บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 ผลของวิธีการผสมต่อสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน

5.1.1 ผลของวิธีการผสมต่อสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ไม่ผสมสารทนไฟ

ผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค SEM-BSE ของ 60/40 NR/PP TPV ที่ไม่ผสมสารทนไฟ โดยใช้วิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน 3 วิธี พบว่า NR/PP TPV ที่เตรียมจากทั้ง 3 วิธีให้สัณฐานวิทยาที่มีโครงสร้างคล้ายเฟสกระจาย นอกจากนี้ยังพบว่าการเตรียมด้วยวิธีที่ 1 ให้ปริมาณพันธะเชื่อมโยงในเฟสยางของ TPV สูงกว่าวิธีที่ 2 และ 3

ผลของวิธีการเตรียมที่แตกต่างกันต่อสมบัติเชิงกลของ NR/PP TPV พบว่ามอดูลัสที่ระยะยืด 100% และค่าความแข็งของ TPV ที่เตรียมจากการใช้วิธีการต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน TPV ที่เตรียมด้วยวิธีที่ 1 มีความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการดึงยืดจนขาดสูงกว่า TPV ที่เตรียมด้วยวิธีที่ 2 และ 3 แต่การเตรียมด้วยวิธีที่ 3 ให้ TPV ที่มีความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงยืดที่ดี และมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งที่ต่ำกว่าวิธีอื่นๆ ผลการทดสอบสมบัติการทนความร้อนด้วยเทคนิค TGA พบว่า TPV ที่เตรียมด้วยวิธีที่ 1 ให้อุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวสูงกว่าวิธีอื่นๆ แต่ให้อุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดของเฟสยางและเฟสพอลิโพรไพลีนใกล้เคียงกับวิธีอื่นๆ ส่วนผลการทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค UL94 และ LOI พบว่า TPV ที่เตรียมจาก 3 วิธีให้ค่าเวลาหยดของเปลวไฟไม่แตกต่างกัน และใช้ปริมาณออกซิเจนในการจุดติดไฟที่เท่ากัน

5.1.2 ผลของวิธีการผสมต่อสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์

ผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค SEM-BSE ของ 60/40 NR/PP TPV ที่ผสมสารทนไฟ ATH และ MH ปริมาณคงที่ 60 wt% ด้วยวิธีการเตรียมที่ต่างกัน 3 วิธี พบว่า NR/PP TPV ผสมสารทนไฟ ATH และ MH ที่เตรียมจากทั้ง 3 วิธี ให้สัณฐานวิทยาที่มีโครงสร้างคล้ายเฟสกระจาย ผลการวิเคราะห์

การกระจายตัวของสารทนไฟทั้งสองชนิดใน TPV ด้วยเทคนิค SEM-EDX พบว่า การเตรียม TPV ด้วยวิธีที่ 3 มีการกระจายตัวของสารทนไฟที่สม่ำเสมอกว่าวิธีอื่นๆ

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่ามอดูลัสที่ระยะยืด 100% และความแข็งของ TPV จากทั้ง 3 วิธี มีค่าใกล้เคียงกัน และการเตรียมด้วยวิธีที่ 1 ให้ TPV ที่มีความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาดสูงกว่าวิธีอื่นๆ แต่ TPV ที่เตรียมด้วยวิธีที่ 3 มีค่าการเซตตัวหลังการดึงยืดและค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งที่ต่ำกว่าวิธีอื่นๆ โดยที่ NR/PP/ATH TPV มีสมบัติเชิงกลก่อนและหลังบ่มเร่งดีกว่า NR/PP/MH TPV เล็กน้อย

ผลการทดสอบสมบัติการทนความร้อน พบว่า TPV ที่เตรียมด้วยวิธีที่ 1 มีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวมากที่สุด แต่มีอุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดและอัตราการสลายตัวของเฟสยางและพอลิโพรไพลีนใกล้เคียงกับ TPV ที่เตรียมด้วยวิธีที่ 2 และ 3 โดย NR/PP/MH TPV มีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวและอุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดของทั้งสองเฟสมากกว่า NR/PP/ATH TPV ผลการทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค UL94 และ LOI พบว่า TPV ที่เตรียมด้วยวิธีที่ 3 ให้เวลาการหยดของเปลวไฟนานที่สุด และใช้ปริมาณออกซิเจนในการจุดติดไฟใกล้เคียงกับ TPV ที่เตรียมด้วยวิธีที่ 2 แต่มากกว่าวิธีที่ 1

จากผลการวิจัย สรุปได้ว่าการเตรียม NR/PP TPV ด้วยวิธีที่ 3 คือการเตรียมและผสมสารทนไฟในเบลนด์ของยาธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนในขั้นตอนเดียว ให้วัสดุที่มีสมบัติการทนไฟดีที่สุด

5.2 ผลของสภาวะการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน

5.2.1 ผลของเวลาการผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน

ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของสารทนไฟ ATH และ MH ใน TPV ที่แปรเวลาในการผสมสารทนไฟทั้งสอง (4, 6, 8 และ 10 นาที) ด้วยเทคนิค SEM-EDX พบว่าการเพิ่มเวลาการผสมสารทนไฟใน TPV ทำให้สารทนไฟทั้งสองชนิดกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้นในเมทริกซ์

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่าการเพิ่มเวลาการผสมไม่ทำให้ค่ามอดูลัสที่ระยะยืด 100% และค่าความแข็งของ TPV เปลี่ยนแปลงไป แต่ความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการดึงยืดจนขาดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มเวลาการผสมจาก 4 เป็น 6 นาที และค่าทั้งสองมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มเวลาการผสมมากกว่า 6 นาที ในขณะที่ค่าการเซตตัวหลังการดึงยืดเพิ่มขึ้นตามเวลาการผสม สมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งลดลงอย่างมากเมื่อเพิ่มเวลาในการผสม

ผลการทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค UL94 และ LOI พบว่า TPV มีเวลาการหยดของเปลวไฟนานขึ้นตามเวลาการผสมสารทนไฟ แต่การเพิ่มเวลาการผสมไม่ส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในการจุดติดไฟของ TPV เปลี่ยนแปลงไป

จากผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่าที่เวลาการผสมสารทนไฟ 6 นาทีให้สมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด และให้สมบัติหลังการบ่มเร่งและการหน่วงการลามไฟที่ดี

5.2.2 ผลของความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน

ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของสารทนไฟ ATH และ MH ใน TPV ที่แปรความเร็วโรเตอร์ในการเตรียม TPV (60, 80 และ 100 rpm) ด้วยเทคนิค SEM-EDX พบว่าการเพิ่มความเร็ว โรเตอร์ในการเตรียม TPV ทำให้สารทนไฟทั้งสองชนิดกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้นในเมทริกซ์

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่าการเพิ่มความเร็วโรเตอร์ทำให้มอดูลัสที่ระยะยืด 100% เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในกรณี NR/PP/MH TPV แต่ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกรณี NR/PP/ATH TPV ในขณะที่ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาด ความแข็ง ความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงยืดและสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วโรเตอร์ในการเตรียม TPV

ผลการทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค UL94 และ LOI พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วโรเตอร์ในการเตรียมส่งผลให้ TPV มีเวลาการหยดของเปลวไฟสั้นลง แต่ไม่ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในการจุดติดไฟของ TPV เปลี่ยนแปลงไป

จากผลการวิจัย สรุปได้ว่าการใช้ความเร็วโรเตอร์ในการเตรียม TPV เท่ากับ 60 rpm ให้ TPV ที่มีสมบัติเชิงกล สมบัติหลังการบ่มเร่งและสมบัติการทนไฟดีที่สุด

5.3 ผลของปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิกต่อสมบัติเชิงกลและการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีนที่ผสมสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์

ผลของการแปรปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก (5.4, 7.2, 9 และ 10.8 wt%) ต่อสมบัติเชิงกลและทนไฟของ 60/40 NR/PP TPV ที่ผสมสารทนไฟ ATH และ MH ปริมาณคงที่ 60 wt% พบว่าการเพิ่มปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟีนอลิก ทำให้มอดูลัสที่ระยะยืด 100% และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่กลับส่งผลให้ความสามารถในการดึงยืดจนขาดลดลง ในขณะที่ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการ

คืนรูปหลังการดึงยืดและค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติเทนไซล์หลังบ่มเร่งไม่แตกต่างกันเมื่อเพิ่มปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟินอลิก

ผลการทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค UL94 และ LOI พบว่าเวลาการหยดของเปลวไฟมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟินอลิกที่เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณสารวัลคาไนซ์ไม่ส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนในการจุดติดไฟของ TPV

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า การใช้สารวัลคาไนซ์เรซินฟินอลิกที่ปริมาณ 7.2 wt% หรือ 12 phr ยังคงให้สมบัติด้านความสามารถในการดึงยืดจนขาดของวัสดุ TPV ที่ดี (มากกว่าหรือเท่ากับ 150%) ก่อนสมบัติดังกล่าวจะลดลงอย่างมากเมื่อเพิ่มปริมาณสารวัลคาไนซ์มากขึ้น นอกจากนี้ที่ปริมาณสารวัลคาไนซ์เรซินฟินอลิกดังกล่าวยังทำให้สมบัติการหน่วงการลามไฟดีขึ้น

5.4 ผลของปริมาณสารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน

ผลการแปรปริมาณสารทนไฟ ATH และ MH (0, 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 wt%) ต่อการกระจายตัวของสารทนไฟในวัสดุ TPV พบว่าการเพิ่มปริมาณสารทนไฟทั้งสองชนิดใน NR/PP TPV ส่งผลให้ความสามารถในการกระจายตัวของสารทนไฟในเมทริกซ์ลดลง

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของ NR/PP TPV พบว่าการเพิ่มปริมาณสารทนไฟทั้งสองชนิด ทำให้มอดูลัสที่ระยะยืด 100% และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลให้ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการดึงยืดจนขาด และความสามารถในการคืนรูปหลังการดึงยืดมีแนวโน้มลดลง และปริมาณสารทนไฟที่เพิ่มขึ้นยังผลให้สมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งลดลงอย่างมาก

ผลการทดสอบสมบัติการทนความร้อน พบว่าการเพิ่มปริมาณสารทนไฟ ATH ไม่ทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวของ TPV และอุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดของทั้งเฟสยางและพอลิโพรไพลีนเปลี่ยนแปลงไป ส่วนอัตราการสลายตัวของทั้งสองเฟสพบว่าลดลง ส่วนการเพิ่มปริมาณสารทนไฟ MH จาก 20-80 wt% ทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวของ TPV เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณสารทนไฟ MH ไม่ทำให้อุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดของทั้งเฟสยางและพอลิโพรไพลีนเปลี่ยนแปลงไป แต่ส่งผลให้อัตราการสลายตัวของทั้งสองเฟสลดลง และการเพิ่มปริมาณสารทนไฟทั้งสองชนิดให้ค่าน้ำหนักที่คงเหลือจากการสลายตัวเพิ่มขึ้น แสดงว่าการเพิ่มปริมาณสารทนไฟทำให้ TPV มีสมบัติทนความร้อนดีขึ้น

ผลการทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค UL94 และ LOI พบว่า การเพิ่มปริมาณการเติมสารทนไฟทั้งสองชนิด ส่งผลให้ TPV มีค่าเวลาการหยดของเปลวไฟนานขึ้น และต้องใช้ปริมาณออกซิเจนในการจุดติดไฟมากขึ้น

จากผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณการเติมสารทนไฟทั้งสองชนิด จะปรับปรุงสมบัติการทนความร้อนและการทนไฟของ TPV ได้ แต่การเติมสารทนไฟที่ปริมาณ 60 wt% ให้ TPV ที่มีสมบัติเชิงกล (ความสามารถในการดึงยืดจนขาด) ผ่านตามมาตรฐาน มอก 11-2531 และมีการปรับปรุงสมบัติการทนไฟอย่างชัดเจน อีกทั้งยังเป็นปริมาณที่ยังคงง่ายต่อการแปรรูป

5.5 ผลของการใช้สารทนไฟอะลูมิเนียมไตรไฮเดรตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ต่อสมบัติเชิงกล การทนความร้อน และการทนไฟของเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์จากเบลนด์ของยางธรรมชาติและพอลิโพรไพลีน

ผลการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค SEM-BSE ของ 60/40 NR/PP TPV ที่มีการใช้สารทนไฟ ATH และ MH ร่วมกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ที่ปริมาณการผสมต่างๆ (สัดส่วนสารทนไฟต่อสารตัวเติมนาโนเท่ากับ 60/0, 55/5 และ 50/10) พบว่า การเติมนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ที่ปริมาณต่างๆ ใน TPV ไม่ส่งผลให้ลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุ TPV เปลี่ยนแปลงไป

ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของธาตุด้วยเทคนิค EDX พบว่า NR/PP TPV ที่มีการใช้สารทนไฟ ATH หรือ MH ร่วมกับนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ที่สัดส่วนต่างๆ มีการกระจายตัวของสารตัวเติมทนไฟและสารตัวเติมนาโนในเมทริกซ์ที่ไม่สม่ำเสมอ โดยที่การกระจายตัวของนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ลดลงตามปริมาณการเติมที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของนาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ที่กระจายตัวในเทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ด้วยเทคนิค XRD พบว่าสารตัวเติมนาโนบางส่วนเกิดอันตรกริยากับยางและพอลิโพรไพลีนผ่านกลไกการแทรกเข้าระหว่างแผ่นซิลิเกต

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลก่อนและหลังบ่มเร่งของ NR/PP TPV พบว่าการใช้สารทนไฟ ATH และ MH ร่วมกับสารตัวเติมนาโนที่ปริมาณต่างๆ ไม่ส่งผลทำให้ TPV มีสมบัติเทนไซล์ สมบัติการคืนรูปหลังการดึงและความแข็ง รวมถึงสมบัติเทนไซล์หลังการบ่มเร่งที่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบสมบัติการทนความร้อนด้วยเทคนิค TGA เมื่อทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน พบว่า การใช้นาโนเคลย์และออร์กาโนเคลย์ไม่ทำให้สมบัติเชิงความร้อนของ TPV ที่ผสมสารทนไฟทั้งสองชนิดเปลี่ยนแปลงไป แต่เมื่อทดสอบภายใต้สภาวะก๊าซออกซิเจน พบว่าการใช้นาโนเคลย์และออร์กาโน

เคลย์ทำให้ TPV ที่ผสมสารทนไฟทั้งสองชนิดมีอุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัว อุณหภูมิการสลายตัวสูงสุดของทั้งเฟสยางและพอลิโพรไพลีนเพิ่มขึ้น

ผลการทดสอบการทนไฟด้วยเทคนิค UL94 และ LOI พบว่า การใช้นาโนเคลย์และออร์การ์โนเคลย์ใน TPV ที่ผสมสารทนไฟทั้งสองชนิด ให้ค่าเวลาการหยดของเปลวไฟและปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการจุดติดไฟไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างจากกรณีที่ไม่ใช้สารตัวเติมนาโนทั้งสองชนิดอีกด้วย