บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุป

5.1.1 สมบัติการไหลของยางดิบ

5.1.1.1 ความหนืดมูนนี่ของยางดิบ

ความหนืดมูนนี่ ML (1+4) 100 °C ยางอีพีดีเอ็มสูงกว่ายางธรรมชาติ และยางบิวทาไดอีน ตามลำดับ

5.1.1.2 อิทธิพลของระยะเวลาการบดต่อค่าความหนืดมูนนี่

ยางธรรมชาติ ยางบิวทาไดอีน และยางอีพีดีเอ็ม จะมีความหนืดลดลง แต่ยางธรรมชาติจะมีแนวโน้มการลดลงของความหนืดมูนนี่สูงสุด รองลงมาคือยางบิวทาไดอีน ส่วนยางอีพีดีเอ็มมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5.1.1.3 ความหนืดมูนนี่ของยางเบลนด์

เมื่อเพิ่มปริมาณยางอีพีดีเอ็ม ทำให้ค่าความหนืดมูนนี่ของยางเบลนด์ มีแนวโน้มสูงขึ้น

5.1.1.4 สมบัติการไหลของยางดิบชนิดต่างๆ

(1) เมื่อเพิ่มอัตราเฉือน จะทำให้ค่าความเค้นเฉือนของยางดิบแต่ละชนิดมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความหนืดเฉือนมีค่าลดลง

(2) ที่อัตราเฉือนเดียวกันพบว่า ค่าความเค้นเฉือนและความหนืดเฉือนของยางอีพีดีเอ็มมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ยางบิวทาไดอีนและยางธรรมชาติ ตามลำดับ

5.1.1.5 อิทธิพลของอัตราส่วนการเบลนด์ของยางดิบชนิดต่างๆ

(1) เมื่อเพิ่มอัตราเฉือน จะทำให้ค่าความเค้นเฉือนของยางเบลนด์ที่ทุกอัตราส่วนการเบลนด์มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความหนืดเฉือนมีค่าลดลง

(2) ที่อัตราเฉือนเดียวกัน พบว่า ค่าความเค้นเฉือนและความหนืดเฉือนของยางเบลนด์ที่อัตราส่วน 40% มีค่าสูงสุด ในขณะที่อัตราส่วนที่ไม่ใช้ยางอีพีดีเอ็มมีค่าต่ำสุด

5.1.2 สมบัติวัลคาไนซ์และสมบัติเชิงกล

5.1.2.1 สมบัติการวัลคาไนซ์

(1) ยางธรรมชาติ มีค่าแรงบิดต่ำสุดต่ำกว่ายางบิวทาไดอีน และยางอีพีดีเอ็ม ตามลำดับ

(2) ผลต่างของค่าแรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดต่ำสุดของคอมปาวด์ยางอีพีดีเอ็มมีค่าสูงสุด รองลงมาคือยางบิวทาไดอีน และยางธรรมชาติตามลำดับ

(3) ระยะเวลาที่ยางสามารถแปรรูปได้ (Scorch time) ของยางธรรมชาติสั้นที่สุด ส่วนยางบิวทาไดอีนและอีพีดีเอ็มจะให้เวลาที่ยางสามารถแปรรูปได้ใกล้เคียงกัน

(4) เวลาในการวัลคาไนซ์ยางอีพีดีเอ็มสูงสุด รองลงมาคือยางบิวทาไดอีน และยางธรรมชาติตามลำดับ

(5) อัตราการวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติสูงสุด รองลงมาคือยางบิวทาไดอีน และยางอีพีดีเอ็ม ตามลำดับ

(6) ค่าพลังงานกระตุ้นของยางอีพีดีเอ็มมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือยางบิวทาไดอีน และยางธรรมชาติ ตามลำดับ

5.1.2.2 สมบัติเชิงกลของยางแต่ละชนิด

(1) ความต้านทานต่อแรงดึง และความสามารถในการยืดจนขาดของยางธรรมชาติมีค่าสูงสุด รองลงมาคือยางบิวทาไดอีน และยางอีพีดีเอ็ม ตามลำดับ ในขณะที่มอดูลัสที่ระยะยืด 300% ของยางธรรมชาติมีค่าสูงกว่ายางอีพีดีเอ็ม และยางบิวทาไดอีน ตามลำดับ

(2) ความต้านทานต่อการหักงอ และความต้านทานต่อการสึกหรอของยางบิวทาไดอีนมีค่าสูงสุด รองลงมาคือยางธรรมชาติและยางอีพีดีเอ็มตามลำดับ

(3) ค่าความร้อนสะสมของยางอีพีดีเอ็มมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ยางบิวทาไดอีน และยางธรรมชาติ ตามลำดับ

5.1.3 อิทธิพลของการทำการวัลคาไนซ์บางส่วน (precuring) ต่อสมบัติของยางเบลนด์

5.1.3.1 การเบลนด์โดยใช้เทคนิคการวัลคาไนซ์บางส่วนแบบสแตติก

(1) การอบยางอีพีดีเอ็มที่อุณหภูมิ 100 $^{\circ}$C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนนำยางอีพีดีเอ็มที่วัลคาไนซ์บางส่วนมาเบลนด์กับยางธรรมชาติและยางบิวทาไดอีน ให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึง ค่าความสามารถในการยืดจนขาด และ มอดูลัสที่ระยะยืด 300% สูงสุด

5.1.3.2 การเบลนด์โดยใช้เทคนิคการวัลคาไนซ์บางส่วนแบบไดนามิกส์

(1) เมื่อเพิ่มเวลาการวัลคาไนซ์ยางอีพีดีเอ็มบางส่วนโดยการให้ความร้อนด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ พลาสติคอร์เดอร์ ทำให้ยางเบลนด์มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลง โดยที่ระดับการเพิ่มขึ้นของค่าทอร์ก 20% ของค่าทอร์กสูงสุดจะให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงสูงสุด

(2) ความต้านทานต่อแรงดึง และความสามารถในการยืดจนขาดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณยางอีพีดีเอ็ม ในขณะที่มอดูลัสที่ระยะยืด 300% ของยางเบลนด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มระดับของการวัลคาไนซ์บางส่วน

(3) ที่ระดับการเพิ่มขึ้นของค่าทอร์ก 20% ของค่าทอร์กสูงสุดจะให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงสูงสุด

5.1.4 อิทธิพลของเทคนิคการเบลนด์ต่อลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางเบลนด์

(1) ผลต่างของค่าแรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดต่ำสุดของยางเบลนด์ที่วัลคาไนซ์บางส่วนแบบไดนามิกส์มีค่าสูงกว่ายางเบลนด์แบบวัลคาไนซ์บางส่วนแบบสแตติก และแบบปกติตามลำดับ

(2) ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ (Scorch time) ของยางเบลนด์ที่ใช้ยางอีพีดีเอ็มที่วัลคาไนซ์บางส่วนแบบสแตติกมีระยะเวลาที่ยางสามารถแปรรูปได้สั้นกว่ายางเบลนด์แบบไดนามิกส์ ส่วนยางเบลนด์แบบปกติมีแนวโน้มระยะเวลาที่ยางสามารถแปรรูปได้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

(3) ยางเบลนด์ที่ใช้ยางอีพีดีเอ็มที่วัลคาไนซ์บางส่วนแบบไดนามิกส์มีอัตราการวัลคาไนซ์สูงกว่ายางเบลนด์แบบปกติ และแบบสแตติก ตามลำดับ

5.1.5 เปรียบเทียบอิทธิพลของเทคนิคการเบลนด์แบบต่างๆ ต่อสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์

(1) ความต้านทานต่อแรงดึง และความสามารถในการยืดของยางเบลนด์มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณของยางอีพีดีเอ็มที่เพิ่มขึ้น

(2) ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืด และ ค่ามอดูลัสที่ระยะยืด 300% ของยางเบลนด์ที่ทำการวัลคาไนซ์ยางอีพีดีเอ็มบางส่วนแบบไดนามิกส์ มีค่าสูงกว่าการเบลนด์แบบสแตติกและแบบปกติ ตามลำดับ

(3) ความต้านทานต่อการหักงอ และความต้านทานต่อการสึกหรอของยางเบลนด์มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณยางอีพีดีเอ็มที่เพิ่มขึ้น และยางเบลนด์ที่ใช้ยางอีพีดีเอ็มที่ทำการวัลคาไนซ์บางส่วนแบบไดนามิกส์มีค่าความต้านทานต่อการหักงอสูงกว่าแบบสแตติก และแบบปกติตามลำดับ

(4) ค่าความร้อนสะสมของยางเบลนด์แบบปกติให้ค่าความร้อนสะสมสูงที่สุด รองลงมาคือยางเบลนด์ที่ใช้ยางอีพีดีเอ็มที่วัลคาไนซ์บางส่วนแบบสแตติก และแบบไดนามิกส์ตามลำดับ

(5) ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงของยางเบลนด์มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณยางอีพีดีเอ็มที่เพิ่มขึ้น โดยที่การเบลนด์แบบไดนามิกส์ให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงสูงที่สุด รองลงมาคือยางเบลนด์แบบสแตติก และ ยางเบลนด์แบบปกติ

(6) ความต้านทานต่อโอโซนของยางเบลนด์ที่ใช้ยางอีพีดีเอ็มที่วัลคาไนซ์บางส่วนจะให้สมบัติความต้านทานต่อโอโซนดีกว่า ยางเบลนด์แบบปกติ

(7) ยางเบลนด์ที่ทำการวัลคาไนซ์ยางอีพีดีเอ็มบางส่วนแบบสแตติกและแบบไดนามิกส์ มีสมบัติเชิงกลดีกว่ายางเบลนด์แบบปกติ เนื่องจากการเบลนด์โดยการวัลคาไนซ์ยางอีพีดีเอ็มบางส่วนทั้งแบบสแตติกและแบบไดนามิกส์ทำให้เกิดการวัลคาไนซ์ร่วม (covulcanization) ส่งผลให้ยางเบลนด์มีปริมาณพันธะเชื่อมโยงในเฟสยางอีพีดีเอ็มและที่บริเวณผิวสัมผัส (interface) ของยางมีค่าใกล้เคียงกัน ยางเบลนด์จึงมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ใช้ยางอีพีดีเอ็มเกรดที่มีความหนืดต่ำถึงปานกลาง เพื่อให้ความหนืดใกล้เคียงกับยางบิวทาไดอีน และยางธรรมชาติที่ผ่านการบด
2. ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ เวลา และความเร็วของโรเตอร์ของการวัลคาไนซ์บางส่วนยางอีพีดีเอ็ม
3. ศึกษาสมบัติของยางเพิ่มเติม เช่น ความต้านทานต่อการบ่มเร่ง และโอโซนของยางเบลนด์ที่อัตราส่วนต่างๆ
4. ศึกษาชนิด และปริมาณของสารเพิ่มความเข้ากันได้ต่อสมบัติต่างๆ ของยางเบลนด์