บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึงของยางธรรมชาติและยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน

ยางธรรมชาติสูตร NR5 และยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนสูตร C4 ให้สมบัติความทนต่อแรงดึงดีที่สุด แต่ในการเตรียมยางผสมนั้นต้องการยางผสมหลายสูตร เพื่อเปรียบเทียบหาสูตรยางผสมที่ให้สมบัติดีที่สุด จึงเลือกยางธรรมชาติ 3 สูตร และยางคลอโรซัลโฟ-เนตเตตพอลิเอทธิลีน 2 สูตร ได้แก่สูตร NR1, NR2, NR5, C1 และ C4

2. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิ-เอทธิลีน

2.1 ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึงของยางผสม

ยางผสมสูตร B4 มีความทนต่อแรงดึงสูงกว่าสูตรอื่นๆ เมื่อมีปริมาณยางคลอโร-ซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนมากกว่า 50% ส่วนยางผสมสูตร B2 และ B3 มีค่าใกล้เคียงกันทุกอัตราส่วนและแต่ละอัตราส่วนมีความทนต่อแรงดึงใกล้เคียงกัน (มีค่าอยู่ระหว่าง 18.20 – 20.75 MPa) และยางผสมสูตร B1 มีค่าความทนต่อแรงดึงต่ำกว่าสูตรอื่นๆ ส่วนค่าการยืด ณ จุดขาดมีค่าใกล้เคียงกันทุกสูตรและมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนเพิ่มขึ้น

2.2 ผลการทดสอบการฉีกขาด

ในอัตราส่วน 80/20 และ 70/30 ยางผสม (ทุกสูตร) มีความทนต่อการฉีกขาดใกล้เคียงกัน และค่าความทนต่อการฉีกขาดของยางผสมแต่ละสูตรมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนมากกว่า 30% และยางผสมสูตร B2 มีความทนต่อการฉีกขาดดีกว่าสูตรอื่นๆทุกอัตราส่วน

2.3 การทดสอบความต้านทานต่อการบ่มเร่ง

ยางผสมทุกสูตรมีความต้านทานต่อการบ่มเร่งดีกว่ายางธรรมชาติ โดยที่ยางผสมสูตร B4 มีค่าความทนต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนดีที่สุดและมีค่าการเปลี่ยนแปลงหลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนน้อยที่ ส่วนค่าการยืด ณ จุดขาดของยางผสมทุกสูตร มีค่าลดลงหลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนและมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่า ยางผสมสูตร B4 มีความต้านทานต่อการบ่มเร่งดีที่สุด

2.4 ผลการทดสอบการบวมตัว

ยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนทนต่อน้ำมันได้ดีกว่ายางธรรมชาติ และยางผสมทุกสูตรทนต่อน้ำมันได้ดีกว่ายางธรรมชาติ ความทนต่อน้ำมันของยางผสมมีแนวโน้มดีขึ้น เมื่อปริมาณยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนเพิ่มขึ้น ยางผสมบวมตัวในน้ำมัน IRM 903 น้อยกว่าในน้ำมัน ASTM เบอร์ 1 และยางผสมสูตร B3 ทนต่อน้ำมันได้ดีที่สุด

2.5 ผลการทดสอบความต้านทานต่อโอโซน

ยางผสมมีความต้านทานต่อโอโซนดีกว่ายางธรรมชาติ และความต้านทานต่อโอโซนของยางผสมมีแนวโน้มดีขึ้น เมื่อปริมาณยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนเพิ่มขึ้น เพราะยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนเป็นยางที่ทนต่อโอโซนได้ดี โดยยางผสมสูตร B2 มีความต้านทานต่อโอโซนมากกว่ายางผสมสูตรอื่นๆทุกอัตราส่วน

3. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของยางผสม เมื่อมีการใช้สารที่ช่วยเพิ่มความเข้ากันได้

3.1 อิทธิพลของ Struktol® 60 NS

3.1.1 เมื่อเติม Struktol® 60 NS ปริมาณ 3 phr ในยางผสมสูตร B1 ทุกอัตราส่วน (B5)

ยางผสมสูตรที่มีการเติม Struktol® 60 NS ปริมาณ 3 phr มีสมบัติความทนต่อแรงดึง ความทนต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อโอโซนด้อยกว่ายางผสมสูตร B1 (ไม่เติม Struktol® 60 NS) แต่มีความทนต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนและทนต่อน้ำมันได้ดีกว่ายางผสมสูตร B1

3.1.2 เมื่อเติม Struktol® 60 NS ปริมาณ 1.0 และ 3.0 phr ลงในยางผสมทั้ง 4 สูตร ที่อัตราส่วนระหว่างยางธรรมชาติกับยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนเป็น 70/30

ยางผสมที่เติม Struktol® 60 NS ปริมาณ 1.0 phr มีความทนต่อแรงดึงและความต้านทานต่อโอโซนสูงกว่ายางผสมที่เติม Struktol® 60 NS ปริมาณ 3.0 phr แต่มีความต้านทานต่อโอโซนต่ำกว่ายางผสมที่ไม่เติม Struktol® 60 NS และการเติม Struktol® 60 NS (ทั้ง 1.0 phr และ 3.0 phr) ลงในยางผสม ไม่ช่วยให้ยางผสมมีสมบัติความต้านทานต่อน้ำมัน ความต้านทานต่อการสึกหรอ และการผิดรูปถาวรดีขึ้น (สมบัติดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่เติม Struktol® 60 NS)

3.2 อิทธิพลของยางธรรมชาติอิพ๊อกไซด์

3.2.1 ผลการทดสอบความทนต่อแรงดึง

ยางผสมที่เติมยาง ENR มีความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดสูงกว่ายางผสมที่เติม Struktol® 60 NS และยางผสมที่ไม่เติมยาง ENR โดยยาง ENR ปริมาณ 1.0 phr ให้ค่าที่ดีที่สุด ซึ่งเมื่อปริมาณยาง ENR เพิ่มขึ้น ค่าความทนต่อแรงดึงและค่าการยืด ณ จุดขาดมีค่าคงที่

3.2.2 ผลการทดสอบความทนต่อการฉีกขาด

ยางผสมที่เติมยาง ENR มีความทนต่อการฉีกขาดดีกว่ายางผสมที่ไม่เติมยาง ENR และการเติมยาง ENR 1.0 phr ทำให้ยางผสมมีความทนต่อการฉีกขาดดีที่สุด แต่เมื่อปริมาณยาง ENR เพิ่มขึ้น ค่าความทนต่อการฉีกขาดจะมีค่าลดลง

3.2.3 ผลการทดสอบการบ่มเร่งด้วยความร้อน

ยาง ENR ทำให้ยางผสมมีความทนต่อแรงดึงหลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนสูงขึ้น และมีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยลง ส่วนค่าการยืด ณ จุดขาดมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในกรณีที่เติมและเติมยาง ENR และเมื่อปริมาณยาง ENR เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าการยืด ณ จุดขาดจะมีค่าน้อยลง แสดงว่า ยางผสมที่เติมยาง ENR มีความต้านทานต่อการบ่มเร่งด้วยความร้อนดีกว่ายางผสมที่ไม่เติมยาง ENR และยางผสมที่เติมยาง ENR มีความต้านทานต่อการบ่มเร่งด้วยดีกว่ายางผสมที่เติม Struktol® 60 NS

3.2.4 ผลการทดสอบการบวมตัวในน้ำมัน

ยางผสมที่เติมยาง ENR มีความต้านทานต่อการบวมตัวดีกว่ายางผสมที่ไม่มีการเติมสารที่ช่วยเพิ่มความเข้ากันได้และยางผสมที่เติม Struktol® 60 NS และทนต่อน้ำมัน IRM 903 ได้ดีกว่าน้ำมัน ASTM เบอร์ 1

3.2.5 ผลการทดสอบความต้านทานต่อโอโซน

การเติมยาง ENR ลงในยางผสม ทำให้ยางผสมนั้นมีความต้านทานต่อโอโซนได้ดีขึ้น และเมื่อปริมาณยาง ENR เพิ่มขึ้น ความต้านทานต่อโอโซนของยางผสมจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่เติม Struktol® 60 NS พบว่า ยางผสมที่เติมยาง ENR มีความต้านทานต่อโอโซนได้ดีกว่ายางผสมที่เติม Struktol® 60 NS (ทั้งในกรณีที่เติม Struktol® 60 NS 1.0 และ 3.0 phr)

3.2.6 ผลการทดสอบการสึกหรอ

ยาง ENR ทำให้ยางผสมมีความต้านทานต่อการสึกหรอดีขึ้น และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณยาง ENR ในยางผสมเพิ่มขึ้น ยางผสมที่เติมยาง ENR มีความต้านทานต่อการสึกหรอได้ดีกว่ายางผสมที่เติม Struktol® 60 NS

3.5.7 ผลการทดสอบการผิดรูปถาวรแบบดึง

ยางธรรมชาติและยางผสมมีการผิดรูปถาวรน้อยกว่ายางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน แต่ยางผสมมีการผิดรูปมากกว่ายางธรรมชาติ และการเติมยาง ENR ลงในยางผสม ไม่มีผลต่อสมบัติการผิดรูปถาวรของยางผสม ยางผสมที่เติมยาง ENR มีการผิดรูปถาวรน้อยกว่ายางผสมที่เติม Struktol® 60 NS

4. ผลการวิเคราะห์ความเข้ากันได้ด้วยเครื่อง SEM และ DMTA

4.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM

ยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีน แยกเป็นสองเฟสอย่างชัดเจน ทำให้ยางผสมมีความเข้ากันได้ต่ำ แต่เมื่อเติมยาง ENR ลงในยางผสม จะทำให้เฟสยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนในเฟสยางธรรมชาติมีขนาดเล็กลง ทำให้ยางผสมมีความเข้ากันได้มากขึ้น โดยยาง ENR ปริมาณ 1.0 phr ทำให้ขนาดของเฟสยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนลดลงมากที่สุด เมื่อยาง ENR มีปริมาณเพิ่มขึ้น เฟสยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนจะมีขนาดเพิ่มขึ้น

4.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DMTA

ยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนมีค่าT_g 2 ค่า และค่า loss tangent มีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับยางแต่ละชนิดที่ไม่ได้นำมาผสมกับยางชนิดอื่น แสดงว่า ยางผสมแยกเป็นสองเฟส แต่เมื่อเติมยาง ENR ไป ค่า T_g ของยางคลอโรซัลโฟเนตเตตพอลิเอทธิลีนมีค่าลดลง และค่า T_g ของยางทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเข้าใกล้กันมากขึ้น แสดงว่า การเติมยาง ENR ลงในยางผสม ทำให้ยางผสมเข้ากันได้ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดสอบสมบัติของยางผสมทั้งที่เติมและไม่เติมสารช่วยเพิ่มความเข้ากันได้ควรมีการทดสอบสมบัติบางประการเพิ่มเติม เช่น ในการทดสอบสมบัติการบวมตัว นอกจากทดสอบการบวมตัวในน้ำมัน เพื่อหาความสามารถในการต้านทานต่อน้ำมันแล้วน่าจะมีการทดสอบความต้านทานต่อตัวทำละลายด้วย และในการทดสอบความต้านทานต่อน้ำมันและตัวทำละลายนั้น อาจจะบอกเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การคงไว้ของความทนต่อแรงดึงหลังจากแช่ในน้ำมันและตัวทำละลายเพิ่มด้วย เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนขึ้น
2. ทดลองใช้สารช่วยเพิ่มความเข้ากันได้ชนิดอื่นในยางผสมนี้ เพิ่มเปรียบเทียบสมบัติที่ได้ของยางผสมที่เติมสารช่วยเพิ่มความเข้ากันได้ชนิดอื่นกับยางผสมที่เติม Struktol® 60 NS และยาง ENR เพื่อหาสารช่วยเพิ่มความเข้ากันได้ที่เหมาะสมกับยางผสมชนิดนี้มากที่สุด
3. ทดลองเติมเขม่าดำลงในยางผสมชนิดนี้ทั้งที่เติมและไม่เติมสารช่วยเพิ่มความเข้ากันได้เพื่อศึกษาผลของเขม่าดำต่อสมบัติและความเข้ากันได้ของยางผสม เพื่อให้สามารถนำยางผสมชนิดนี้ไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้จริง