

## บทคัดย่อ

เตรียมเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ด้วยการผสมไนลอน 6 และยางธรรมชาติอีพ็อกซีไดซ์ ในสัดส่วน 50/50 และ 60/40 โดยน้ำหนัก ยางธรรมชาติอีพ็อกซีไดซ์มีหมู่อีพ็อกไซด์เท่ากับ 50 % โดยโมล (ENR50) ไนลอนที่ใช้มีค่าดัชนีการไหลเท่ากับ 5 g/10 min และมีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 219 °C สารเชื่อมโยงที่ใช้ได้แก่ ไตควิมิวเปอร์ออกไซด์ และฟีนอลิครีซิน สารร่วมการเชื่อมโยงที่ใช้ได้แก่ Saret™ SR75EPM2M และ Saret™ SR350 ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณของสารเชื่อมโยงและสารร่วมการเชื่อมโยง และวิธีการผสมไนลอนและยางธรรมชาติอีพ็อกซีไดซ์ เครื่องผสมที่ใช้ได้แก่เครื่องผสมแบบปิดและเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ ยางคอมปาวด์ถูกเตรียมด้วยเครื่องบดสองลูกกลิ้งหรือเครื่องผสมแบบปิดก่อนที่จะนำไปผสมกับไนลอนด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ โดยที่สารเชื่อมโยงจะถูกผสมกับยางคอมปาวด์ก่อนที่จะนำไปผสมกับไนลอนในเครื่องอัดรีดดังกล่าว การเตรียมเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ด้วยเครื่องผสมแบบปิดจะต้องใส่สารเชื่อมโยงในเครื่องผสมแบบปิดระหว่างทำการผสมไนลอนและยาง ทำการขึ้นรูปชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องอัดความดันที่อุณหภูมิ 230°C เป็นเวลา 5 min ที่ความดัน 450 kg/cm<sup>2</sup> และตัดชิ้นงานเพื่อการทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน ASTM สมบัติที่ทดสอบได้แก่ สมบัติความทนต่อแรงดึง ความต้านทานต่อการฉีกขาด สมบัติการยืดถาวร และความแข็ง สภาวะการเตรียมเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ด้วยเครื่องผสมแบบปิดคือ 230°C ความเร็วรอบโรเตอร์ 100 rpm เวลาผสมรวม 8 min ในขณะที่เตรียมด้วยเครื่องอัดรีดสกรูคู่ใช้อุณหภูมิ 230°C ความเร็วรอบสกรู 150 rpm เวลาที่อยู่ภายในสกรูประมาณ 1.30 min สูตรที่ให้สมบัติเชิงกลดีที่สุด คือ สูตรที่มีการใช้ฟีนอลิครีซิน (6 - 8 phr) และ Saret™ SR75EPM2M (3 phr) โดยผสมไนลอนและยางด้วยเครื่องอัดรีดสกรูคู่ ซึ่งปริมาณยางที่ใช้ประมาณ 50 - 60 % สูตรดังกล่าวที่มียาง 50 % แสดงสมบัติเชิงกลดังนี้ ความเค้นสูงสุดเท่ากับ 21.66 MPa ความเครียด ณ จุดขาดเท่ากับ 119 % ความต้านทานต่อการฉีกขาดเท่ากับ 99.53 N/mm สมบัติการยืดถาวรเท่ากับ 4.95 % และความแข็งเท่ากับ 95 Shore A ส่วนสูตรดังกล่าวที่มียาง 60 % แสดงสมบัติเชิงกลดังนี้ ความเค้นสูงสุดเท่ากับ 14.74 MPa ความเครียด ณ จุดขาด เท่ากับ 150 % ความต้านทานต่อการฉีกขาดเท่ากับ 117.77 N/mm สมบัติการยืดถาวรเท่ากับ 4.49 % และความแข็งเท่ากับ 94 Shore A ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงให้เห็นว่ายางธรรมชาติอีพ็อกซีไดซ์เป็นเฟสกระจาย มีรูปร่างค่อนข้างกลมขนาดประมาณ 10 µm หรือเล็กกว่า กระจายอยู่ในไนลอนที่เป็นเฟสต่อเนื่อง แต่อนุภาคของยางมีแนวโน้มที่ยังเกาะกันเป็นกลุ่ม ขนาดของอนุภาคยางสัมพันธ์กับสูตรผสมและสมบัติเชิงกล การวัลคาไนซ์มากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ขนาดของอนุภาคเล็กลง และขนาดอนุภาคเล็กลงมีแนวโน้มแสดงสมบัติเชิงกลดีขึ้น การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ความร้อนเชิงพลศาสตร์สอดคล้องกับภาพถ่ายดังกล่าว ไนลอนและยางธรรมชาติอีพ็อกซีไดซ์มีการแยกเฟสอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ที่เตรียมจากการผสมพลาสติกและยางเข้าด้วยกัน

## Abstract

Thermoplastic elastomer (TPE) was prepared from nylon 6 and epoxidized natural rubber (ENR) in the range of 50 – 60 % of ENR. ENR used is commercial grade and contains 50 mol% of epoxidation. Melt index and melting temperature of nylon 6 are 5 g/10 min and 219 °C, respectively. Vulcanizing agents are dycumyl peroxide (DCP) and phenolic resin. Co-agents used are Saret™ SR75EPM2M and Saret™ SR350. Variables included concentration of vulcanizing agents and co-agents and mixing method. Internal mixer and twin screw extruder (TWSE) were employed. By using TWSE, ENR compounds were prepared by the internal mixer or two-roll mill and vulcanizing agent was finally added into the ENR by using the two-roll mill. Then ENR compounds were mixed with nylon in the TWSE. This polymer blend was re-processed in the TWSE to obtain homogeneous TPE. TWSE mixing condition was 230°C and 150 rpm. Resident time was 1.30 min. By using the internal mixer, all chemicals, including vulcanizing agent, were added into the internal mixer. The mixing condition was 230°C and 100 rpm. Total mixing time was 8 min. Specimens were prepared by compression molding at 230°C for 5 min under pressure of 450 kg/cm<sup>2</sup>. Tensile properties, tear resistance, tension set and hardness were investigated according to ASTM. It is found that phenolic resin (6 - 8 phr) and Saret™ SR75EPM2M (3 phr) yielded very good mechanical properties and mixing in TWSE showed higher mechanical properties than mixing in the internal mixer. Mechanical properties of the best formulation of TPE containing 50 % of ENR were following description:  $\sigma_b = 21.66$  MPa,  $\epsilon_b = 119$  %, tear resistance = 99.53 N/mm, tension set = 4.95 % and hardness Shore A = 95. For TPE containing 60 % of ENR,  $\sigma_b = 14.74$  MPa,  $\epsilon_b = 150$  %, tear resistance = 117.77 N/mm, tension set = 4.49 % and hardness Shore A = 94. Scanning electron micrographs showed that ENR became dispersed phase. Spherical ENR particles in the diameter range  $\leq 10$   $\mu\text{m}$  were observed on the freeze fractured surfaces after etching with formic acid. However, ENR particles tended to stick to each other as agglomerates. It should be noted that particle size of vulcanized ENR related to TPE formula and mechanical properties. More vulcanization tended to provide smaller ENR particle size, and smaller particle size offered higher mechanical properties. Results from dynamic mechanical thermal analysis confirmed that phase separation was occurred. TPE displayed  $\alpha$  - transition temperature of nylon and ENR, which is typical characteristic of TPE made from polymer blends.