บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการศึกษาสมบัติของยางธรรมชาติดิบ

พบว่า ยางเครพเป็นยางที่มีค่าความหนืดและค่าพลาสติซิตีสูงสุด รองลงมาคือ ยาง ADS, STR 20, RSS N0.3, STR 5L, STR 5CV 60, STR 20CV 60, และ Skim ตามลำดับ ยางแผ่นรมควันเป็นยางที่มีค่า PRI สูงสุด จึงเป็นยางที่ทนต่อการถูกออกซิไดซ์ดีกว่ายางเกรดอื่น ๆ ในขณะที่ยางสกิมมีค่า PRI ต่ำสุด

5.1.2 ผลการศึกษาลักษณะการวัลคาไนซ์และพลังงานกระตุ้นการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ ที่ใช้ระบบการวัลคาไนซ์แบบกำมะถันปกติ เซมิอีวี และอีวี

พบว่า ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติเป็นแบบ reversion cure ทุก ๆ อุณหภูมิการวัลคาไนซ์ และจะเห็นได้ชัดเจนขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติที่ใช้ระบบการวัลคาไนซ์แบบอีวี แสดงลักษณะการทนต่อการ reversion ดีที่สุด เนื่องจากระบบนี้ใช้กำมะถันน้อยและสารตัวเร่งมาก เกิดพันธะเชื่อมโยงที่มีกำมะถันอยู่เพียงหนึ่งหรือสองอะตอมเท่านั้นยางจึงมีความต้านทานต่อการ reversion ดี

ค่าพลังงานการกระตุ้นให้เกิดการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบอีวี โดยมีค่าอยู่ในช่วง 52.20 ถึง 76.36 กิโลแคลอรีต่อโมล มีค่าสูงกว่ายางธรรมชาติที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติและเซมิอีวี

5.1.3 ผลการศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ของยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ

5.1.3.1 การทดสอบสมบัติการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 150 °C

พบว่า ยางสกิม ที่มีค่า scorch time (TS 2) และค่าแรงบิดสูงสุด (M_H) ต่างจากยางธรรมชาติเกรดอื่น ๆ โดยมี TS 2 สั้นและ M_H สูงสุด

5.1.3.2 การทดสอบความทนต่อแรงดึง

พบว่าค่า tensile strength, 300% modulus และ elongation at break ก่อนบ่มเร่งของยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ จะมีค่าใกล้เคียงกัน ก่อนบ่มเร่งยางสกิมมีค่า tensile

strength และ300% modulus สูงสุด และค่า elongation at break ก่อนบ่มเร่งของยางเครพจะมีค่าสูงสุด ในขณะที่ค่า elongation at break ก่อนบ่มเร่งของยางสกิมจะมีค่าต่ำสุด

strength และ300% modulus สูงสุด และค่า elongation at break ก่อนบ่มเร่งของยางเครพจะมีค่าสูงสุด ในขณะที่ค่า elongation at break ก่อนบ่มเร่งของยางสกิมจะมีค่าต่ำสุด

หลังบ่มเร่งค่า tensile strength และค่า elongation at break ของยาง STR 5CV 60 มีค่าสูงสุด ยางสกิมจะมีค่า 300% modulus หลังบ่มเร่งสูงสุดและยางธรรมชาติบางเกรด คือ ยาง STR 20, STR 20CV 60, STR 5CV 60 และ ADS จะมีค่า tensile strength สูงกว่าก่อนบ่มเร่ง ค่า 300% modulus หลังบ่มเร่งของยางธรรมชาติทุกเกรดจะมีค่าสูงขึ้น

5.1.3.3 การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด

พบว่าก่อนบ่มเร่งค่า tear strength ของยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ จะมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นยางสกิมที่มีค่า tear strength สูงสุด

หลังบ่มเร่งค่า tear Strength ของยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ จะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าน้อยกว่าก่อนบ่มเร่ง โดยที่ยาง STR 5CV 60 มีค่า tear strength สูงสุด และยางสกิมจะมี % การเปลี่ยนแปลงค่า tear strength สูงสุด (การลดลงของค่า tear strength มากที่สุด)

5.1.3.4 การทดสอบความแข็ง

พบว่า ยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ มีค่าความแข็งที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นค่าความแข็งของยางสกิมที่มีค่าสูงสุด

5.1.3.5 การทดสอบ compression set

พบว่า ยางสกิมมีการคืนตัวที่ไม่ดี (มีค่า compression set สูงสุด) ยางที่คืนตัวดีที่สุด คือยาง RSS No. 3 (ค่า compression set ต่ำสุด)

5.1.3.6 การทดสอบการกระดอนตัวในแนวดิ่ง

พบว่า ความกระดอนตัวของยางธรรมชาติเกรดต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้น ยางสกิมจะมีความกระดอนตัวน้อยที่สุด

5.1.3.7 การทดสอบความต้านทานต่อการหักงอและการเติบโตของรอยแตก

พบว่ายางสกิมสามารถตรวจพบรอยแตกแรกที่ 12,000 รอบเท่านั้น ในขณะที่ยางธรรมชาติเกรดอื่น ๆ ยังไม่พบรอยแตก ยางสกิมเมื่อเกิดรอยแตก รอยแตกนั้นจะขยายตัวเร็ว ต่างจากยาง RSS No.3 และยาง Crepe เมื่อเกิดรอยแตก รอยแตกนั้นจะขยายตัวช้า

พบว่า ยางสกิมจะมีการขยายตัวของรอยแตกเร็วที่สุด รองลงมาคือ ยาง Crepe, STR 20CV60, STR 5CV60, STR 20, RSS No.3 และ STR 5L ตามลำดับ ยาง STR 5L จะมีการขยายตัวของรอยแตกช้าที่สุด

5.1.3.8 การทดสอบการสึกหรอ

พบว่ายาง RSS No. 3 เป็นยางที่มีค่าดัชนีการสึกหรอสูงสุด จึงเป็นยางที่ทนต่อการขัดถูดีกว่ายางเกรดอื่น ๆ

5.1.4 การใช้หลักสถิติ Response Surface Methodology (RSM) ออกสูตรยาง ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนเบลนด์ (blend) ของยางธรรมชาติที่มีราคาสูงและต่ำ ปริมาณกำมะถัน และสารตัวเร่ง TBBS ที่มีผลต่อลักษณะการวัลคาไนซ์และสมบัติเชิงฟิสิกส์ของยาง

พบว่าอัตราส่วนยางแผ่นรมควันต่อยางสกิม กำมะถัน และสารตัวเร่ง TBBS มีอิทธิพลต่อสมบัติการวัลคาไนซ์ และสมบัติทางฟิสิกส์ของยางแตกต่างกัน และสามารถนำสมการความสัมพันธ์มาใช้ประโยชน์ในการออกสูตรยางคอมเปาวด์ให้มีคุณสมบัติที่ต้องการได้ ซึ่งทำได้โดยนำกราฟคอนทัวร์ของสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการมาเขียนลงในกราฟรูปเดียวกัน

5.1.5 การศึกษาการพัฒนาสูตรยางรองคอสะพาน

จากการคำนวณระดับการวัลคาไนซ์ พบว่าระดับการวัลคาไนซ์ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้วัดจริง และจากการคำนวณหาความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงของผิวยางทั้งจากภายนอกและภายใน พบว่าความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาวัลคาไนซ์เพิ่มขึ้น โดยที่ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงของผิวภายนอกจะมีค่ามากกว่าผิวภายใน ที่เวลาอัด 50 นาที พบว่า ค่าความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง ของยางด้านในสูงขึ้นกว่าอัดที่เวลา 40 นาที อย่างชัดเจน นั่นคือจาก 2.33 เป็น 5.77

จากการทดสอบยางรองคอสะพานภายใต้แรงกดค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของยางรองคอสะพาน 3 ชิ้น ที่ระยะกดต่าง ๆ มีค่าที่ไม่แตกต่างมากนัก และร้อยละของความแปรปรวนตลอดช่วงระยะกดที่ทดสอบ มีค่าสูงสุดไม่เกิน % 15 จัดว่ามีความแปรปรวนไม่สูง มีค่า compressive modulus เท่ากับ 3.70

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะศึกษาลักษณะการวัลคาไนซ์และหาค่าพลังงานกระตุ้นของสารตัวเร่งชนิดอื่น

2. การคำนวณระดับการวัลคาไนซ์ ควรวัดอุณหภูมิตรงกลางโดยตรงโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล เพื่อเปรียบเทียบกับที่คำนวณได้