บทสรุปรายงานสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

1. ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเบลนด์ยางธรรมชาติร่วมกับยางไนไตร์ลคาร์บอกซิเลตเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ผลิตท่อยางที่ทนความร้อนและน้ำมัน

(ภาษาอังกฤษ) Study of Natural rubber/Carboxylated Nitrile Rubber Blends for heat and oil resistant rubber tube application

2. ชื่อหัวหน้าโครงการ ดร.ณฐินี โล่ห์พัฒนานนท์

หน่วยงานสังกัด ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000

โทรศัพท์/โทรสาร 073-313930-50 ต่อ 1862 / 073-331099 **E-mail** lnatinee@bunga.pn.psu.ac.th

3. นักศึกษา/ผู้ร่วมวิจัย นายเกรียงไกร อรุณพันธุ์

4. งบประมาณทั้งโครงการ 102,000 บาท

5. ระยะเวลาดำเนินการ 6 เดือน ตั้งแต่วันที่1 กรกฎาคม 2550 ถึงวันที่ 30 มีนาคม 2551

6. ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

การวิจัยนี้เพื่อการศึกษาเบื้องต้นเพื่อพัฒนาวัสดุเบลนด์ชนิดใหม่ที่ใช้ยางธรรมชาติ (natural rubber, NR) ร่วมกับยางไนไตร์ลคาร์บอกซิเลต (carboxylated nitrile rubber, XNBR) ซึ่งเป็นยางสังเคราะห์ที่มีความสำคัญและมีราคาแพง มีคุณสมบัติทั่วไปเด่นด้านการทนความร้อนและน้ำมัน จึงมักใช้ทำผลิตภัณฑ์หลายชนิดในอุตสาหกรรมยานยนต์ ดังนั้นการศึกษาได้เน้นประเด็นของการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมยางเบลนด์คู่นี้เพื่อแก้ปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตและพลังงาน ลดปริมาณการใช้และการนำเข้ายางไนไตร์ลคาร์บอกซิเลตได้ในระดับหนึ่ง ตลอดจนศึกษาปัจจัยการผลิตและแปรรูปในเบื้องต้นเพื่อทำเป็นท่อยางที่สามารถทนความร้อนและน้ำมัน ซึ่งข้อมูลจากงานวิจัยนี้ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะสามารถนำไปประยุกต์ในการปรับแนวทางการผลิตท่อทนความร้อนและน้ำมันในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

7. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเทคนิคการเตรียมและสมบัติของยางเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติและยางไนไตร์ลคาร์บอกซิเลต สำหรับใช้ผลิตท่อยางทนความร้อนและน้ำมัน

8. ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมยางเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติและยางไนไตร์ลคาร์บอกซิเลตโดยแปรอัตราส่วนการเบลนด์ (NR/XNBR = 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 และ 100/0 %wt/wt) ชนิดสารตัวเร่ง (TMTD+ZnO 5 phr, CBS+ZnO 5 phr, MBTS+ZnO 5 phr, CBS+TMTD+ZnO 5 phr, MBTS+TMTD+ZnO 5 phr และCBS+TMTD+ZnO 10 phr) แปรชนิดและปริมาณสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Epoxyprene®25 และ Epoxyprene®50) แปรชนิดและปริมาณสารตัวเติม (carbon black เกรด N220, silica และ $CaCO_3$) ต่อสมบัติของยางเบลนด์ NR/XNBR ผลการศึกษา พบว่าในการศึกษาเบื้องต้นของยางเบลนด์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบวัลคาไนซ์แบบใช้กำมะถัน Semi-EV และใช้สารตัวเร่งคือ TMTD ได้ว่ายางเบลนด์มีสมบัติวัลคาไนซ์ที่ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนเบลนด์ โดยมีเวลาสกอช เวลาวัลคาไนซ์และค่าทอร์คสูงสุดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ XNBR แต่ค่าความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดขาดและความต้านทานต่อการฉีกขาดจะลดลงตามปริมาณของยาง XNBR สมบัติความต้านทานต่อการบ่มเร่งและความต้านทานต่อการบวมพองจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนโดยน้ำหนักของยาง XNBR และจากผลการทดสอบด้วยเทคนิค DMTA และ SEM พบว่ายางเบลนด์ NR/XNBR มีความไม่

เข้ากัน และเมื่อพิจารณาสมบัติต่างๆ ของยางที่เบลนด์กันในสัดส่วนต่างๆ พบว่ายางเบลนด์ที่ใช้สัดส่วนของยาง NR ต่อยาง XNBR เท่ากับ 25/75 ส่วนโดยน้ำหนัก มีสมบัติวัลคาไนซ์และสมบัติเชิงกลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และมีความต้านทานต่อความร้อนและการบวมพองในตัวทำละลายไม่มีขั้วดีที่สุด อย่างไรก็ตาม พบว่าสมบัติของยางเบลนด์ที่ใช้สูตรเบลนด์ดังกล่าวสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยการใช้สารตัวเร่งและปริมาณซิงค์ออกไซด์ที่เหมาะสม จากผลการแปรชนิดของสารตัวเร่งในระบบวัลคาไนซ์แบบใช้กำมะถัน Semi-EV ต่อสมบัติของยางเบลนด์ 25/75 NR/XNBR พบว่าการใช้สารตัวเร่งหลัก CBS ร่วมกับสารตัวเร่งรอง TMTD และเพิ่มปริมาณซิงค์ออกไซด์ในสูตรยางเบลนด์จาก 5 phr เป็น 10 phr มีประสิทธิภาพดี เนื่องให้ความปลอดภัยในการแปรรูป (ประมาณ 3 นาที) และมีระยะเวลาวัลคาไนซ์ที่ค่อนข้างเร็ว (ประมาณ 6 นาที) นอกจากนี้ยังให้ยางที่มีระดับการเชื่อมโยงที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับสารตัวเร่งชนิดอื่น ซึ่งทำให้ยางเบลนด์มีความต้านทานต่อแรงดึง (14 MPa) และความต้านทานต่อการฉีกขาด (22 N/mm) มากที่สุด มีความสามารถในการยืดขาด (ประมาณ 450 %) และสมบัติบ่มเร่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เนื่องจากในการผสมยาง NR และยาง XNBR พบว่ายางทั้งสองเข้ากันได้น้อย ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้หากมีการเพิ่มระดับความเข้ากันได้ของยางทั้งสอง เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลของยางเบลนด์ให้เด่นยิ่งขึ้น ผลการแปรชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความเข้ากันได้ คือ ยางธรรมชาติอิพอกไซด์เกรด Epoxyprene® 25 และ Epoxyprene®50 ต่อสมบัติของยางเบลนด์ พบว่าการใช้สารเพิ่มความเข้ากันได้ ส่งผลให้ยาง NR และยาง XNBR มีความเข้ากันได้มากขึ้น โดยมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลยางทั้งสองเพิ่มขึ้น และการใช้ยาง Epoxyprene®50 ส่งผลให้ยางเบลนด์ 25/75 NR/XNBR มีความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดขาด ความต้านทานต่อการฉีกขาด ความต้านทานต่อความร้อนและตัวทำละลายไม่มีสภาพขั้วดีกว่ากรณียางเบลนด์ที่ใช้ยาง Epoxyprene®25 ปริมาณของยาง Epoxyprene®50 ที่เหมาะสมต่อการเตรียมยางเบลนด์ คือ 0.5 phr หลังจากนั้นเมื่อนำยางเบลนด์ 25/75 NR/XNBR มาเสริมประสิทธิภาพด้วยสารตัวเติม ได้แก่ เขม่าดำ (N220) ซิลิกาและแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณเท่ากัน 30 phr พบว่าเขม่าดำเป็นสารตัวเติมที่สามารถเพิ่มความต้านทานต่อแรงดึงและการฉีกขาดให้แก่ยางเบลนด์ได้ และมีประสิทธิภาพดีกว่าซิลิกาและแคลเซียมคาร์บอเนต เพราะว่าเขม่าดำสามารถกระจายตัวในเนื้อยางได้สม่ำเสมอดีกว่าสารตัวเติมชนิดอื่น การเพิ่มปริมาณขม่าดำจาก 15, 30 และ 40 phr ส่งผลให้ยางเบลนด์มีความต้านทานต่อแรงดึงและการฉีกขาด รวมถึงการทนต่อตัวทำละลายดีขึ้น แต่มีความสามารถในการยืดขาดลดลง แต่อย่างไรก็ตามการใช้เขม่าดำในปริมาณ 30 phr ทำให้ได้ยางเบลนด์ที่มีสมบัติเชิงกลอยู่ในเกณฑ์ดี มีความยืดหยุ่น และต้านทานต่อความร้อนและตัวทำละลายได้ดี โดยมีความต้านทานต่อความร้อนไม่แตกต่างมากนักจากยางไนไตรล์คาร์บอกซิเลต และในขณะเดียวกันก็มีความต้านทานต่อตัวทำละลาย หรือน้ำมันที่ดีกว่ามาก หลังจากนั้นได้เตรียมยางเบลนด์ที่ใช้เงื่อนไขต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งสรุปได้ว่าควรผสมยางทั้งสองด้วยใช้เทคนิคการผสมบนเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง ใช้อัตราส่วนเบลนด์ NR/XNBR = 25/75 ส่วนโดยน้ำหนัก ใช้สารตัวเร่ง CBS (1.0 phr)+TMTD (0.5 phr) ร่วมกับ ZnO 10 phr ในระบบวัลคาไนซ์แบบใช้กำมะถันชนิด Semi-EV ใช้ Epoxyprene®50 ปริมาณเพียง 0.5 phr และควรใช้เขม่าดำปริมาณ 30 phr เป็นสารตัวเติม เพื่อผลิตท่อยางที่มีสมบัติใกล้เคียงกับยางเบลนด์ด้วยเครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว จากการศึกษาถึงผลการแปรอัตราเฉือน (30, 40 และ 50 รอบต่อนาที) และอุณหภูมิ (80, 90 และ 100^{0}C) ต่อเอกซ์ทรูดท่อ โดยพิจารณาค่าการบวมพองตายและลักษณะทางกายภาพของท่อยางเบลนด์ พบว่าการบวมพองตายและผิวของท่อยางที่ผ่านการเอกซ์ทรูดไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งสองประการ ท่อยางที่ได้มีผิวเรียบสม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและเวลาในการผลิตควรเลือกใช้อัตราเฉือนและอุณหภูมิการเอกซ์ทรูด คือ 40 รอบต่อนาที และ 80^{0}C

9. สรุปผลการวิจัย

การเบลนด์ยางธรรมชาติและยางไนไตรล์คาร์บอกซิเลตเป็นวิธีการประดิษฐ์วัสดุยางชนิดใหม่ให้มีสมบัติเด่นของยางทั้งสอง และราคาถูก ในการวิจัยนี้ศึกษาการใช้ยางทั้งสองร่วมกันโดยปรับแปรเงื่อนไขการเบลนด์ของยางทั้งสองชนิด

เพื่อให้ได้ยางเบลนด์ที่มีประสิทธิภาพดี เหมาะต่อการใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ท่อยางทนความร้อนและน้ำมัน จากการศึกษาวิจัยสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการเบลนด์ยาง คือใช้สัดส่วนเบลนด์ NR/XNBR เท่ากับ 25/75 ส่วนโดยน้ำหนัก ใช้สารตัวเร่ง CBS+TMTD และใช้ ZnO 10 phr ใช้ Epoxyprene®50 ในปริมาณ 0.5 phr เป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้ และใช้เขม่าดำเกรด N220 ปริมาณ 30 phr ในการเตรียมวัสดุเบลนด์ และควรเอกซ์ทรูดท่อยางด้วยความเร็วรอบสกรู 40 รอบต่อนาที (rpm) ที่อุณหภูมิ 80^{0}C เพื่อประหยัดเวลาและพลังงานในการผลิตท่อจากยางเบลนด์ NR/XNBR

10. ข้อเสนอแนะ

1 ศึกษาการเบลนด์ของยาง 3 ชนิดร่วมกัน คือ ยาง NR ยาง XNBR และยาง ENR เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทนน้ำมันและความร้อนที่เสริมจากการใช้ยางธรรมชาติดัดแปลงโมเลกุล คือยาง ENR ร่วมในสูตรยางเบลนด์

2 ศึกษาวิจัยหาวิธีพัฒนาการผลิตท่อยางและผลิตภัณฑ์อื่นจากยางเบลนด์ NR/XNBR โดยการออกแบบกระบวนการผลิตและแปรรูปในระดับอุตสาหกรรม และทดสอบการใช้งานที่สภาวะใช้งานจริง