การศึกษาสีกันความร้อนที่ผสมสารเปลี่ยนวัฏภาคแบบยูเทคติก

นาย อาคเนย์ สังฆมณี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การศึกษาสีกันความร้อนที่ผสมสารเปลี่ยนวัฏภาคแบบยูเทคติก

นาย อาคเนย์ สังขมณี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

STUDY OF HEAT-RESISTANT PAINTS WITH EUTECTIC PHASE CHANGE MATERIAL

AKANAY SANGKHAMANEE

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การศึกษาสีกันความร้อนที่ผสมสารเปลี่ยนวัฏภาคแบบยูเทคติก
โดย	นาย อาคเนย์ สังขมณี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. สุรัตน์ อารีรัตน์
ปริญญานิพนธ์	สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. สุรัตน์ อารีรัตน์)

.....กรรมการ
(อ. บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

.....กรรมการ
(ดร. ภัทรานิษฐ์ วงศ์พร้อมรัตน์)

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาสีกันความร้อนที่ผสมสารเปลี่ยนวัฏภาคแบบยูเทคติก
โดย นาย อาคเนย์ สังขมณี
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2559
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สุรัตน์ อารีรัตน์

บทคัดย่อ

จากสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน สภาวะอากาศในประเทศไทยมีอุณหภูมิที่สูงทำให้มีการใช้ทรัพยากรและพลังงานที่มากเกินความจำเป็นสำหรับพลังงานระบบปรับอากาศในอาคารและบ้านเรือน ทำให้เริ่มมีการสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานเกิดขึ้น โดยในปัจจุบันการเลือกใช้สีประเภทสีทาภายนอก มีอิทธิผลต่อความร้อนภายในอาคารบ้านเรือนให้ลดต่ำลง ทำได้โดยการนำสารเปลี่ยนวัฏภาคมาผสมกับสีอะคริลิคสำหรับทาภายนอก เพื่อทดสอบคุณสมบัติความร้อนของสีให้มีความสามารถในการช่วยลดความร้อนภายในอาคารและบ้านเรือน

โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการผสมสารเปลี่ยนวัฏภาคให้เป็นสารผสมยูเทคติก เพื่อให้สารผสมที่ได้มีจุดหลอมเหลวที่ต่ำกว่าสารตั้งต้น และศึกษาสมบัติทางความร้อนของสารที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากการผสม คำนวณสัดส่วนในการผสมแบบยูเทคติกในทางทฤษฎีระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริก จากนั้นทำการปรับปรุงสมบัติวัฏภาคโดยการเปลี่ยนสัดส่วนการผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริก สัดส่วนที่ได้จากการทดลองคือพาราฟินแว็กซ์ต่อกรดสเตียริกร้อยละ 35 ต่อ 65 พบว่าพาราฟินแว็กซ์จะมีจุดหลอมเหลวอยู่ที่อุณหภูมิ 64.4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบอุณหภูมิในการหลอมเหลวของสารผสมที่ได้จากการทดลองอยู่ที่ 57.7 องศาเซลเซียส สามารถลดอุณหภูมิในการหลอมเหลวลงได้ 6.7 องศาเซลเซียส และสารผสมที่ได้มีพลังงานความร้อนแฝงอยู่ที่ 189.5 จูลต่อกรัม จะมีพลังงานความร้อนแฝงลดลง 29.5 จูลต่อกรัมเมื่อเทียบกับสารตั้งต้นกรดสเตียริกที่มีพลังงานความร้อนแฝงที่ 219 จูลต่อกรัม นำสารผสมแบบยูเทคติกที่ได้ไปผสมกับสีทาบ้านอะคริลิคสูตรมาตรฐานพบว่า สามารถเพิ่มคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนของสีที่ผสมสารยูเทคติกได้ดีกว่าสีสูตรมาตรฐานเท่ากับ 0.634 จูลต่อกรัมของสี หรือคิดเป็นพลังงานความร้อนต่อพื้นที่ที่ทาสีเป็น 317 จูลต่อตารางเมตร และเมื่อพิจารณาการกระจายตัวของสารในชั้นสี พบว่ามีการกระจายตัวได้ดี ไม่เกาะกันเป็นก้อน ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดีและสารผสมแบบยูเทคติกยังมีขนาดที่เหมาะสมในการแทรกตัวอยู่ในชั้นสีเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน

ซึ่งผลจากการศึกษาและวิเคราะห์สามารถนำหลักการการผสมแบบยูเทคติกไปใช้ช่วยปรับสมบัติทางความร้อนของสารเปลี่ยนวัฏภาคชนิดอื่น ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้นได้ และยัง สามารถพัฒนาสีทาบ้านที่มีคุณสมบัติช่วยลดความร้อนในอาคารบ้านเรือนได้

Report Title	Heat-resistant Paints with Eutectic Phase Change Material
By	Mr. Akanay Sangkamanee
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Chemical Engineering
Academic Year	2016
Advisor	Asst. Prof. Dr. Surat Areerat

ABSTRACT

From the current global warming situations, the high temperatures in Thailand have led to excessive use of energy and resources for energy, air conditioning systems in the home buildings. Therefore, some research and development for new products become more Interesting now which aims to reduce energy consumption. At present, the color paint outside used which effected on the heat in the house to reduce. The phase change substance is mixed with acrylic paint for exterior to test the thermal properties of the paint to help reduce heat in buildings and homes.

The purpose of this work is to study the mixing of phase change agents into eutectic mixtures so that the mixture has a lower melting point than the substrate and to study the thermal properties of the changed substance after mixing. The ratio of the theoretical eutectic mix between paraffin wax and stearic acid, then the phase change was improved by changing the proportion of paraffin wax to stearic acid. The proportion of the experiment was paraffin waxes on 35 to 65 percent stearic acid, which have latent heat at 189.5 Joules per gram, are lower than latent heat of stearic acid 29.5 Joules per gram. A melting point of paraffin wax at 64.4 ° C. The mixture has a melting point at 57.7, is lower than the melting point of paraffin wax at 6.7°C. It was mixed with home acrylic paint standard formula found can be added more heat absorbing properties at 0.634 Joules per gram of paints or heat energy per area painted is 317 Joules per square meter. As considering the distribution of the substance in the color layer, it was found that the distribution was not cohesive, resulting in good heat transfer, and the eutectic mixture was also suitable for paint additive in the dye for heat exchange.

As a result of the study and analysis, the eutectic mixing can be applied to adjust the thermal properties of other phase change agents. It can also be used to develop home-made paints which is reduction of the heat in buildings.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายท่าน

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุรัตน์ อารีรัตน์อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำ ให้ความรู้และ แนวคิดในการแก้ปัญหา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ตลอดการทำโครงการวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี อาจารย์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในทุกๆรายวิชาที่ศึกษาแก่ผู้ทำโครงการวิจัย ทำให้ผู้ทำโครงการวิจัยมีความรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาและนำมาประยุกต์ใช้กับการทำโครงการวิจัย

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ สำหรับความช่วยเหลือในการทดลอง จัดหาอุปกรณ์และสารเคมี รวมทั้งคอยให้คำปรึกษา ทำให้โครงการวิจัยดำเนินไปได้อย่างราบรื่น ได้ผลการวิจัยที่ถูกต้อง และน่าเชื่อถือ

ขอขอบคุณบริษัท บี เอ็น บราเดอร์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของสีและสารที่ผสม

ขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่เคารพ ที่เป็นผู้ให้กำลังใจและคอยสนับสนุนผู้จัดทำมาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ทำโครงการวิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใดในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ทำโครงการวิจัยขอน้อมรับ และขออภัยไว้ ณ ที่นี้

อาคเนย์ สังขมณี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง V

สารบัญรูป VI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 สารเปลี่ยนวัฏภาค (Phase Change Material) 3

2.2 สารผสมยูเทคติก (Eutectic Mixture) 4

2.3 การคำนวณสัดส่วนการผสมแบบยูเทคติก 5

2.4 องค์ประกอบของสารที่ใช้ในการทดลอง 6

2.5 คุณสมบัติเฉพาะของสี 9

2.6 องค์ประกอบของสี 10

2.7 กรรมวิธีในการผลิตสี 11

2.8 คุณสมบัติที่ดีของสี 12

2.9 วัตถุประสงค์ของการทาสี 12

2.10 การกวนผสม (Mixing) 15

2.11 Scanning Calorimeters 18

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....22
3.1 ขั้นตอนการสร้างแผนสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับของเหลว.....22
3.2 สารและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....23
3.3 ขั้นตอนการผสมสารยูเทคติก.....23
3.4 ขั้นตอนการผสมสีอะคริลิค.....24
3.5 การศึกษาการเรียงตัวกันในชั้นสีของสารผสมยูเทคติก.....25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....26
4.1 การคำนวณสัดส่วนในการผสมสารผสมยูเทคติกด้วยสมการทางเทอร์โมไดนามิค.....26
4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของสารผสมยูเทคติก.....27
4.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนที่เปลี่ยนแปลงของสีอะคริลิค
เมื่อผสมกับสารยูเทคติก.....31
4.4 การวิเคราะห์ขนาดและสัณฐานของอนุภาค.....32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....34
5.1 การคำนวณสัดส่วนในการผสมสารผสมยูเทคติกด้วยสมการทางเทอร์โมไดนามิค.....34
5.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อนของสารผสมยูเทคติก.....34
5.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางความร้อนของสีอะคริลิคเหมือนผสม
กับสารยูเทคติก.....35
5.4 การวิเคราะห์ด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....35
5.5 ข้อเสนอแนะ.....35
เอกสารอ้างอิง.....36

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงองค์ประกอบของสีสูตรมาตรฐาน.....14

ตารางที่ 3.1 ตารางสมบัติทางความร้อนของสารบริสุทธิ์.....22

ตารางที่ 4.1 ตารางสรุปสมบัติทางความร้อนของสารผสมยูเทคติกระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริก...27

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงสมบัติทางความร้อนของสารผสม.....30

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 กลไกการทำงานสารเปลี่ยนวัฏภาค....3
รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงจุดยูเทคติก....5
รูปที่ 2.3 พาราฟินแว็กซ์....6
รูปที่ 2.4 Axial flow....15
รูปที่ 2.5 Radial flow....16
รูปที่ 2.6 Tangential flow....16
รูปที่ 2.7 Differential Scanning Calorimeters....18
รูปที่ 2.8 กราฟจากการวัดด้วย DSC....20
รูปที่ 3.1 การปั่นกวนสีในเครื่องปั่นกวน....24
รูปที่ 3.2 การลากชั้นสีบนแผ่นพลาสติกใส....25
รูปที่ 4.1 แผงภูมิวัฏภาคระหว่างสัดส่วนของสารที่ใช้ในการผสมกับอุณหภูมิ....26
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ดูดซับเทียบกับอุณหภูมิของ
สารผสมระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนร้อยละ 35 ต่อ 65 โดยโมล....28
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ดูดซับเทียบกับอุณหภูมิของ
สารผสมระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนร้อยละ 42 ต่อ 58 โดยโมล....28
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ดูดซับเทียบกับอุณหภูมิของ
สารผสมระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนร้อยละ 50 ต่อ 50 โดยโมล....29
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ดูดซับเทียบกับอุณหภูมิของ
สีอะคริลิคที่ผสมกับสารยูเทคติก....31
รูปที่ 4.6 ภาพการกระจายตัวในชั้นสีของสารยูเทคติกกำลังขยาย 1000 เท่า....32
รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายอนุภาคสารยูเทคติกกำลังขยาย 8000 เท่า....33

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน สภาวะอากาศในประเทศไทยมีอุณหภูมิที่สูงทำให้มีการใช้ทรัพยากรและพลังงานที่มากเกินความจำเป็นสำหรับพลังงานระบบปรับอากาศในอาคารและบ้านเรือน สามารถลดการใช้พลังงานได้หลายวิธี ในปัจจุบันการเลือกใช้สีประเภทสีทาภายนอกมีอิทธิพลต่อความร้อนภายในอาคารบ้านเรือนให้ลดต่ำลง จึงได้ทำการนำสารเปลี่ยนวัฏภาคมาผสมกับสีอะคริลิคสำหรับทาภายนอก เพื่อทดสอบคุณสมบัติความร้อนของสีให้มีความสามารถในการช่วยลดความร้อนภายในอาคารและบ้านเรือน

สารเปลี่ยนวัฏภาค (Phase Change Material, PCM) เป็นสารที่มีความสามารถในการดูดซับความร้อน โดยใช้ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสารจากสถานะของแข็งเป็นสถานะของเหลวเป็นปริมาณพลังงานที่สารสามารถดูดซับความร้อน ซึ่งจะมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานสารที่ดูดซับสำหรับการใช้เพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบ ทำให้สารที่มีคุณสมบัติดังนี้จะเป็นสารที่มีค่าความร้อนแฝงในการหลอมเหลวสูง ซึ่งหลายชนิดเป็นสารที่ราคาไม่สูงมากเนื่องจากหลายชนิดเป็นสารที่พบในธรรมชาติหรือมีการใช้งานในงานอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างหลากหลาย

การใช้สารเปลี่ยนวัฏภาคในอุตสาหกรรมเช่น การใช้เคลือบอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นจากความร้อนขณะการใช้งาน เนื่องจากอุปกรณ์ประเภทนี้มีความอ่อนไหวต่อความร้อนทำให้อาจเสียหายได้เมื่อสัมผัสกับความร้อนที่ระบายออกมาได้ หรืออีกหนึ่งตัวอย่าง คือการผสมในคอนกรีตสำหรับก่อสร้างอาคารต่างๆ ทำให้โครงสร้างอาคารมีความสามารถในการดูดซับความร้อนได้มากขึ้น การใช้พลังงานสำหรับระบบทำความเย็นในอาคารจึงลดน้อยลง ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ซึ่งสารเปลี่ยนวัฏภาคมีอยู่หลากหลายชนิดด้วยกันทั้งชนิดที่เป็นสารอินทรีย์และชนิดที่เป็นสารอนินทรีย์ แต่ชนิดที่มีช่วงอุณหภูมิในการหลอมเหลวอยู่ในช่วงการใช้งานที่มีความหลากหลายในการใช้งาน มักมีราคาแพง ทำให้ถ้ามีการเลือกใช้งานอาจจะเพิ่มต้นทุนในการผลิต ในการศึกษานี้จึงเลือกสารเปลี่ยนวัฏภาคที่เป็นสารอินทรีย์ที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย เพื่อทำการผสมกันในสัดส่วนหนึ่ง สารผสมที่ได้จะมีช่วงในการหลอมเหลวน้อยลงกว่าสารบริสุทธิ์ตั้งต้น ซึ่งเรียกว่าเป็นสัดส่วนการผสมแบบยูเทคติก (Eutectic)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการผสมสารเปลี่ยนวัฏภาคให้เป็นสารผสมยูเทคติก
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางความร้อนของสารที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังจากการผสมสารเปลี่ยนวัฏภาคลงในสีอะคริลิค

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาการผสมสารเปลี่ยนวัฏภาคและคำนวณสัดส่วนในการผสมแบบยูเทคติกในทางทฤษฎีระหว่าง พาราฟินแว็กซ์กับกรดไขมัน
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความร้อนของสีอะคริลิคหลังจากการผสมสารเปลี่ยนวัฏภาค

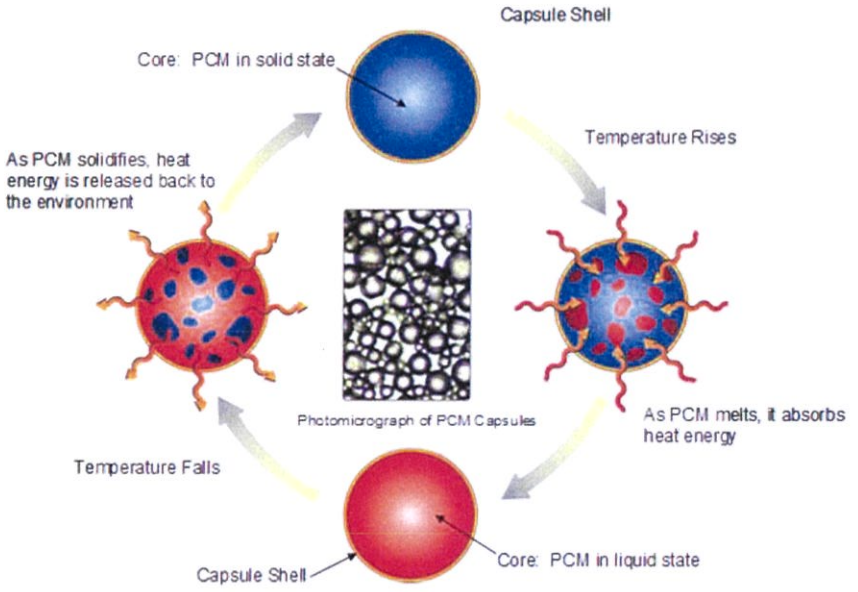
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำหลักการการผสมแบบยูเทคติกไปใช้ช่วยปรับสมบัติทางความร้อนของสารเปลี่ยนวัฏภาคชนิดอื่น ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้นได้
2. สามารถพัฒนาสีทาอาคารที่มีคุณสมบัติช่วยลดความร้อนในอาคารบ้านเรือนได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารเปลี่ยนวัฏภาค (Phase Change Material) [1]

วัสดุเก็บความร้อนหรือ วัสดุเปลี่ยนแปลงวัฏภาคได้ เป็นสารที่สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี โดยจะมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สารจะดูดซับความร้อนไว้ จนถึงอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะจะเกิดการหลอมเหลว แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงสารจะคายความร้อนออกมาจนถึงอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะจะเกิดการแข็งตัวเป็นของแข็ง เกิดเป็นวัฏจักรเช่นนี้ตลอดเวลา จากพฤติกรรมนี้จึงได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในการเก็บความร้อนในธรรมชาติในรูปแบบต่างๆแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กลไกการทำงานสารเปลี่ยนวัฏภาค[2]

ประเภทสารเปลี่ยนวัฏภาค [3]

1. สารอินทรีย์

เป็นสารที่สังเคราะห์จากธรรมชาติได้เช่น กรดไขมัน มีค่าความร้อนแฝงที่ไม่สูงมาก มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อยในระหว่างการเปลี่ยนสถานะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

1.1 กลุ่มที่ไม่ใช่พาราฟิน (Non-Paraffin) เช่น พอลิเอทธิลีนไกลคอล

1.2 กลุ่มพาราฟิน (Paraffin) หรือ อัลเคน คือโซ่คาร์บอนที่ยึดกันด้วยพันธะเดี่ยวและเป็นสารประกอบอะลิฟาติก (Aliphatic) สูตรของอัลเคนโดยทั่วไปคือ C_nH_{2n+2} ซึ่งจะมีด้วยกันหลายชนิดแต่ที่นิยมศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นคาร์บอนที่มีเลขคู่ เช่น Hexadecane Octadecane Tetradecane เป็นต้น

2. สารอนินทรีย์

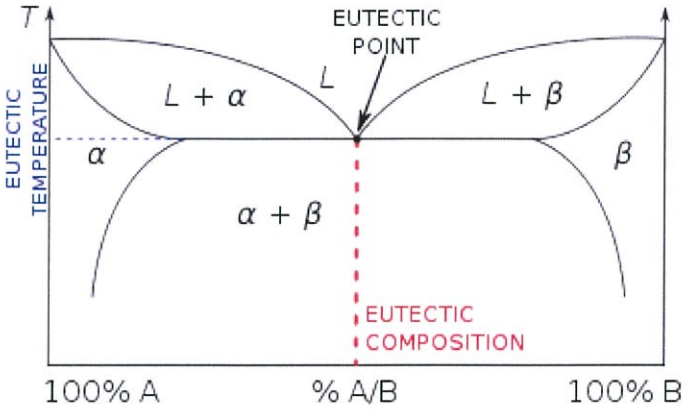
เป็นสารสังเคราะห์ทางเคมีเช่น เกลือโซเดียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ โดยข้อดีของสารกลุ่มนี้คือมีค่าความร้อน หรือ ค่าความร้อนแฝง (Latent heat) ที่สูง แต่มีข้อเสีย คือ เกิดการเย็นตัวอย่างยิ่งยวด ได้ง่ายและไม่มีความเสถียรทางความร้อนคือ การนำไปใช้งานไปนานๆ ก็จะเกิดการเสื่อมสลายได้เร็ว ไม่สามารถดูดหรือคายความร้อนได้ดังเดิมอีก

3. สารผสมยูเทคติก

เป็นสารที่เกิดจากการผสมสารเปลี่ยนวัฏภาคสองชนิดขึ้นไป มีอุณหภูมิในการหลอมเหลวคงที่เป็นสารที่ใช้ในงานวิจัย

2.2 สารผสมยูเทคติก (Eutectic Mixture) [4]

สารผสมยูเทคติกเป็นสารผสมที่ประกอบด้วยสารสองชนิดหรือมากกว่าที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวคือมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ที่เป็นองค์ประกอบเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุณหพลศาสตร์หลังผสม ปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายด้วยสมการทางอุณหพลศาสตร์โดยเอนทาลปีรวมของระบบยูเทคติกมีค่าสูงขึ้น ทำให้จุดหลอมเหลวของระบบลดลงซึ่งเป็นคุณสมบัติของสารเปลี่ยนวัฏภาคเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารผสมสองชนิด



รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงจุดยูเทคติก

2.3 การคำนวณสัดส่วนการผสมแบบยูเทคติก [5]

สามารถคำนวณได้จากสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับของเหลวซึ่งมีลักษณะดังนี้

$$x_i = \exp\left(\frac{\Delta H_i}{RT_{mi}}\frac{(T-T_{mi})}{T}\right) \qquad (2.1)$$

โดยที่

T = อุณหภูมิใดๆของสารผสม (K)

T_{mi} = อุณหภูมิในการหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ (K)

ΔH_i = ค่าพลังงานในการหลอมเหลวของสาร (J/mol)

X_i = เศษส่วนโมลของสารบริสุทธิ์

R = ค่าคงที่ของแก๊ส (J/(K·mol))

ซึ่งเมื่อนำสมการมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิใดๆ กับ เศษส่วนโมลของสารบริสุทธิ์ทั้งสองสาร จะพบว่าเกิดจุดตัดของเส้นกราฟทั้งสองกราฟ ซึ่งจุดตัดนั้นเป็นอุณหภูมิในการหลอมเหลวของสารผสมและสัดส่วนในการผสมแบบยูเทคติก

2.4 องค์ประกอบของสารที่ใช้ในการทดลอง

2.4.1 พาราฟินแว็กซ์ (Paraffin Wax) [6]

เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมซึ่งกลั่นแยกออกจากน้ำมันดิบ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีลักษณะเป็นแว็กซ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มปิโตรเลียมแว็กซ์ (Petroleum wax) โดยมีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ C_nH_{2n+2}จำนวนคาร์บอนในห่วงโซ่โมเลกุล 19-36 อะตอม (C_{19}-C_{36}) มีลักษณะเป็นของแข็ง มีสีเหลืองอ่อนถึงขาว สามารถประยุกต์ใช้เป็นสารเติมแต่งร่วมกับพอลิเมอร์และยางธรรมชาติต่างๆ เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างและสภาพขั้วที่ใกล้เคียงกัน มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ระหว่าง 48-68 องศาเซลเซียส

รูปที่ 2.3 พาราฟินแว็กซ์

2.4.2 กรดไขมัน (Fatty Acid) [7]

เป็นกรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) ซึ่งมีหางเป็นโซ่แบบ อะลิฟาติก (Aliphatic) ยาวมีทั้งกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated) กรดไขมันจะมีคาร์บอน อย่างน้อย 8 อะตอม และส่วนใหญ่จะเป็นจำนวนเลขคู่ เพราะกระบวนการชีวสังเคราะห์ของกรดไขมันจะเป็นการเพิ่มโมเลกุลของอะซิเตตซึ่งมีคาร์บอนอยู่ 2 อะตอม

ประเภทของกรดไขมันแบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ชนิด

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมเรียงตัวกันเป็นสายยาวตรงยึดกันด้วยพันธะเดี่ยว มีสูตรทั่วไปคือ $C_nH_{2n+1}COOH$ เมื่อ n เป็นเลขจำนวนเต็ม กรดไขมันส่วนใหญ่เป็นเลขคู่มี C ตั้งแต่ 16-18 ตัว
2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาวและมีพันธะคู่ (C=C) อย่างน้อย 1 ตำแหน่งในโมเลกุล ตรงตำแหน่งพันธะคู่จะเกิดการหักมุมของสายไฮโดรคาร์บอนประมาณ 30 อะตอม

ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้กรดไขมันอิ่มตัวในการผสมกับพาราฟินแว็กซ์ เนื่องจากมีอุณหภูมิในการหลอมเหลวที่สูงพอที่จะอยู่ในวัฏภาคของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ทำให้สามารถดูดซับพลังงานในการหลอมเหลวได้ในขณะใช้งาน

2.4.3 ประเภทของสีทาบ้าน [8]

สีทาบ้านเป็นส่วนที่ช่วยสร้างบรรยากาศและสีสันให้กับบ้านของเรา อยากได้บ้านอารมณ์ไหนสีที่ใช้ทานั้นสามารถตอบสนองได้เป็นอย่างดี แต่ที่สำคัญไม่แพ้กับความสวยงามแล้ว ความคงทนและการใช้งานประเภทของสีให้ถูกต้องกับลักษณะงานที่ใช้ ไม่ว่าจะเป็นการทาสีภายใน ภายนอก ทาไม้ ทาเหล็ก ทาคอนกรีต เพื่อให้งานทาสีของเราสวยงาม คงทน ไม่หลุดร่อนง่าย ให้สีบ้านอยู่กับเราไปนานๆประเภทของสีทาบ้านประกอบไปด้วย

1. สีน้ำพลาสติก หรืออะคริลิค

เป็นสีที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะสามารถใช้ทาได้ทั้งภายในและภายนอกบ้าน โดยสีที่ใช้ทาภายนอกนั้นจะมีราคาแพงกว่าสีทาภายใน เพราะเป็นสีที่มีอะคริลิคแบบร้อยเปอร์เซ็น และยังต้องผสมสารอื่นๆเข้าไปเพื่อช่วยป้องกันสภาพอากาศที่อยู่ภายนอก เช่น กันแดด กันฝน กันเชื้อรา กันตะไคร่น้ำ กันความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งเราควรให้ความสำคัญกับการเลือกสีอะคริลิคสำหรับทาภายนอกมากที่สุด เพราะถ้าเลือกไม่ได้เราอาจจะต้องทาสีบ้านใหม่บ่อยๆ เพราะสีที่ไม่มีคุณภาพจะหลุดลอกออกมาง่ายมาก

2. สีน้ำมัน

เป็นสีที่ใช้น้ำมันหรือทินเนอร์เป็นตัวทำละลาย นิยมใช้กับงานทาไม้ ทาเหล็ก แต่ก็สามารถเอามาทาพื้นปูน หรือคอนกรีตได้เหมือนกัน ลักษณะเด่นของสีน้ำมันก็คือ สีน้ำมันจะมีความเงางาม ทำความสะอาดง่าย แต่ข้อด้อยก็คือมีราคาแพง และแห้งช้า (ประมาณ 6 ชั่วโมง)

3. สีย้อมไม้

ใช้ทาเฟอร์นิเจอร์ไม้ส่วนที่เป็นไม้ ภายในบ้านให้เป็นสีตามต้องการ

4. สีกันสนิม

ใช้ทาวัสดุเหล็กเพื่อกันสนิมขึ้น มักใช้ทาก่อนที่จะลงสีน้ำมันทับลงไปอีกที

5. **สีทารองพื้นปูน**

ใช้ทาเพื่อรองพื้นวัสดุปูน คอนกรีต ทาก่อนที่จะทาสีจริงๆทับลงไป เพื่อลดความเป็นกรดของพื้นปูนและคอนกรีต ทำให้สีที่ลงจริงสามารถยึดเกาะกับวัสดุได้ดีขึ้น

สีอะคริลิค

สีทาบ้านหรือสีอะคริลิค เป็นผลิตภัณฑ์สีสำหรับทาบ้านทาอาคารที่จำเป็นสำหรับบ้านที่สร้างใหม่หรือทาสีบ้านเก่า เพื่อให้บ้านมีความสวยงาม และรักษาพื้นผิวจากลม ความชื้น แสง และสภาวะแวดล้อมต่างๆ

ชนิดของสีในงานก่อสร้าง

1.สีน้ำมันหรือสีเคลือบเงา เป็นสีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นส่วนผสมหรือทำให้เจือจาง เช่น ทินเนอร์ นิยมใช้เคลือบงานไม้ งานโลหะ เพื่อทำให้พื้นผิวมีความสวยงาม มีความเงางาม และรักษาสภาพพื้นผิวให้คงทน

2. สีพลาสติกหรือสีอะคริลิค สีชนิดนี้มักใช้น้ำเป็นตัวทำละลายหรือส่วนผสมเพื่อให้เกิดการเจือจางก่อนใช้งาน ใช้สำหรับทาเคลือบพื้นปูน พื้นคอนกรีต รวมถึงกระเบื้อง เพื่อให้เกิดสีสวยงาม และรักษาสภาพพื้นผิว

ชนิดผลิตภัณฑ์สีทาบ้าน แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. สีทาภายนอก เป็นสีจริงสำหรับทาทับส่วนผนังที่อยู่ภายนอกบ้านหลังทาสีรองพื้นแล้วเพื่อให้เกิดสีตามโทนสีที่ต้องการ สีภายนอกจึงต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้คือ ทนต่อสภาพอากาศ ความร้อนแสงแดด แรงลม ความชื้น และภาวะสิ่งแวดล้อมต่างๆได้ดี ด้วยโมเลกุลสีที่มีขนาดเล็ก สามารถยึดเกาะพื้นผิวผนังได้ดีปกปิดรอยแตกร้าว รอยแตกลายงา ด้วยโมเลกุลสีที่มีความยืดหยุ่น สามารถหดกลับตามสภาพโครงสร้าง และจากความร้อนได้ดีป้องกันน้ำซึมผ่าน ป้องกันพื้นผิวซีเมนต์ และเหล็กจากน้ำฝน และความชื้นได้ดีเนื้อสีลื่น เป็นเงา ไม่จับฝุ่นง่ายขัดหรือทำความสะอาดรอยเลอะหรือความสกปรกออกได้ง่ายโดยไม่ทำลายเนื้อสีให้เสียหายป้องกันเชื้อรา ตะไคร่น้ำได้ดีด้วยสารเติมแต่งหากสัมผัสกับน้ำฝนหรือความชื้นทนต่อสภาพความร้อน รังสี เนื้อสีไม่หลุดลอกหรือซีดจาง

2. สีทาภายใน เป็นสีจริงสำหรับทาทับส่วนผนังที่อยู่ภายในบ้านหลังทาสีรองพื้นแล้วเพื่อให้เกิดสีตามโทนสีที่ต้องการ สีทาภายในจึงต้องมีคุณสมบัติดังนี้ เนื้อสีมีความละเอียดเป็นเงางาม เนื้อสีเป็นเงาสามารถเช็ดทำความสะอาดสิ่งปนเปื้อน รอยด่างดำได้ง่าย และทนต่อแรงถูขัดป้องกันเชื้อราแบคทีเรียและคราบหมองคล้ำที่เกิดจาก

เชื้อราปราศจากกลิ่นฉุน กลิ่นสารระเหยที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้อาศัยหรือทำให้เกิดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์

3. สีทารองพื้น เป็นผลิตภัณฑ์สำหรับใช้ทารองพื้นในงานปูนที่ฉาบเสร็จก่อนที่จะใช้งานจริงทั้งสีทาภายนอกหรือสีทาภายในทาทับให้เกิดสีตามโทนสีที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์นี้เหมือนกับสีทาภายนอก และสีทาภายใน แตกต่างที่ชนิดของกาว และส่วนผสมที่มากกว่า ซึ่งจะมีลักษณะทนต่อสภาพความเป็นด่างได้ดีเนื่องจากเป็นส่วนที่สัมผัสกับปูน นอกจากนั้นควรมีคุณสมบัติเหมือนกับสีทาภายนอกหรือสีทาภายในบางประการ สีชนิดนี้มักใช้สไตรีนผสมกับอะคริลิค

2.5 คุณสมบัติเฉพาะของสี [9]

สีที่เกิดจากวัตถุดิบตามธรรมชาติหรือวัสดุสังเคราะห์ เมื่อนำมาผสมจนเป็นเนื้อสีจะมีคุณสมบัติ 4 ประการดังนี้

1. วรรณะ (Hue) คือ คุณสมบัติที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสีว่าเป็นสีใดสีหนึ่ง เช่น สีเขียวแตกต่างจากสีแดง สีเหลืองแตกต่างจากสีม่วง สีน้ำเงินแตกต่างไปจากสีส้ม โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงน้ำหนักอ่อนแก่และความสดใสหรือความแรงของสีแต่ประการใด เพราะความเป็นวรรณะของสีจะอยู่คงเดิม เช่น สีฟ้าคือสีหนึ่งของสีน้ำเงิน สีชมพูคือสีหนึ่งของสีแดง สีครีมคือสีหนึ่งของสีเหลือง เป็นต้น ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ
    1) โครเมติก คัลเลอร์ (Chromatic colors) คือ สีที่มีวรรณะของสีผสมอยู่ สามารถจำแนกออก เป็น สีแดง สีน้ำเงิน สีเหลือง สีเขียว สีม่วง เป็นต้น
    2) แอกโครเมติก คัลเลอร์ (Achromatic colors) คือ สีที่ไม่มีวรรณะของสีผสมอยู่ สามารถจำแนกเป็นน้ำหนักอ่อนเข้ม ได้แก่ สีขาว สีเทา และสีดำ เป็นต้น
2. ความเข้มของสี (Chrome, Intensity, Saturation) คือ คุณสมบัติของสีที่เกี่ยวกับความสด สีแดงจัดเป็นสีที่มีความสดที่สุดในบรรดาสีทั้งหมด ส่วนความไม่สดใสซึ่งเกิดจากการผสมสีที่อยู่ตรงข้ามกัน เมื่อนำมาผสมกัน จะทำให้เกิดความสดใสลดลง เช่น นำสีม่วงไปเจือลงในสีเหลืองเพียงเล็กน้อย นำสีเขียวไปเจือลงในสีแดงเพียงเล็กน้อย เป็นต้น
3. คุณค่าของสี (Tonal value) คือ คุณสมบัติของสีที่มีความเกี่ยวเนื่องกับน้ำหนักอ่อนแก่ เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าของสีที่แตกต่างของสีแต่ละสี เช่น สีฟ้าคือน้ำหนักอ่อนของสีน้ำเงิน สีชมพูคือน้ำหนักอ่อนของสีแดง สีน้ำตาลคือน้ำหนักแก่ของสีส้ม สีครีมคือน้ำหนักอ่อนของสีเหลือง เป็นต้น โดยให้สีขาวเป็นสีที่มีน้ำหนักอ่อนที่สุด และให้สีดำเป็นสีที่มีน้ำหนักแก่ที่สุด ระหว่างสีขาวกับสีดำ จะมีสีเทาที่มีน้ำหนักอ่อนไปจนถึงแก่ 7 น้ำหนัก น้ำหนักที่ 4 เป็นน้ำหนักกลาง

ดังนั้น ถ้าต้องการให้สีใดสีหนึ่งเป็นสีอ่อนก็ให้ผสมสีขาวลงไป สีอ่อนที่เกิดก็จะมีน้ำหนักอ่อนกลางน้ำหนักกลาง ในทางตรงกันข้าม ถ้าต้องการให้สีหนึ่งสีใดมีน้ำหนักแก่ยิ่งขึ้น ก็ให้ผสมสีดำลงไป สีที่เกิดขึ้นก็จะมีน้ำหนักแก่กว่าน้ำหนักกลาง ซึ่งเรียกว่า เฉด (Shade)

4. คุณสมบัติการสะท้อนแสง (Finish) คือ คุณสมบัติของสีที่เกี่ยวเนื่องกับประสิทธิภาพทางด้านการสะท้อนแสง สีที่มีความสดใสและเป็นมันมีคุณสมบัติสะท้อนแสงมากกว่าสีที่ไม่มีความสดใสและมีความด้าน จึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพของสีแปรเปลี่ยนไปจากเดิม

2.6 องค์ประกอบของสี

สีที่ผลิตออกมาจำหน่ายในท้องตลาด มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่าง คือ

1. ผงสีหรือเนื้อสี (Pigment)

เป็นองค์ประกอบของสีที่เห็นได้ชัดเจน ลักษณะเป็นผงสีที่เป็นของแข็ง มีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ นำมาบดให้ละเอียดจนเป็นผงมีขนาดเล็กมากประมาณ 3.25 ไมโครเมตร ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดสี เช่น สีเขียว สีแดง สีขาว สีดำ สีน้ำเงิน เป็นต้น ทั้งยังทำหน้าที่เป็นตัวปกคลุมและปิดบังพื้นผิวของชิ้นงานจนมิด ให้ดูเด่น สวยงาม เรียบร้อย ยิ่งกว่านั้นผงสียังทำหน้าที่พิเศษอื่นๆ อีกเช่น เป็นตัวต้านทานการผุกร่อน ต้านทานความร้อน ช่วยให้ชิ้นงานทนไฟ ช่วยทำให้สีมีความเงาตามที่ต้องการ ตามปกติผงสีจะไม่มีการละลายในสารยึดเกาะ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ 2 และไม่ละลายในตัวทำละลายในตัวทำละลาย ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ 3 ผงสีมีความละเอียดมาก จึงกระจายไปทั่วทุกซอกทุกมุมคล้ายกับว่าผงสีดังกล่าวละลาย ผงสีหรือเนื้อสีถือเป็นองค์ประกอบที่ 1

2. สารยึดเกาะ (Binder)

ลักษณะเป็นของเหลวที่มีความใส บางครั้งก็มีสีอ่อนไปจนถึงสีคล้ายกับน้ำชามีความข้นและเหนียว 3 ระดับ คือ มีความข้นเหนียวน้อย ปานกลาง และข้นเหนียวมาก ตัวสารยึดเกาะล้วนๆ เมื่อแห้ง จะมีลักษณะโปร่งแสง มีความแข็ง เป็นวาว มีความทนทานต่อสิ่งแวดล้อม เช่น แสงแดด ความชื้น ความเย็น น้ำฝน เป็นต้น ถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของสีก็ว่าได้ เพราะเมื่อทาหรือพ่นสีลงบนผิวชิ้นงานที่ต้องการแล้ว สารยึดเกาะดังกล่าวจะทำหน้าที่ช่วยให้สียึดเกาะตัวเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นฟิล์มบาง ๆ เกาะยึดแน่นอยู่ที่พื้นผิวของชิ้นงาน โดยยึดเอาผงสีซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ 1 ไว้ในฟิล์มดังกล่าวด้วย องค์ประกอบดังกล่าวโดยทั่วไปได้จากสารที่เรียกว่า เรซิน ส่วนมากเป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นมาที่ได้ยินบ่อย ๆ ในท้องตลาดก็มีอะคริลิก โพลียูรีเทน เป็นต้น

3. ตัวทำละลาย (Solvent)

ลักษณะเป็นของเหลวที่มีความใส ไม่มีสี ใช้ใส่ลงไปในสี เพื่อให้ผสมกับองค์ประกอบที่ 1 และองค์ประกอบที่ 2 ให้มีความข้นเหลวตามที่ต้องการ เป็นการช่วยในการผลิตสีและการนำสีไปใช้งานทาหรือพ่น หลังจากที่ทาสีหรือพ่นแล้ว ตัวทำละลายดังกล่าวจะระเหยออกไปหมด ทิ้งไว้ให้องค์ประกอบที่ 1 และองค์ประกอบที่ 2 ยึดเกาะกับพื้นผิวของชิ้นงาน สีน้ำพลาสติกนิยมนำมาใช้ทาสีฝาผนังที่เป็นคอนกรีตปูนฉาบ ตัวทำละลายก็คือ น้ำสะอาด ส่วนสีน้ำมันนิยมใช้ทาบ้าน ตัวทำละลายก็คือ น้ำมันสน น้ำมันลิดสีด สำหรับสีพ่นรถยนต์ตัวทำละลายก็คือ ทินเนอร์ ซึ่งรู้จักกันดีในท้องตลาด ตัวทำละลายถือเป็นองค์ประกอบที่ 3

4. สารเติมพิเศษ (Additives)

เป็นสารที่บริษัทผู้ผลิตสีนำมาเติมลงไปในส่วนผสมขององค์ประกอบที่ 1 องค์ประกอบที่ 2 และ องค์ประกอบที่ 3 เพื่อให้สีที่ผลิตออกมาจำหน่ายในท้องตลาดมีคุณสมบัติเด่นไปในทางที่ดี เช่น ให้แห้งเร็วขึ้น ให้ผิวหน้าของฟิล์มสีเรียบไม่มีรอยขนแปรง เติมสารป้องกันเชื้อราเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา เมื่อสีที่ทาแห้งแล้วถูกความชื้นหรือน้ำก็จะไม่เกิดเชื้อรา ทำให้สีดังกล่าวมีความสวยงาม มีอายุยาวนานหลายปี เติมสารที่มีคุณสมบัติป้องกันความร้อนเพื่อป้องกันความร้อนจากแสงแดดเข้ามาภายในอาคาร เป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อต้องการใช้เครื่องปรับอากาศ เติมสารป้องกันปลวก มอด แมลงต่าง ๆ ที่จะเข้ามาทำลายเนื้อไม้เพื่อให้เนื้อไม้มีความคงทนถาวรมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน เติมสารป้องกันน้ำซึมเพื่อป้องกันน้ำซึมผ่านผนังจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง เพื่อป้องกันสิ่งของเครื่องใช้เกิดความเสียหาย การใส่สารเติมพิเศษลงไปในส่วนผสม บริษัทผู้ผลิตสีจะถือเป็นความลับ เพราะกว่าจะได้มาจะต้องลงทุนทำวิจัยที่ต้องใช้ทุนและระยะเวลาเป็นจำนานมาก ๆ สารเติมพิเศษถือเป็นองค์ประกอบที่ 4

2.7 กรรมวิธีในการผลิตสี

การผลิตสีนั้นจะกล่าวได้ง่าย ๆ ก็คือ การตีหรือการกระจายอนุภาคของผงสีในเรซิน และตัวทำละลายบางส่วน เพื่อให้ผงสีเม็ดเล็ก ๆ แยกตัวออกจากกัน กระจายไปทั่วโดยไม่เข้ามาเกาะรวมกันอีกโดยมีเรซินเป็นตัวยึดกั้นเอาไว้ จากนั้นก็เติมเรซินและตัวทำละลายเพิ่มตามความต้องการ พร้อมทั้งใส่สารเติมพิเศษลงไป แล้วตีกวนให้เข้ากัน การผลิตสีดังกล่าวมีกรรมวิธีต่าง ๆ ที่ต้องใช้เครื่องจักร ในการตีผงสีและการกวนสี เครื่องจักรเหล่านี้ได้มีการพัฒนาออกแบบในลักษณะต่าง ๆ มากมายหลายรูปแบบ เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง ตรงตามความต้องการจริง ๆ การผลิตสีในโรงงานผลิตสี จะมีขั้นตอนในการผลิตสีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการกระจายอนุภาคของผงสีในเรซินและตัวทำละลายบางส่วน

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเติมเรซิน ตัวทำละลาย และสารเติมพิเศษลงไป จนได้เป็นสีออกมา

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการตรวจสอบคุณภาพ และการบรรจุสีลงในภาชนะ

2.8 คุณสมบัติที่ดีของสี

ในการผลิตสีออกมาจำหน่ายในท้องตลาด แต่ละบริษัทผู้ผลิตสีจะต้องทำการค้นคว้าวิจัยเพื่อให้ได้สูตรของสีแต่ละชนิดออกมาตรงตามเป้าหมายที่ตลาดต้องการ ทั้งยังต้องการให้คุณภาพแข็งแรงทนทาน ไม่ซีดจางเร็ว เกาะยึดแน่นกับพื้นผิวของชิ้นงาน เมื่อทาสีแห้งแล้วสีจะเป็นเงางาม สีที่อยู่ในแกลลอนสามารถเก็บคุณภาพและในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานนั้น ๆ สิ่งที่สำคัญก็คือ การนำเอาวัตถุดิบที่ดีมาผลิตเป็นสี ซึ่งจะต้องมีราคาค่อนข้างสูง ทำให้สีที่มีคุณสมบัติที่ดี ต้องมีราคาค่อนข้างสูงไปด้วย ยิ่งไปกว่านั้นในการผลิตสียังต้องใช้เครื่องจักรที่ทันสมัยมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งการลงทุนก็ต้องใช้เงินลงทุนที่สูงตามไปด้วย

2.9 วัตถุประสงค์ของการทาสี

การทาสีสำหรับอาคาร เฟอร์นิเจอร์ ตลอดจนงานทางสถาปัตยกรรมอื่น ๆ มีวัตถุประสงค์ซึ่งเป็นประโยชน์และหน้าที่เฉพาะของสีดังนี้

1. เพื่อป้องกันพื้นผิว ตามปกติพื้นผิวของอาคารที่เป็นคอนกรีต ปูนฉาบหรือไม้ เมื่อถูกแสงแดด ฝน ลม และสิ่งต่างๆ จะเกิดการผุกร่อน แตกร้าว จำเป็นต้องทาสีเพื่อปกป้องและป้องกันความเสียหาย ที่จะเกิดขึ้นกับพื้นผิวของอาคารต่าง ๆ เมื่อทาสีปกป้องพื้นผิวแล้ว สีจะทำหน้าที่คอยปกป้องคุ้มกันไม่ให้เกิดการผุกร่อนจากธรรมชาติ ได้แก่ แสงแดด ฝน ลม รวมทั้งสารเคมีและการสัมผัส ขัดถู เช็ดล้างทำความสะอาด
2. เพื่อความสวยงาม ตามปกติพื้นผิวของอาคารที่เป็นคอนกรีต ผนังที่ก่ออิฐฉาบปูนหรือไม้ต่าง ๆ เมื่อมองดูแล้วจะไม่เกิดความสวยงาม แต่เมื่อได้ทาสีทับพื้นผิวของอาคารดังกล่าว ความสวยงามของสีจะทำให้พื้นผิวของอาคารที่เป็นคอนกรีตผนังที่ก่ออิฐฉาบปูนหรือไม้ต่าง ๆ มีสีสวยสดงดงาม ซึ่งเป็นผลโดยตรง เห็นได้ชัด สำหรับงานทางสถาปัตยกรรม การเลือกชนิดของสี เฉดสี ทำให้อาคารดูเด่น เป็นสง่า สวยงาม ตามแนวคิดของผู้ออกแบบ เป็นจุดเด่นให้ใคร ๆ ต้องชม ก่อให้เกิดความน่าดูน่าอยู่อาศัย น่าสัมผัสลูบคลำ เป็นต้น

3. เพื่อสุขลักษณะและความสะอาด การทาสีที่ถูกต้องตามชนิดของสีและลักษณะของการใช้สอย จะช่วยทำให้ผิวหน้าของพื้นผิวที่ใช้งานสามารถเช็ดถูทำความสะอาดได้ง่าย ได้ดูดซึมน้ำและสารละลายต่าง ๆ ก่อให้เกิดสุขลักษณะที่ดีและสะอาด เมื่อนำเข้าไปประกอบธุรกิจ หรือปฏบัติงานในห้องดังกล่าว เช่น ห้องครัว ห้องน้ำ ห้องปฏบัติการทางเคมี เป็นต้น
4. เพื่อปรับความเข้มข้นของแสงสว่าง การทาสีผนังและฝ้าเพดาน เมื่อแสงแดด แสงไฟฟ้าส่องสว่าง เฉดสีมีส่วนช่วยเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของแสงสว่างภายในห้องต่าง ๆ ได้ บางครั้งเฉดสียังมีอิทธิพลถึงความรู้สึกมนุษย์ได้อีกด้วย เช่นความรู้สึกว่าห้องดังกล่าวโล่ง รู้สึกว่าห้องดังกล่างแคบ อึดอัด บางครั้งเฉดสีทำให้ดูหนักแน่นหรือเร้าใจ เป็นต้น
5. เพื่อเป็นสัญลักษณ์และเครื่องหมาย การทาสีในที่บางแห่ง เช่น ขอบถนน กลางถนน ขอบทางเท้าในรูปกราฟฟิกและสี จะดูกระทัดรัด เป็นสื่อความหมายที่ดี เป็นมาตรฐานสากล เช่น ป้ายจราจร สีขาวสลับกับสีแดงที่ขอบถนน หมายความว่า ห้ามจอด สีขาวสลับกับสีดำที่ขอบถนน หมายความว่า ขอบถนน สีเหลืองสลับกับสีขาวที่ขอบถนน หมายความว่า จอดได้ชั่วคราว สีเหลืองยาวเป็นเส้นที่กลางถนน หมายความว่า ห้ามแซง เป็นต้น บางแห่งนำสีไปทาที่พื้นที่รอบเครื่องจักร ซึ่งหมายความว่า ห้ามเข้าไปภายในเส้นสีดังกล่าว ให้อยู่นอกเส้นสีดังกล่าวจึงจะปลอดภัย
6. เพื่อให้เกิดความรู้สึก การทาสีภายในอาคารตามห้องต่าง ๆ เช่น ห้องรับแขก ห้องทำงาน ห้องอาหาร ห้องนอน ห้องน้ำ ต้องเลือกเฉดสีให้ตรงกับทัศนะของผู้อยู่อาศัย หรือเจ้าของบ้านซึ่งแต่ละคน อาจจะชอบเฉดสีที่แตกต่างกันไปตามรสนิยมของแต่ละคน บางคนชอบสีชมพู เพื่อให้เกิดความรูสึกในทางที่ดีต่อการอยู่อาศัย

ซึ่งในงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาส่วนผสมของสีอะคริลิคดังนี้

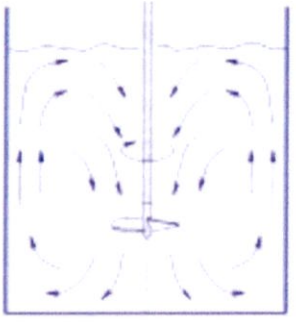
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงองค์ประกอบของสีสูตรมาตรฐาน

ประเภทของส่วนผสม	สารเคมี	ร้อยละโดยมวล
1.ผงสี	TiO_2	20
2.สารยึดเกาะและสารเคลือบ	$CaCO_3$	15
	$BaSi_2O_5$	1
	Al_2O_3	1
	Acrylic binder	44.3
3.ตัวทำละลาย	Water	7
	Ethylene glycol	1.4
	Propylene glycol	2
4.สารเติมแต่ง	Taxano Thickerner PH adjust Defoamer On film biocide	8.3

2.10 การกวนผสม (Mixing) [10]

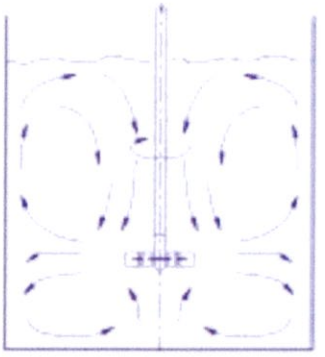
เครื่องผสมของเหลวหรือเครื่องกวน เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวต้นกำลังหรือตัวขับ เพลา และใบกวน (impeller) หนึ่งใบหรือมากกว่า ติดตั้งอยู่บนเพลา โดยจำนวนใบมีความหมายถึงจำนวนชั้นของใบกวน (impeller stage) สำหรับใบกวนผสม (mixing impeller) ที่ยึดติดอยู่บนเพลาทำหน้าที่หมุนวนของเหลวเพื่อแลกเปลี่ยนสารตามความต้องการของขบวนการผลิต ใบกวนมีด้วยกันหลายแบบ โดยหลักแล้วสามารถแบ่งประเภทใบกวนได้เป็นกลุ่มใหญ่ๆ 3 กลุ่ม ตามลักษณะการไหลของของเหลว ดังนี้

1) Axial flow ของเหลวถูกดูดและไหลในแนวแกนขนานกับเพลา เช่น Marine propeller Hydrofoil และ Pitched blade turbine และใบกวนกลุ่มนี้ใช้เพิ่มการไหลของของเหลว (pumping capacity) เหมาะสำหรับการผสมของเหลวที่สามารถละลายเข้าด้วยกัน (blending) และ การผสมของแข็งเข้ากับของเหลว (suspension) ดังรูปที่ 2.4



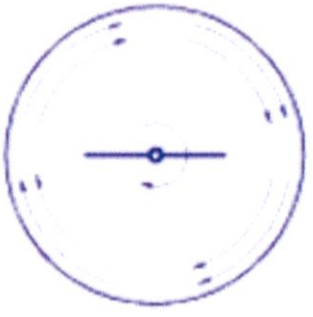
รูปที่ 2.4 Axial flow

2) Radial flow ของเหลวถูกผลักออกในแนวรัศมีหรือในแนวตั้งฉากกับแกนเพลา เช่น Rushton disc Saw disc Bar disc ฯลฯ ใบกวนกลุ่มนี้ใช้เพิ่มแรงเฉือนหรืออัตราการเฉือน (shear rate) ให้กับของเหลว เหมาะสำหรับการผสมของเหลวที่ไม่สามารถละลายเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเดียว (immiscible liquid) การลดขนาดของของแข็งให้แขวนลอยในของเหลวและการลดขนาดของแก๊สในของเหลว เพื่อให้เกิดการถ่ายเทมวลสาร (mass transfer) โดยขบวนการ emulsion dispersion และ aeration ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Radial flow

3) Tangential flow ของเหลวจะไหลตามแนวสัมผัสรอบขอบถัง ทำให้สามารถถ่ายเท ความร้อน (heat transfer) กับภาชนะบรรจุได้ดี เช่น Anchor Paddle ฯลฯ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 Tangential flow

ประเภทของใบพัดปั่นกวนได้แก่ [11]

1. Propeller impeller เป็นใบผสมที่ถูกออกแบบมาเป็นอย่างดี กินกำลังงานน้อยกว่า เมื่อเทียบกับใบผสมชนิดอื่น ๆ และด้วยสาเหตุนี้เองทำให้ระบบ ต้นกำลังของใบกวนลักษณะนี้ จะเป็นแบบมอเตอร์ (direct drive) เหมาะสำหรับ กระบวนการผลิตที่ต้องการผสมให้เข้ากัน โดยมีข้อจำกัดในการเลือกใบ propeller มาใช้ กับผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนืด (viscosity)และค่าความหนาแน่น (density)ไม่สูงมากนัก (max.2000mPa.s)

2. High efficiency impeller ใบผสมประสิทธิภาพสูง ด้วยเหตุผลที่เป็นใบพัดที่ออกแบบ มาเพื่อการเพิ่มแรง pumping, flow rage ที่ดีกว่าใบผสมชนิด อื่น ๆ เหมาะสำหรับ ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนืดปานกลาง (medium viscosity, 100 - 5,000 mPa.s) หรือลักษณะงานที่มีการตกตะกอน, แยกชั้นกันของผง (solid) และส่วนที่เป็น ของเหลว (liquid)

3. 4 - blade turbine เป็นใบที่ได้รับการออกแบบมาเพื่ออุตสาหกรรมขนาดกลาง หรือ การผสมผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูง (high viscosity, maximum 10,000 mPa.s) ด้วยเหตุที่เป็นของเหลวที่มีค่าความหนืดสูงทำให้ต้องใช้กระแสการไหลเวียน (high pumping) ที่สูงมากพอ ซึ่ง 4 - blade turbine ถูกออกแบบมาเพื่องานลักษณะ ดังกล่าวหากว่าของเหลวมีความหนืดที่สูงขึ้น (max 15,000 mPa.s) ใบที่เหมาะสม กว่าจะเป็น 6 - blade turbine

4. saw disc (dissolver) อุตสาหกรรมการผสมสีทั่วไป มีความต้องการให้เกิดการแตกตัวของผงสี (pigment) อย่างสม่ำเสมอ, saw disc impeller ออกแบบมาเพื่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ shearing ด้วยลักษณะใบที่มีพื้นที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์มาก และความเร็วรอบที่สูงทำให้เพิ่ม shear rate ให้กับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จึงทำให้ saw disc impeller เป็นใบผสมที่สามารถพบเห็นได้บ่อยในอุตสาหกรรมดังกล่าว นอกจากอุตสาหกรรมสี แล้ว ยังสามารถใช้งานได้ดีกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ต้องการ shearing เช่นกัน

5. beam impeller การผสมของเหลวที่มีความเร็วรอบช้า (Low speed mixing) ลักษณะการกวน ให้เข้ากัน (Keeb homogen) หรือลักษณะการกวนเพื่อไม่ให้ตกตะกอน โดยทั่วไป จะต้องใช้ใบกวนที่มีขนาดใหญ่ beam impeller ถูกออกแบบมาเพื่อลักษณะดังกล่าว ซึ่งจะสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ของเหลวที่มีค่าความหนืดสูง ก็ยังสามารถ ใช้ beam impeller ได้ดีเช่นกัน trapezoid beam เป็นใบกวนที่มีลักษณะการทำงาน คล้ายกับ beam imp, ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าในขอบเขตลักษณะงานเหมาะกับ ใบดังกล่าว

2.11 Scanning Calorimeters [12]

Differential Scanning Calorimeters หรือที่เรียกกันโดยย่อว่าเครื่อง DSC เป็นเครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (Thermal Transition) ของสารตัวอย่าง เช่น พอลิเมอร์ ที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงพลังงานการดูดหรือคายพลังงานของสารตัวอย่างเมื่อมีการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิในบรรยากาศที่ควบคุมไว้

รูปที่ 2.7 Differential Scanning Calorimeters

2.11.1 หลักพื้นฐานของ DSC

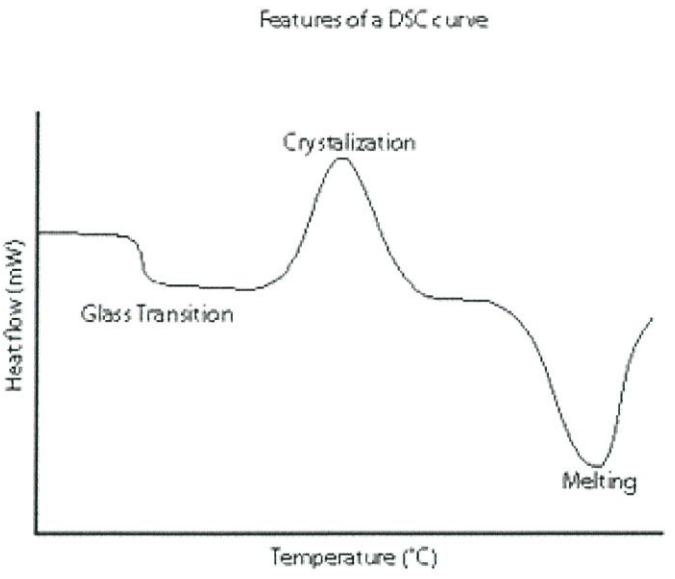
โดยหลักการ DSC ในอุปกรณ์จะมีถาด 2 ถาด ถาดแรกเป็นถาดที่บรรจุสารตัวอย่าง (Sample Pan) ถาดที่สองเป็นถาดอ้างอิง (Reference Pan) ซึ่งเป็นถาดเปล่าไปวางอยู่บนอุปกรณ์ให้ความร้อน (Furnace) ชนิดเดียวกัน ซึ่งวางอยู่ข้างๆกัน เมื่อเริ่มการทดสอบ Furnace จะเริ่มให้ความร้อนแก่ถาดทั้งสอง โดยเครื่อง DSC จะควบคุมอัตราการเพิ่มอุณหภูมิให้คงที่ แต่ที่สำคัญที่สุดคือ เครื่อง DSC จะควบคุมให้ Furnace ทั้งสอง (Furnace ของ Simple Pan และของ Reference Pan) เพิ่มอุณหภูมิถาดทั้งสองที่วางแยกกัน ด้วยอัตราการเพิ่มความร้อนที่เท่ากันตลอดทั้งการทดลอง ซึ่งสาเหตุที่ความร้อนของถาดทั้งสองจะเพิ่มด้วยอัตราที่ไม่เท่ากันคือ ถาดทั้งสองมีความแตกต่างกัน เพราะ Sample Pan มีตัวอย่างพอลิเมอร์อยู่ข้างใน แต่ Reference Pan ไม่มี การมีสารตัวอย่างอยู่ข้างในทำให้ Sample Pan มีสสารในปริมาณที่มากกว่า Reference Pan นั่นหมายความว่า Furnace ต้องให้ความร้อน Sample Pan มากกว่าที่ให้ Reference Pan เพื่อที่จะคงอัตราการเพิ่มอุณหภูมิให้เท่ากัน ดังนั้น Furnace ที่อยู่ใต้ Sample Pan จะต้องทำงานหนักกว่า Furnace ที่อยู่ใต้ Reference Pan คือมันต้องให้ความร้อนมากกว่า และการวัดความแตกต่างของปริมาณความร้อนจาก Furnace ทั้ง

สองนี้ ก็คือหน้าที่หลักของเครื่อง DSC และเพื่อให้เห็นภาพได้ง่าย เราจะสร้างกราฟโดยมีแกน X เป็นค่าของอุณหภูมิ และแกน Y เป็นค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนของ Furnace ทั้งสอง ณ อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง

โดยปกติแล้ว การทดสอบสารตัวอย่างทำโดยการเพิ่ม อุณหภูมิสารตัวอย่างด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่คงที่เช่น 10°C ต่อ 1 นาที โดยเริ่มต้นที่ 25°C และสิ้นสุดการทดลองที่ 300°C หรือการรักษาอุณหภูมิสารตัวอย่างไว้คงที่ (Isothermal) เป็นระยะเวลาหนึ่ง เช่น 200°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง และสำหรับการทดลองส่วนใหญ่แล้ว บรรยากาศก็มีบทบาทสำคัญต่อผลการทดลองเช่นเดียวกับอุณหภูมิและอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ โดยส่วนใหญ่แล้วบรรยากาศที่ใช้ในการทดลองมีสองแบบคือ บรรยากาศเฉื่อย (Inert Atmosphere เช่น แก๊สไนโตรเจน) และบรรยากาศที่มีแก๊สออกซิเจน (Oxidizing Atmosphere เช่น แก๊สออกซิเจน หรือ อากาศ)

2.11.2 ผลการวิเคราะห์ด้วย DSC

ความร้อนที่ให้สารตัวอย่าง (Heat Flow) มีค่าสอดคล้องกับพลังงานที่ให้สารตัวอย่างวัดในหน่วยมิลลิวัตต์ (milliwatts, mW) เมื่อนำค่าพลังงานมาคูณด้วยเวลา ผลลัพธ์ที่ได้คือปริมาณพลังงานที่ถูกแสดงในหน่วย มิลลิวัตต์วินาที (mW.s) หรือ มิลลิจูลล์ (mJ) พลังงานที่ให้สารตัวอย่างมีค่าสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี (Enthalpy) ของสารตัวอย่าง เมื่อสารตัวอย่างดูดพลังงานเรียกว่า Enthalpy มีการเปลี่ยนแปลงแบบ Endothermic และเมื่อสารตัวอย่างคายพลังงานเรียกว่า Enthalpy มีการเปลี่ยนแปลงแบบ Exothermic



รูปที่ 2.8 กราฟจากการวัดด้วย DSC

เมื่อสารตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การหลอมเหลว (Melting) Furnace ต้องให้ความร้อน Sample Pan มากกว่าที่ให้ Reference Pan เพื่อที่จะควบคุมอุณหภูมิของ Sample Pan และ Reference Pan ให้เท่ากัน ความร้อนจะถูกส่งผ่านไปยัง Sample Pan มากกว่าหรือน้อยกว่าที่ถูกส่งผ่านไปยัง Reference Pan นั้น ขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นเป็นแบบ Exothermic หรือแบบ Endothermic

2.11.3 การใช้ประโยชน์เครื่อง DSC

DSC เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ตั้งแต่ในอุตสาหกรรมเคมี พลาสติก อิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ อากาศยาน ไปจนถึงอาหารและยา นำไปประยุกต์ใช้ทั้งสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์และสำหรับงานวิจัย ตัวอย่างของข้อมูลที่สามารถวัดได้จากการใช้เครื่อง DSC เช่น Melting Point (จุดหลอมเหลว) Glass Transition Temperature (T_g, อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว) Oxidation Stability (ความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน) Reaction Kinetics (จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา) หรือ Purity (ความบริสุทธิ์)

ซึ่งพอลิเมอร์แต่ละชนิด จะมีข้อมูลต่างๆเหล่านี้เป็นค่าเฉพาะตัว เช่น Low Density Polyethylene (LDPE) มี Melting Point ประมาณ 110°C และเกิดการตกผลึก (Crystallization) ที่อุณหภูมิประมาณ 293°C ในขณะที่ Polyethylene terephthalate (PET) มี T_g ประมาณ 69°C และมี Melting Point ประมาณ 256°C และเกิด Crystallization ประมาณ 140°C

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Miller RF [13] และคณะ ได้ศึกษาการแลกเปลี่ยนความร้อยของสารเปลี่ยนวัฏภาค ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมัน และคุณสมบัติทางความร้อนของสารผสมยูเทคติก และสร้างสมกรที่ใช้ในการคำนวณคุณสมบัติของสารเปลี่ยนวัฏภาคเกือบ 100 ชนิดที่เป็นกรดไขมัน

Joseph S, Michael W [14] และคณะ ได้ทำการจำแนกสารเปลี่ยนวัฏภาคโดยใช้จุดหลอมเหลว และการเปลี่ยนแปลงเอนทาลปีของสารผสม และทำแบบจำลองทางอุณหภูมิศาสตร์เพื่อทำนายองค์ประกอบในสารเปลี่ยนวัฏภาค

Young Kwon Yang [15] และคณะ ทดลองใช้สารเปลี่ยนวัฏภาคผสมลงในไม้ฝาที่ใช้เป็นหลังคาบ้าน เพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในของชั้นหลังคา

ชาติชาย เล้งมั่งมี [16] ศึกษาการปรับปรุงความร้อนด้วยสารเปลี่ยนวัฏภาค โดยการผสมพาราฟินแว็กซ์ กับกรดไขมัน 3 ชนิด ได้แก่ กรดสเตียริก กรดลอริก และ กรดพามิติก พบว่าการเลือกใช้กรดสเตียริกเหมาะสมที่สุดในการนำมาเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากสารผสมที่ได้มีจุดหลอมเหลวที่ต่ำ และมีค่าความร้อนแฝงที่สูง ซึ่งทำให้สามารถดูดซับความร้อนได้มาก จึงเลือกใช้กรดสเตียริกเป็นกรดไขมันในงานวิจัยนี้

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

การคำนวณหาสัดส่วนผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดไขมัน และสมบัติทางความร้อนภายหลังการผสม โดยอ้างอิงคุณสมบัติสารบริสุทธิ์ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางสมบัติทางความร้อนของสารบริสุทธิ์ [16]

สารเคมี	อุณหภูมิในการหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	พลังงานในการหลอมเหลว (จูลต่อกรัม)
พาราฟินแว็กซ์ (C_{28})	64.4	246.0
กรดสเตียริก (Stearic Acid)	69.0	219.0

3.1 ขั้นตอนการสร้างแผนภาพสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับของเหลว

1. นำสมบัติทางความร้อนของพาราฟินแว็กซ์แทนลงในสมการที่ 2.1 จะได้สัดส่วนโดยโมลที่อุณหภูมิต่างๆ นำสัดส่วนโดยโมลลบด้วยหนึ่งสำหรับเป็นสัดส่วนการผสม จากนั้นนำค่าสมบูรณ์ของสัดส่วนโดยโมลที่คำนวณได้ มาพล็อตกราฟเทียบกับอุณหภูมิ จะได้เส้นสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับของเหลวของพาราฟินแว็กซ์

2. นำสมบัติทางความร้อนของกรดไขมันสำหรับการคำนวณ แทนลงในสมการที่ 2.1 จะได้สัดส่วนโดยโมลที่อุณหภูมิต่างๆของระบบ จากนั้นนำสัดส่วนโดยโมลที่คำนวณได้ มาพล็อตกราฟเทียบกับอุณหภูมิ จะได้เส้นสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับของเหลวของกรดไขมัน

3. นำกราฟจากข้อที่ 1 พล็อตบนกราฟเดียวกับกราฟจากข้อที่ 2 จะได้แผนภาพสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับของเหลวของพาราฟินแว็กซ์และกรดไขมัน

3.2 สารและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

1. พาราฟินแว็กซ์เกรดวิเคราะห์ (Sigma – Aldrich 99% M.W. 394.77 g/mol)
2. กรดสเตียริกเกรดสังเคราะห์ (LABOL Chemie 99% M.W. 284.48 g/mol)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องกำเนิดความร้อน (Heater)
2. เครื่องปั่นกวน (Stirrer)
3. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
4. เครื่องชั่งที่มีความแม่นยำ 0.00001 g (Mettler Toledo รุ่น XS 320011)
5. ขวดเก็บอนุภาค
6. สีอะคริลิคสำหรับทาอาคาร

3.3 ขั้นตอนการผสมสารผสมยูเทคติก

1. ให้ความร้อนแก่พาราฟินแว็กซ์เพื่อให้เกิดการหลอมเหลวขึ้นโดยให้อุณหภูมิของระบบประมาณ 70 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สารทั้งหมดในระบบสามารถหลอมเหลวได้
2. เมื่อพาราฟินแว็กซ์หลอมเหลวหมด เติมกรดสเตียริกลงไปในสัดส่วนการผสมที่ต้องการและใช้แท่งแม่เหล็กเพื่อให้มีการผสมอย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
3. รอให้สารทั้งสองชนิดมีการผสมให้เป็นเนื้อเดียว โดยควบคุมเวลาในการผสมประมาณ 15 นาที
4. ลดอุณหภูมิของระบบลงให้อยู่ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำให้สารผสมอยู่ในวัฏภาคของแข็ง
5. นำสารผสมที่ได้ไปลดขนาดด้วยการบด (Grinder) ให้ขนาดของสารใกล้เคียงกับขนาดของผงสี (Pigment) เพื่อให้ผสมเข้ากันได้ดียิ่งขึ้น
6. เก็บสารตัวอย่างก่อนวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeters (DSC) ผสมสารตัวอย่างร้อยละ 1 โดยมวลกับสีอะคริลิคและนำไปวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeters (DSC)

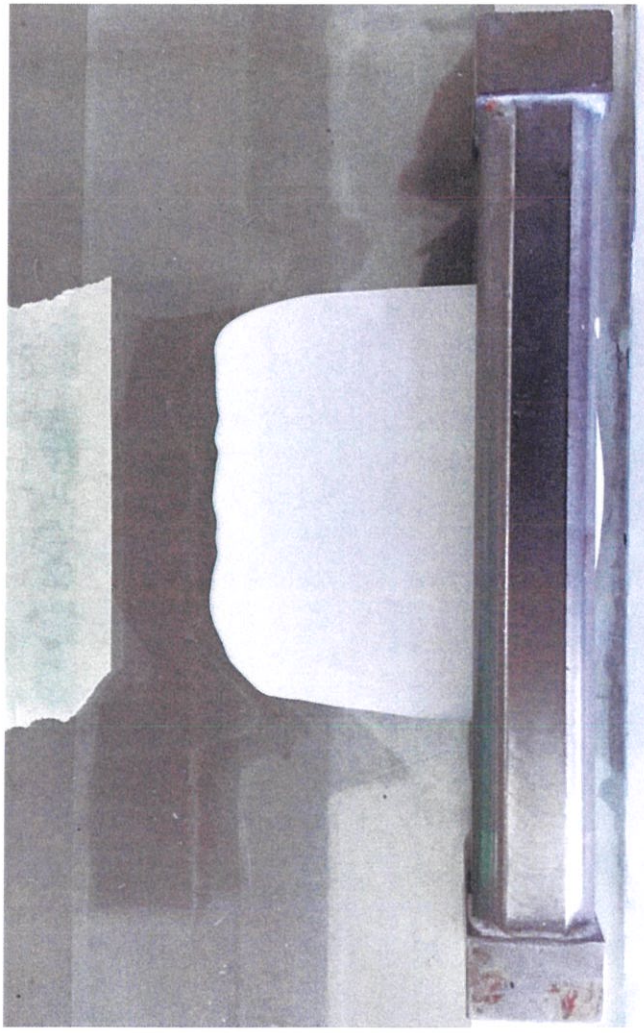
3.4 ขั้นตอนการผสมสีอะครีลิค

1. ผสมผงสีกับสารยึดเกาะ และ ตัวทำละลายในเครื่องปั่นกวนโดยใช้ใบปั่นกวนแบบ Saw disc เนื่องจากของผสมมีความหนืดสูง และต้องการให้ผงสีแตกตัวในสารยึดเกาะ [10] จึงใช้ความเร็วรอบสูงในการปั่นกวนที่ 350 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้สารทั้งหมดผสมเข้ากัน
2. ผสมสารเคมีเติมแต่ง และสารยึดเกาะส่วนที่เหลือแล้วทำการปั่นกวนต่อด้วยความเร็วรอบที่ 600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จะได้สีทาอาคารสูตรมาตรฐาน [9]
3. นำสารผสมยูเทคติกจากการทดลองมาผสมกับสี ในอัตราส่วนร้อยละ 1 โดยมวล แล้วปั่นกวนด้วยความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ในการปั่นกวนจะใช้ความเร็วรอบที่ค่อนข้างสูงเพื่อต้องการให้สารยูเทคติกกระจายตัวได้ดีในน้ำสี และ ไม่จับตัวกันเป็นก้อน เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนของสารยูเทคติกน้อยลง
4. นำสีที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนของสี โดยเครื่อง Differential Scanning Calorimeters เปรียบเทียบกับสีมาตรฐาน

รูปที่ 3.1 การปั่นกวนสีในเครื่องปั่นกวน

3.5 การศึกษาการเรียงตัวกันในชั้นสีของสารผสมยูเทคติก

1. นำสีที่ผสมแล้วจากขั้นตอนที่ 3.4 มาทาบนแผ่นพลาสติกใสแล้วลากด้วยแท่งเหล็กลากเฉดสี ดังรูปที่ 3.2 เพื่อให้ความหนาของแผ่นชั้นสีมีขนาด 0.4 มิลลิเมตรเท่ากัน
2. ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ชั้นสีแห้งสนิท
3. จากนั้นใช้ใบมีดตัดชั้นสี ให้มีขนาด กว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 1 เซนติเมตร
4. นำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้ ไปทำการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยใช้ภาคตัดขวางของชิ้นงานตัวอย่าง เพื่อศึกษาการกระจาย และ การเรียงตัวกันของสารยูเทคติกในชั้นสี

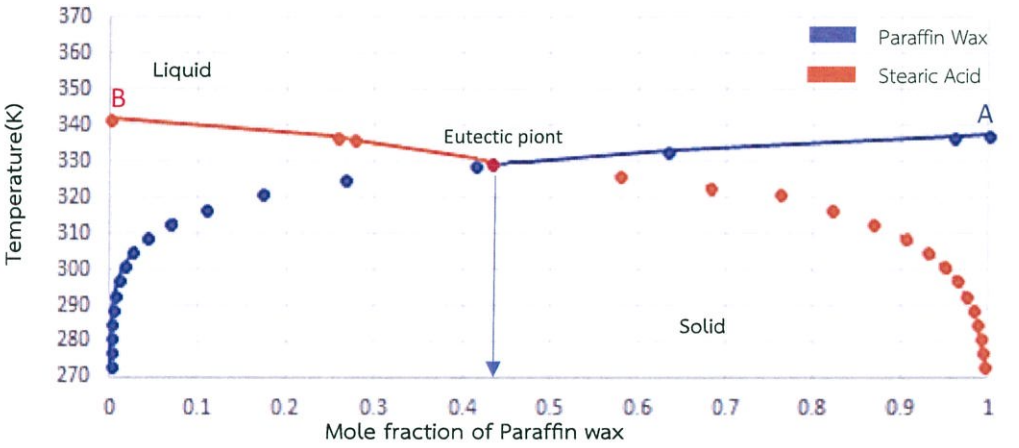


รูปที่ 3.2 การลากชั้นสีบนแผ่นพลาสติกใส

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 การคำนวณสัดส่วนในการผสมสารผสมยูเทคติกด้วยสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์

ในการคำนวณสัดส่วนการผสมแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างอุณหภูมิกับสัดส่วนการผสม



รูปที่ 4.1 แผงภูมิวัฏภาคระหว่างสัดส่วนของสารที่ใช้ในการผสมกับอุณหภูมิ

กราฟนี้ได้มาจากสมการสมดุลวัฏภาคทางเทอร์โมไดนามิกส์สมการที่ 2.1 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนโดยโมลของสารกับอุณหภูมิ โดยทำการพล็อตเส้นกราฟจากสมบัติทางความร้อนของสารผสมแต่ละสารนั่นคือ พาราฟินแว็กซ์ กับกรดสเตียริก โดยตำแหน่งที่สัดส่วนของพาราฟินแว็กซ์เป็นศูนย์ที่จุด B จะมีกรดสเตียริกเพียงชนิดเดียว และอุณหภูมิที่ตำแหน่งนั้นจะแสดงถึงอุณหภูมิในการหลอมเหลวของกรดสเตียริกบริสุทธิ์ ในขณะที่เมื่อสัดส่วนของพาราฟินแว็กซ์เป็น 1 ที่จุด A สารผสมจะเป็นพาราฟินแว็กซ์เพียงอย่างเดียวและอุณหภูมิที่ตำแหน่งนั้นจะแสดงถึงอุณหภูมิในการหลอมเหลวของพาราฟินแว็กซ์บริสุทธิ์

จากกราฟพบว่ามีจุดตัดของเส้นกราฟเกิดขึ้นในการผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริก หมายความว่า สัดส่วนในการผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนร้อยละ 42 โดยโมลของสารผสม มีอุณหภูมิในการหลอมเหลวเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าการผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกสามารถทำให้เกิดสารผสมยูเทคติกได้ โดยสรุปสมบัติทางความร้อนของสารผสมที่คำนวณได้ในตารางที่ 4.1

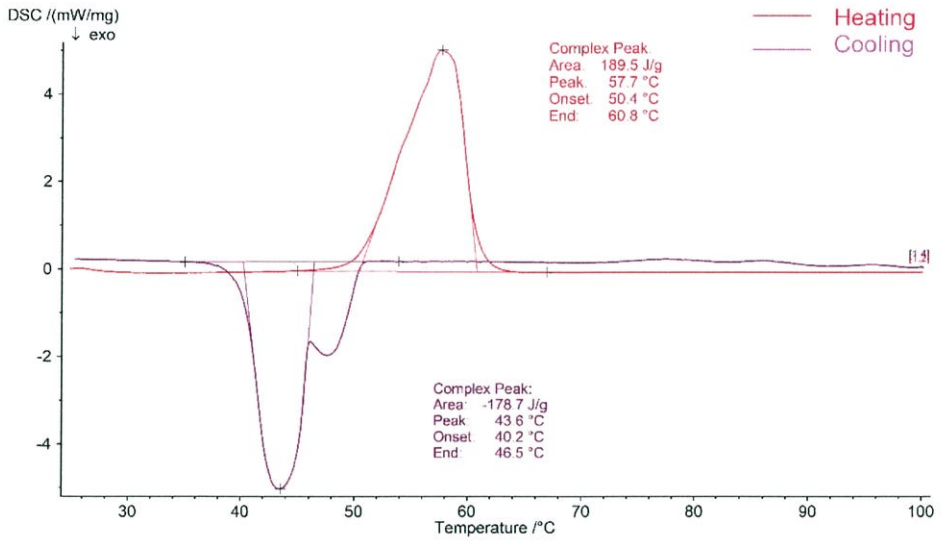
ตารางที่ 4.1 ตารางสรุปสมบัติทางความร้อนของสารผสมยูเทคติกระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริก

สัดส่วนในการผสมพาราฟินแว็กซ์ต่อกรดสเตียริก	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	จุดหลอมเหลวที่ลดลงจากสารบริสุทธิ์ (องศาเซลเซียส)
42 : 58	54.0	10.4

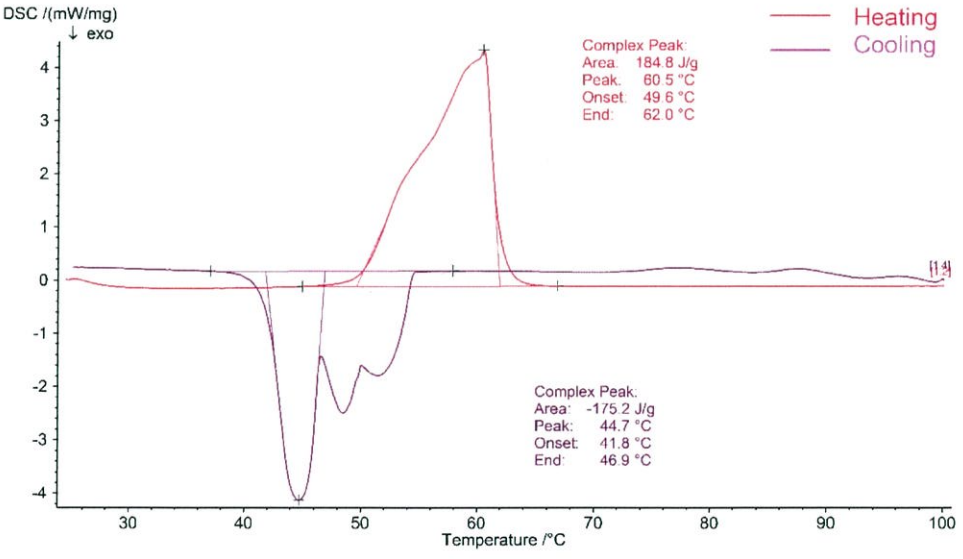
จากตารางที่ 4.1 พบว่าการผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกเพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อนสามารถลดอุณหภูมิในการหลอมเหลวของสารเปลี่ยนวัฏภาคได้ให้ต่ำกว่าสารบริสุทธิ์ที่นำมาผสม คือพาราฟินแว็กซ์ มีจุดหลอมเหลวที่ 64.4 องศาเซลเซียส และ กรดสเตียริกมีจุดหลอมเหลวที่ 69.0 องศาเซลเซียส ซึ่งจุดหลอมเหลวของสารผสมที่ได้จากการคำนวณคือ 54.0 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิของจุดหลอมเหลวจากเดิม 10.4 องศาเซลเซียส

4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของสารผสมยูเทคติก

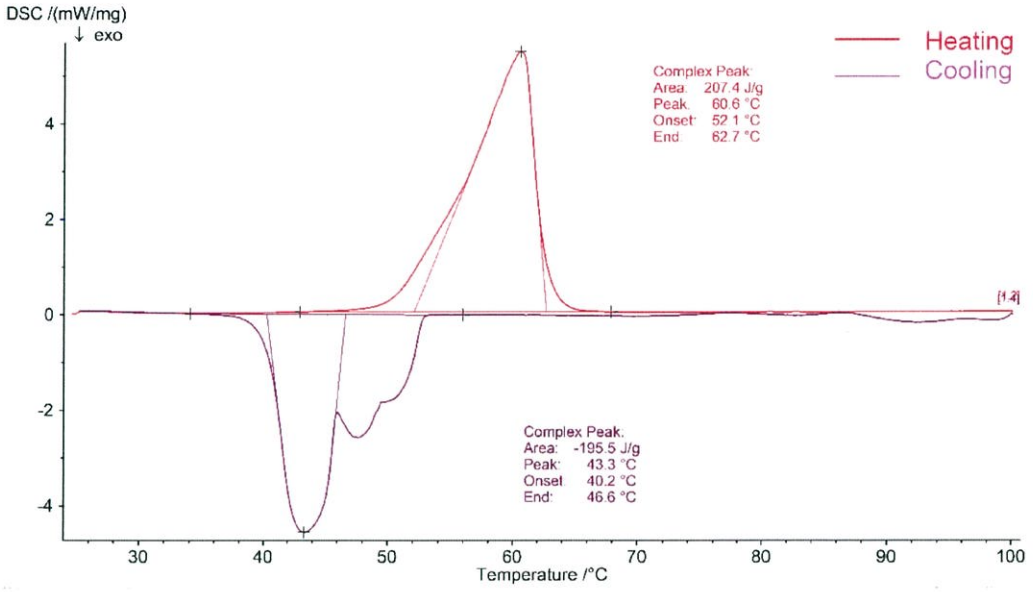
ทำการศึกษาสมบัติทางความร้อนของสารบริสุทธิ์ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeters [12] โดยใช้ 10 องศาเซลเซียสต่อนาทีจากการศึกษาสมบัติทางความร้อนของสารบริสุทธิ์ จึงได้ทำการทดลองผสมสารผสมแบบยูเทคติก โดยจากการคำนวณจากตารางที่ 4.1 ได้สัดส่วนการผสมพาราฟินแว็กซ์ร้อยละ 42 โดยโมล ซึ่งในการทดลองใช้สัดส่วนในการผสมร้อยละ 35 42 และ 50 โดยโมลตามลำดับ ในการผสมกับกรดสเตียริกเพื่อให้เป็นสารยูเทคติก โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศใช้เวลาในการปั่นกวนสารผสม 15 นาทีด้วยอัตราเร็ว 150 รอบต่อนาที จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงให้สารลดอุณหภูมิลงจนเกิดเป็นผลึกร่วมของสารผสม แล้วจึงนำผลึกสารผสมที่ได้ไปลดขนาดด้วยวิธีการบดให้อนุภาคของสารมีขนาดเล็กลง เพื่อทำการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeters โดยผลจากการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4.2 ถึง 4.4 ดังนี้



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ดูดซับเทียบกับอุณหภูมิของสารผสมระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนร้อยละ 35 ต่อ 65 โดยโมล



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ดูดซับเทียบกับอุณหภูมิของสารผสมระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนร้อยละ 42 ต่อ 58 โดยโมล



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ดูดซับเทียบกับอุณหภูมิของสารผสมระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนร้อยละ 50 ต่อ 50 โดยโมล

จากรูปที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบกราฟทั้งสามข้างต้นแสดงถึงคุณสมบัติทางความร้อนของสารผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนการผสมต่างๆ ซึ่งสัดส่วนร้อยละ 42 ต่อ 58 โดยโมล เป็นการผสมแบบยูเทคติกที่คำนวณจากสมการสมดุลวัฏภาคสมการที่ 2.1 พบว่ามีอุณหภูมิในการหลอมเหลวที่ 60.5 องศาเซลเซียส และมีการดูดซับความร้อนทั้งหมด 184.8 จูลต่อกรัม แสดงให้เห็นว่าสารผสมมีคุณสมบัติทางความร้อนที่เหมาะสมกับการเป็นสารเปลี่ยนวัฏภาคมากกว่าสารตั้งต้นทั้งสองชนิด โดยมีอุณภูมิในการหลอมเหลวต่ำกว่าพาราฟินแว็กซ์ที่มีอุณหภูมิในการหลอมเหลวอยู่ที่ 64.4 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิในการหลอมเหลวต่ำลงจากพาราฟินแว็กซ์ 3.9 องศาเซลเซียส ในขณะที่สามารถดูดซับความร้อนแฝงในการหลอมเหลวได้มากกว่ากรดสเตียริก ซึ่งกราฟมีลักษณะคล้ายสารบริสุทธิ์ เพราะมีจุดหลอมเหลวจุดเดียว และได้กำหนดสัดส่วนที่น้อยกว่าและมากกว่าสัดส่วนพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่ได้จากการคำนวณคือร้อยละ 35 ต่อ 65 และ 50 ต่อ 50 โดยโมล

จากกราฟรูปที่ 4.2 , 4.3 และ 4.4 แสดงถึงคุณสมบัติทางความร้อนของสารผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนการผสมร้อยละ 35 ต่อ 65 , 42 ต่อ 58 และ 50 ต่อ 50 โดยโมลตามลำดับ พบว่าในช่วงการให้ความร้อน (Heating) พีคของสารมีเพียงจุดเดียวที่อุณหภูมิ 57.7 , 60.5 และ 60.6 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารมีการผสมเข้ากันได้ดีโดยมีคุณสมบัติคล้ายสารบริสุทธิ์ และเมื่อพิจารณาความสามารถในการดูดซับความร้อนของสารผสมสามารถดูดซับความร้อนได้ 189.5 , 184.8 และ 207.4 จูลต่อกรัม

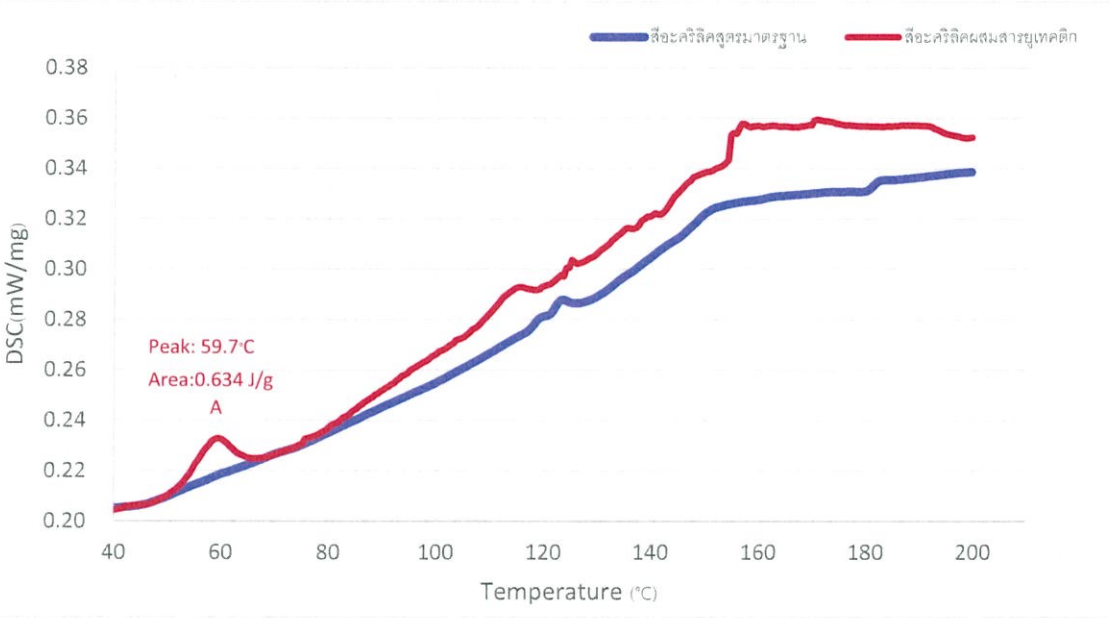
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงสมบัติทางความร้อนของสารผสม

สัดส่วนโดยโมลของพาราฟินแว็กซ์	จุดหลอมเหลว(°C)	พลังงานในการหลอมเหลว (จูลต่อกรัม)
35	57.7	189.5
42	60.5	184.8
50	60.6	207.4

ตารางข้างต้นแสดงถึงสมบัติทางความร้อนของสารผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนสารผสมต่างๆ พบว่าอุณหภูมิในการหลอมเหลวต่ำที่สุดที่สัดส่วนการผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริก 35 ต่อ 65 โดยโมลมีอุณหภูมิในการหลอมเหลวอยู่ที่ 57.7 องศาเซลเซียส และมีความสามารถในการดูดซับความร้อน 189.5 จูลต่อกรัม แสดงให้เห็นว่าสารผสมมีสมบัติทางความร้อนที่เหมาะสมกับการเป็นสารเปลี่ยนวัฏภาคแบบยูเทคติก เนื่องจากลดอุณหภูมิในการหลอมเหลวจากสารตั้งต้นอย่างพาราฟินแว็กซ์ที่มีจุดหลอมเหลว 64.4 องศาเซลเซียส การเติมกรดสเตียริกสามารถลดอุณหภูมิการหลอมเหลวลงได้ 6.7 องศาเซลเซียส และยังสามารถดูดซับความร้อนได้มากกว่าการผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกที่สัดส่วนร้อยละ 42 ต่อ 58 โดยโมล 4.7 จูลต่อกรัม จึงนำสัดส่วนการผสมฟาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกร้อยละ 35 ต่อ 65 โดยโมลไปทดสอบกับสีสูตรมาตรฐาน

4.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนที่เปลี่ยนแปลงของสีอะคริลิค เมื่อผสมกับสารยูเทคติก

ทำการศึกษาสมบัติทางความร้อนของสารด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeters โดยใช้ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ของสีอะคริลิคก่อนผสมสารยูเทคติกและ หลังผสมสารยูเทคติก ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ดูดซับของสีมาตรฐานเปรียบเทียบกับสีที่ผสมสารยูเทคติก

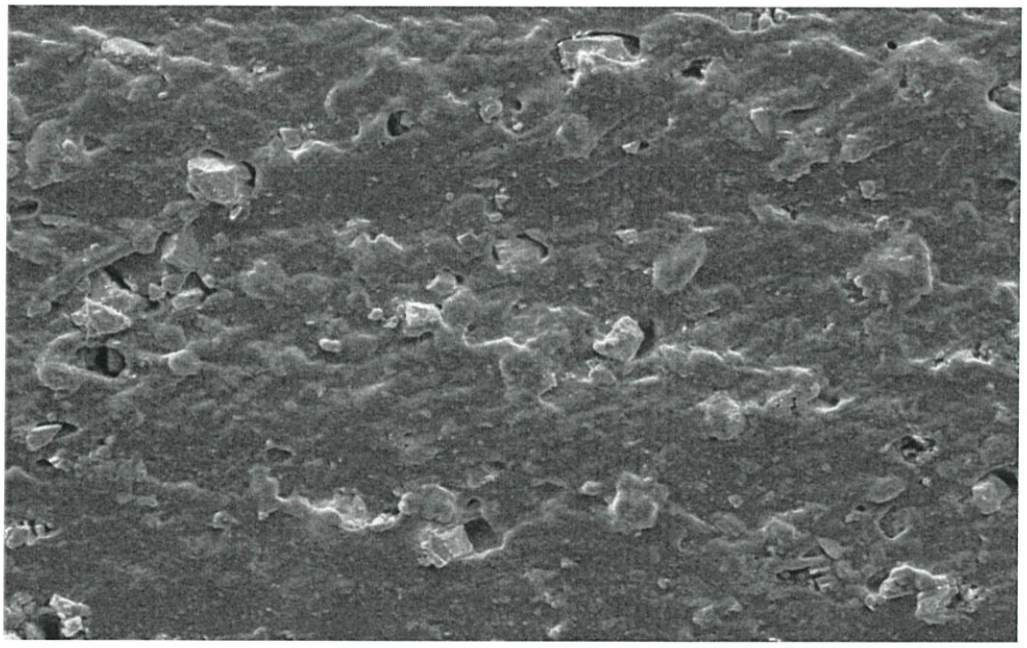
จากกราฟรูปที่ 4.5 แสดงถึงปริมาณความร้อนของสีมาตรฐานเปรียบเทียบกับสีที่ผสมสารยูเทคติกพบว่าในช่วงการให้ความร้อน (Heating) เมื่อพิจารณาความสามารถในการดูดซับความร้อนจะเห็นได้ว่ากราฟเส้นสีน้ำเงินคือสีสูตรมาตรฐานที่ไม่ได้ผสมสารยูเทคติกไม่ปรากฏจุดพีคบนกราฟ แต่กราฟเส้นสีแดงคือสีที่ผสมสารยูเทคติกพบพีคที่จุด A ซึ่งมีอุณหภูมิในการหลอมเหลว 59.7 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับสารผสมยูเทคติกก่อนนำไปผสมกับสีที่มีอุณหภูมิในการหลอมเหลวที่ 57.7 องศาเซลเซียส

ที่จุดพีค A มีการดูดซับความร้อนของสีที่ผสมสารยูเทคติกที่มากกว่าสีสูตรมาตรฐานอยู่ 0.634 จูลต่อกรัม คำนวณการดูดซับความร้อนของสีในพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยสี 1 ตารางเมตรจะมีน้ำหนักสีประมาณ 500 กรัม [17] ดังนั้นสีที่ผสมสารยูเทคติกสามารถดูดซับพลังงานความร้อนได้ 317 จูลต่อตารางเมตร เนื่องจากความสามารถในการดูดซับความร้อนจากสารเปลี่ยนวัฏภาคแบบยูเทคติกที่แทรกตัวอยู่ในชั้นสีมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนได้ดี โดยเมื่อสารเปลี่ยนวัฏภาคได้รับความร้อนจะดูดซับพลังงานความร้อนเปลี่ยนเป็นพลังงานในการหลอมเหลว

จากของแข็งไปเป็นของเหลวและเมื่ออุณหภูมิลดลงสารเปลี่ยนวัฏภาคจะคายพลังงานความร้อน และเปลี่ยนสถานะกลับไปเป็นของแข็ง เพื่อใช้งานในการแลกเปลี่ยนความร้อนต่อไปเป็นวัฏจักร

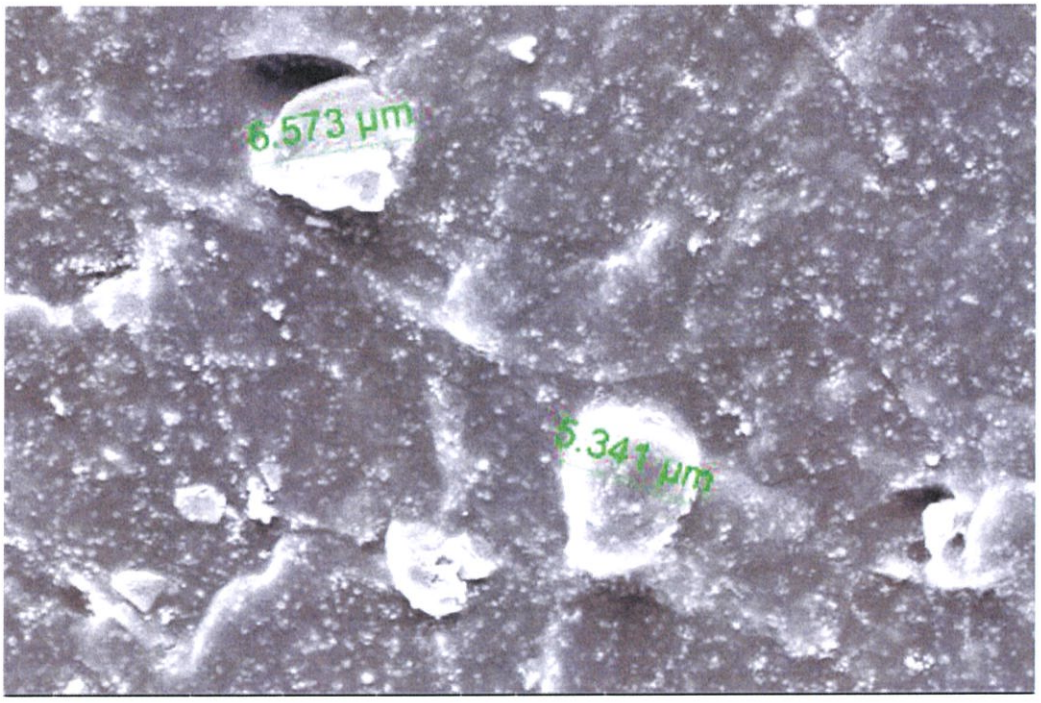
4.4 การวิเคราะห์ขนาดและสัณฐานของอนุภาค

ลักษณะของอนุภาคสารผสมยูเทคติกที่แทรกตัวอยู่ในชั้นสีอะคริลิค ศึกษาจากการนำสีไปทาบนแผ่นพลาสติกโดยใช้แท่งเหล็กลากเฉดจะทำให้ได้ชั้นสีที่มีความหนา 0.4 มิลลิเมตรเท่ากันสม่ำเสมอ วิเคราะห์ขนาดและสัณฐานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดบนบริเวณภาคตัดขวางของ ชั้นสี พบอนุภาคมีการกระจายตัวกันอย่างสม่ำเสมอไม่มีการรวมตัวกันเป็นก้อน ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ภาพการกระจายตัวในชั้นสีของสารยูเทคติกกำลังขยาย 1000 เท่า

ซึ่งการกระจายตัวได้ดีของสารผสมยูเทคติกที่แทรกตัวอยู่ในชั้นสีอะคริลิคนั้น ส่งผลให้มีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้น เป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้การแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายอนุภาคสารยูเทคติกกำลังขยาย 8000 เท่า

จากรูปที่ 4.7 ลักษณะของอนุภาคสารผสมยูเทคติกที่อยู่ในชั้นสีอะคริลิคบางก้อนมีรูปร่างกลมมนและมีมุมเหลี่ยมเป็นบางจุด เนื่องจากใช้วิธีการบดเป็นการลดขนาดของสารผสม ซึ่งสารไม่ได้ทำปฏิกริยากับชั้นสีเพียงแค่แทรกตัวอยู่ในชั้นสีเท่านั้น โดยสีมีขนาดในช่วง 3-6 ไมโครเมตร หาค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดสีอยู่ที่ 5.21 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมเพราะมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของผงสีทำให้ผสมเข้ากันได้ดี และสีมีความเรียบเนียน [8]

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การศึกษาสารเปลี่ยนวัฏภาคสำหรับการผสมกับสีอะคริลิคสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 การคำนวณสัดส่วนในการผสมสารผสมยูเทคติกด้วยสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์

จากการคำนวณสัดส่วนการผสมระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกด้วยสมการสมดุลวัฏภาคทางเทอร์โมไดนามิกส์เพื่อให้สารผสมมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าสารตั้งต้นพาราฟินแว็กซ์ ซึ่งอุณหภูมิในการหลอมเหลวที่ต่ำที่สุดคำนวณจากสัดส่วนของของผสม ณ ตำแหน่งจุดยูเทคติก ได้ว่าสัดส่วนการผสมระหว่างพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกเป็นร้อยละ 42 ต่อ 58 โดยโมล ซึ่งจากการคำนวณสามารถลดอุณหภูมิในการหลอมเหลวลงได้จากสารตั้งต้นพาราฟินแว็กซ์ที่มีอุณหภูมิในการหลอมเหลวอยู่ที่ 64.4 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิในการหลอมเหลวของสารผสมที่ได้คือ 54.0 องศาเซลเซียส สามารถลดอุณหภูมิในการหลอมเหลวลงได้ 10.4 องศาเซลเซียส

5.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อนของสารผสมยูเทคติก

ในการผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกในสัดส่วนการผสมยูเทคติก พบว่าที่สัดส่วนร้อยละ 42 ต่อ 58 โดยโมลของพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกซึ่งได้มาจากการคำนวณทางทฤษฎี ดังนั้นจึงเพิ่มขอบเขตของสัดส่วนระหว่างการผสมพาราฟินแว็กซ์กับกรดสเตียริกขึ้นอีก 2 ตำแหน่งคือสัดส่วนที่ 35 ต่อ 65 และ 50 ต่อ 50 โดยโมล เพื่อให้ครอบคลุมช่วงในการทดลอง โดยพาราฟินแว็กซ์ต่อกรดสเตียริกที่ร้อยละ 35 ต่อ 65 โดยโมล สารผสมที่ได้มีพลังงานความร้อนแฝงอยู่ที่ 189.5 จูลต่อกรัม แต่มีพลังงานความร้อนแฝงน้อยกว่ากรดสเตียริก 29.5 จูลต่อกรัม มีจุดหลอมเหลวที่ 57.7 องศาเซลเซียสต่ำลงจากสารตั้งต้นที่มีจุดหลอมเหลวของพาราฟินแว็กซ์ ที่อุณหภูมิ 63.9 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อพิจารณาจุดหลอมเหลว การผสมแบบยูเทคติกสามารถลดอุณหภูมิในการหลอมเหลวลง 6.2 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารผสมมีสมบัติทางความร้อนใกล้เคียงกับสารยูเทคติก

5.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางความร้อนของสีอะคริลิคทาอาคารสูตรมาตรฐานกับสีที่ผสมกับสารยูเทคติก

เมื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับความร้อนของสีทาอาคารสูตรมาตรฐานกับสีที่ผสมสารยูเทคติก พบว่าสีที่ผสมสารยูเทคติกสามารถดูดซับความร้อนได้มากกว่าสีสูตรมาตรฐานเท่ากับ 0.634 จูลต่อกรัม หรือคิดเป็นพลังงานความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่สามารถดูดซับความร้อนได้ 317 จูลต่อตารางเมตร เนื่องจากสารเปลี่ยนวัฏภาคแบบยูเทคติกที่แทรกตัวในชั้นสีอะคริลิคสามารถดูดซับความร้อนได้ โดยการเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับให้เป็นความร้อนแฝงในการหลอมเหลว

5.4 การวิเคราะห์ด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากภาพถ่ายกำลังสูงจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ทำให้ทราบขนาดของอนุภาคสารยูเทคติกที่แทรกตัวอยู่ในชั้นสี ขนาดประมาณ 3 ถึง 6 ไมโครเมตร ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งาน และยังสามารถกระจายตัวได้ดีในชั้นสีด้วยวิธีการผสมแบบปั่นรวมกับเนื้อสี ไม่มีการกระจุกตัวหรือการรวมตัวกันของอนุภาค ทำให้สามารถดูดซับความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเหมาะแก่การนำไปใช้ในการผสมกับสีทาอาคารและบ้านเรือนเพื่อลดความร้อนภายในได้

5.5 ข้อเสนอแนะ

ในการนำสารผสมยูเทคติกไปใช้งานจริงนั้น ควรทำการทดสอบคุณสมบัติอื่นๆของสีอะคริลิคที่ผสมสารยูเทคติกก่อน ว่าเหมาะสมหรือไม่ เช่น ความหนืดของสาร ค่าของสี การสะท้อนแสงรวมถึงความเป็นกรด-ด่างเป็นต้น ซึ่งต้องทำการทดสอบคุณสมบัติของสีอะคริลิคเทียบกับสีที่ผสมสารยูเทคติกให้เหมาะสมเมื่อผ่านการใช้งานในจำนวนครั้งที่มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Wikipedia, Phase-change material. “Phase change material.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https//en.wikipedia.org/wiki/Phase-change_material

[2] How do PCMs work?. “Phase Change Material” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http//microteklabs.com/how-do-pcms-work.html

[3] Roberts, R.M., Gilbert, J.C., Martin, S.F., Experimental Organic Chemistry, Saunders College Publishing 1994

[4] Bi M, Hwang SJ, Morris KR. Mechanism of eutectic formation upon compactionand its effects on tablet properties. Thermochim Acta 2003; 404213-226.

[5] J.M. Smith, H.C. Van Ness, M.M. Abbott, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics ,Chapter 14 ,P. 597-602

[6] Wikipedia, Paraffin wax. .“Paraffin wax.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https//en.wikipedia.org/wiki/Paraffin_wax

[7] Wikipedia, Fatty acid. .“Fatty acid.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https//en.wikipedia.org/wiki/Fatty_acid

[8] ประเภทของสีทาบ้าน. “สีทาบ้าน/สีอะคริลิค.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http//www.siamchemi.com/สีทาบ้าน/

[9] ดำเนิน คงพาลา. “เทคโนโลยีงานสี.” กรุงเทพฯ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2548.

[10] "Various Mixing Experiments." Bakker.org. 10 April 1998. Archived from the original on 26 June 2017. Retrieved 23 June2017

[11] Wellmix. “Fluid Mixer.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http//www.wellmix.net/wellmix/dt02.html

[12] Dean, John A. (1995). The Analytical Chemistry Handbook. New York McGraw Hill, Inc. pp. 15.1–15.5.

[13] Miller RF (Inventor). Shrieve Chemical Products, Inc. (assignee). Deep eutectic solvents and applications. US patent 20090247432 (March 25, 2009).

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[14] Joseph S, Michael W (Inventor). Alpharx, Inc. (assignee). Vehicle for topical delivery of anti-inflammatory compounds. US patent 10255951 (Sep 27, 2002).

[15] Yang YK, Kang IS, Chung MH, Kim SM, Park JC, Effect of PCM cool roof system on the reduction in urban heat island phenomenon, Building and Environment (2017)

[16] ชาติชาย เล้งมั่งมี. "การปรับปรุงสมบัติทางความร้อนด้วยสารเปลี่ยนวัฏภาค" ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2014.

[17] Dulux "วิธีคำนวณปริมาณสีที่ต้องใช้...ง่ายนิดเดียว" [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.dulux.co.th/th/articles/how-calculate-right-amount-paint