

การใช้ยั้งธรรมชาติในพอลิเมอร์ผสม
ชนิดยั้งธรรมชาติกับยางอีพิดีเอ็มสำหรับขอบประตูเรือหลวง

นางสาวฐกานต์ โกละกะ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า)

โครงการการศึกษาวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบและผลิตแบบบูรณาการ
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบโครงการการศึกษาวิจัย

..... ประธานกรรมการ สอบโครงการการศึกษาวิจัย
(ดร.เสวียง เกื่อนบุญ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการการศึกษาวิจัย
(ดร.นคร ศรีสุขุมบวรชัย)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการการศึกษาวิจัย (ร่วม)
(ดร.พงษ์ธร แซ่ฮ่วย)

..... กรรมการ
(ดร.นันทน์ ถาวรังกูร)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อโครงการการศึกษาวิจัย การใช้ยางธรรมชาติในพอลิเมอร์ผสมชนิดยางธรรมชาติ
กับยางอีพิดีเอ็มสำหรับขอบประตูเรือหลวง

หน่วยกิต 6

ผู้เขียน นางสาวธกานต์ โกทะกะ

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.นคร ศรีสุขุมบวรชัย

ดร.พงษ์ธร แซ่อูย

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การออกแบบและผลิตแบบบูรณาการ

สายวิชา เทคโนโลยีวัสดุ

คณะ พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

โครงการการศึกษานี้ได้ทำการพัฒนาสูตรเคมียางของยางขอบประตูเรือซึ่งใช้งานภายใน
กรมอุทกหารเรือให้มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน MIL-R-900F และทำการศึกษสมบัติของพอลิเมอร์
ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางอีพิดีเอ็มเมื่อทำการปรับเปลี่ยนสัดส่วนระหว่างยางทั้งสองชนิด
โดยสูตรเคมียางจะมียางธรรมชาติเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทำการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของ
ยางธรรมชาติกับยางอีพิดีเอ็มเป็น 50:50 70:30 และ 80:20 อีกทั้งยังทำการปรับเปลี่ยนปริมาณเขม่าดำ
เกรด N550 อยู่ในช่วง 55-75 phr โดยผสมยางด้วยเครื่องผสม ระบบปิด ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีด
และคงรูปเทคนิคการกดอัด จากนั้นจึงทำการทดสอบยางคงรูปตาม มาตรฐานวิธีการทดสอบ Federal
Test Method Standard ดังที่ระบุในมาตรฐาน MIL-R-900F พบว่า สูตรที่มีสัดส่วนยางธรรมชาติต่อ
ยางอีพิดีเอ็มเท่ากับ 70:30 เขม่าดำ 65 phr และสูตรที่มีสัดส่วนยางธรรมชาติต่อยางอีพิดีเอ็มเท่ากับ
80:20 เขม่าดำ 65 phr ผ่านตามมาตรฐาน MIL-R-900F และเมื่อพิจารณาถึงสมบัติของยางผสมระหว่าง
ยางธรรมชาติกับยางอีพิดีเอ็ม พบว่า ผลการทดสอบชิ้นงานทดสอบของสูตรเคมียาง 2 สูตรนี้
มีค่าใกล้เคียงกันทุกการทดสอบ

คำสำคัญ: พอลิเมอร์ผสม/ยางธรรมชาติ/ยางอีพิดีเอ็ม

Research Study Title	Utilization of Natural Rubber in Natural Rubber (NR) /Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM) Polymer Blend for Royal Thai Navy Battle Ship's Hatch Cover Seal
Research Study Credits	6
Candidate	Miss Thakan Kolaka
Research Study Advisor	Dr.Nakorn Srisukhumbowornchai Dr.Pongdhorn Sae-oui
Program	Master of Engineering
Field of Study	Integrated Product Design and Manufacturing
Department	Materials Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
Academic Year	2014

Abstract

This research developed the rubber formulation for the hatch rubber cover seal. Properties of the seal must be complied with the MIL-R-900F Standard. Natural rubber and ethylene propylene diene monomer with the ratios of 50:50, 70:30 and 80:20 mixed with carbon black of about 55-75 phr were blended using internal mixer, formed, and vulcanized using compression molding technique. The rubber samples were then prepared and tested following the Federal Test Method Standards as mentioned in the MIL-R-900F Standard. The results revealed that the mixtures of natural rubber and ethylene propylene diene monomer of 70:30 and 80:20 blended with carbon black of 65 phr passed the MIL-R-900F Standard and there was no significant difference in physical properties of the two blends.

Keywords: Polymer Blend/Natural Rubber/Ethylene Propylene Diene Monomer

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ ดร.นคร ศรีสุขุมบรรชัช สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.พงษ์ธร แซ่ฮุย ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.นันทน์ ถาวรังกูร สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และนาวาโท ดร.เสวียง เกื้อบุญญ โรงงานหล่อหลอมและไม้แบบ แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อุทหาเรื่อธนบุรี ที่กรุณาสละเวลาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ รวมทั้ง ช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน ตลอดจนการทำให้โครงการ การศึกษาวิจัยนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ช่วยแนะนำและให้คำปรึกษาต่างๆ ตลอดจนการดำเนินงาน โครงการการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงงานหล่อหลอมและไม้แบบ โรงงานยาง และ โรงงานเครื่องกลสำหรับคำแนะนำ ความช่วยเหลือในการจัดทำเครื่องมือทดสอบ และขอบคุณพี่ๆ น้องๆ นักศึกษา สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี ที่ช่วยให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการดำเนินการทดสอบต่างๆ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ซ
รายการรูปประกอบ	ฅ
ประมวลคำศัพท์และคำย่อ	ฉ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ขางขอบประตูเรือ	4
2.2 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง	7
2.2.1 การเลือกส่วนผสมของสูตรเคมียาง	7
2.2.2 การผสมยาง	14
2.2.3 การขึ้นรูปและการคงรูปยาง	17
2.3 มาตรฐาน MIL-R-900F	17
2.4 ทบทวนวรรณกรรม	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. ขั้นตอนการดำเนินงาน	21
3.1 การออกสูตรเคมียาง	23
3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผสมสูตรเคมียาง	23
3.1.2 การเลือกส่วนผสมของสูตรเคมียาง	24
3.1.3 การปรับสูตรเคมียางครั้งที่ 1	25
3.1.4 การปรับสูตรเคมียางครั้งที่ 2	26
3.2 การผสมยาง	28
3.2.1 การผสมยางสำหรับสูตรเคมียางตั้งต้น	28
3.2.2 การผสมยางสำหรับสูตรเคมียาง 2 ถึง 4	29
3.3 การขึ้นรูปและคงรูปยาง	31
3.3.1 ลักษณะการคงรูป	31
3.3.2 การขึ้นรูปและคงรูปยาง	32
3.4 การทดสอบยางคงรูป	33
3.4.1 การวัดค่าความแข็ง	33
3.4.2 การวัดค่าความดันในการอุดรอยรั่ว	34
3.4.3 การวัดค่าการเสียรูปถาวรหลังการกด	36
3.4.4 การวัดค่าความทนทานต่อแรงดึง	36
3.4.5 การหาปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงหลังแช่น้ำกลั่น	37
3.4.6 การหาปริมาณสารที่ถูกสกัดด้วยน้ำกลั่นเดือด	38
3.4.7 การหาค่าความถ่วงจำเพาะ	39
3.4.8 การทดสอบความทนทานต่อโอโซน	40
4. ผลการดำเนินการ	43
4.1 สูตรเคมีตั้งต้น	43
4.2 การปรับสูตรเคมียาง ครั้งที่ 1	44
4.3 การปรับสูตรเคมียาง ครั้งที่ 2	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลการทดลอง	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
 เอกสารอ้างอิง	 51
 ภาคผนวก ก. ผลทดสอบอย่างคงรูปตามมาตรฐาน MIL-R-900F	 54
 ประวัติผู้วิจัย	 62

รายการตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1 องค์ประกอบหลักของสูตรเคมียาง		7
2.2 ข้อกำหนดตามมาตรฐาน MIL-R-900F		18
3.1 สูตรเคมียางตั้งต้น		25
3.2 สูตรเคมียาง 2		26
3.3 สูตรเคมียาง 3		27
3.4 สูตรเคมียาง 4		27
4.1 ค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบของสูตรเคมียาง 1-1 ก่อนการบ่มเร่ง		43
4.2 ค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบจากการปรับสูตรครั้งที่ 1		45
4.3 ค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบจากการปรับสูตรครั้งที่ 2		46
4.4 ค่าความถ่วงจำเพาะและสมบัติต่าง ๆ ก่อนการบ่มเร่ง ของสูตรเคมียาง 3-2, 3-3, 4-2 และ 4-3		48
4.5 ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ก่อนการบ่มเร่งของสูตรเคมียาง 3-2, 3-3, 4-2 และ 4-3		48
4.6 ผลการทดสอบสมบัติหลังการบ่มเร่งของสูตรเคมียาง 3-2, 3-3, 4-2 และ 4-3		49
ก.1 ความแข็งของชิ้นงานทดสอบของสูตรเคมียาง 3 และ 4 ก่อนและหลังการบ่มเร่ง		55
ก.2 ค่าความดันในการอุดรอยรั่วของสูตรเคมียาง 3 และ 4 ก่อนและหลังการบ่มเร่ง		57
ก.3 ค่าการเสียรูปถาวรหลังกดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ของสูตรเคมียาง 3 และ 4		57
ก.4 ค่าความทนทานต่อแรงดึงของสูตรเคมียาง 3 และ 4 ทั้งก่อนและหลังการบ่มเร่ง		58
ก.5 ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของสูตรเคมียาง 3 และ 4 ทั้งก่อนและหลังการบ่มเร่ง		59
ก.6 ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงหลังแช่น้ำกลั่นของสูตรเคมียาง 3 และ 4 ทั้งก่อนและหลังการบ่มเร่ง		60
ก.7 ปริมาณสารถูกสกัดด้วยน้ำกลั่นเดือดของสูตรเคมียาง 3 และ 4		60
ก.8 ค่าความถ่วงจำเพาะของสูตรเคมียาง 3 และ 4		61

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
1.1 ขางขอบประตูลูกเหล็กที่นำไปประกอบใช้งานกับ (ก) ประตูลูกเหล็กและ (ข) ประตูลูกเหล็กที่อยู่บนพื้นหรือเพดานเรือ	1
1.2 รอยแตกที่พบได้ทั่วไปบนขางขอบประตูลูกเหล็ก	2
2.1 ขางขอบประตูลูกเหล็กที่มีหลักการทำงานแบบ (ก) Compression Sealing Method และ (ข) Knife Edge Sealing Method	4
2.2 ขางขอบประตูลูกเหล็กที่ใช้ภายในอุทหาเรือชนบุรี	5
2.3 ปฏิกริยาระหว่างไอโซนกับพันธะคู่ของโมเลกุลยาง	6
2.4 ขั้นตอนการแปรรูปจากยางดิบเป็นขางคงรูป	7
2.5 มอนอเมอร์ $[C_5H_8]$ ที่จะประกอบกันเป็นสายโซ่ในโครงสร้างของยางธรรมชาติ	8
2.6 โครงสร้างของไดอินที่มีอยู่ในยางอีพิดีเอ็ม	9
2.7 โครงสร้างการเชื่อมโยงแบบต่าง ๆ (ก) มอนอซัลฟิดิก (ข) ไดซัลฟิดิก (ค) พอลิซัลฟิดิก เมื่อ x มากกว่าหรือเท่ากับ 3 (ง) สายโซ่กำมะถัน (จ) โครงสร้างแบบวง และ (ฉ) หมู่ไทออล (Thiol)	11
2.8 (ก) โมเดลแสดงลักษณะการผสมยางที่มีการกระจายตัวและการแตกตัวที่ดีและ (ข) มีการกระจายตัวที่ดีแต่มีการแตกตัวที่ไม่ดี	16
2.9 (ก) โมเดลแสดงลักษณะการผสมยางที่มีการกระจายตัวที่ไม่ดี และ (ข) ดี	16
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	22
3.2 เครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้งที่โรงงานยาง อุทหาเรือชนบุรี	29
3.3 การใส่สารเคมีในยางแบงค์ (ภายในวงกลมเส้นประ)	29
3.4 เครื่องผสมระบบปิด	30
3.5 เครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง	30
3.6 เครื่อง RheoTECH MD+	31
3.7 ผลที่ได้จากการทดสอบการศึกษาลักษณะการคงรูป โดยเลือกใช้ระยะเวลา t_c 100 (ดังแสดงในวงกลม)	32
3.8 แม่พิมพ์แบบกดอัด (Compression Molding)	33
3.9 Hardness Durometer	34
3.10 เครื่องทดสอบความดันในการอุดรอยรั่วตามที่ มาตรฐาน Federal Test Method 3211 กำหนด	35

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.11 ภาพแสดงลักษณะและขนาดของแท่งกดตามที่มาตรฐาน Federal Test Method 3211 กำหนด	35
3.12 เครื่องทดสอบการเสียดรูปถาวรหลังการกด	36
3.13 Universal Testing Machine	37
3.14 การทดสอบหาปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงหลังจากแช่น้ำกลั่น	38
3.15 การทดลองหาปริมาณสารที่ถูกสกัดด้วยน้ำกลั่นเดือด	39
3.16 เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ	40
3.17 เครื่องสำหรับจับยึดและดึงยึดขึ้นทดสอบในการทดสอบความทนทานต่อโอโซน	41
3.18 ผลการทดสอบความทนทานต่อโอโซน	41
3.19 เครื่องทดสอบสมบัติความทนทานต่อโอโซน	42
4.1 ยางคงรูปที่เกิดการบวม	43
4.2 ผลการทดสอบความทนทานโอโซนของสูตรเคมียาง 2-1 ตามระบุในมาตรฐาน ASTM INTERNATIONAL หมายเลข D1149-07	45
4.3 ผลการทดสอบความต้านทานต่อโอโซนของสูตรเคมียาง 3	47
4.4 ผลการทดสอบความทนทานต่อโอโซนของสูตรเคมียาง 4	47

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

STR	=	Standard Thai Rubber
phr	=	part per hundred of rubber
pphm	=	parts per hundred million
psi	=	pounds per square inch
MPa	=	megapascal
h	=	hour