



บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซี

3.1.1 พรีพอลิเมอร์อีพ็อกซี

พรีพอลิเมอร์อีพ็อกซี เกิดจากปฏิกิริยาควบแน่นระหว่างบิสฟีนอลเอกับเอพิกลอโรไฮดริน โดยม่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ลักษณะ	: เป็นของเหลวข้นสีเหลืองอ่อนใส
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	: 1.17
การละลายน้ำ	: ไม่ละลายน้ำ
จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	: ตลายตัวก่อนถึงจุดเดือด
กลิ่น	: อีพ็อกซีอ่อน

ที่มา : บริษัท ไทยอีพ็อกซี แอนด์อัลลาลด์ โพรดักส์ จำกัด

3.1.2 สารทำแข็ง (Hardener)

เป็นชนิด Polyamide

ลักษณะ	: ของเหลวสีเหลืองเข้มใส มีความข้น
ความหนาแน่น (g/cm^3)	: 0.960
ความหนืด (mPa s ที่ 75°C)	: 300 - 600
กลิ่น	: ระคายเคือง

ที่มา : บริษัท Cognis Thai Ltd.

3.1.3 ผงสี (Pigment)

ผงสีที่ใช้เป็น Titanium dioxide

ลักษณะ	: ผงสีขาวละเอียด
--------	------------------

จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$ ที่ 760 mmHg) : 100

ความถ่วงจำเพาะ (g/cm^3) : 4.0

Bulking value (gal/lb) : 0.030

ที่มา : บริษัท อีสต์เอเชียติก (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

3.1.4 ตัวเติม

หน้าที่ : ใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อและลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้การใช้งานของสารเคลือบผิวทำได้ง่ายขึ้น

ตัวเติมที่ใช้ทั่วไป ได้แก่ CaCO_3 ซึ่งเป็นประเภทที่ได้จากธรรมชาติ และ Glass spheres ชนิด

Hollow glass spheres

CaCO_3

ลักษณะ : ผงสีขาวละเอียด

Moisture Ex-work (ISO 787/2) : 0.20 % Max.

เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (μm Max): 9

ความถ่วงจำเพาะ (ISO 787 /10, g/cm^3) : 2.7

ที่มา : บริษัท สุรินทร์ ออมซ่า เคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด

Glass spheres

ลักษณะ : เม็ดสีขาวละเอียด

ความหนาแน่นกลุ่ม (gal/lb) : 0.11

Effective density liquid displacement (g/cm^3) : 0.19

เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (μm) : 60

ขนาดอนุภาค (μm) : 5 – 115

ที่มา : บริษัท P.Q. Chemical จำกัด

3.1.5 ไคลูเอนต์ (Diluent)

หน้าที่ : ปรับปรุงสมบัติการระเหย และเพื่อให้การใช้งานของสารเคลือบผิวทำได้ง่ายขึ้น

Diluent เป็น Aliphatic glycidylester

ลักษณะ : ของเหลวสีเหลืองใส กลิ่นเฉพาะตัวอ่อนๆ

ความหนืด ที่ 25°C (ASTM D445) (mPa s) : 7.13

จุดเดือด 5- 90 % (v/v) at 101.3 kPa (ASTM D86) ($^{\circ}\text{C}$) : 251 – 278

ที่มา : บริษัท อีสต์เอเชียติก (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

3.1.6 ซิลิกาฟุ้ง (Silica fume)

ลักษณะ : ผงเบาสีขาว

ค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาค (mm) : 14

ความชื้น (wt %) : ≤ 0.5

ที่มา : บริษัท JJ-Degussa Chemicals (Thailand) LTD.

3.1.7 ตัวทำละลายหมายเลข 1 (Solvent No.1)

หน้าที่ : เพื่อละลายสารยึดที่เป็นของแข็งหรือที่มีความหนืดสูงให้ได้เป็นเนื้อเดียวกัน

ลักษณะ : ของเหลวสีเหลืองใส กลิ่นน้ำมันสนค่อนข้างแรง

ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ที่ 20 /20 °C: 0.900 Min.

จุดเดือด (°C) : 170 - 225

จุดวาบไฟ (TCC) (°C) : 40.30

ที่มา : บริษัท Siam Luck Trading Co., Ltd.

3.1.8 ตัวทำละลายหมายเลข 2 (Solvent No.2)

หน้าที่ : เพื่อละลายสารยึดที่เป็นของแข็งหรือที่มีความหนืดสูงให้ได้เป็นเนื้อเดียวกัน

ลักษณะ : ของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นเฉพาะตัวของอะโรมาติก

จุดเดือด (°C) : 138 – 143

จุดหลอมเหลว (°C) : ต่ำกว่า -25

ความถ่วงจำเพาะ (kg/m³) at 15 °C : 870

จุดวาบไฟ (°C) : 25

ที่มา : บริษัท เซลล์แห่งประเทศไทย จำกัด.

3.1.9 เกล็ดสำหรับเตรียมน้ำทะเลเทียม

ลักษณะ : ผงเกล็ดสีขาวละเอียด

เตรียมที่ความเข้มข้นเท่ากับ 28- 35 ppt (1.5 kg /46 L –1.5 kg /37 L)

ที่มา : บริษัท Aquaraise Limited Partnership. Bangkok Thailand (www. AquaRaise.com)

3.2 การเตรียมตัวอย่างผงตะกอน

นำกากตะกอนที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียตากให้แห้งด้วยแสงแดดประมาณ 2-3 สัปดาห์แล้วบดให้มีขนาดเล็กกลงโดยใช้ค้อนทุบ แยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh โดยเก็บตัวอย่างกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียเดือนละครั้ง จำนวน 5 ครั้ง

3.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผงตะกอน 5 ตัวอย่าง

เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผงตะกอนกับ CaCO_3 และ Glass spheres ได้แก่

- ลักษณะพื้นผิวทางกายภาพของผงตะกอน โดยเครื่อง SEM รุ่น JSM.-5410
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (Mean diameter) โดยใช้เครื่องวัดขนาดอนุภาค รุ่น Masterizer S, Malven Instruments Limited
- ความหนาแน่นโดยเครื่องวัดความหนาแน่นของอนุภาค รุ่น Ultrapycnometer 1000 Version 2.12
- pH โดยการนำผงตะกอนมาละลายในน้ำที่ปราศจากไอออน 1 % วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter รุ่น Tester 30
- การนำไฟฟ้า (Conductivity) โดยการนำผงตะกอนมาละลายน้ำที่ปราศจากไอออน 1 % วัดการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า รุ่น Ecoscan CONS
- เปอร์เซ็นต์ความชื้น (% Moisture content) โดยใช้เตาอบ MEMMERT UE400 และเครื่องชั่ง Precisa, XT220A

การวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค ความหนาแน่น pH การนำไฟฟ้า และความชื้นของผงตะกอนที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในภาคผนวก ค

3.4 การเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซี

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีตามอัตราส่วนในตารางที่ 3.1 และ 3.2 โดยใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์ปั่นผสม 800-1,000 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีโดยการนำผงตะกอนแทน CaCO_3

ข้อมูล	Control*	ปริมาณของผงตะกอนที่แทน CaCO_3 (% w/w)			
		25	50	75	100
Epoxy prepolymer	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Diluent	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
Silica fume	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
TiO_2	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
CaCO_3	18.00	13.50	9.00	4.50	0.00
Glass spheres	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
ผงตะกอน	0.00	4.50	9.00	13.50	18.00
Solvent No.1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Control* หมายถึง สูตรมาตรฐานที่บริษัทใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซี

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีโดยการนำผงตะกอนแทน Glass spheres

ข้อมูล	Control	ปริมาณของผงตะกอนที่แทน Glass spheres (% w/w)			
		25	50	75	100
Epoxy prepolymer	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Diluent	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
Silica fume	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
TiO_2	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
CaCO_3	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Glass spheres	4.00	3.00	2.00	1.00	0.00
ผงตะกอน	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
Solvent No.1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

3.5 การเตรียมตัวอย่างสารทำแข็ง

เตรียมตัวอย่างสารทำแข็งตามอัตราส่วนในตารางที่ 3.3 โดยใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์ปั่นผสม 1,000 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบของสารทำแข็ง

รายการ	เปอร์เซ็นต์ (% w/w)
Polyaminoamide	45.50
CaCO ₃	48.00
Silica fume	6.00
Solvent No.2	0.50
TOTAL	100.00

3.6 การศึกษาความหนืดของพรีพอลิเมอร์อีพ็อกซีและระยะเวลาการแห้งสัมผัสของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีเมื่อใช้ผงตะกอน

การศึกษาคความหนืดของพรีพอลิเมอร์อีพ็อกซีและระยะเวลาการแห้งสัมผัสของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซี แสดงในภาคผนวก ง ที่อุณหภูมิ 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 67 % โดยพิจารณาตามค่ากำหนดของบริษัทสำหรับผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีที่ใช้ในงานซ่อมแซมเรือประมง ตามภาคผนวก ง

3.7 การเตรียมตัวอย่างชิ้นงานและการศึกษาสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซี

นำตัวอย่างพรีพอลิเมอร์อีพ็อกซีที่เตรียมตามสูตรจากตารางที่ 3.1 และ 3.2 ผสมกับสารทำแข็งที่เตรียมตามสูตรจากตารางที่ 3.3 ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 2:1 ใช้แท่งแก้วกวน 1-2 นาทีจนเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทลงในแบบหล่อ (Mold) ขนาด 12.7 x12.7 x 50 mm ซึ่งเตรียมสำหรับการทดสอบความทนแรงอัด (Compressive strength) และขนาด 25 x75 x6 mm สำหรับการทดสอบความแข็ง (Hardness) แบบชอร์คูโรมิเตอร์ ประเภท D และทดสอบการทนการกัดกร่อนจาก

น้ำทะเลเทียม โดยชิ้นงานทั้งหมดเตรียมที่อุณหภูมิห้อง หลังจาก 48 ชั่วโมงจึงถอดตัวอย่างออกจากแบบหล่อ และศึกษาสมบัติทางกลของ ดังนี้

- การทดสอบความทนแรงอัดตาม ASTM D 695-Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics ดังภาคผนวก ฉ ขนาดชิ้นงาน 12.7 x12.7 x 50 mm ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์แบบสถิต Universal Testing Machine Static Type (Instron 8801) ทดสอบที่อุณหภูมิ 23 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 52 % ใช้ความเร็วของหัวทดสอบ 2.0 mm /min

- การทดสอบความแข็ง แบบชอร์ D ตาม ASTM D224000 Standard Test Method for Rubber Properties - Durometer Hardness ดังภาคผนวก ฉ ขนาดชิ้นงาน 25 x75 x6 mm ทดสอบด้วยเครื่อง Shore Instrument - Instron ภาวะการทดสอบ Indentor 2.46 – 2.54 mm อุณหภูมิ 23 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 52 %

3.8 การศึกษาสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซี

สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งเรซินอีพ็อกซีในการทนทานต่อการกัดกร่อนจากน้ำทะเลโดยใช้น้ำทะเลเทียม แสดงในภาคผนวก ง

3.9 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- ก้อน
- ตะแกรงร่อนขนาดความละเอียด 100 mesh
- เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า รุ่น Ecoscan CON5
- เครื่อง pH meter รุ่น Tester 30
- แบบหล่อสำหรับการเตรียมตัวอย่างชิ้นงาน
- เครื่องวัดความหนาแน่นของอนุภาค รุ่น Ultrapycnometer 1000 Version 2.12
- เครื่องทดสอบเนกประสงค์แบบสถิต (Universal Testing Machine Static Type) รุ่น

INSTRON 8801

- เครื่องวัดความแข็ง (Hardness Testing Machine) Shore Instrument - Instron
- เครื่องวัดขนาดของอนุภาค รุ่น Mastersizer S, Malvern Instruments Limited
- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

รุ่น JSM.-5410

- เตาอบ MEMMERT UE400
- เครื่องชั่ง Precisa รุ่น XT220A
- เครื่องวัดค่าความหนืด รุ่น Brookfield Model RVT