

การใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต่อระหว่างยางธรรมชาติและแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีการเสริมแรง

Use Epoxidized Natural Rubber as Coupling Agent for Reinforcement Calcium Carbonate Filled Natural Rubber

เตี๋ยว สายจันทร์^{1*} และ สุวัฒน์ รัตนพันธ์²

^{1,2}อาจารย์ สาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

บทคัดย่อ

ลดขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนต ด้วยเทคนิคการบดเปียก ใช้ความเข้มข้นของดิสเพอร์ชัน 40 เปอร์เซ็นต์ ศึกษาระยะเวลาในการบดที่เวลาต่างๆ พบว่า ขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตมีแนวโน้มลดลงตามเวลาการบดที่เพิ่มขึ้น โดยขนาดอนุภาคจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสามวันแรกนับจากเริ่มบด หลังจากนั้นขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตจะลดลงเพียงเล็กน้อย จากนั้นนำแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบดที่เวลาต่างๆ เติมลงไป ในน้ำยางธรรมชาติ 60 % DRC พบว่าในสูตรยางที่ใช้แคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบดเป็นเวลา 2 วัน ให้สมบัติเชิงกลสูงกว่าที่เวลาบดอื่นๆ ศึกษาอิทธิพลของยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต่อระหว่างยางธรรมชาติและแคลเซียมคาร์บอเนต โดยแปรระดับโมลอีพอกไซด์ที่ร้อยละ 20, 30 และ 40 ปริมาณที่ใช้ 5, 10 และ 15 phr พบว่าการใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ระดับโมลอีพอกไซด์ร้อยละ 30 ในปริมาณ 5 phr สามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกลและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของยางธรรมชาติที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมได้

Abstract

The reduction of calcium carbonate (CaCO_3) particle was prepared by wet grinding method with 40% dispersion. The particle sizes of CaCO_3 were studied with various time of wet grinding. It was found that the particle sizes of CaCO_3 rapidly decreased in 3 day of grinding, after that it was slightly reduce. Therefore, the CaCO_3 at various time of wet grinding were mixed with concentrate latex (60% dry rubber content, DRC). The result showed that the wet grinding for 2 days provided the superior machanical properties. In addition, the compound with epoxidized natural rubber (ENR) as a coupling agent was investigated. It was found that the 5 phr of 30% mole percent of ENR results in significantly improved mechanical properties of the rubber vulcanizates.

คำสำคัญ : ยางธรรมชาติ ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต การบดเปียก

Keywords : Natural Rubber, Epoxidize Natural Rubber, calcium carbonate, Wet grinding

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ diew_5482@hotmail.com โทร. 0 7577 3336 ต่อ 120

1. บทนำ

แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนตชนิดหินปูนบดมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 700-5,000 nm และแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดตกตะกอนมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยต่ำกว่า 40 nm (Skelhorn, 1997 อ้างโดย Mugkanovic et. al., 2009) โดยมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในแวดวงอุตสาหกรรมยางหรือพลาสติก โดยเฉพาะชนิดหินปูนบดซึ่งมีราคาถูก สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ แต่มีข้อจำกัดในการใช้คือ เมื่อเติมลงไปใยยางหรือพอลิเมอร์อื่นๆจะทำให้สมบัติเชิงกล เช่น ความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานการสึกหรอหรือความต้านทานการฉีกขาดลดลงเนื่องจากมีขนาดอนุภาคใหญ่ (Chujayuljit et al., 2002; Sobhy et al., 2003; Oguniyi, 1989; Gorna et al., 2007) การปรับปรุงใยยางหรือพอลิเมอร์ที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตกระจายตัวอยู่ มีสมบัติเชิงกลทั่วไปดีขึ้น จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งมักทำโดยการลดขนาดอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนี้การที่แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมอินทรีย์ทำให้การกระจายตัวในพอลิเมอร์ซึ่งเป็นสารอินทรีย์เกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างเฟสอ่อน (ปุณฺณานิข, 2555; Chan et al., 2002) โดยจะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน (Sobhy et al., 2003; Wang et al., 2011) ส่งผลให้สมบัติของพอลิเมอร์นั้นแยลง จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มอันตรกิริยาระหว่างเฟสโดยการปรับสภาพผิวของอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตด้วยสารอินทรีย์ เช่น กรดสเตียริก (Hanım et al., 2008; Liang, 2007; Eires and Pessan, 2009; Deshmukh et al., 2010; Ihueze and Mgbemena, 2010) หรือปรับโครงสร้างของเมทริกซ์ หรือใช้สารเชื่อมต่อนำให้ทั้งสองเฟสมีความเข้ากันได้ดีขึ้น ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ และยางธรรมชาติมาลิเอตจึงมักถูกเลือกใช้เป็นสารเชื่อมต่อระหว่างยางธรรมชาติกับสารตัวเติมที่เข้ากันได้ยาก (Ismail et al. 2007) โดยจะทำหน้าที่ให้ทั้งสองเฟสเกิดอันตรกิริยากันได้ดีขึ้น

งานวิจัยนี้จะทำการผสมแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีการลดขนาดอนุภาคโดยวิธีการบดเปียกกับน้ำยางธรรมชาติ และใยยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต่อระหว่างยางธรรมชาติกับอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนต

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตดิสเพอร์ชัน

เริ่มจากนำแคลเซียมคาร์บอเนตใส่ลงไปในหม้อบดซึ่งมีลูกบดประมาณครึ่งหนึ่งของหม้อบด จากนั้นเติมเบนโทไนต์ วัลทามอลและน้ำกลั่นรายละเอียดสัดส่วนสารเคมีแสดงในตารางที่ 1 นำหม้อบดวางบนเครื่องบด โดยขณะทำการบดหม้อบดจะหมุนรอบตัวเอง ลูกบดที่อยู่ภายในจะมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาการบดและเกิดการกระทบกับสารเคมี สุ่มเก็บตัวอย่าง ที่เวลาการบด 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 วัน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง Lacer Particle Size

ตารางที่ 1 สูตรการเตรียมดิสเพอร์ชันแคลเซียมคาร์บอเนต

| ปริมาณสารเคมี (กรัม) | | | |
|----------------------|-----------|----------|-------|
| CaCO ₃ | Bentonite | Valtamol | Water |
| 40 | 1 | 1 | 58 |

2.2 ศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสมบัติของยางธรรมชาติ

นำดิสเพอร์ชันแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบดเป็นเวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 วัน เติมลงไปใยยางชั้น 60% DRC พร้อมกับกวนให้เกิดการกระจายตัวด้วยความเร็ว 200 รอบ/นาที หลังจากนั้นทำการจับตัว ด้วยเมทานอลและรีดให้เป็นแผ่นบาง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปคอมปาวด์กับสารเคมีอื่นๆ ตามสูตรดังแสดงในตารางที่ 2 บนเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง ทั้งยางคอมปาวด์ไว้ 24 ชั่วโมง นำยางคอมปาวด์ที่ทราบเวลาการวัล

คาน้ำจากเครื่องทดสอบการคงรูปของยาง (Oscillating Disk Rheometer, ODR) ยี่ห้อ TECH PRO รุ่น Rheo TECH OD+ ไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเข้าที่อุณหภูมิ 150 °C แล้วนำแผ่นยางวัลคาไนซ์ที่ได้ไปทดสอบสมบัติเชิงกล (Tensile Strength และ Elongation at Break) ตามมาตรฐาน ASTM D412 (1995) และสมบัติด้านความแข็ง ตามมาตรฐาน ASTM D2240 (1995)

ตารางที่ 2 สูตรยางคอมปาวด์ที่ใช้ในการทดลอง

| ปริมาณยางและสารเคมี (phr) | | | | | |
|---------------------------|-----|--------------|-----|-------------------|---------|
| NR | ZnO | Stearic acid | MBT | CaCO ₃ | Sulphur |
| 100 | 5 | 1 | 1 | 30 | 2.5 |

2.3 ศึกษาผลของเปอร์เซ็นต์โมลและปริมาณยางธรรมชาติต่อการเสริมแรงของแคลเซียมคาร์บอเนตในยางธรรมชาติ

นำดีสเฟอร์ซันแคลเซียมคาร์บอเนต ผสมลงไปใต้น้ำยางชั้น 60% DRC พร้อมกับกวนให้เกิดการกระจายตัว จากนั้นเติมยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ระดับ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โมล ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr พร้อมกับกวนอย่างรวดเร็ว แล้วทำการจับตัวด้วยเมทานอลและรีดให้เป็นแผ่นบาง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำแผ่นยางที่แห้งดีแล้วไปคอมปาวด์กับสารเคมีตามสูตรในตารางที่ 2 บนเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง ทั้งยางคอมปาวด์ไว้ 24 ชั่วโมง แล้วทำการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 2.2

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลของเวลาในการบดต่อขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนต

ทำการลดขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตด้วยวิธีการบดเปียกได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตมีแนวโน้มลดลงตามเวลาการบดที่เพิ่มขึ้นโดยในช่วงเริ่มต้นการบดจะให้ประสิทธิภาพในการบดสูงและประสิทธิภาพการบดจะค่อยๆ ลดลงเมื่อเวลาการบดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถติดตามได้จากผลการทดลองในช่วงเริ่มต้นของการบดจนครบ 1 วัน ขนาดอนุภาคจะลดลงจาก 3.44 ± 1.78 เป็น 2.67 ± 1.74 ไมโครเมตรซึ่งอัตราการลดลงของขนาดอนุภาคค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับขนาดอนุภาคที่ได้จากการใช้เวลาในการบด 6 วันเป็น 7 วัน ซึ่งมีขนาดอนุภาค 1.40 ± 0.82 และ 1.30 ± 0.77 ไมโครเมตรตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มเวลาในการบดยังส่งผลให้ขนาดอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้มีความสม่ำเสมอมากขึ้นด้วย โดยกลไกการลดขนาดอนุภาคในหม้อบดแบบเปียกนั้นเกิดขึ้นได้ 2 ช่วงของการบด กล่าวคือการบดที่เกิดขึ้นในช่วงแรกเกิดจากการตกกระทบของลูกบดทำให้อนุภาคสารแตกตัวเป็นอนุภาคที่เล็กลง และเมื่อขนาดอนุภาคลดลงจนถึงระดับหนึ่งอิทธิพลของการลดขนาดอนุภาคจะเกิดจากแรงการขัดสีเป็นส่วนใหญ่ (วีรัช, มปป)

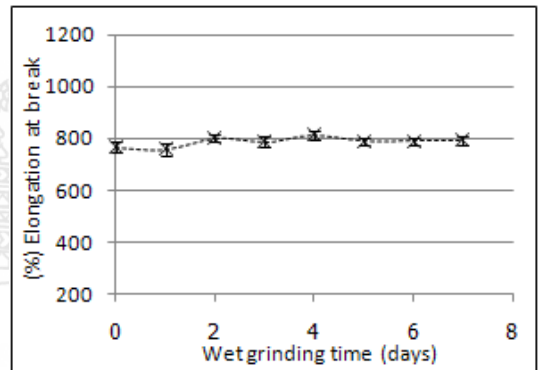
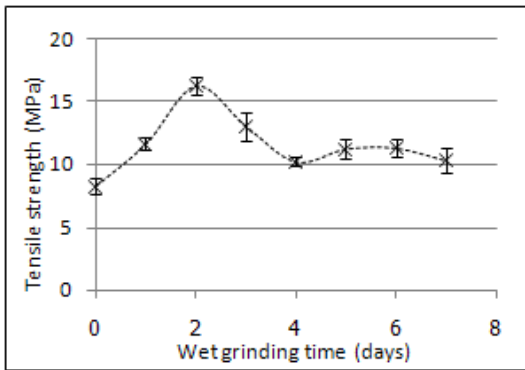
ตารางที่ 3 ขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตเฉลี่ยที่เวลาการบดต่างๆ

| Wet grinding time (days) | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ขนาดอนุภาค (μm) | ไม่บด | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 3.44 ± 1.78 | 2.67 ± 1.74 | 2.040 ± 1.13 | 1.76 ± 0.95 | 1.55 ± 0.86 | 1.50 ± 0.83 | 1.40 ± 0.82 | 1.30 ± 0.77 |

3.2 ผลของขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสมบัติเชิงกล

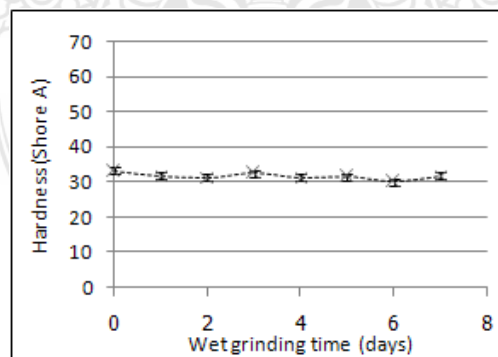
อิทธิพลของการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบดที่เวลาต่างๆ ต่อสมบัติของยางธรรมชาติพบว่าค่าความต้านทานต่อแรงดึงให้ค่าสูงสุดเมื่อเติมแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบด 2 วัน แสดงในรูปที่ 1 ในขณะที่ค่าความสามารถในการยืดจนขาดและค่าความแข็งแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

ซึ่งผลจากการนำตัวอย่างแคลเซียมคาร์บอเนตไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคนั้นพบว่า อนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตมีแนวโน้มลดลงตามเวลาการบดที่เพิ่มขึ้นแสดงดังตารางที่ 3 ดังนั้นการเติมการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบดเป็นระยะเวลาสั้นก็น่าจะส่งผลให้สมบัติเชิงกลโดยเฉพาะค่าความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น แต่จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า แผ่นยางที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ผ่านการบดเป็นระยะเวลา 2 วัน ให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงสูงที่สุด และเมื่อใช้แคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบดเป็นเวลานานกว่านี้จะส่งผลให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงลดลง เป็นไปได้ว่า เมื่อเติมแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบดเป็นระยะเวลานานขึ้น ซึ่งมีขนาดอนุภาคที่เล็กลง มีพื้นที่ผิวมากขึ้น มีโอกาสที่จะเกิดการรวมตัวกันในขณะผสมบนเครื่องผสมสองลูกกลิ้งซึ่งอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตจะรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ที่เรียกว่า aggregate หรือ agglomerate ได้มาก เกิดเป็นจุดอ่อนบนแผ่นยาง ดังนั้นจึงส่งผลให้สมบัติด้านความต้านทานต่อแรงดึงของแผ่นยางลดลง



รูปที่ 1 ความต้านทานต่อแรงดึงของยางธรรมชาติที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 30 phr ที่ผ่านการบด เวลาต่างๆ

รูปที่ 2 ความสามารถในการยืดจนขาดของยางธรรมชาติที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 30 phr ที่ผ่านการบดเวลาต่างๆ

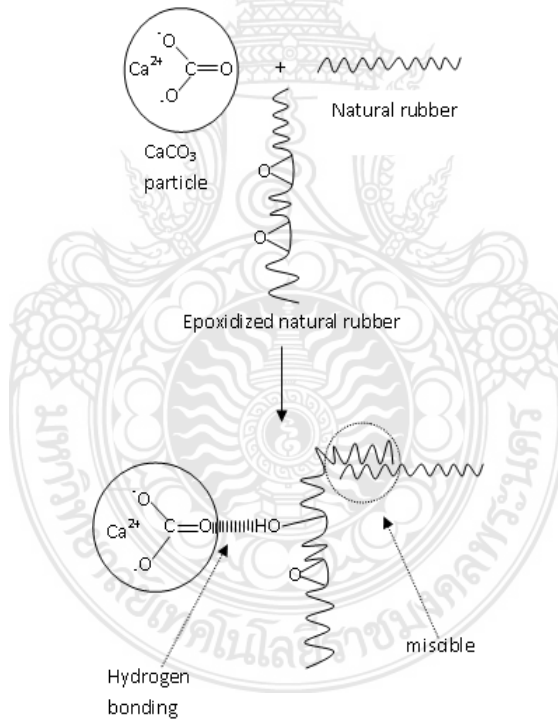


รูปที่ 3 ความแข็งของยางธรรมชาติที่เติมแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 30 phr ที่ผ่านการบดเวลาต่างๆ

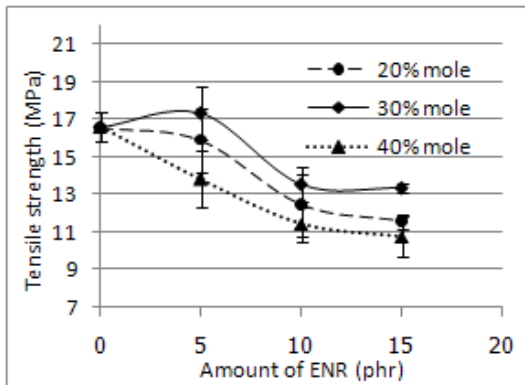
3.3 ผลของปริมาณและร้อยละของหมู้อีพอกไซด์ที่ใช้เป็นสารเชื่อมต่อระหว่างยางธรรมชาติและแคลเซียมคาร์บอเนต

ผลของการใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต่ที่ระดับ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โมล ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr เพื่อเพิ่มอันตรกิริยาระหว่างยางธรรมชาติและแคลเซียมคาร์บอเนต ให้สมบัติแสดงดังรูปที่ 5-7 พบว่าการใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์โมล ในปริมาณ 5 phr นั้น สามารถเพิ่มสมบัติด้านความต้านทานต่อแรงดึงจนขาดและความสามารถในการยืดจนขาดได้ โดยการเติมยางธรรมชาติอีพอกไซด์ลงไปจะช่วยเพิ่มอันตรกิริยาระหว่าง

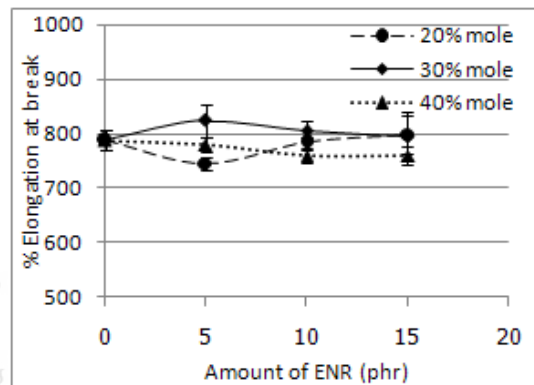
เฟสของยางธรรมชาติและอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนต กลไกการเกิดอันตรกิริยาแสดงในรูปที่ 4 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็น 10 และ 15 phr นั้น จะส่งผลให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงลดลงเนื่องจากยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่เติมลงไปจะเกิดการรวมตัวกันเองเป็นเฟสที่สาม นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ระดับ 20 และ 40 เปอร์เซนต์โมลเป็นสารเชื่อมต่อไม่สามารถเพิ่มสมบัติเชิงกลได้ โดยค่าความต้านทานต่อแรงดึง มีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มปริมาณยางธรรมชาติอีพอกไซด์ ส่วนสมบัติด้านความสามารถในการยืดจนขาดและความแข็งนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นการนำยางธรรมชาติมาตัดแปรโครงสร้างโมเลกุล โดยยางจะมีสภาพขี้เพิ่มขึ้นตามปริมาณหมู่อีพอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น (Ishak and Bakar, 1995) โดยในการทดลองนี้คาดว่ายางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่เติมลงไปนั้นจะทำให้แคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นสารประกอบอนินทรีย์เข้ากับยางธรรมชาติซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่มีสภาพขี้ได้ดีขึ้น ซึ่งก็น่าส่งผลให้สมบัติเชิงกลของยางดีขึ้นด้วย แต่จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ระดับ 20 เปอร์เซนต์โมลนั้น ไม่สามารถเพิ่มสมบัติเชิงกลได้ เป็นไปได้ว่าที่ระดับอีพอกไซด์ดังกล่าวมีสภาพขี้ต่ำเกินไปไม่เพียงพอที่จะทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมต่อได้ระหว่างยางธรรมชาติกับแคลเซียมคาร์บอเนตได้ ส่วนการใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ระดับเปอร์เซนต์อีพอกไซด์ร้อยละ 40 นั้น ก็ไม่สามารถช่วยให้สมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตกระจายตัวอยู่ดีขึ้นได้ เนื่องจากสภาพขี้ของยางธรรมชาติอีพอกไซด์นั้นสูง จนทำให้เกิดการกระจายตัวในยางธรรมชาติที่ไม่มีขี้ขี้ได้ยาก ยิ่งเพิ่มปริมาณยิ่งก่อให้เกิดเป็นเฟสที่สามขึ้น



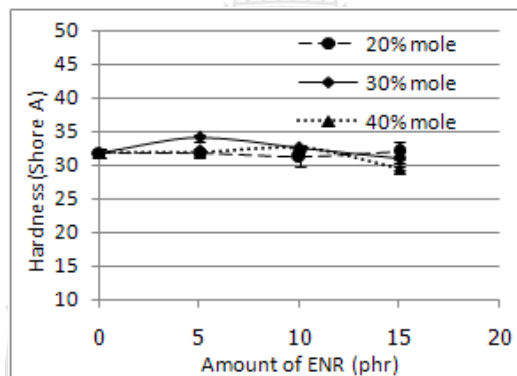
รูปที่ 4 อันตรกิริยาระหว่างยางแคลเซียมคาร์บอเนตกับยางธรรมชาติที่มียางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต่อ



รูปที่ 5 ความต้านทานต่อแรงดึงจนขาดที่ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โมล ปริมาณต่างๆ



รูปที่ 6 ความสามารถในการยืดจนขาดที่ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โมล ปริมาณต่างๆ

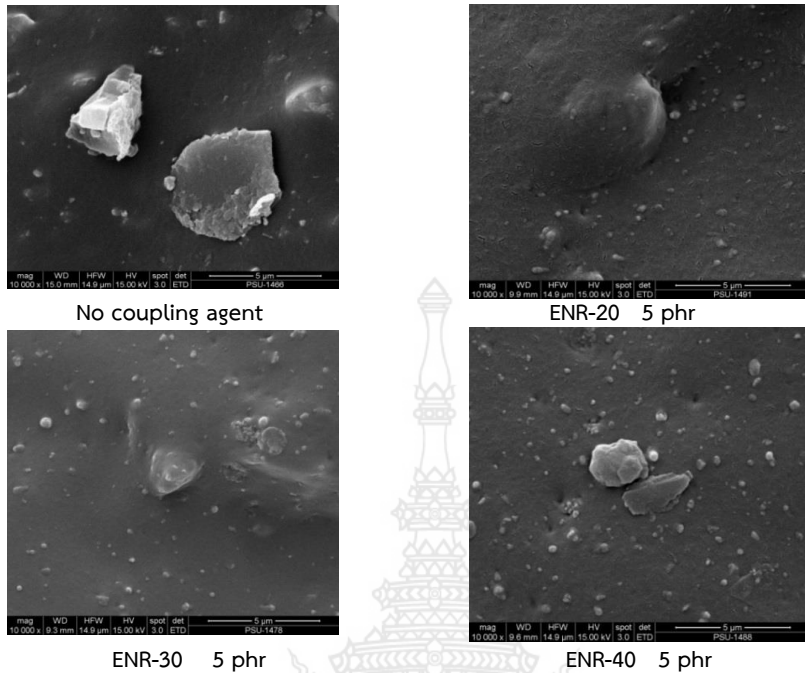


รูปที่ 7 ความแข็งที่ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โมล ปริมาณต่างๆ

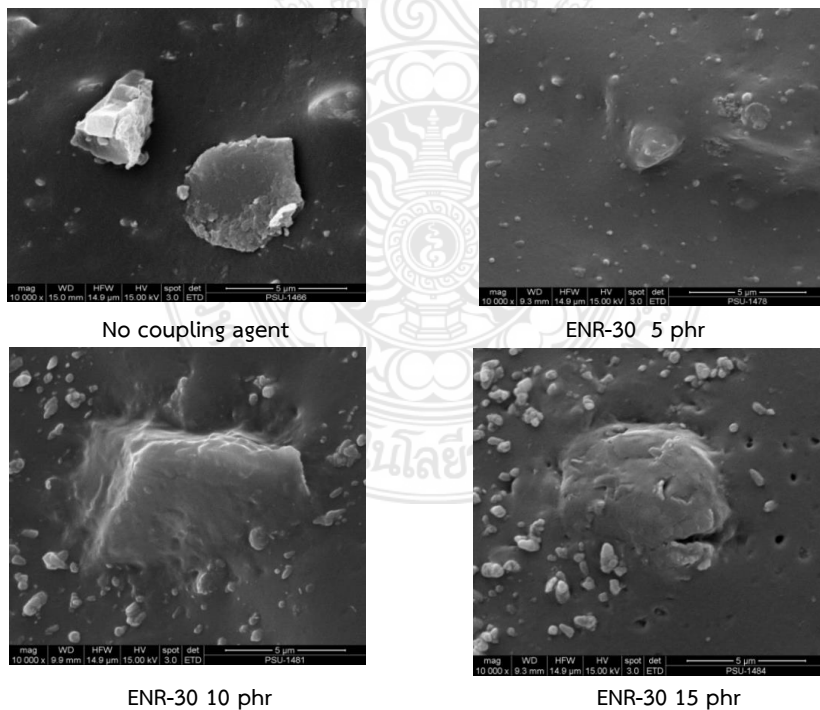
3.4 ลักษณะพื้นฐานวิทยาของยางธรรมชาติที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติมโดยใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต้อ

จากรูปที่ 8 และ 9 แสดงให้เห็นว่าการใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต้อระหว่างยางธรรมชาติและแคลเซียมคาร์บอเนต ส่งผลให้อนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตกระจายตัวในยางธรรมชาติได้ดีขึ้น โดยเฉพาะการใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์โมล ปริมาณ 5 phr บริเวณผิวรอยต่อเกิดการประสานกันดี โดยไม่เกิดช่องว่างระหว่างเฟส และเมื่อเพิ่มปริมาณยางธรรมชาติอิพอกไซด์ให้มากขึ้นพบว่าการกระจายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในเฟสยางธรรมชาติจะไม่มีควมสม่ำเสมอ คาดว่ายางธรรมชาติอิพอกไซด์ที่เติมลงไปปริมาณมาก จะเกิดการรวมเฟสกันเองโดยไม่ได้แสดงหน้าที่เป็นสารเชื่อมต้อ ซึ่งส่งผลให้แคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นสารอนินทรีย์รวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ในเฟสของยางธรรมชาติ ทำให้การกระจายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่นยาง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับสมบัติเชิงกล กล่าวคือการใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์โมล ปริมาณ 5 phr เป็นสารเชื่อมต้อระหว่างยางธรรมชาติและแคลเซียมคาร์บอเนตจะให้สมบัติเชิงกลเหนือกว่าการใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ที่ระดับเปอร์เซ็นต์โมลและปริมาณอื่นๆ

วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5



รูปที่ 8 ภาพถ่ายอิเล็กตรอนไมโครกราฟได้จากเครื่อง Scanning Electron Microscope รุ่น Quanta 400 แสดงลักษณะการกระจายตัวและบริเวณผิวรอยต่อระหว่างของแคลเซียมคาร์บอเนตกับยางธรรมชาติที่ใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต่อที่ระดับเปอร์เซ็นต์โมล 20, 30 และ 40 ในปริมาณ 5 phr



รูปที่ 9 ภาพถ่ายอิเล็กตรอนไมโครกราฟได้จากเครื่อง Scanning Electron Microscope รุ่น Quanta 400 แสดงลักษณะการกระจายตัวและบริเวณผิวรอยต่อระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับยางธรรมชาติที่ใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต่อที่ระดับเปอร์เซ็นต์โมล 30 ในปริมาณ 5, 10 และ 15 phr

4. สรุป

ขนาดอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตมีแนวโน้มลดลงตามเวลาการบด โดยอัตราการลดลงจะสูงในช่วง เริ่มต้นถึงสามวันแรกของการบด หลังจากนั้นอัตราการลดลงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการเพิ่มเวลาในการบดนั้นจะทำให้ได้ขนาดอนุภาคที่มีความสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นตามเวลาการบดที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อเติมแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบดแบบเปียกเป็นเวลา 2 วัน ลงไปในยางธรรมชาติจะให้สมบัติเชิงกล โดยรวมดีกว่าการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านการบดที่เวลาอื่นๆ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการใช้สารเชื่อมต่อนั้นคือยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่ระดับหน่ออีพอกไซด์ 30 % ในปริมาณ 5 phr สามารถเพิ่มสมบัติเชิงกล โดยเฉพาะค่าความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยึดจุนขาดของยางธรรมชาติได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การใช้ยางธรรมชาติอีพอกไซด์เป็นสารเชื่อมต่อนั้นระหว่างยางธรรมชาติและแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีการเสริมแรง ได้รับความกรุณาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณประจำปี 2553 ในการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- วิรัช เลิศพรหม. มปป. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบดด้วยไม้บด (ตอนที่ 2). **วิศวกรประจำแผนก วัสดุคืบ. บริษัทสยามซานิทารีแวร์ อินดัสทรีส์ จำกัด.**
- ปัญญาธิช อินทรพัฒน์. 2550. สารตัวเติมในยางธรรมชาติจากวัสดุเหลือใช้ชีวมวล. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ปีที่ 14. ฉบับที่ 1.**
- Chen, C. M., Wu, J., Li, X. J. and Cheung, Y. K. 2002. Polypropylene/calcium carbonate nanocomposites. *Polymer*, 43: 2981-2992.
- Chuayujit, S., Imvittaya, A., Na-Ranong, N. and Potiyaraj, P. 2002. Effects of particle size and amount of carbon black and calcium carbonate on curing characteristics and dynamic mechanical properties of *Minerals*. Vol. 12 No.1 : 51-57
- Deshmukh, G. S., Pathak, S. U., Peshwe, D. R. and Ekhe, J. D. 2010. Effect of uncoated calcium carbonate and stearic acid coated calcium carbonate on mechanical, thermal and structural properties of poly(butylene terephthalate) (PBT)/calcium carbonate composites. *Bull. Mater. Sci.*, Vol. 33. No.3: 277-284.
- Eiras, D. and Pessan, L. A. 2009. mechanical properties of polypropylene/calcium carbonate nanocomposites. *Materials Research*. No.4: 517-522.
- Gorna, K., Hund, M., Vucak, M., Grohn, F. and Wegner, G., 2007. Amorphous calcium in form of spherical nanosized particles and its application as fillers for polymer. *Materials Science and Engineering: A, Volume 477, Issue 1: 217-225.*
- Hanim, H., Zarina, R., Fuad, A. M. Y., Ishak, Z. A. M. and Hassan, A. 2008. The effect of calcium carbonate nanofiller on the mechanical properties and crystallisation behaviour of polypropylene. *Malaysian Polymer Journal*. Vol 3, No.12: 38-49.
- Ihueze, C. C. and Mgbemena, C. O. 2010. Effects of reinforcement combinations of calcium carbonate nanofiller on the mechanical and creep properties of polypropylene. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, Vol. 9. No.10: 887-906.

- Ishak, Z. A. M. and Bakar, A. A., 1995. An investigation on the potential of rice husk ash as filler for epoxidized natural rubber (ENR). *J. Eur.* Vol. 31, No. 3: 259-269.
- Ismail, H., Rusli, A. and Azura, A. R. 2007. Study of life and filler interaction of paper sludge filled epoxidized natural rubber (ENR) and maleated natural rubber (MNR) composites. *J. polym. Environ.* 15: 67-74.
- Liang, J. Z. 2007. Evaluation of dispersion of nano-CaCO₃ particles in polypropylene matrix based on fractal method. *Composites Part A* . 38: 1502–1506.
- Mujanovic, A., Vasiljevic, L. and Ostojic, G., 2009. Non-black filler for elastomers. 13th **International Research/Expert Conference. Hammamet, Tunisia, 16-21 October 2009**
- Ogunniyi, D. S. 1989. Calcium carbonates as filler in rubber. *Plastics and Rubber International*. Vol. 14, No.6: 22-25
- Sobhy, M. S., El-Nashar, D. E. and Nabila, A. M. 2003. Cure characteristics and physicomechanical properties of calcium carbonate reinforcement rubber composites. *Egypt. J. Sol.*, Vol. 26, No. 2: 241-257.
- Wang, Q., Song, Q., Qiao, J., Zhang, X., Zhang, L. and Song, Z., 2011. Good dispersion of hydrophilic nanoscale carbonate particle in nitrile butadiene rubber matrix. *Polymer*, Vol. 52, No.15: 3496-3502.

