อิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล

นางสาวอุบลทิพย์ ราวีทิพย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4888-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EPOXY RESINS MODIFIED BY PVC PLASTISOLS

Ms. Ubontip Raveetip

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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
Faculty of Science
Chulalongkorn University

Academic Year 2003
ISBN 974-17-4888-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล
โดย	นางสาวอุบลทิพย์ ราวีทิพย์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รัจนา ศิริสุข)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุบลทิพย์ ราวีทิพย์ : อิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล. (EPOXY RESINS MODIFIED BY PVC PLASTISOLS) อ. ที่ปรึกษา : รศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์, 85 หน้า. ISBN 974-17-4888-4

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมของอิพอกซีเรซินที่มีความเปราะซึ่งถูกดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอลปริมาณต่างๆ กัน พลาสติซอลเตรียมได้จากการผสมพีวีซีเรซิน/ไดเอทิลออกทิลฟทาเลตพลาสติไซเซอร์/สเตบิไลเซอร์ในอัตราส่วนต่างๆ คือ 100/30/2 100/35/2 100/40/2 100/45/2 และ 100/50/2 ปริมาณพลาสติซอลที่ใช้ผสมกับอิพอกซีเรซิน คือ 20 40 60 80 และ 100 ส่วนต่ออิพอกซีเรซิน 100 ส่วน ซึ่งภายหลังการบ่ม อิพอกซีดัดแปรได้ถูกนำไปตรวจสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนที่เปลี่ยนไปตามปริมาณพลาสติไซเซอร์และพลาสติซอลที่ใช้ดัดแปร ผลการทดสอบสมบัติด้านการดึงและความทนแรงกระแทกแสดงให้เห็นว่า ความทนแรงดึง การดึงยืด และยังส์มอดุลัสของชิ้นงานลดลงเมื่อปริมาณพลาสติซอลในอิพอกซีเรซินเพิ่มขึ้น แต่สามารถสังเกตได้ว่าการยืดตัวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณพลาสติไซเซอร์ในพลาสติซอลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ยังพบว่าความทนแรงกระแทกของอิพอกซีเรซินดัดแปรเพิ่มขึ้นเมื่อใส่พลาสติซอลเข้าไปไม่เกิน 40 phr และมีค่าลดลงเมื่อปริมาณพลาสติซอลเพิ่มขึ้นเนื่องจากความไม่เข้ากันของอิพอกซีเรซินและพีวีซีพลาสติซอล

จากการศึกษาสมบัติทางความร้อนของอิพอกซีดัดแปรด้วยเทคนิค TGA และ DSC พบว่าอุณหภูมิเริ่มสลายตัวลดลงจาก 368 เป็น 280 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกลาสทรานซิชันลดลงจาก 85 เป็น 82 องศาเซลเซียส ชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบความทนแรงกระแทกได้ถูกนำไปตรวจสอบพื้นผิวรอยแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด พบว่าความเหนียวที่เพิ่มขึ้นของอิพอกซีดัดแปรมาจากการกระจายตัวของอนุภาคที่ละเอียดของพีวีซีพลาสติซอล แต่เมื่อปริมาณพลาสติซอลเพิ่มขึ้นมากกว่า 40 phr ภาพที่ได้แสดงโครงสร้างที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของความทนแรงกระแทก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต อุบลทิพย์ ราวีทิพย์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

4572597823 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEY WORD : EPOXY RESIN / PLASTISOL / MODIFIED / TOUGHENING

UBONTIP RAVEETIP : EPOXY RESINS MODIFIED BY PVC PLASTISOLS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SAOWAROJ CHUAYJULJIT, 85 pp. ISBN 974-17-4888-4

The aim of this research was to investigate the behavior of brittle epoxy resin modified by different amounts of PVC plastisol. PVC resin was mixed with a plasticizer, dioctyl phthalate (DOP) and a stabilizer to obtain plastisols. The plastisols of various weight ratios of PVC/DOP/stabilizer in 100/30/2, 100/35/2, 100/40/2, 100/45/2 and 100/50/2 were prepared. The plastisols used in the blends were 20, 40, 60, 80 and 100 parts per hundred of epoxy resin. After curing process, the changes in mechanical and thermal properties of modified epoxy resins with the concentration of plasticizer and plastisol, have been studied. Tension and impact tests were performed in order to observe the effect of PVC plastisol modification. The obtained results showed that, tensile strength, elongation and Young's modulus decreased with increasing plastisol content in epoxy resin. But it could be noticed that, the higher amount of plasticizer in plastisol showed the effect of an increase in elongation. Furthermore, it was found that, impact strength increased when plastisol content was up to about 40 phr and then decreased due to incompatibility of epoxy resin and PVC plastisol.

TGA and DSC were employed to investigate thermal properties of modified epoxy resins. TGA and DSC revealed that thermal decomposition temperature and glass transition temperature decreased from 368 to 280°C and from 85 to 82°C respectively. Finally, fracture surfaces of all specimens were examined by scanning electron microscope. The results suggested that the possible toughening of epoxy resin was induced by the presence of fine particles of PVC plastisol attached to the epoxy matrix. When the amount of PVC plastisol in epoxy resin increased (> 40 phr), SEM micrographs showed a heterogeneous structure going along with relatively low impact strength.

Department of Materials Science — Student's signature ..Ubontip Raveetip..

Field of study APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY — Advisor's signature ....

Academic year 2003

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้นั้น เนื่องจากการสนับสนุนและความเอื้อเฟื้อทางด้านอาคารสถานที่ เครื่องมือ และวัตถุดิบสำหรับการดำเนินงาน ตลอดจนได้รับความแนะนำทางวิชาการ และความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆเป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังรายนามต่อไปนี้

รศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี รศ.ไพพรรณ สันติสุข ผศ.ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์ และ ผศ. รัจนา ศิริสุข กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยตรวจสอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

บริษัท ไทยนาม พลาสติกส์ จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์พีวีซีเรซินและพลาสติ-ไซเซอร์ บริษัท สยามเคมิคัลอินดัสตรี้ จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์อิพอกซีเรซิน และสารบ่ม บริษัท ซีบา สเปเชียลตี้ เคมิคัล จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์สเตบิไลเซอร์ บริษัท ฟาบริเนท จำกัด และบริษัท เมทเล่อร์-โทเลโด จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์เครื่องมือในการตรวจสอบสมบัติทางความร้อน และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความอนุเคราะห์ตู้อบสุญญากาศ

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณชัยวัฒน์ นรกานต์กร รุ่นพี่ภาควิชาวัสดุศาสตร์ สำหรับคำปรึกษาและคำแนะนำที่มีประโยชน์ และเพื่อนๆ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอทุกคน สำหรับความช่วยเหลือเอื้อเฟื้อต่างๆ และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้าจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).. ง

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).. จ

กิตติกรรมประกาศ.. ฉ

สารบัญ.. ช

สารบัญตาราง.. ญ

สารบัญรูป.. ฎ

บทที่

1 บทนำ.. 1

1.1 วัตถุประสงค์.. 3

1.2 ขอบเขตงานวิจัย.. 3

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.. 3

2 วารสารปริทัศน์.. 4

2.1 อิพอกซีเรซิน.. 4

2.1.1 การเตรียมอิพอกซีเรซิน.. 4

2.1.2 การบ่มอิพอกซีเรซิน.. 8

2.1.3 สมบัติและการใช้งานของอิพอกซีเรซิน.. 11

2.2 พีวีซีพลาสติซอล.. 12

2.3 โคพอลิเมอร์ของบิวตะไดอีนและอะคริโลไนไตรล์ที่มีหมู่สุดท้ายเป็นหมู่คาร์บอกซิล.. 20

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.. 22

3 วิธีการทดลอง.. 26

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.. 26

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.. 26

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์.. 26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.4 ขอบเขตการทดลอง	27
	3.5 การเตรียมพีวีซีพลาสติซอล	28
	3.6 การเตรียมชิ้นงานอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล	30
	3.6.1 การเตรียมอิพอกซีเรซินดัดแปร	30
	3.6.2 การขึ้นรูปชิ้นงานอิพอกซีเรซินดัดแปร	32
	3.7 การทดสอบสมบัติของชิ้นงานอิพอกซีเรซินดัดแปร	32
	3.7.1 การทดสอบความทนแรงกระแทก	32
	3.7.2 การทดสอบสมบัติด้านแรงดึง	33
	3.7.3 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเทอร์	35
	3.7.4 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเครื่องเทอร์โมกราวิเมทริกแอนาไลเซอร์	36
	3.7.5 การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวหน้าตัดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	37
4	ผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลอง	38
	4.1 อุณหภูมิที่ได้จากการคายความร้อนสูงสุดของการบ่มอิพอกซีเรซินดัดแปร	38
	4.2 การทดสอบสมบัติความทนแรงกระแทกของอิพอกซีเรซินดัดแปร	41
	4.3 การทดสอบสมบัติด้านแรงดึงของอิพอกซีเรซินดัดแปร	43
	4.3.1 ความทนแรงดึง	43
	4.3.2 เปอร์เซ็นต์การยืดตัว	45
	4.3.3 ยังส์มอดุลัส	47
	4.4 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของอิพอกซีเรซินดัดแปร	48
	4.5 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของอิพอกซีเรซินดัดแปร	51
	4.5.1 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริกแอนาไลซิส	51
	4.5.2 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริเมทรี	54
5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	57
	5.1 สรุปผลการทดลอง	57

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ	58
รายการอ้างอิง	59
ภาคผนวก	61
ภาคผนวก ก	62
ภาคผนวก ข	68
ภาคผนวก ค	69
ภาคผนวก ง	72
ภาคผนวก จ	79
ภาคผนวก ฉ	84
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนผสมของพลาสติซอลที่ใช้งานกันทั่วไป.. 20

ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมพีวีซีพลาสติซอล.. 28

ตารางที่ 3.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมอิพอกซีเรซินดัดแปร.. 30

ตารางที่ 4.1 อุณหภูมิที่ได้จากการคายความร้อนสูงสุดของอิพอกซีเรซิน.. 38

ตารางที่ 4.2 อุณหภูมิเริ่มสลายตัวของพีวีซีเรซิน และพีวีซีพลาสติซอล.. 51

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิเริ่มสลายตัวของอิพอกซีเรซิน และอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซี
พลาสติซอล.. 53

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของพีวีซีเรซิน และพีวีซีพลาสติซอล.. 54

ตารางที่ 4.5 อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของอิพอกซีเรซิน และอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซี
พลาสติซอล.. 56

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 หมู่อิพอกซี.. 4

รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาระหว่างหมู่อิพอกซีกับสารที่ให้โปรตอน.. 4

รูปที่ 2.3 ชนิดของสารตั้งต้นที่มีหมู่อิพอกซี.. 5

รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของ DGEBA.. 5

รูปที่ 2.5 การเตรียมมอนอเมอริก DGEBA... 6

รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาการบ่มอิพอกซีเรซินด้วยเอมีนปฐมภูมิและทุติยภูมิ.......................... 9

รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยาระหว่างหมู่อิพอกซีและแอลกอฮอล์ภายใต้ภาวะที่เป็นด่าง.................... 9

รูปที่ 2.8 ปฏิกิริยาระหว่างหมู่อิพอกซีและแอลกอฮอล์ภายใต้ภาวะที่เป็นกรด.................... 10

รูปที่ 2.9 ปฏิกิริยาระหว่างหมู่อิพอกซีและยูเรีย.. 10

รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยาระหว่างหมู่อิพอกซีและยูรีเทน... 11

รูปที่ 2.11 กลไกของปฏิกิริยาการบ่มอิพอกซีเรซินด้วยสารไอโซไซยาเนต......................... 11

รูปที่ 2.12 โครงสร้างของ CTBN.. 20

รูปที่ 3.1 ขอบเขตและขั้นตอนการทดลอง... 27

รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์ในการเตรียมพีวีซีพลาสติซอล.. 29

รูปที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์ในการเตรียมอิพอกซีเรซินดัดแปร.. 31

รูปที่ 3.4 ลักษณะชิ้นงานทดสอบสมบัติความทนแรงกระแทก....................................... 32

รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก รุ่น ATS..................................... 33

รูปที่ 3.6 ลักษณะและขนาดชิ้นงานดัมเบลล์สำหรับทดสอบสมบัติการทนแรงดึง.................. 34

รูปที่ 3.7 เครื่อง Universal Tensile Testing LLOYD รุ่น LR 100 K............................ 34

รูปที่ 3.8 ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเทอร์ เมทเล่อร์-โทเลโด รุ่น DSC 822-e/400W... 35

รูปที่ 3.9 เทอร์โมกราวิเมทริกแอนาไลเซอร์ เมทเล่อร์-โทเลโด รุ่น TGA/SDTA 851e/LS/1600 36

รูปที่ 3.10 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JSM-5410 LV........................ 37

รูปที่ 4.1 อุณหภูมิที่ได้จากการคายความร้อนสูงสุดของอิพอกซีเรซิน และอิพอกซีเรซิน
ดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล.. 39

รูปที่ 4.2 ความทนแรงกระแทกของอิพอกซีเรซิน และอิพอกซีดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล.... 41

รูปที่ 4.3 ความทนแรงกระแทกของอิพอกซีเรซิน อิพอกซีดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล
และ CTBN.. 42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ หน้า

รูปที่ 4.4 ความทนแรงดึงของอิพอกซีเรซินและอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล....... 43

รูปที่ 4.5 ความทนแรงดึงของอิพอกซีเรซิน อิพอกซีดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล และ CTBN....... 44

รูปที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของอิพอกซีเรซิน และอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล....... 45

รูปที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของอิพอกซีเรซิน อิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล และ CTBN....... 46

รูปที่ 4.8 ยังส์มอดุลัสของอิพอกซีเรซิน และอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล....... 47

รูปที่ 4.9 ยังส์มอดุลัสของอิพอกซีเรซิน อิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล และ CTBN....... 48

รูปที่ 4.10 สัณฐานวิทยาของอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล 40 phr ซึ่งพลาสติซอลประกอบด้วยพลาสติไซเซอร์ (ก) 30 phr (ข) 35 phr (ค) 40 phr (ง) 45 phr (จ) 50 phr....... 49

รูปที่ 4.11 สัณฐานวิทยาของอิพอกซีเรซินดัดแปรด้วยพีวีซีพลาสติซอล 80 phr ซึ่งพลาสติซอลประกอบด้วยพลาสติไซเซอร์ (ก) 30 phr (ข) 35 phr (ค) 40 phr (ง) 45 phr (จ) 50 phr....... 50

รูปที่ 4.12 อุณหภูมิเริ่มสลายตัวของพีวีซีเรซิน และพีวีซีพลาสติซอล....... 52

รูปที่ 4.13 อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของพีวีซีและพีวีซีพลาสติซอล....... 55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย