บทคัดย่อ

231037

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำใช้เถ้าลอยที่เป็นวัสดุเหลือใช้ ซึ่งมีในประเทศไทย เป็นสารเสริมแรงในวัสดุผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ โดยศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ซิลิกาในเถ้าลอย และศึกษาการปรับปรุงผิวเถ้าลอย โดยพิจารณาถึงปริมาณของซิลิกาในเถ้าลอยเปรียบเทียบกับซิลิกาเกรดการค้าที่เติมในพอลิเมอร์ผสม และทำการปรับปรุงผิวด้วยสารคู่ควบชนิดไซเลน คือ บิส-(3-ไตรเอธทอกซีไซลิลโพรพิล) เตตระซัลเฟน (Si69) เพื่อเพิ่มการยึดเกาะระหว่างสารเติมแต่งกับพอลิเมอร์ผสมให้ดียิ่งขึ้น และได้ทดสอบการคงรูปยาง สมบัติเชิงกล โครงสร้างจุลภาค สมบัติเชิงกลพลวัติ และการบ่มเร่งสภาวะด้วยความร้อน และทำการเปรียบเทียบกับผงเขม่าดำที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ผลการวิจัยโดยรวม พบว่า

- เถ้าลอยจากแม่เมาะมีรูปร่างเป็นทรงกลมและมีขนาดอนุภาคไม่เกิน 300 ไมครอน ซึ่งมีซิลิกาเป็นส่วนประกอบหลัก และโลหะออกไซด์เป็นองค์ประกอบรอง ดังแสดงในตารางที่ 1
- กรณีเถ้าลอยที่ไม่ปรับปรุงผิว พบว่า เมื่อปริมาณเถ้าลอยเพิ่มขึ้นทำให้เวลาในการคงรูปยางลดลง และมีสมบัติเชิงกลโดยรวมลดลง และเมื่อสัดส่วนของยางธรรมชาติเพิ่มขึ้น เวลาในการคงรูปยางมีแนวโน้มลดลง และสมบัติเชิงกลโดยรวมดีขึ้น หลังการบ่มเร่งสภาวะด้วยความร้อน พบว่า ความแข็งแรง การต้านแรงฉีกขาด และ ความแข็ง (ยกเว้น มอดุลัส) มีค่าเพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดลดลง
- การปรับปรุงผิวเถ้าลอยด้วยสารคู่ควบไซเลน Si69 พบว่า เวลาในการคงรูปยางลดลง และสมบัติเชิงกลโดยรวมดีขึ้น ส่วนเมื่อปริมาณของ Si69 เพิ่มขึ้น การบ่มเร่งสภาวะด้วยความร้อนทำให้สมบัติเชิงกลโดยรวมเพิ่มขึ้น ยกเว้นเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด
- เมื่อนำซิลิกาเกรดการค้าที่ไม่ปรับปรุงผิวเติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ พบว่า ทำให้เวลาในการคงรูปยางและสมบัติเชิงกลโดยรวมเพิ่มขึ้นด้วย
- การปรับปรุงผิวซิลิกาเกรดการค้าด้วยสารคู่ควบไซเลน Si69 ความเข้มข้นที่ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของซิลิกาที่สัดส่วนของพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ที่ 50:50 พบว่า เมื่อปริมาณซิลิกาเกรดการค้าเพิ่มขึ้น เวลาในการคงรูปยางมีแนวโน้มลดลงและสมบัติเชิงกลโดยรวมเพิ่มขึ้น หลังการบ่มเร่งสภาวะด้วยความร้อน สมบัติเชิงกลโดยรวมเพิ่มสูงขึ้น ยกเว้นเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่ลดลง
- เมื่อเติมผงเขม่าดำ เกรด N330 ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ ที่สัดส่วน 50:50 ส่วน พบว่า เมื่อปริมาณผงเขม่าดำเพิ่มขึ้น เวลาในการคงรูปยางมีแนวโน้มลดลง และสมบัติเชิงกลโดยรวมเพิ่มขึ้น ส่วนการบ่มเร่งสภาวะด้วยความร้อน มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน ยกเว้น เปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด
- คณะวิจัยฯ เลือกสัดส่วนของพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ 50:50 โดยเปรียบเทียบระหว่างเถ้าลอย ซิลิกาเกรดการค้าที่ปรับปรุงผิวด้วย Si69 ที่ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และผงเขม่าดำ โดยเลือกสัดส่วนที่ 20 และ 30 phr ที่ให้สมบัติโดยรวมที่ดีและเปรียบเทียบสมบัติด้านต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

- คณะวิจัยฯ ได้นำพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ที่สัดส่วน 50:50 ที่เถ้าลอย และซิลิกาเกรดการค้าที่ปรับปรุงผิว ด้วย Si69 ที่ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ที่สัดส่วน 20 phr มาทดลองผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พื้นรองเท้ายาง พบว่า สามารถผลิตผลิตภัณฑ์พื้นรองเท้ายางได้จริง และมีสมบัติเชิงกลโดยรวมที่ดี เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์พื้นรองเท้ายางเกรดการค้าที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด (ผลิตภัณฑ์พื้นรองเท้าจากบริษัท ที เอ็ม เค ชูส์ โปรดัคชั่น จำกัด)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

ส่วนประกอบทางเคมี	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
ซิลิคอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide)	46.2
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium oxide)	26.4
เหล็กออกไซด์ (Iron oxide)	10.7
แคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide)	7.6
แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide)	2.2
โซเดียมออกไซด์ (Sodium oxide)	1.1
โพแทสเซียมออกไซด์ (Potassium oxide)	3.1
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (Sulfur trioxide)	1.8

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ที่สัดส่วน 50:50 ที่เติมสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ

สมบัติทางด้านต่าง ๆ	ไม่เติมสารเติมแต่ง	สัดส่วนของสารเติมแต่งที่ 20 phr			สัดส่วนของสารเติมแต่งที่ 30 phr		
		เถ้าลอย*	ซิลิกาเกรดการค้า*	ผงเขม่าดำ	เถ้าลอย*	ซิลิกาเกรดการค้า*	ผงเขม่าดำ
เวลาการคงรูปยาง (นาที) ที่อุณหภูมิ 160 °C	21	16	21	19	14	19	18
มอดุลัสแรงดึง ที่ 200% (MPa)	0.31±.01	0.56±.02	1.06±.03	1.26±0.01	0.71±0.01	1.18±.01	1.64±0
ความต้านแรงดึง (MPa)	4.9±0.1	6.5±0.1	11±0.1	16.1±0.8	6.3±0.1	14.1±0.2	18.6±0.5
เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด (%)	1154±10	920±16	1084±20	1076±26	819±22	1124±22	1003±16
ความต้านแรงฉีกขาด (kN/m)	13.6±0.8	16.3±0	14.6±0.3	24±1	16.4±0.5	18±0.3	29±2
ความแข็ง (Shore A)	28±1	38±1	38±1	39±1	43±1	43±1	46±1
การยุบตัวเมื่อได้รับแรงอัด(%)	58	64	71	64	65	76	65
เปอร์เซ็นต์การกระดอน(%)	59±0	60±1	37±0	52±0	58±1	31±0	47±1
การต้านต่อการขัดถู (mm^3)	184±0	115±2	126±2	113±2	123±2	111±1	82±2
ค่า tan δ_{max}	1.548	1.344	1.018	1.088	1.529	0.976	0.893
ค่า Tg (°C)	-27	-30	-27	-29	-31	-30	-32

* หมายถึง การปรับปรุงผิวโดยใช้สารคู่ควบไซเลน Si69 ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

The major objective of this article was the property development of NR/SBR/fly ash composites for the sole of the rubber shoes. During the part two years of working, the research was conducted by varying fly ash (FA) and commercial silica, and carbon black contents, and the application of chemical surface treatment by Bis-(3-triethoxysilyl propyl) tetrasulfan (Si69) coupling agent for interfacial improvement in filler-rubber composites. The properties of rubber vulcanizates were evaluated through cure characteristics, mechanical properties, microstructure, DMA and the effect of thermal aging. The experimental results are noted as follows:

- The size of spherical fly ash used was found to be about 300 micrometer. The chemical compositions of the fly ash are listed as **Table 1**. It was found that the silica was the major composition in the fly ash.
- Increasing the untreated FA particles in the NR/SBR blend decreased the cure time and mechanical properties. Increasing NR fraction in the blend decreased the cure time, but increased the mechanical properties. Thermal aging improved tear strength and hardness (except for tensile modulus), but decreased the elongation at break.
- The addition of Si69 decreased the cure time with increases in mechanical properties, but not much affected by varying the Si69 contents. Mechanical properties could be increased by thermal aging except the elongation at break.
- Increasing the untreated commercial silica contents increased the cure time and the mechanical properties.
- The cure time and mechanical property results were not much different with addition of untreated and treated commercial silica with the NR/SBR ratio of 50:50 and Si69 (2%wt of silica). Increasing the treated commercial silica decreased the cure time.
- The addition of carbon black improved the mechanical properties and decreased the cure time.
- The final properties of the NR/SBR (at 50:50) blended with various fillers with the application of Si69 from this work are listed in **Table 2**. The 20 and 30 phr filler contents were used for such comparison.
- We have chosen the fraction of NR/SBR at 50:50 and 20 phr fly ash (or silica) with 2 wt% Si69 for production of the sole of the rubber shoes. The properties of FA/rubber products from this work were as good as those silica/rubber composite and those from T.M.K. Shoes Production Co. Ltd.

Table 1 Chemical composition of fly ash particles from Mae-moh electrical power plant

Chemical composition	Content (%)
Silicon dioxide	46.2
Aluminium oxide	26.4
Iron oxide	10.7
Calcium oxide	7.6
Magnesium oxide	2.2
Sodium oxide	1.1
Potassium oxide	3.1
Sulfur trioxide	1.8

Table 2 Property comparison of NR/SBR at 50:50 fraction with different fillers

Properties	Without filler	Filler content at 20 phr			Filler content at 30 phr		
		Fly ash*	Commercial Silica*	Carbon black	Fly ash*	Commercial Silica*	Carbon black
Cure time (min.) at cure temperature 160 °C	21	16	21	19	14	19	18
Tensile Modulus at 200% (MPa)	0.31±.01	0.56±.02	1.06±.03	1.26±0.01	0.71±0.01	1.18±.01	1.64±0
Tensile strength (MPa)	4.9±0.1	6.5±0.1	11±0.1	16.1±0.8	6.3±0.1	14.1±0.2	18.6±0.5
Elongation at break (%)	1154±10	920±16	1084±20	1076±26	819±22	1124±22	1003±16
Tear strength(kN/m)	13.6±0.8	16.3±0	14.6±0.3	24±1	16.4±0.5	18±0.3	29±2
Hardness (Shore A)	28±1	38±1	38±1	39±1	43±1	43±1	46±1
Compression set (%)	58	64	71	64	65	76	65
Resilience (%)	59±0	60±1	37±0	52±0	58±1	31±0	47±1
Abrasion (mm^3)	184±0	115±2	126±2	113±2	123±2	111±1	82±2
tan δ	1.548	1.344	1.018	1.088	1.529	0.976	0.893
Tg (°C)	-27	-30	-27	-29	-31	-30	-32

* Application of Si69, 2% by weight