

การพัฒนาคอนกรีตพอลิเมอร์และมอร์ตาร์พอลิเมอร์จากขวดเพทที่ใช้แล้ว

นางสาว รัตนา จิตต์ลดาพิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-640-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF POLYMER CONCRETE AND POLYMER MORTAR
FROM WASTE PET BOTTLES

Miss Rattana Chitladaphitak

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-639-640-4

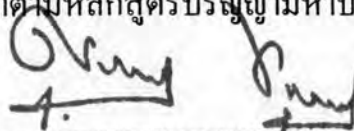
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาคอนกรีตพอลิเมอร์และมอร์ตาร์พอลิเมอร์จากขวดเพทที่
ใช้แล้ว

โดย นางสาวรัตนา จิตต์ลดาพิทักษ์

ภาควิชา วัสดุศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เข้มชัย เหมะจันทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อรุษา สรวารี)

รัตนา จิตต์ลดาพิทักษ์ : การพัฒนาคอนกรีตพอลิเมอร์และมอร์ตาร์พอลิเมอร์จากขวด
พลาสติกใช้แล้ว (DEVELOPMENT OF POLYMER CONCRETE AND POLYMER
MORTAR FROM WASTE PET BOTTLES) อ. ที่ปรึกษา: รศ. เสาร์จันท์ ช่วยจุลจิตร
92 หน้า, ISBN 974-639-640-4.

งานวิจัยนี้ได้ทดลองทำคอนกรีตพอลิเมอร์และมอร์ตาร์พอลิเมอร์ โดยใช้พอลิเอสเทอร์เรซินชนิด
ไม่อิ่มตัวที่สังเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายขวดพลาสติกใช้แล้วด้วยกระบวนการไกลโคไลซิส เป็น
สารยึดเกาะ

สมบัติที่ทำการทดสอบได้แก่ ความทนแรงดัด ความทนแรงกด เปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำ ความ
ทนต่อสารเคมี และเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของคอนกรีตพอลิเมอร์และมอร์ตาร์พอลิเมอร์ถูกนำมาเปรียบเทียบกับ
สมบัติของคอนกรีตซีเมนต์และมอร์ตาร์ซีเมนต์

ผลการวิจัยพบว่า ทั้งคอนกรีตพอลิเมอร์และมอร์ตาร์พอลิเมอร์มีความทนแรงดัด และความทนแรง
กดสูงกว่า มีเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำต่ำ และใช้เวลาในการแข็งตัวน้อยกว่าคอนกรีตซีเมนต์และมอร์ตาร์ซีเมนต์
นอกจากนี้ยังพบว่า คอนกรีตพอลิเมอร์และมอร์ตาร์พอลิเมอร์ทนต่อสารเคมีได้ดี

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และ-
เทคโนโลยีสิ่งทอ
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิติกร รัตนา จิตต์ลดาพิทักษ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา เกวณดี ชัยกุลจิตร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

3971446623 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEY WORD: POLYMER CONCRETE / POLYMER MORTAR / WASTE PET BOTTLES /
UNSATURATED POLYESTER RESIN

RATTANA CHITLADAPHITAK : DEVELOPMENT OF POLYMER CONCRETE AND
POLYMER MORTAR FROM WASTE PET BOTTLES. THESIS ADVISOR : ASSOC.
PROF. SAOWAROJ CHUAYJULJIT. 92 pp. ISBN 974-639-640-4

This research was aimed to produce polymer concrete and polymer mortar from unsaturated polyester resin synthesized by glycolysis of waste PET bottles.

Properties such as flexural strength , compressive strength , water absorption , chemical resistance and cured time of the products obtained from resin binder and cement binder were tested.

The results showed that both polymer concrete and polymer mortar have higher flexural and compressive strength , lower water absorption and shorter curing time than cement concrete and cement mortar . In addition , they also provide good chemical resistance.

ภาควิชา วัสดุศาสตร์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และ
เทคโนโลยีสิ่งทอ

ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต รัตนา ชิตลาดาพิทักษ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ภาวศร ๕๐๐๑๖๕ ๖

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำปรึกษาทางด้านวิชาการ ความเอื้อเฟื้อทางด้านสถานที่ เครื่องมือและวัสดุสำหรับงานวิจัย ตลอดจนได้รับความช่วยเหลือ แนะนำแนวทางในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ขอขอบคุณ รศ. เสาวรจน์ ช่วยจตุจักร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำทางด้านวิชาการพร้อมทั้งช่วยเหลือติดต่อประสานงานให้วิทยานิพนธ์สามารถดำเนินไปได้จนสำเร็จ

ขอขอบคุณ รศ. ดร. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา ที่ให้คำแนะนำทางด้านวิชาการ และให้การสนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลอง

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ ที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ

ขอขอบคุณ หน่วยปฏิบัติการเครือข่ายพอลิเมอร์คอมโพสิต ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัทสยามเคมีคอลอินดัสตรี และ บริษัท สยามเรซิน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมี

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องทดสอบคอนกรีต

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา พร้อมทั้ง ครู อาจารย์ ที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาการให้แก่ข้าพเจ้า

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	3
2.1 พอลิเอสเตอร์ (Polyester).....	3
2.1.1 การแบ่งประเภทของพอลิเอสเตอร์.....	3
2.1.2 ปฏิกิริยาทางเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์.....	3
2.2 เพท [PET ; Poly(ethylene terephthalate)].....	5
2.2.1 สารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์เพท.....	5
2.2.2 การสังเคราะห์เพท.....	6
2.2.3 การย่อยสลายเพท.....	8
2.3 พอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated Polyester Resin).....	11
2.3.1 องค์ประกอบ.....	12
2.3.1.1 พอลิเอสเตอร์ไม่อิ่มตัว.....	12
2.3.1.2 มอนอเมอร์.....	15
2.3.1.3 สารยับยั้งปฏิกิริยา.....	16
2.3.2 กระบวนการผลิต.....	17
2.3.3 การแข็งตัว.....	19
2.3.4 การควบคุมคุณภาพ.....	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.3.5 การใช้งาน.....	23
2.4 การสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัวจากขูดเพทที่ใช้ แล้ว.....	24
2.5 คอนกรีตพอลิเมอร์และมอร์ต้าพอลิเมอร์.....	26
2.5.1 ความหมาย.....	26
2.5.2 องค์ประกอบ.....	27
2.5.2.1 สารยึดเกาะ (binders).....	27
2.5.2.2 มวลรวม (aggregates).....	28
2.5.2.3 สารเติมแต่ง (additives).....	30
2.5.3 สัดส่วนการผสม.....	30
2.5.4 แม่แบบและการขึ้นรูป.....	33
2.5.5 การใช้งาน.....	34
2.5.6 การพัฒนาคอนกรีตพอลิเมอร์และมอร์ต้าพอลิเมอร์จากขูด เพทที่ใช้แล้ว.....	36
3. การทดลอง.....	38
3.1 การย่อยสลายขูดเพทที่ใช้แล้ว.....	38
3.2 การสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัวจากไกลโคไลซ์ โพรดักส์.....	40
3.3 การขึ้นรูปขึ้นทดสอบคอนกรีตพอลิเมอร์.....	43
3.4 การทดสอบสมบัติเชิงกลของคอนกรีตพอลิเมอร์.....	45
3.4.1 การทดสอบความทนแรงค้ดแบบ three-point bending.....	45
3.4.2 การทดสอบความทนแรงกด.....	45
3.5 การขึ้นรูปมอร์ต้า.....	46
3.5.1 การหาสูตรการผสมที่เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปมอร์ต้า.....	46

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.5.2 การขึ้นรูปขึ้นทดสอบมอร์ต้าพอลิเมอร์และมอร์ต้าซีเมนต์.....	48
3.6 การทดสอบสมบัติเชิงกลของมอร์ต้าพอลิเมอร์และมอร์ต้าซีเมนต์.....	49
3.6.1 การทดสอบความทนแรงดัดแบบ three-point bending.....	49
3.6.2 การทดสอบความทนแรงกด.....	50
3.7 การทดสอบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำและความทนต่อสารเคมี.....	50
3.8 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของซีเมนต์ เรซินสังเคราะห์ และ Polylite SMF-8111.....	51
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	54
4.1 การย่อยสลายขูดเพทที่ใช้แล้ว.....	54
4.2 การสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัวจากไกลโคไลซ์โพรดักส์.....	56
4.2.1 การตรวจสอบ IR-spectrum.....	56
4.2.2 การตรวจสอบสมบัติของเรซินเหลว.....	59
4.2.3 การตรวจสอบสมบัติของเรซินแข็ง.....	60
4.3 การขึ้นรูปขึ้นทดสอบคอนกรีตพอลิเมอร์.....	61
4.4 การทดสอบสมบัติเชิงกลของคอนกรีตพอลิเมอร์.....	61
4.5 การขึ้นรูปมอร์ต้า.....	62
4.5.1 การหาสูตรการผสมที่เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปมอร์ต้า.....	62
4.5.2 การขึ้นรูปขึ้นทดสอบมอร์ต้าพอลิเมอร์และมอร์ต้าซีเมนต์.....	63
4.6 การทดสอบสมบัติเชิงกลของมอร์ต้าพอลิเมอร์และมอร์ต้าซีเมนต์.....	63
4.7 การทดสอบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำและความทนต่อสารเคมี.....	64
4.8 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของซีเมนต์ เรซินสังเคราะห์ และ Polylite SMF-111.....	69
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	71
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	71
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	71

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
รายการอ้างอิง.....	73
ภาคผนวก.....	76
ภาคผนวก ก.....	77
ภาคผนวก ข.....	82
ภาคผนวก ค.....	90
ประวัติผู้วิจัย.....	92

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างไกลคอลที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์ไม่อิ่มตัว.....	13
2.2 ตัวอย่างกรดอิมตัวที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์ไม่อิ่มตัว.....	14
2.3 ตัวอย่างมอนอเมอร์ที่ใช้ในพอลิเอสเทอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว.....	16
4.1 ตำแหน่งของพิกสำคัญต่าง ๆ ที่พบในสเปกตรัมของเรซินสังเคราะห์.....	57
4.2 ตำแหน่งของพิกสำคัญต่าง ๆ ที่พบในสเปกตรัมของ Polylyte SMF-8111.....	59
4.3 สมบัติของเรซินเหลว.....	60
4.4 สมบัติของเรซินแข็ง.....	60
4.5 ผลการทดสอบความทนแรงดัดและความทนแรงกดของคอนกรีต.....	61
4.6 ผลการทดสอบความทนแรงดัดและความทนแรงกดของมอร์ต้า.....	64
4.7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของชิ้นทดสอบหลังจากแช่ในน้ำ เป็นเวลา 1 , 4 , 7 , 19 และ 28 วัน.....	65
4.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของชิ้นทดสอบหลังจากแช่ในสาร ละลาย 10% NaOH เป็นเวลา 1 , 4 , 7 , 19 และ 28 วัน.....	65
4.9 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของชิ้นทดสอบหลังจากแช่ในสาร ละลาย 10% H ₂ SO ₄ เป็นเวลา 1 , 4 , 7 , 19 และ 28 วัน.....	65

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ปฏิริยาการสังเคราะห์และโครงสร้างของพอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว หลังจากเกิดปฏิกิริยาแข็งตัว.....	12
2.2 กระบวนการผลิตพอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว.....	18
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาขณะเรซินแข็งตัว.....	20
2.4 โครงสร้างของเพทในสายโซ่พอลิเอสเตอร์.....	25
3.1 อุปกรณ์การย่อยสลายเพท.....	39
3.2 อุปกรณ์การสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว.....	41
3.3 ขั้นตอนการสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว.....	42
3.4 ขั้นตอนทั้งหมดในการทดลอง.....	53
4.1 FT-IR spectrum ของไกลโคไลซ์โพรดักต์.....	54
4.2 FT-IR spectrum ของเพท.....	55
4.3 FT-IR spectrum ของเรซินที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักต์.....	57
4.4 FT-IR spectrum ของ Polylite SMF-8111.....	58
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาที่แช่ ขึ้นทดสอบในน้ำ.....	66
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาที่แช่ ขึ้นทดสอบในสารละลาย 10% NaOH.....	66
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาที่แช่ ขึ้นทดสอบในสารละลาย 10% H ₂ SO ₄	67
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของเรซิน- สังเคราะห์.....	69

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของ Polylite

SMF-8111..... 70