บทสรุปรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์เตรียมจากยางธรรมชาติอิพ็อกซิไดซ์และไนลอน 6

Thermoplastic elastomer prepared from epoxidized natural rubber blended with nylon 6

ชื่อหัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. วราภรณ์ ตันรัตนกุล

สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา

โทรศัพท์/โทรสาร 074-288360/074-446925 E-mail: varaporn.t@psu.ac.th

นักศึกษา นายธรรมนิจ จีบเจือ และนายพงศธร กาญจนพรหม

งบประมาณทั้งโครงการ 100,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินการ 6 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2548 – 31 พฤษภาคม 2549

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

ปัจจุบันนี้มีการใช้เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์กันอย่างแพร่หลาย เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ทางการค้าที่ได้จากการผสมยางและพลาสติกนั้นนิยมใช้ยางสังเคราะห์ ถึงแม้ว่างานวิจัยภายในประเทศไทยจะมีการใช้ยางธรรมชาติกับพลาสติก แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่ใช้ยางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์ผสมกับไนลอน 6 นอกจากนี้งานวิจัยระดับนานาชาติที่ใช้พอลิเมอร์คู่นี้ยังไม่ปรากฏในการรายงานหรือสิทธิบัตร ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงเป็นการทดลองขั้นพื้นฐานที่มุ่งเน้นการนำยางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์ผสมกับไนลอน 6 ทำเป็นเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมต่อการเตรียมเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ และตรวจสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพอื่นๆ

ผลการดำเนินงาน

1. มีการศึกษาหาไนลอนที่เหมาะสม โดยการทดลองใช้ไนลอน 2 เกรด ที่มีจุดหลอมเหลวเท่าๆกันแต่มีความหนืดต่างกัน พบว่าไนลอนที่เหมาะสมคือ Ultramide™ B36 มีค่าดัชนีการไหลเท่ากับ 5 g/10 min และมีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 219 °C ไนลอนชนิดนี้มีความหนืดค่อนข้างสูง สามารถนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดความดันได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านครุภัณฑ์ของโครงการวิจัยนี้คือ ไม่มีเครื่องขึ้นรูปแบบฉีดพลาสติก จึงจำเป็นต้องขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องอัดความดัน ถ้าใช้ไนลอนที่มีความหนืดต่ำ จะมีปัญหาการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด คือ ไนลอนจะไหลออกมาจากเบ้าพิมพ์
2. มีการศึกษาชนิดและปริมาณสารเชื่อมโยงและสารร่วมการเชื่อมโยง สารเชื่อมโยงที่ใช้มี 2 ชนิด คือ ไดคิวมิวเปอร์ออกไซด์ชนิดเข้มข้น 40% (dicumyl peroxide, Perkadox™ BC-40B-pd) และฟีนอลิคเรซิน (phenolic resin, SP1045) สารร่วมการเชื่อมโยงที่ใช้มี 2 ชนิด คือ Saret™ SR75EPM2M และ Saret™ SR350 ปริมาณไดคิวมิวเปอร์ออกไซด์ที่ศึกษา คือ 2.5 และ 5 phr ส่วนฟีนอลิคเรซินที่ใช้เท่ากับ 6 และ 8 phr ปริมาณของสารร่วมการเชื่อมโยงที่ใช้ศึกษาคือ 1 – 3 phr สมบัติเชิงกลที่ศึกษาได้แก่ สมบัติความทนต่อแรงดึง ความต้านทานต่อการฉีกขาด สมบัติการยืดถาวร และความแข็ง ผลการทดลองพบว่า จำเป็นต้องมีการเชื่อมโยงโมเลกุลของยางเพื่อให้สมบัติเชิงกลที่ดี ฟีนอลิคเรซินให้สมบัติเชิงกลดีกว่าไดคิวมิวเปอร์ออกไซด์ และSaret™ SR75EPM2M ให้สมบัติเชิงกลดีกว่า Saret™ SR350

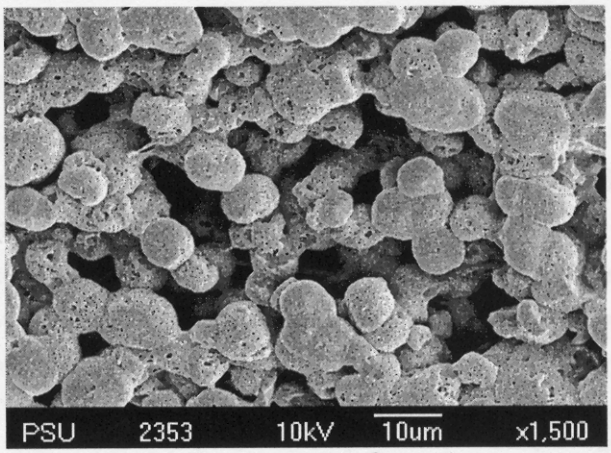
3. มีการศึกษาวิธีการเตรียมเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ โดยใช้เครื่องผสมแบบปิดและเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ให้สมบัติเชิงกลดีกว่าเครื่องผสมแบบปิด ในการผสมด้วยเครื่องผสมแบบปิดนั้น มีการเติมสารเชื่อมโยงระหว่างการผสมไนลอนและยางในเครื่องผสมแบบปิด ซึ่งระยะเวลาในการผสมด้วยเครื่องผสมชนิดนี้ค่อนข้างนาน อาจทำให้ไนลอนเกิดการเสื่อมสลายได้เมื่อใช้ไดคิวมิวเปอร์ออกไซด์ การผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ พอลิเมอร์มีเวลาอยู่ภายในเครื่องน้อยกว่า จึงทำให้โอกาสเกิดการเสื่อมสลายของไนลอนมีน้อยกว่า สมบัติเชิงกลจึงดีกว่า ข้อเสียของการผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่คือ ต้องทำการผสมสองครั้ง เนื่องจากการผสมครั้งแรกยังไม่สามารถให้การกระจายของเฟสยางสม่ำเสมอ
4. วิเคราะห์มอร์โฟโลจี (morphology) ของเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ด้วยเครื่อง SEM พบว่ายางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์เป็นเฟสกระจาย มีลักษณะเป็นเม็ดค่อนข้างกลมกระจายอยู่ในเฟสไนลอนที่เป็นเฟสต่อเนื่องหรือแมทริกซ์ ก่อนที่จะดูด้วยเครื่อง SEM นี้ จะต้องสกัดเฟสไนลอนออกไปก่อน ด้วยการแช่ตัวอย่างในกรดฟอร์มิค
5. วิเคราะห์ความเข้ากันได้ของไนลอนและยางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์ด้วยเครื่อง DMTA พบว่าพอลิเมอร์ทั้งสองมีการแยกเฟสกันอย่างชัดเจน ไม่มีอันตรกิริยาระหว่างกันเนื่องจากค่า T_g ของพอลิเมอร์ทั้งสองมีแนวโน้มแยกห่างกันมากขึ้น
6. สามารถหาสูตรที่เหมาะสมต่อการเตรียมเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ จากไนลอน 6 และยางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์ได้

สรุปผลการวิจัย

เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ระหว่างไนลอนและยางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์ สามารถเตรียมได้โดยใช้เครื่องผสมแบบปิดและเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ การผสมด้วยเครื่องอัดรีดจะให้สมบัติเชิงกลดีกว่าการผสมด้วยเครื่องผสมแบบปิด เนื่องจากการผสมด้วยเครื่องอัดรีดใช้เวลาในการผสมสั้นกว่า การผสมด้วยเครื่องผสมแบบปิดในระบบที่มีการใช้เปอร์ออกไซด์อาจทำให้ไนลอนเกิดการเสื่อมสลายได้ ปริมาณยางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์ที่ใช้ประมาณ 50 - 60 phr ขึ้นอยู่กับสูตร ส่วนผสมที่สำคัญคือ ชนิดและปริมาณของสารเชื่อมโยงและสารร่วมการเชื่อมโยง สูตรที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาต่อไป คือ สูตรที่ใช้ฟีนอลิคเรซินและ Saret™ SR75EPM2M ตัวอย่างสูตรที่ให้สมบัติเชิงกลที่ดี ได้แก่ E50/ph-8t/75-3b และ E60/ph-6t/75-3b คือสูตรที่มียาง 50 และ 60 phr ตามลำดับ ผสมฟีนอลิคเรซิน 8 และ 6 phr ตามลำดับ และผสมสารร่วมการเชื่อมโยงปริมาณ 3 phr ทั้งสองสูตร ค่าสมบัติเชิงกลแสดงในตารางต่อไปนี้ เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ที่เตรียมได้ส่วนใหญ่มีค่าสมบัติการยืดถาวร (4% – 6%) และความแข็ง (85 – 95 Shore A) อยู่ในช่วงเดียวกันเกือบทุกสูตร ภาพ SEM แสดงให้เห็นว่ายางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์เป็นเฟสกระจาย มีลักษณะเป็นเม็ดค่อนข้างกลมขนาดประมาณ 10 μm หรือเล็กกว่าดังแสดงในรูปต่อไปนี้ ผลการวิเคราะห์ด้วย DMTA ยืนยันการแยกเฟสของไนลอนและยางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์

ตารางแสดงสมบัติเชิงกลที่ดีของสูตรเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ที่ดี

Sample	σ_b (MPa)	ε_b (%)	Tear Strength (N/mm)	Tension set (%)	Hardness Shore A
E50/ph-8t/75-3b	21.66 ± 1.31	119 ± 28	99.53 ± 34.75	4.95 ± 0.56	94.80
E60/ph-6t/75-3b	14.74 ± 1.01	150 ± 29	117.77 ± 9.47	4.49 ± 0.51	94.40



รูป SEM ของเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์สูตร E60/Ph-8/b/75-3b
แสดงอนุภาคของยางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์มีขนาดเล็กกว่า 10 μm

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าควรวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารเชื่อมโยงและสารร่วมการเชื่อมโยงชนิดอื่น ควรทดลองเตรียมเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ที่ให้ไนลอนเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงกับยางธรรมชาติอีพ็อกซิไดซ์ เพื่อศึกษาว่าสมบัติเชิงกลจะดีขึ้นหรือไม่ น่าจะศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคเม็ดยางกับสมบัติเชิงกลของเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ และน่าจะศึกษาว่าเหตุใดค่า T_g ของไนลอนในระบบที่ใช้นี้จึงสูงขึ้น

ผลงานวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

บทความตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเรื่อง Thermoplastic elastomer prepared from nylon 6 and epoxidized natural rubber