดัชนีหักเหของเม็ดสีหลักและเม็ดสีเอกซ์เทนเดอร์	20
2.7	แสดงค่าดัชนีหักเหของวัสดุ	33
2.8	สารประกอบอลูมินา ไครโมท์และเฟอร์ไรท์ (CICPs)	38
3.1	อัตราส่วนผสมของสารประกอบเม็ดสีตัวอย่างที่ LG1 – LG36	45
4.1	ค่าสะท้อนอินฟราเรดใกล้ช่วงความยาวคลื่น 780 – 2100 nm ของตัวอย่าง LG1 – LG36 และ M1 – M7	59
4.2	จัดกลุ่มค่าสะท้อนอินฟราเรดใกล้สัมพันธ์กับส่วนผสม	61
4.3	ผลวิเคราะห์ทางเคมีด้วย EDXRF ของ LG3 และ A919	64
4.4	ค่าสีของ LG1 – LG36 และ Cr ₂ O ₃	65
4.5	ค่าสะท้อนอินฟราเรดใกล้ของผิวเคลือบเซรามิกส์ที่ผสมเม็ดสี LG3 จำนวน 4 – 8 เปอร์เซ็นต์และสีเขียวตลาด A919จำนวน 5 เปอร์เซ็นต์	67
4.6	ผลการวัดอุณหภูมิของห้องทดสอบ	71