การปรับปรุงสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงและการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับอิลาสโตเมอร์

IMPROVEMENT OF SOUND INSULATION AND FLAME RETARDATION PROPERTIES OF POLYMER BLEND BETWEEN ETHYLENE VINYL ACETATE AND ELASTOMERS

เขมทัต เขียวหวาน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การปรับปรุงสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงและการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับอิลาสโตเมอร์

เขมทัต เขียวหวาน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงและการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับอิลาสโตเมอร์ Improvement of Sound Insulation and Flame Retardation Properties of Polymer Blend between Ethylene Vinyl Acetate and Elastomers
ชื่อ – นามสกุล	นายเขมทัต เขียวหวาน
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย, Ph.D.
ปีการศึกษา	2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภวสุปรีย์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุมนมาลย์ เนียมหลาง, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์อรรถพล สิมประดิษฐ์พันธุ์, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 20 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงและการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับอิลาสโตเมอร์
ชื่อ – นามสกุล นายเขมทัต เขียวหวาน
สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตาจารย์ฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย, Ph.D.
ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงและสมบัติการหน่วงการติดไฟของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด (EVA) ที่ใช้งานในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยในงานวิจัยนี้นำเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมาผสมกับอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติ (NR) และยางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR) ที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ 30:70, 50:50 และ 70:30 โดยน้ำหนัก โดยใช้ซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr และใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr เพื่อเป็นสารเติมแต่งสำหรับปรับปรุงสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสม และใช้อะลูมิน่าและเบนโทไนต์ที่ปริมาณ 10 30 และ 50 phr เพื่อเป็นสารเติมแต่งในการปรับปรุงสมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสม

ชิ้นงานทดสอบเตรียมโดยใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ในการผสมเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับอิลาสโตเมอร์ และผสมพอลิเมอร์ผสมกับสารเติมแต่ง จากนั้นนำพอลิเมอร์ผสมที่ได้มาขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูป ทดสอบสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียง ความแข็ง ความทนต่อแรงดึง ความถ่วงจำเพาะและการหน่วงการติดไฟ โดยศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด กับพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้ อันมีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนการใช้งานของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดในอุตสาหกรรมการผลิตฉนวนกันเสียงในรถยนต์ ด้วยพอลิเมอร์ผสมจากงานวิจัยนี้ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มมูลค่าให้วัสดุอิลาสโตเมอร์

ผลการทดลองพบว่าที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ 30:70, 50:50 และ 70:30 โดยน้ำหนัก แสดงค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด (EVA) แต่ค่าความแข็ง ความทนต่อแรงดึง ระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) และการหน่วงการติดไฟมีสมบัติลดลง การเติมซิลิกาที่ 20 phr ทำให้สมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงอยู่ที่ 33 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด (EVA) โดยค่าความแข็งและความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด (EVA) สมบัติการหน่วงการติดไฟทำการทดสอบการลามไฟแนวนอน (HB test) ผ่านตามมาตรฐาน ซึ่งมีค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ที่ช้ากว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด (EVA) แต่ความทนต่อแรงดึงมีค่าน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด (EVA) จึงสรุปได้ว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก ที่มีการเติมซิลิกาที่ 20 phr สามารถนำไปผลิตเป็นฉนวนกันเสียงในรถยนต์ ทดแทนการใช้งานเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มมูลค่าให้วัสดุอิลาสโตเมอร์ได้

คำสำคัญ: ฉนวนกันเสียง การหน่วงการติดไฟ เอทิลีนไวนิลอะซิเตด วัสดุอิลาสโตเมอร์

Thesis Title	Improvement of Sound Insulation and Flame Retardation Properties of Polymer Blend between Ethylene Vinyl Acetate and Elastomers
Name – Surname	Mr. Khemmathat Khiewwan
Program	Materials Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Chuntip Sakulkhaemaruethai, Ph.D.
Academic Year	2021

ABSTRACT

This research aimed to improve sound insulation and flame retardation property of ethylene vinyl acetate (EVA) used in the automotive industry. In this research, ethylene vinyl acetate was mixed with two elastomers, natural rubber (NR) and styrene butadiene rubber (SBR) with the ratio of ethylene vinyl acetate: elastomer – 30:70, 50:50, and 70:30 by weight using 10, 20, and 30 phr of silica and 5, 10, and 15 phr of 3 mm coconut coir as additives for improving sound insulation property of polymer blend. Alumina and bentonite 10, 30, and 50 phr were used as additives to improve flame retardation property of polymer blend.

The specimens were prepared with the use of a two-roll mill at 130 ℃ for mixing ethylene vinyl acetate and elastomer and mixing polymer blend with additives. The polymer blend was then formed at 130 ℃ using a compression molding. Sound insulation property, hardness, tensile strength, specific gravity, and flame retardation were tested by comparative study of the properties of ethylene vinyl acetate with the prepared polymer blend with the purpose of replacing the use of ethylene vinyl acetate in sound insulation manufacturing of automotive industry with the polymer blend from this research, in order to reduce production costs and add value to elastomer.

The research results showed that the ratio of ethylene vinyl acetate: elastomer – 30:70, 50:50, and 70:30 by weight showed similar specific gravity to that of ethylene vinyl acetate (EVA) but it has lower hardness, tensile strength, sound transmission class (STC), and flame retardation property. The addition of silica at 20 phr resulted in the sound insulation property of ethylene vinyl acetate: elastomer at the ratio of 70:30 by weight to sound transmission class of 33 which is higher than ethylene vinyl acetate (EVA). Hardness and specific gravity are similar to ethylene vinyl acetate (EVA). Flame retardation property was tested using horizontal burning test (HB). It passed the standard which has a slower combustion speed than ethylene vinyl acetate (EVA), but tensile strength is less than ethylene vinyl acetate (EVA). It can be concluded that ethylene vinyl acetate: elastomer at a ratio of 70:30 by weight with the addition of silica at 20 phr can be used to produce sound insulation in cars for substituting ethylene vinyl acetate, in order to reduce production costs and add value to elastomer.

Keywords: sound insulator, flame retardation, ethylene vinyl acetate, elastomer

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ ความเมตตาอนุเคราะห์อุปกรณ์ คำแนะนำและคำปรึกษาอย่างดียิ่ง จากบุคคล องค์กรและหน่วยงานต่างๆ จึงกราบขอบพระคุณทุกท่านดังรายนามต่อไปนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย ที่ให้คำปรึกษา แนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ และติดตามตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบประกอบด้วยรองศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภวสุปรีย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมนมาลย์ เนียมหลาง ดร.อรรถพล สิมประดิษฐ์พันธุ์ และผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) บริษัท ยูนิโปรเมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุที่ใช้ในการทดลอง การใช้เครื่องมือและเครื่องทดสอบ

ขอขอบคุณการสนับสนุนจากบุคลากรและหน่วยงานของมหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่อำนวยความสะดวกเรื่องการใช้วัสดุในการทดลอง การใช้เครื่องมือ เครื่องทดสอบและสถานที่

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนอันเป็นที่รักยิ่ง ผู้ที่คอยให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา กำลังใจ กำลังทรัพย์ จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หากวิทยานิพนธ์นี้ขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เขมทัต เขียวหวาน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (9)

สารบัญรูป..... (10)

บทที่ 1 บทนำ..... 16

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 16

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 17

1.3 ขอบเขตการศึกษา..... 17

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 17

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 18

2.1 เสียงและมลภาวะทางเสียง..... 18

2.2 ฉนวนกันเสียง (Sound Insulation)..... 22

2.3 พลาสติกเอทิลีนไวนิลแอซีเตด (Ethylene vinyl acetate ; EVA)..... 26

2.4 ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (Styrene-Butadiene Rubber ; SBR)..... 27

2.5 ยางธรรมชาติ Natural Rubber (NR)..... 29

2.6 ซิลิกา (Silica)..... 30

2.7 เส้นใยมะพร้าว..... 31

2.8 การต้านการติดไฟ..... 32

2.9 อะลูมิน่า (Alumina)..... 33

2.10 เบนโทไนท์ (Bentonite)..... 33

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 34

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 วัสดุสารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 40

3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน..... 41

3.3 วิธีการดำเนินงาน..... 45

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดสอบ..... 49

4.1 ผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์..... 50

4.1.1 สมบัติทางเสียง..... 50

4.1.2 ความแข็ง..... 52

4.1.3 คุณสมบัติแรงดึง..... 54

4.1.4 ความถ่วงจำเพาะ..... 63

4.1.5 สมบัติการหน่วงการติดไฟ..... 65

4.2 ผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์..... 68

4.2.1 สมบัติทางเสียง..... 68

4.2.1 ความแข็ง..... 71

4.2.3 คุณสมบัติแรงดึง..... 73

4.2.4 ความถ่วงจำเพาะ..... 80

4.2.5 สมบัติการหน่วงการติดไฟ..... 82

4.3 ผลของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์..... 84

4.2.1 สมบัติทางเสียง..... 84

4.2.1 ความแข็ง..... 87

4.2.3 คุณสมบัติแรงดึง..... 89

4.2.4 ความถ่วงจำเพาะ..... 95

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.5 สมบัติการหน่วงการติดไฟ 97

4.4 ผลของสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ 101

4.4.1 สมบัติทางเสียง 101

4.4.2 ความแข็ง 103

4.4.3 คุณสมบัติแรงดึง 105

4.4.4 ความถ่วงจำเพาะ 111

4.4.5 สมบัติการหน่วงการติดไฟ 113

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 117

5.1 สรุปผลการทดลอง 117

5.2 ข้อเสนอแนะ 126

บรรณานุกรม 127

ภาคผนวก ก. การนำเสนอผลงานทางวิชาการ 130

ประวัติผู้เขียน 145

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปงานวิจัย 35

ตารางที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมตามอัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ โดยน้ำหนัก... 45

ตารางที่ 3.2 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมตามอัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ โดยน้ำหนัก..... 46

ตารางที่ 3.3 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของสารหน่วงไฟที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมตามอัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ โดยน้ำหนัก..... 46

ตารางที่ 5.1 แสดงองค์ประกอบของพอลิเมอร์ผสมตามอัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ โดยน้ำหนัก ที่สามารถลดต้นทุนให้กับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์..... 125

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 รูปการณ์แสดงปรากฏการณ์ของเสียงที่กระทบผนัง..... 23
รูปที่ 2.2 มุมตกกระทบ 24
รูปที่ 2.3 การกระจัดกระจายของเสียงเมื่อกระทบกับพื้นผิวขรุขระ 25
รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซีเตต 26
รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานขั้นตอนที่ 1 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์..... 42
รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 2 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์..... 43
รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 3 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของสารหน่วงไฟที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์..... 44
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา..... 50
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา..... 51
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา..... 52
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา..... 53
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่ามอดุลัสของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา. 54
รูปที่ 4.6 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ที่ได้จากกระบวนการเบลนค์ระหว่าง polymer และ elastomer..... 55

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่ามอดุลัสของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา..... 56

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา 58

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา..... 59

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา..... 61

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา..... 62

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา..... 63

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา..... 64

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา..... 65

รูปที่ 4.15 กลไกการหน่วงการติดไฟของซิลิกา..... 66

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา..... 67

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 68

รูปที่ 4.18 แสดงช่องว่างของผนังเซลล์ที่เป็นรูพรุนในเซลลูโลส..... 69

รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 70

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 71

รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดและยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมเส้นใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 72

รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 73

รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 74

รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร. 75

รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 76

รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร. 78

รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 79

รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ(Specific gravity) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 80

รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะ(Specific gravity) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 81

รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 82

รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของยางสไตรีนบิวตาไดอีนผสมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร..... 83

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 84

รูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 85

รูปที่ 4.34 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับ ยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 87

รูปที่ 4.35 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 88

รูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 89

รูปที่ 4.37 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 90

รูปที่ 4.38 กราฟแสดงค่าการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 91

รูปที่ 4.39 กราฟแสดงค่าการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า.... 92

รูปที่ 4.40 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 93

รูปที่ 4.41 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 94

รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 95

รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า.... 96

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.44 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 97

รูปที่ 4.45 กลไกการหน่วงการติดไฟอะลูมิน่า..... 98

รูปที่ 4.46 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า..... 99

รูปที่ 4.47 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์..... 101

รูปที่ 4.48 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์.... 102

รูปที่ 4.49 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์..... 103

รูปที่ 4.50 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์..... 104

รูปที่ 4.51 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์..... 105

รูปที่ 4.52 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์..... 106

รูปที่ 4.53 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์.. 107

รูปที่ 4.54 กราฟแสดงค่าการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์. 108

รูปที่ 4.55 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์.. 109

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.56 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์..... 110
รูปที่ 4.57 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์..... 111
รูปที่ 4.58 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์. 112
รูปที่ 4.59 กราฟแสดงค่าการทดสอบอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Horizontal Burning Test) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์..... 113
รูปที่ 4.60 กลไกการหน่วงการติดไฟของเบนโทไนท์..... 114
รูปที่ 4.61 กราฟแสดงค่าการทดสอบอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Horizontal Burning Test) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์..... 115

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหาเรื่องเสียงรบกวนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกรถยนต์ที่เล็ดลอดเข้ามาในห้องโดยสาร ไม่ว่าจะเป็นเสียงลม เสียงยาง เสียงเครื่องยนต์ ฯลฯ มักเป็นปัญหาที่สร้างความรำคาญให้ผู้ใช้รถยนต์เป็นอย่างมาก ทำให้เกิดเสียงรบกวนในขณะขับรถ ซึ่งสร้างความให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสาร อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ [1] จึงได้มีการคิดค้นแผ่นดูดซับเสียงที่ทำมาจากยางมะตอย เพื่อช่วยในการลดเสียงที่เข้ามาในห้องโดยสาร เรียกกันว่าแผ่นแดมป์ ซึ่งมีสมบัติในการกันเสียง ลดการสั่นสะเทือนของพื้นผิวซึ่งเป็นที่มาของการเกิดเสียง อย่างไรก็ตามแผ่นแดมป์ก็ยังมีข้อเสีย คือมีการทนต่ออุณหภูมิสูงๆ ได้ไม่ค่อยดี เกิดการหลอมละลายไว ส่งผลให้รูปร่างของแผ่นแดมป์เปลี่ยนไป เมื่อแผ่นแดมป์เกิดการละลายจะปล่อยสารคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในรถยนต์ส่งผลให้เกิดมลพิษภายในรถยนต์ [2]

ผู้ทำวิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหานี้จึงได้ร่วมมือกับบริษัท ยูนิโปรเมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด
ในการปรับปรุงฉนวนกันเสียงที่ทำมาจากเอทิลีนไวนิลอะซิเตด (Ethylene vinyl acetate ; EVA) ซึ่งเป็นวัสดุที่นำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทำฉนวนกันเสียงกันภายในบริษัท ยูนิโปรเมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด อยู่แล้วมาปรับปรุงคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงและการหน่วงการติดไฟให้ดีขึ้น และต้องการลดต้นทุนในการผลิตโดยใช้วัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติ (Natural Rubber ; NR) และยางสไตรีนบิวตาไดอีน(Styrene Butadiene Rubber ; SBR) มาผสมเพื่อช่วยในการผสมสารเคมีได้ง่ายขึ้น และลดต้นทุนในการผลิต ใช้ซิลิกา (Silica) และใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร (Coconut Coir) เพื่อปรับปรุงสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสม และใช้อะลูมิน่า (Alumina) และเบนโทไนต์ (Bentonite) เพื่อปรับปรุงสมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสม

ดังนั้นในการวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะพัฒนาสมบัติฉนวนกันเสียงและการหน่วงการติดไฟของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดในอุตสาหกรรมการผลิตฉนวนกันเสียงในรถยนต์ด้วยพอลิเมอร์ผสม ทดแทนการใช้งานเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตและต้องการเพิ่มมูลค่าให้วัสดุอิลาสโตเมอร์อันได้แก่ ยางธรรมชาติซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย และยางสไตรีนบิวตาไดอีนเป็นยางสังเคราะห์ที่ใช้มากที่สุดในอุตสหกรรมยาง ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถผลิตได้เองในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อปรับปรุงสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียง และการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับอิลาสโตเมอร์ ที่ใช้ในงานฉนวนกันเสียงภายในอุตสาหกรรมรถยนต์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 วัสดุที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ เอทิลีนไวนิลอะซิเตด (Ethylene vinyl acetate ; EVA) และวัสดุอิลาสโตเมอร์ ได้แก่ ยางธรรมชาติ (Natural Rubber ; NR) และยางสไตรีนบิวตาไดอีน (Styrene Butadiene Rubber ; SBR)

1.3.2 สารตัวเติมที่ใช้ทดลองได้แก่ ซิลิกา (Silica) และใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร (Coconut Coir)

1.3.3 สารหน่วงไฟที่ใช้ในการทดลอบได้แก่ อะลูมิน่า (Alumina) และเบนโทไนท์ (Bentonite)

1.3.4 ใช้เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill Plastic) ในการผสมสารเคมี แล้วจึงนำไปขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้กระบวนการอัดขึ้นรูป (Compression Moulding) แล้วศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลบางประการและลักษณะทางกายภาพของฉนวนกันเสียงที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้กับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 เพื่อปรับปรุงสมบัติความฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์

1.4.2 เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตให้กับแผ่นฉนวนกันเสียงที่ใช้งานในอุตสาหกรรมรถยนต์

1.4.3 เพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุอิลาสโตเมอร์ ซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย

บทที่2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เสียงและมลภาวะทางเสียง

2.1.1 เสียง [3]

เสียง เป็นคลื่นกลที่ต้องอาศัยอากาศเป็นเพื่อนำทาง เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ เมื่อวัตถุเกิดการสั่นสะเทือน ส่งผลทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง แล้วจึงถูกส่งผ่านทางตัวกลาง ตัวอย่างเช่น อากาศ ไปยังหู แต่เสียงก็ยังสามารถเดินทางผ่านก๊าซ ของเหลว และของแข็งก็ได้ แต่เสียงไม่สามารถเดินทางผ่าน สุญญากาศ เช่น ในอวกาศ ได้ เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนเสียงนั้นจะมาถึงหูของเรา มันจะถูกแปลงเปลี่ยนเป็นพัลส์ประสาท ซึ่งจะถูกส่งตรงผ่านไปยังสมอง ทำให้เราสามารถรับรู้และจำแนกเสียงต่างๆ ออกไปได้

เสียงมีคุณลักษณะเฉพาะ ได้แก่ ความถี่ ความยาวช่วงคลื่น แอมพลิจูด และความเร็วเสียง แต่ละเสียงมีความแตกต่างกัน เสียงสูง-เสียงต่ำ เสียงดัง-เสียงเบา หรือคุณภาพของเสียงลักษณะต่างๆ ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดเสียงว่าเกิดจากอะไร และจำนวนรอบต่อวินาทีของการสั่นสะเทือน

ความถี่ ใช้อ้างอิงการเกิดของคลื่นเป็นจำนวนรอบต่อวินาที คลื่นเสียงที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับความถี่ ถ้าคุณเป็นนักดนตรีแล้วต้องการจูนตัวโน้ต เอ ของเครื่องดนตรีให้เป็น 440 ซึ่งตัวเลข 440 จะบอกถึงค่าความถี่ของคลื่นเสียงว่าอยู่ในช่วงไหน จะเห็นได้ว่าต่างจากแอมพลิจูด ซึ่งมีหน่วยของแอมพลิจูดจะเป็นเดซิเบล ความถี่จะมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นชื่อนักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน Heinrich Hertz คิดจากค่าเฉลี่ยของหูคนเรา สามารถได้ยินช่วงความถี่จาก 20 เฮิรตซ์ ถึง 20,000 เฮิรตซ์ เมื่อคลื่นเสียงมีค่า 1,000 รอบต่อวินาที จะใช้ค่าความถี่เป็นกิโลเฮิรตซ์ (kHz) เช่น 1,000 เฮิรตซ์ = 1 กิโลเฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ = 2 กิโลเฮิรตซ์ และ 3,000 เฮิรตซ์ = 3 กิโลเฮิรตซ์ ค่าความถี่ยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับค่าระดับเสียงสูงเสียงต่ำด้วย ถ้าต้องการที่จะพิจารณาชาร์ตที่ใช้แสดงความสัมพันธ์กับค่าความถี่ที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เครื่องดนตรีต่างๆ โดยเริ่มจากเครื่องเปียโน จะเห็นได้ว่าแต่ละช่วงของความถี่จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป เครื่องดนตรีแต่ละอย่าง ต่างก็มีช่วงของค่าความถี่ที่ไม่เหมือนกัน โดยช่วงที่ทับซ้อนกันก็มี จะเห็นได้ว่าลิ่มคีย์ของเปียโนมีความสัมพันธ์กันกับค่าความถี่อย่างไร โน้ตตัวแรกในออคเตปต่ำสุดคือ A มีค่าความถี่ประมาณ 27.5 เฮิรตซ์ หรือจะพูดให้เข้าใจได้ง่ายๆว่า 27.5 รอบต่อวินาที ทุกคนคงเคยปรับแต่งเสียงเบสหรือเสียงแหลม บนเครื่องเล่นเพลงหรือเครื่องเสียงรถยนต์ จะเห็นได้ว่าเมื่อคุณบูสต์หรือคัตแอมพลิจูด จะมีผลโดยตรงต่อย่านความถี่และช่วงความถี่นั้นๆ หรือจะพูดให้เรียกว่าการอีคิว (EQ; Equalization) นั่นเอง โดยเป็นลักษณะสำคัญมีผล

กับเสียง แต่ละช่วงค่าความถี่จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป เพื่อให้ท่านมองเห็นภาพ ผู้ออกแบบจะแบ่งช่วงความถี่ที่มักจะพบได้บ่อยซึ่งมี 3 ช่วงหลักๆ คือ

1) ย่านค่าความถี่ต่ำ (Low/Bass Frequency Range) โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20 เฮิรตซ์ ถึง 200 เฮิรตซ์ คุณสมบัติย่านความถี่ช่วงนี้ จะเคลื่อนตัวในแบบทุกทิศทาง (omnidirectional) ที่มีกำลังสูง จะมีโทนเสียงขนาดใหญ่ เวลาอยู่ใกล้แหล่งกำเนิด บางครั้งอาจฟังจับใจความไม่รู้เรื่อง

2) ย่านความถี่กลาง (Mid/Midrange Frequency Range) โดยทั่วไปมีอยู่ระหว่าง 200 เฮิรตซ์ ถึง 5 กิโลเฮิรตซ์ เป็นช่วงความถี่ที่คนเราสามารถรับและได้ยินดีที่สุด ช่วงค่าความถี่นี้จะมีทิศทางมากกว่าย่านความถี่ต่ำ และสามารถทำให้เกิดเสียงเหมือนเสียงนั้นอยู่ตรงข้างหน้าของเราได้ง่ายกว่า หรือมีความพุ่งจะทำให้รู้สึกได้ว่าเสียงมีขอบ เสียงที่มีย่าน midrange น้อยจะได้โทนเสียงที่มีความกลมกล่อมไม่สูงไม่ต่ำ เสียงทึบหรือเหมือนนั้นอยู่ห่างจากเราไกล ถ้าหากเกิดฟังนานๆ อาจจะทำให้หูของเราล้าได้

3) ย่านความถี่สูง (High/Treble Frequency Range) โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 5 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ คุณสมบัติของมันจะมีทิศทางที่ค่อนข้างสูง การบูสต์ย่านความถี่ในช่วงนี้จะได้รับโทนเสียงที่สว่างๆ จัดจ้าน และมีความความโปร่ง ดูมีชีวิตชีวา แต่ข้อเสียงของความถี่ย่านนี้คือมีพลังงานต่ำกว่าทุกย่านความถี่ ย่านความถี่สูงจะมีจุดเด่นกว่าย่านความถี่อื่นๆตรงที่สามารถทำให้ซาวด์โผล่มาเสมือนอยู่ตรงหน้าเราได้ง่ายกว่าย่านความถี่อื่นๆ โดยคนที่ฟังจะไม่รู้สึกรำคาญหู เสียงที่มีย่านความถี่น้อยจะได้เนื้อซาวด์ออกทึบๆ และยังให้ความรู้สึกเหมือนเสียงนั้นอยู่ลึกลงไปในชั้นหู เสมือนว่าเสียงนั้นเกิดมาจากก้นเหว เสียงในย่านคามถี่นี้จะไม่จัดจ้าน

ความยาวช่วงคลื่น (wavelength) หมายถึง ระยะทางระหว่างยอดคลื่นสองยอดที่ติดกันซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการอัดตัวของคลื่นเสียง (คล้ายคลึงกับยอดคลื่นในทะเล) ยิ่งความยาวช่วงคลื่นมีมาก ความถี่ของเสียง (ระดับเสียง) ยิ่งต่ำลง

แอมปลิจูด บอกถึงค่าความสูงของคลื่นเสียงว่ามีความสัมพันธ์กันกับค่าโวลุ่ม เมื่อเครื่องเล่นสเตอริโอ เพาเวอร์แอมป์ หรือโทรทัศน์ เมื่อได้ทำการถูกปรับโวลุ่มขึ้นหรือลง ค่าของเสียงของแอมพลิจูดจะมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลง ทำให้เกิดการให้เสียงมีความดังขึ้นหากค่าเสียงแอมพลิจูดก็จะสูงขึ้น ในทางกลับกันถ้าค่าเสียงเบาลงหรือเกิดเงียบหายไปแสดงว่าค่าแอมพลิจูดกำลังลดลง เมื่อค่าแอมพลิจูดมีค่าสูงขึ้น จะส่งผลทำให้ค่าเสียงดังขึ้นแล้วก็ยังทำให้ค่า เอสพีแอล (Sound Pressure Level) มีค่าเพิ่มขึ้นอีกตามไปด้วย สำหรับแอมพลิจูดจะวัดกันด้วยหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) ผู้คนจำนวนมากอาจจะบอกว่าค่าเสียงนี้ดังประมาณ 3 เดซิเบล ซึ่งนั่นก็เป็นการระบุถึงค่าแอมพลิจูด ของหูคนเราที่จะสามารถสัมผัสหรือรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลง ของค่าระดับความดังของเสียงที่มีค่าแอมพลิจูดต่ำๆได้ เมื่อค่าแอม

พลิจูดมีการเพิ่มขึ้นในทางปฏิบัติเราจะเรียกกันให้เข้าใจว่า "บูสต์" (Boost) เมื่อค่าแอมพลิจูดมีการลดลงในทางปฏิบัติเราจะเรียกกันให้เข้าใจว่า "คัต" (Cut) โดยคำพูดที่เรียกกันว่าโวลุ่มความเป็นจริงแล้วเป็นแค่ส่วนย่อยๆ ของการกล่าวขยายความถึงค่าแอมพลิจูด ภาษาของซาวด์เอ็นจิเนียร์ที่ใช้กันปล่อยจะพูดว่า "บูสต์ 3 เดซิเบล " หรือ "คัต 3 เดซิเบล " การเขียนเพื่อแสดงและระบุการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าแอมพลิจูดนั้น นิยมใช้เป็นเครื่องหมายคอยกำกับไว้ด้านหน้า ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเช่นการใช้เครื่องหมายบวกไว้ข้างหน้าตัวเลกคือ +3 เดซิเบล หรือใช้เครื่องหมายลบไว้ข้างหน้าตัวเลขคือ -3 เดซิเบล บูสต์ย่าน 1 กิโลเฮิรตซ์ +3 เดซิเบล ในกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันของแต่ละคน จะมีค่าระดับของความดังในหน่วย dB ที่ไม่เหมือนกันขึ้นอยู่ว่าคนเราจะเจอกับสิ่งใด ระดับ 0 เดซิเบล จะบ่งบอกถึงระดับเสียงที่เงียบหรือเสียงนั้นกำลังจะใกล้เงียบ ระดับ 40-50 เดซิเบล บ่งบอกถึงค่าระดับเสียงที่อยู่และล่องลอยอยู่ในบรรยากาศในห้องปกติ ระดับ 50-60 เดซิเบล จะบ่งบอกถึงค่าเสียงกระซิบ ระดับ 60-75 เดซิเบล บ่งบอกถึงเสียงที่คนเราใช้พูดหรือสนทนากันทั่วไป ระดับ 80-85 บ่งบอกถึงค่าระดับเสียงที่เหมาะสมกับการจูนลำโพงมอนิเตอร์ โดยเหตุผลที่กล่าวมานี้จะไปสอดคล้องกับกราฟที่เอาไว้อ้างอิงผลเสียงของ Fletcher-Munson curve ระดับ 90 เดซิเบล บ่งบอกถึงค่าระดับเสียงที่รบกวนภายในโรงงาน โดยปกติแล้วถ้าเกิดมีเสียงดังมากๆใกล้บริเวณหูขึ้นมา หรือเสียงนั้นเกิดขึ้นมาโดยพรวดพราด ส่งผลให้สามารถเกิดการทำลายชั้นเยื่อหุ้มของชั้นหูเกิดอันตรายและอาจทำให้หูไม่สามารถรับเสียงได้เป็นช่วงเวลานึง ระดับ 100 เดซิเบล บ่งบอกถึงค่าเสียงของทารกแรกคลอดร้องไห้ ระดับ 110 เดซิเบล บ่งบอกถึงค่าเสียงของเครื่องสูบลมทำความสะอาดสิ่งต่างๆและคาร์ฮอร์นไว้สลายม็อบ ระดับ 120 เดซิเบล บ่งบอกถึงค่าระดับของเสียงที่สามารถทำลายการเนื้อเยื่อหูให้เสียงหาย หรือจะพูดให้เข้าใจคือหูเราจะไม่ได้ยินเสียงอะไรอีกเลย ระดับ 140 เดซิเบล บ่งบอกถึงค่าเสียงของกลองสแนร์ที่อยู่ห่างออกไปในระยะห่าง 1 in วัดระยะห่างจากระดับของหน้ากลอง ระดับ 150-160 เดซิเบล บ่งบอกถึงค่าเสียงเครื่องของเครื่องบินเจ็ท ทุกคนจะเห็นได้ว่าในชีวิตประจำวันของเราทุกคนนั้น มีความใกล้ชิดเกี่ยวข้องกับระดับแอมพลิจูดอยู่ที่ระหว่างจาก 0-160 เดซิเบล กล่าวคือคนเราจำนวนไม่น้อยที่จะสามารถรับและได้ยินเสียงดนตรีที่มีค่าตั้งแต่ระดับ 70 เดซิเบล (ฟังแบบนิ่มๆ) จนถึง 100 เดซิเบล (ฟังแบบโคตรดัง)

2.1.2 มลภาวะทางเสียง [4]

ระดับค่าความดังของเสียงส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของคนเรามากกว่าที่ทุกคนคิด เมื่อเกิดเสียงดังมากเกินไปก็จะส่งผลทำให้เป็นอันตรายต่อระบบของการได้ยิน หรืออาจจะพูดได้ว่าส่งผลกระทบต่อส่วนอื่นๆ ที่อยู่ภายในร่างกายของเราได้ ทุกคนในสังคมเมืองที่อยู่ปัจจุบันมักจะชอบใส่หูฟังเพลงหรือพูดคุยกันอยู่ตลอดเวลา หรืออาจชอบทำกิจกรรมตัวอย่างเช่นการฟังเพลงดัง ดูหนังในโรง หรือไปเดินเล่นในห้างสรรพสินค้า ล้วนแล้วมีความเสี่ยงเผชิญกับเสียงดังทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพตามมาได้ เสียงดังแค่ไหนถึงจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ กิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันนั้นมีระดับเสียง

เบาดังแตกต่างกัน อย่างเสียงคุยกันปกติจะมีความดังประมาณ 60 เดซิเบล ซึ่งถือว่าไม่เป็นอันตราย แต่ระดับของเสียงที่ส่งผลรุนแรงและอาจเป็นอันตราย คือ เสียงที่มีค่าเสียงความดังประมาณ 85 dB ขึ้นไป อย่างเสียงการจราจรบนท้องถนน ซึ่งหากได้ยินความดังระดับนี้เป็นเวลานานอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพได้ ยิ่งไปกว่านั้น หากได้ยินเสียงที่มีความดังระดับ 120 เดซิเบลขึ้นไป อย่างเสียงไซเรนของรถพยาบาล อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อการได้ยินในทันที เสียงดังเกินไปส่งผลกระทบต่อสุขภาพอย่างไรบ้าง เสียงที่ดังเกินไปไม่เพียงแต่สร้างความรำคาญอย่างเดียว แต่ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่างที่ไปส่งผลต่อส่วนต่างๆ ในร่างกายของเราได้ จนอาจทำให้สูญเสียการได้ยิน หรือเสี่ยงต่อโรคร้ายแรงบางชนิดได้โดยผลกระทบของเสียงดังที่อาจเกิดขึ้นกับสุขภาพของเรา มีดังนี้

1. ผลกระทบต่อการได้ยินในหูของคนเราจะมีเส้นขนจำนวนมากทำหน้าที่รับเสียงและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังสมอง ซึ่งเสียงที่ดังเกินไปจะทำให้เส้นขนเหล่านั้นได้รับความเสียหาย จึงทำให้มีปัญหาในการได้ยิน นอกจากนี้ การได้ยินเสียงดังติดต่อกันเป็นเวลานานยังอาจทำให้เกิดโรคประสาทหูเสื่อมจากการทำงาน หรือถึงขั้นทำให้หูหนวกได้

2. ผลกระทบต่อการนอนเสียงที่ดังเกินไปจะกระตุ้นสมองให้ตื่นตัวอยู่ตลอดเวลา จึงรู้สึกไม่ผ่อนคลายจนอาจทำให้นอนไม่หลับและส่งผลให้ง่วงระหว่างวันได้ อีกทั้งการพักผ่อนไม่เพียงพอติดต่อกันเป็นเวลานานยังเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคร้ายแรงอีกหลายชนิด เช่น โรคเบาหวาน หรือโรคหัวใจ เป็นต้น

3.ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันเสียงที่ดังเกินไปนั้นส่งผลให้ร่างกายหลั่งฮอร์โมนความเครียดออกมา ซึ่งฮอร์โมนประเภทนี้จะทำให้ระดับภูมิคุ้มกันของร่างกายต่ำลง จึงเสี่ยงต่อการติดเชื้อแบคทีเรียหรือไวรัสชนิดต่าง ๆ มากขึ้น จนอาจนำไปสู่การเจ็บป่วยได้

4) ผลกระทบต่อสมาธิและอารมณ์ความรู้สึกการที่ต้องอยู่ในสถานที่ที่มีเสียงรบกวนอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อการใช้สมาธิหรืออารมณ์ความรู้สึกได้ หากต้องนั่งทำงานในห้องที่มีเสียงดังตลอดเวลา คงใช้สมาธิได้ไม่เต็มที่และไม่มีความสุขเท่าใดนัก อีกทั้งเสียงดังยังทำให้ผู้ที่มีความเครียดหรือความกังวลใจอยู่แล้วมีอาการหนักไปกว่าเดิมได้ด้วย

5) ผลกระทบต่อสมองมีการศึกษาจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า เสียงที่ดังเกินไปจะทำให้ปลายประสาทที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าจากเซลล์รับเสียงภายในหูไปสู่สมองนั้นเกิดความเสียหาย จนอาจทำให้สมองเกิดการอักเสบ และการสูญเสียการได้ยินจากเสียงที่ดังเกินไปนั้นก็อาจนำไปสู่โรคสมองเสื่อมได้

6) ผลกระทบต่อทารกในครรภ์นอกจากเสียงดังจะมีผลกระทบต่อผู้ที่ได้ยินแล้ว ยังอาจส่งผลต่อทารกที่อยู่ในครรภ์ได้อีกด้วยถึงแม้มารดาจะใส่เครื่องป้องกันเสียงแล้วก็ตาม ดังนั้น หากกำลังตั้งครรภ์อยู่ก็ควรหลีกเลี่ยงสถานที่ที่มีเสียงดังด้วย

7) เพิ่มความเสี่ยงโรคหัวใจแม้จะยังไม่ได้ยืนยันแน่ชัด แต่ก็มีการวิจัยพบว่าเสียงรบกวนในระหว่างทำงานนั้นเกี่ยวข้องกับระดับความดันโลหิตและระดับคอเลสเตอรอลที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจได้ด้วยเช่นกัน

2.2 ฉนวนกันเสียง (Sound Insulation) [5]

ฉนวนกันเสียงจะอาศัยหลักของการกันเสียงคือให้เสียงผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งให้มีค่าน้อยที่สุด หรือไม่ยอมให้เสียงได้ผ่านเลย ฉนวนกันเสียง เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นชิ้นงานที่แข็ง มีความหนาแน่นสูง ความหนาของชิ้นงานต้องมีความหนาพอประมาณ จึงช่วยในการกันเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก คือ ขณะที่เสียงวิ่งตกกระทบฉนวน พลังงานเสียงเหล่านั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งเกิดจากการเสียดสีของพลังงานเสียงกับพนังของชิ้นงานของฉนวนฉนวนกันเสียง (Sound Insulation) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

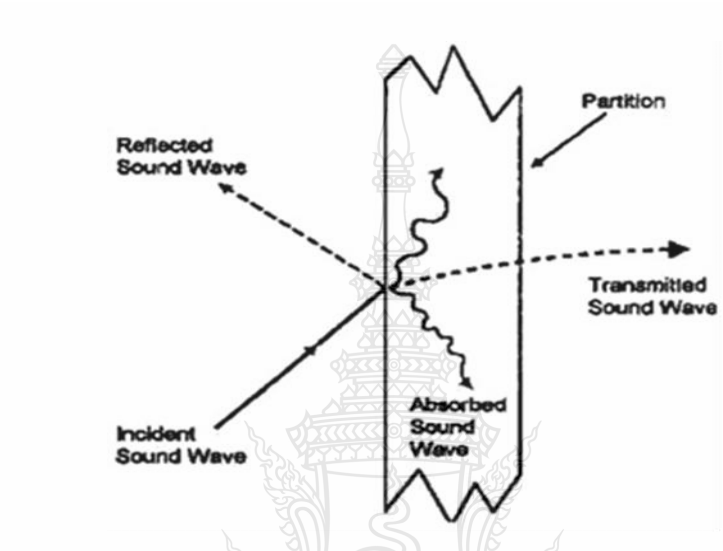
1.การซับเสียง (Sound Absorption) วัสดุซับเสียงถูกนำมาใช้เพื่อลดการสะท้อนของเสียงในอากาศโดยการเปลี่ยนเสียงให้เป็นความร้อนเพื่อให้เกิดการเสียดสีในวัสดุซับเสียง วัสดุซับเสียงที่นิยมใช้กันทั่วไป เช่น วัสดุโฟมโพลีเมอร์ อะคูสติกโฟม ชั้นเส้นใยและแผ่นใยแร่เป็นวัสดุที่มีลักษณะรูพรุน

2.การกันเสียง (Sound Insulation) เป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้กันมากในปัจจุบันเพื่อการลดเสียง ที่ส่งอยู่ในอากาศ ตัวอย่างเช่น จากห้องหนึ่งไปอีกห้องหนึ่งผ่านกำแพงป้องกันเสียงและฉนวนกันเสียงวัสดุ เป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง

2.2.1 การสะท้อนของเสียง

การสะท้อนเสียง (Echo) คือการที่เสียงสามารถสะท้อนกลับมา เช่น การได้ยินเสียงสะท้อนเมื่อตัวเราอยู่ในหุบเขาและเราตะโกนออกไป และถ้าในหุบเขาที่เราอยู่นั้นมีภูเขาตั้งอยู่หลายๆ ลูก เสียงที่จะสะท้อนกลับมาก็จะเกิดขึ้นหลายๆ ครั้งด้วยเหมือนกัน โดยปกติแล้วเมื่อเสียงเกิดการกระทบกับกำแพงหรือวัตถุที่มีความแข็งหรือมีผิวที่แข็งมากๆ เสียงก็จะเกิดการสะท้อนกลับ แต่เสียงอีกส่วนหนึ่งที่ทะลุผ่านไปได้ก็จะแทรกซึมผ่านเข้าไปในกำแพง ส่วนที่แทรกเข้าไป (transmit) นี้ จะถูกเปลี่ยนแปลงสภาพให้กลายเป็นความร้อน และยังมีเสียงอีกส่วนหนึ่งที่สามารถทะลุออกไปอีกด้านหนึ่งของกำแพงได้ ลักษณะของการแทรกซึมผ่านของเสียงที่ออกไปนี้เราเรียกว่า Transmittance โดยถ้ากำแพงเหล่านั้น ประกอบขึ้นด้วย แผ่นไม้อัดที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ หรือหน้าต่างที่เป็นบานกระจก เมื่อเกิดเสียงเข้ามากระทบมากๆ เข้า กำแพงเหล่านั้นจะเกิดการสั่นสะเทือน ซึ่งทำให้เกิดการส่งพลังงานเสียงออกไปอีกต่อหนึ่งนั้นเอง เพราะฉะนั้นแล้วกำแพงที่มีความแข็งมากๆ จะไม่สั่นสะเทือนเมื่อมีเสียงมากระทบมากๆ จะกลายเป็นตัวกันเสียง (Barrier) ที่มีประสิทธิภาพที่จะไม่ทำให้เสียงนั้นผ่านไปได้โดยง่าย การสั่นในขณะที่กำแพงไม้อัดบางๆ หรือหน้าต่างบานกระจกเสียงจะผ่านไปได้อย่างง่ายดายอัน

เกิดจากการสั่นสะเทือน อีกวิธีนึงที่จะช่วยให้กันเสียงได้ดีขึ้นคือการนำวัตถุที่มีรูพรุนมากๆ (porous materials) ทั้งหลาย เช่น เส้นใย ฟองน้ำ หรือวัสดุอะไรก็ได้ที่มีรูพรุนเยอะๆ จะสามารถช่วยดูดกลืนเสียงได้มาก เมื่อนำวัตถุที่มีรูพรุนเหล่านี้มาประกบเข้ากับกำแพงที่มีความแข็งมากๆ เข้าด้วยกันจะสามารถทำเป็น ฉนวนกันเสียง (insulation) ที่มีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งยังสามารถเป็นฉนวนกันความร้อนได้อีกด้วย

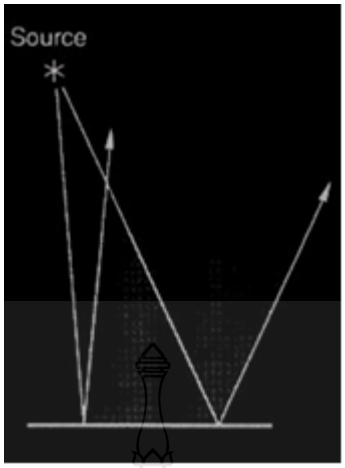


รูปที่ 2.1 รูปการณ์แสดงปรากฏการณ์ของเสียงที่กระทบผนัง

เสียงมีคุณสมบัติคล้ายกับแสงที่สามารถสะท้อนได้ การสะท้อนของเสียงนั้นขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียง (Frequency) และขึ้นอยู่กับมุมที่เสียงนั้นเกิดการตกกระทบ ความยาวคลื่นของเสียงมีค่ามากกว่าความยาวคลื่นของแสงมาก (แสงที่เราสามารถเห็นได้ มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.000015 ถึง 0.000030 นิ้ว แต่เสียงที่เราได้ยินนั้นจะมีความยาวคลื่นประมาณ 0.06 ฟุตถึง 60 ฟุต) ฉะนั้นวัตถุที่เสียงตกกระทบจะต้องมีขนาดใหญ่พอสมควร โดยกฎของการสะท้อนของเสียงมี 2 ประการ คือ

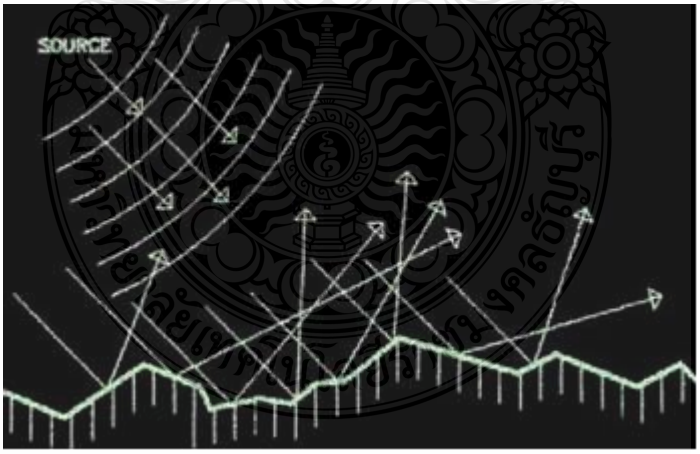
1) มุมตกกระทบ (Angle of Incidence) จะมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน (Angle of Reflection)

2) รังสีตกกระทบ เส้นปกติและรังสีสะท้อนย่อมอยู่ในระนาบเดียวกัน เสียงที่ลักษณะของการสะท้อนเช่นเดียวกันแสง



รูปที่ 2.2 มุมตกกระทบ

การที่เสียงตกกระทบลงบนพื้นที่ขรุขระ เสียงจะสะท้อนกระจัดกระจายออกไปในทุกๆ ทาง (เช่นเดียวกันกับคลื่นแสง) เสียงจะมีทั้งการสะท้อนและการกระจัดกระจาย มีการเลี้ยวมุมในลักษณะต่างๆ กัน เมื่อเสียงนั้นมาสัมผัสถูกขอบหรือพื้นที่ขรุขระ หากพื้นผิวที่มีพื้นหน้าขรุขระหรือมีร่องมากจะสามารถทำให้เสียงกระจัดกระจายออกไปได้มากที่สุด หากพื้นหน้ามีรูพรุน (Porous) เพิ่มขึ้นมาด้วยก็จะยิ่งสามารถดูดคลื่นเสียงในเวลาเดียวกันได้ดีขึ้นอีกด้วย



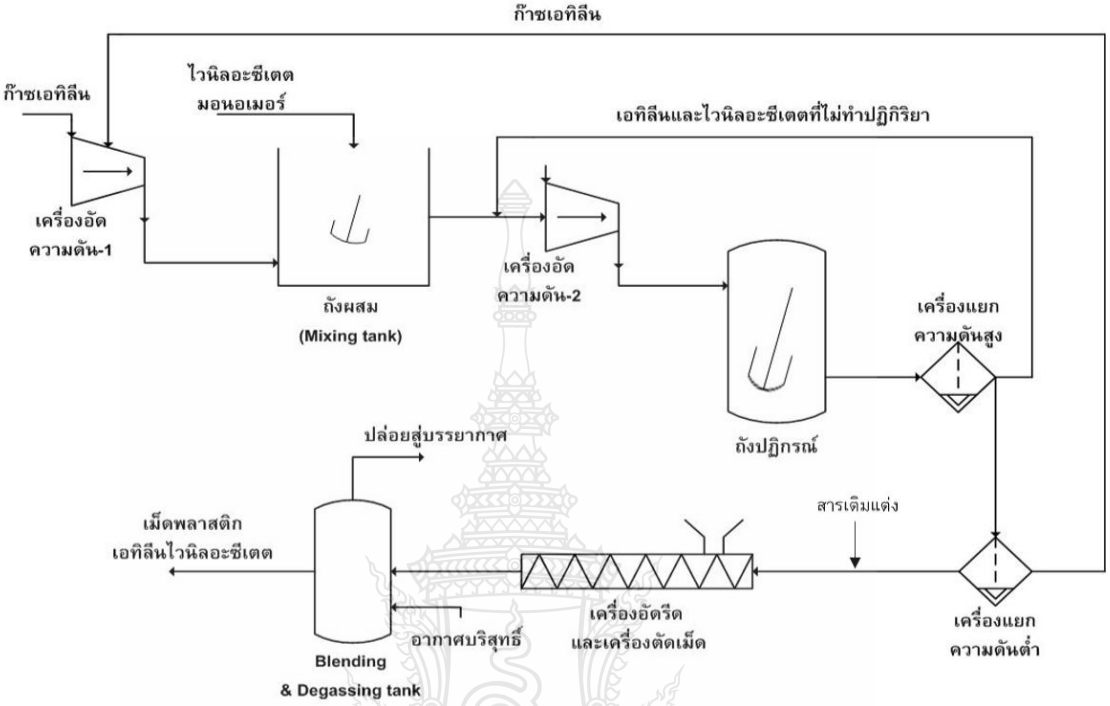
รูปที่ 2.3 การกระจัดกระจายของเสียงเมื่อกระทบกับพื้นผิวขรุขระ

2.2.2 Sound transmission class (STC)

Sound transmission class (STC) คือ ค่าความสามารถในการกั้นเสียงของวัสดุ. กล่าวคือ เป็นการใช้วัสดุกั้นการส่งผ่านของเสียง เพื่อลดทอนเสียงที่จะผ่านไปยังอีกด้าน ทั้งนี้ความสามารถในการกั้นเสียงของวัสดุจะไม่เท่ากัน โดยวัสดุที่มีค่า NRC น้อยจะสามารถ ในการกั้นเสียงได้ดีกว่า วัสดุที่มีค่า NRC เยอะ เพราะว่า NRC หากใช้ค่า STC ในงานก่อสร้าง รูปแบบโครงสร้างก็มีผลเรื่องการกั้นเสียงเช่นกัน ยกตัวอย่างคือ การก่ออิฐ ชั้นเดียว มีค่าSTC 40 dB แต่หากก่อกำแพงสองชั้นจะได้ค่าSTC 50 dB แต่หากก่อกำแพงสองชั้น แต่เว้นระยะหาก Air Grab ก็จะได้ STC เพิ่มขึ้นเป็น 55 dB สรุปคือSTC คือค่าลดการส่งผ่านของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังอีกฝั่ง ซึ่งการหา NRC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดระดับเสียง หาได้โดย ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ 250, 500, 1000, 2000 Hz สำหรับวิธีการป้องกันเสียงที่ได้รับความนิยมในการใช้มากที่สุด คือ การใช้ฉนวนที่ใช้หลักการดูดซับเสียง (Sound Absorption) มีหลักการทำงานคือจะสลายพลังงานเสียงให้อยู่ในรูปของความร้อน ทั้งนี้ประสิทธิภาพของการดูดซับเสียงนั้นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความหนาแน่น ความหนา และลักษณะการติดตั้งของฉนวน เป็นต้น โดยเราสามารถวัดค่าการดูดซับเสียงได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดเสียง (Absorption Coefficient, α)

ในปัจจุบันการผลิตฉนวนดังกล่าวได้ผลิตจากพลาสติกพีวีซี ฉนวนใยหิน ฉนวนใยแก้ว และฟองน้ำที่ผลิตจาก Polyurethane เป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมมาใช้ในการผลิต ซึ่งวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นยังมีผลกระทบและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานอยู่ เช่น สารพิษจากสารเติมแต่ง อนุภาคใยหินและใยแก้ว เป็นต้น

2.3 พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตด (Ethylene vinyl acetate ; EVA) [6]



รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตด

สัดสวนวัตถุดิบหลัก : เอทิลีน 89 เปอร์เซ็นต์ และไวนิลอะซีเตตมอนอเมอร 11 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใชไวนิลอะซีเตตมอนอเมอร : ประมาณ 6,000 ตัน 1 กระบวนการผลิต : นำกาซเอทิลีนเขาสูเครื่องอัดความดันเพื่อเพิ่มความดันไปที่ 197 - 300 บรรยากาศ นำไปผสมกับไวนิลอะซีเตตมอนอเมอรที่ถังผสม จากนั้นนำของผสมที่ไดไปเพิ่มความดันจนถึง 1,480 - 1,974 บรรยากาศ และลดอุณหภูมิเหลือ 15°C กอนเขาไปทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันในถังปฏิกรณ พอลิเมอรหนืดจาก ถังปฏิกรณจะถูกทำใหเย็นตัวลง และจำเป็นที่จะต้องลดความดันดวยเครื่องแยกความดันสูง (High Pressure Separator) สวนกาซเอทิลีนและไวนิลอะซีเตตมอนอเมอรที่ไมทำปฏิกิริยากัน จะถูกนำกลับไปใชใหมในกระบวนการผลิต จากนั้นนำพอลิเมอรมาลดความดันจนถึง 0.49 บรรยากาศ ดวยเครื่องแยกความดันต่ำ (Low Pressure Separator) ซึ่งพอลิเมอรที่ไดนั้นจะถูกสงไปยังเครื่องอัดรีด (Extruder) หลังจากนั้นจะทำการเติมสารเติมแตงต่างๆกอนฉีดผานหัวดาย แล้วจึงนำไปตัดเปนเม็ดพลาสติก หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑที่ไดไปเก็บที่ไซโลที่ติดตั้งอุปกรณดูดไอเนื่องจากตัวของพลาสติกนั้นดูดความชื้นและเพื่อใหความเข้มข้นของไวนิลอะซีเตตมอนอเมอรคงเหลือในผลิตภัณฑนอยกวา 1,000 ppm

คุณสมบัติของพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตด

1. ย่อยสลายได้โดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมเมื่อถูกทิ้งหรือเผา ไม่เกิดแก๊สกรดไฮโดรคลอริค
2. มีความโปร่งใสความนุ่มนวลและความเหนียวสูงใช้งานได้หลากหลาย
3. อุณหภูมิต่ำสุด (-70C) เหมาะสำหรับสภาพแวดล้อมการแช่แข็ง
4. มีความยืดหยุ่นสูง
5. มีสมบัติเชิงกลที่ดี
6. ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี

ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากเอทิลีนไวนิลอะซิเตด

1. ใช้ในวงการแพทย์เป็นอุปกรณ์นำส่งยา
2. ทำเป็นรองเท้า
3. ใช้เป็นม่านริ้วกั้นห้องแช่แข็ง
4. พลาสติกชนิดนี้สามารถสัมผัสกับอาหารได้เป็น Food grade มีเอกสารรับรองทั้งในยุโรปและอเมริกา
5. ปลอกหุ้มสายไฟ

2.4 ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (Styrene-Butadiene Rubber ; SBR) [7]

ยาง SBR ค่า Density ที่อุณหภูมิห้องอยู่ที่ 0.93 g/cm^3 โดยเปรียบเทียบกับยาง NR ยาง SBR มีสมบัติที่ดีกว่ายาง NR เมื่อนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมและยาง SBR สมบัติการคงรูปของยางจึงมีความสม่ำเสมอกว่ายางชนิดอื่น นอกจากนี้ยาง SBR ยังมีสิ่งสกปรกที่น้อยกว่ายางชนิดอื่นๆ การนำไปผสมกับสารเคมีไม่จำเป็นต้องบดให้นิ่มก่อนสามารถนำเข้าไปผสมกับสารเคมีได้เลยก่อนทำการผสมยาง เพราะยาง SBR โดยตัวของยางได้ถูกสังเคราะห์มาให้มีน้ำหนักโมเลกุลที่ไม่ค่อยสูงมาก ยางจึงมีความหนืดที่เหมาะสม ส่งผลทำให้เมื่อมีการเติมสารเคมีลงไป สารเคมีจะมีการกระจายตัวได้ทั่วเนื้อยาง และยางสามารถไหลได้ง่ายในระหว่างการขึ้นรูปแบบต่างๆ โดยเหตุผลนี้ ยาง SBR ยังมีแนวโน้มที่จะเกิดการคงรูปของยางในระหว่างกระบวนการผลิต น้อยกว่ายาง NR (less tendency to scorch in processing) เนื่องจากยาง SBR มีอัตราเร็วในการคงรูปที่ช้ากว่ายาง NR และยังมีข้อดีอีกอย่างคือยาง SBR ถูกออกซิไดซ์ได้ช้ากว่ายาง NR (สมารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่ายาง NR เพียงเล็กน้อย) ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้ ส่งผลให้ยาง SBR มีข้อดีหลายประการที่ดีกว่ายาง NR ยกตัวอย่างเช่น มีขั้นตอนกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน และแปรรูปชิ้นงานที่สามารถทำได้ง่ายกว่า ประหยัดเวลาในการขึ้นรูปและกำลังแรงงาน ตลอดจนต้นทุนการผลิต

ความเหนียวติดกัน (tack) ยาง SBR มีสมบัติของความเหนียวติดกันที่ไม่ค่อยดี ด้วยเหตุนี้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์บางประเภทจำเป็นต้องนำยางชนิดอื่นเข้ามาช่วย เช่น ในกระบวนการผลิตยางล้อรถยนต์จึงจำเป็นต้องที่จะนำยาง NR ที่มีสมบัติความเหนียวติดกันที่ดีเข้ามาช่วย เช่น เรซินลงไป

ความยืดหยุ่น (elasticity) ยาง SBR มีค่าความยืดหยุ่นที่ต่ำกว่ายาง NR มากเนื่องจากยาง SBR มีโครงสร้างของสไตรีนมากทำให้มีความยืดหยุ่นน้อยลงยิ่งมีสไตรีนมากเท่าไรก็จะยิ่งส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่นของยางน้อยลงไปด้วย

ความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) และ ค่าความทนทานต่อการฉีก ขาด (tear strength) เนื่องจากยาง SBR ไม่สามารถเกิดการตกผลึกได้เมื่อถูกยืด ยางชนิดนี้จึงมีค่าความทนทานต่อแรงดึงต่ำ (ต่ำกว่ายาง NR ประมาณ 7-10 เท่าในสภาพที่ไม่มีการเติมสารตัวเติมเสริมแรง)

ความต้านทานต่อการขัดถู (abrasion resistance) ยาง SBR ที่มีการใส่สารเสริมแรงลงไปจำพวกสารตัวเติมเสริมแรง เช่น เขม่าดำ ซิลิกา และอื่นจะมีค่าความต้านทานต่อการขัดถูที่สูงกว่ายาง NR เพียงเล็กน้อย (อยู่ที่ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์)

ความทนทานต่อการเสื่อมสภาพ (aging resistance) เนื่องจากโครงสร้างของยาง SBR มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุลมาก ส่งผลให้ยาง SBR มีค่าการเสื่อมสภาพที่เร็วในภาวะที่มีออกซิเจน โอโซน แสงแดด และความร้อนเหมือนกันกับยาง NR แต่ค่าการเสื่อมสภาพของยาง SBR จะมีความแตกต่างจากยางธรรมชาติ ตรงที่เมื่อเกิดการเสื่อมสภาพ เนื่องมาจากออกซิเจน โอโซน หรือแสงแดด ตัวของยางจะมีลักษณะแข็งมากขึ้นเนื่องจากเกิดการเชื่อมโยงของสายโมเลกุลและเกิดการแตกร้าว (chain scission)

ความทนทานต่อน้ำมันและสารเคมี (oil and chemical resistance) ยาง SBR จัดเป็นยางชนิดที่ไม่ขั้วหรือมีความเป็นขั้วต่ำๆ เช่นเดียวกับยาง NR ดังนั้นยางชนิดนี้จึงมีความทนทานต่อน้ำมันปิโตรเลียม และตัวทำละลายในไฮโดรคาร์บอนต่ำ

ความเป็นฉนวน (insulation) ยาง SBR เป็นยางชนิดที่ไม่มีขั้วหรือมีความเป็นขั้วต่ำจึงมีความเป็นฉนวนสูงเหมือนกันยาง NR โดยส่งผลให้ทำให้ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะมีค่าอยู่ในช่วง 1014 - 1015 ohm. cm

การกระเด้งกระดอน (rebound resilience) ยาง SBR มีการกระเด้งกระดอนต่ำกว่ายาง NR กล่าวคือในระหว่างการเปลี่ยนรูปร่าง ยางจะมีการสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนสูง (มี hysteresis สูง) ด้วยเหตุผลนี้เมื่อถูกใช้งานในเชิงพลวัต ยาง SBR จึงมีค่าความร้อนสะสมที่สูงกว่ายาง NR จึงไม่เหมาะสมที่จะนำยางชนิดนี้ไปใช้งานในกระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางล้อรถยนต์หรือยาง

ล้อรถบรรทุกที่มีขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากค่าความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นอาจมีค่าที่สูงมากพอที่จะส่งผลทำให้ยางล้อรถยนต์เกิดการระเบิดระหว่างการขับขี่ขึ้นได้

อุณหภูมิของการใช้งาน (service temperature) โดยทั่วไปยาง SBR สามารถนำไปใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ -50 องศาเซลเซียส ถึง 100 องศาเซลเซียส และเนื่องจากโครงสร้างของยาง SBR ไม่สามารถตกผลึกได้ที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อนำไปใช้งานที่อุณหภูมิติดลบต่ำๆ จึงไม่ส่งผลให้เกิดปัญหายางแข็งตัวเมื่อเก็บไว้หรือเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลายาวนาน

2.5 ยางธรรมชาติ Natural Rubber (NR) [7]

ยางธรรมชาติหรือยางพาราส่วนมากได้มาจากต้นยางพาราสายพันธุ์ Hevea Braziliensis โดยมีโครงสร้างทางเคมีของยาง NR คือ cis-1,4-polyisoprene ซึ่งจะประกอบด้วยหน่วยของไอโซพรีน (C_5H_8) มาเรียงต่อกันเป็นสายโซ่ยาว และมีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition Temperature; Tg) ประมาณ -72 องศาเซลเซียส กล่าวให้เข้าใจได้ว่าหากนำยาง NR ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -72 องศาเซลเซียส จะส่งผลต่อสมบัติของยางธรรมชาติจะเปลี่ยนจากที่เคยยืดหยุ่นได้ดีกลับเป็นของแข็งเปราะเช่นเดียวกันกับแก้ว โดยทั่วไป จะสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ ได้ดังนี้

น้ำยาง โดยจะผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง เพื่อลดปริมาณน้ำในน้ำยางสด โดยน้ำยางที่ได้เรียกว่า น้ำยางข้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำยางข้น ได้แก่ ถุงมือยาง, ถุงยางอนามัย, ลูกโป่ง, จุกหัวนม, ฟองน้ำสำหรับนอน และ ฟองน้ำที่ทำเป็นหมอน

ยางแห้ง โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่

ยางแผ่น โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

แผ่นยางที่ไม่ได้รมควัน

แผ่นยางที่มีการรมควัน สามารถแบ่งออกได้เป็นชั้นต่าง ๆ 5 ชั้น โดยที่ชั้นที่ 1 คือเกรดที่ดีที่สุด และชั้นที่ 5 คือเกรดที่ต่ำที่สุด โดยแผ่นยางเหล่านี้จะเอามาอัดเป็นก้อนๆ เพื่อนำไปผลิตในขั้นต่างๆต่อไป

ยางเครฟ เป็นยางเหลือใช้ที่ได้มาจากการนำเศษยาง การทำยางเครฟนำไปรีดในเครื่องเครฟเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกไปจากยาง ในระหว่างการรีด

ยางแท่ง เป็นยางที่มีคุณภาพสม่ำเสมอมากกว่ายางแผ่น และยางเครฟ ผ่านการตรวจสอบและจัดชั้นเพื่อรับรองคุณภาพตามหลักวิชาการ และยังเป็นยางที่นิยมนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมรถยนต์ในปัจจุบันเป็นจำนวนมาก ยางแท่ง STR ที่ผลิตจาก น้ำยางสด มี 4 เกรด คือ

ยางแท่ง STR XL จะจำกัดปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน 0.02% และ มีค่าสี ไม่เกิน 4 หน่วยโลวิบอนด์

ยางแท่ง STR 5L จะจำกัดปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน 0.04% และ มีค่าสี ไม่เกิน 6 หน่วยโลวิบอนด์

ยางแท่ง STR 5 จะจำกัดปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน 0.04% (ไม่จำกัดค่าสี จึงสามารถนำไปใช้กับ ผลิตภัณฑ์คุณภาพสูง ที่ไม่เน้นสีสันมากนัก)

ยางแท่ง STR 5CV จะจำกัดปริมาณสิ่งสกปรก ไม่เกิน 0.04% (ไม่จำกัดค่าสี จึงสามารถนำไปใช้กับ ผลิตภัณฑ์คุณภาพสูง ที่ไม่เน้นสีสันมากนัก)

2.6 ซิลิกา (silica) [8]

ซิลิกา (silica) คือสารประกอบระหว่างออกไซด์และซิลิกอน เมื่อรวมตัวกันก็จะกลายเป็นสูตรทางเคมีชื่อ SiO_2 มีลักษณะเป็นผลึก ไม่มีสี หรือเป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น และรส พบมากในดิน และหิน และเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับ 2 บนเปลือกโลกรองจากออกซิเจน ซิลิกา มีอนุภาคขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวสูง ซึ่งมีชื่อในทางการค้าแตกต่างกันออกไป เช่น Silica Gel, Precipitated Silica, Silica Fume, Pyrogenic Silica และ Colloidal Silica เป็นต้น รูปแบบของซิลิกาอาจมีลักษณะเป็นเม็ดกลม หรือเรียงตัวกนเป็นแผ่น หรือแท่ง บางครั้งจะเกาะตัวเป็นสายยาวในลักษณะคล้ายวุ้นลอยในแก้ว ทุกชนิดของรูปแบบต่างๆ เหล่านั้นย่อมประกอบด้วยขนาดอนุภาคเล็กมากอยู่ในระดับตั้งแต่ ไมโครเมตร ละเล็กลงเป็นนาโน เมตร และบางครั้งถูกรายงานเป็นเส้นผานศูนย์กลางของหน่วย อังสตรอม (Angstrom Å) และถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน อาทิ เป็นสารดูดซับความชื้น เป็นสารเพิ่มความเงา เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง และใช้เป็นสารเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

ลักษณะเฉพาะและสมบัติ

1. มีขนาดอนุภาคเล็กมากระดับไมโครเมตร ($0.1x10^{-6}$), นาโนเมตร ($1\text{-}20x10^{-9}$) และอังสตรอม ($10x10^{-10}$)
2. มีพื้นที่ผิวเฉพาะสูง 70 - 200 m^2 /g
3. วองไวต่อปฏิกิริยา เพราะมีฤทธิ์เป็นกรด และมีพื้นที่ผิวสูง
4. โปร่งใส เพราะโครงสร้างซิลิกาจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ
5. ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อย
6. ไม่ละลายในกรดทุกชนิด ยกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริก
7. จุดหลอมเหลว: 1,710 ℃
8. จุดเดือด: 2,230 ℃
9. ความหนาแน่น: 2.65 g/cm^2.
10. ไม่ลุกติดไฟ

ประโยชน์

1. อุตสาหกรรมยาใช้เป็นสารช่วยแรงแรงตึงผิว ช่วยในการกระจายตัวของยาชนิดที่เป็นของเหลว

2. อุตสาหกรรมน้ำมัน และปิโตรเคมีใช้เป็นสารช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยา หรือใช้เป็นตัวตรึงสารช่วยเร่งปฏิกิริยา

3. ใช้เป็นฉนวนกันความร้อน

4. ด้านสิ่งแวดล้อม ใช้เป็นตัวดูดซับสารเคมีอันตราย

5. ด้านวัสดุใช้เป็นสารเสริมความแข็งแรงให้วัสดุ

2.7 ใยมะพร้าว (Coconut Coir) [9]

เส้นใยมะพร้าวเป็นเส้นใยที่ได้จากเปลือกของผลมะพร้าว เส้นใยที่ได้แบ่งตามลักษณะการเก็บเกี่ยวหากเก็บเกี่ยวเมื่อผลมะพร้าวไม่แก่จัด เส้นใยที่ได้จะมีสีขาวหรือสีน้ำตาลอ่อนมีความนุ่ม แต่ไม่เหนียว ในขณะที่เมื่อเก็บเกี่ยวในขณะที่ผลมะพร้าวแก่เต็มที่จะได้เส้นใยสีน้ำตาลมีความเหนียว แต่แข็งกระด้าง เส้นใยมะพร้าวเป็นเส้นใยสั้นที่มีความเหนียวพอประมาณ ความโค้งงอต่ำ ทนต่อความชื้นและการทำลายของจุลินทรีย์และเชื้อราได้ดี ใยมะพร้าวมีสัดส่วนเซลลูโลสประมาณ 35-37% และมีลิกนินและเทนนินสูงมาก กระบวนการฟอกสีหลายขั้นตอน ดังนั้นใยมะพร้าวจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม รวมทั้งเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่ เช่น

ใช้เป็นฉนวนในการดูดซับเสียงสำหรับห้องบันทึกเสียงและระบบเสียงในลำโพง ผลิตเป็นวัสดุป้องกันการกระเทือน

2.8 การหน่วงการติดไฟ [10]

การหน่วงไฟถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการด้านความปลอดภัยทางสังคมในด้านการผลิตและชีวิตป้องกันไฟและปกป้องชีวิตและทรัพย์สินของผู้คน สารชะลอการติดไฟคือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีป้องกันไฟในชีวิตจริง เป็นสารเคมีพิเศษที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติในการเผาไหม้ของสารเผาไหม้และติดไฟประเภทของสารหน่วงไฟสามารถแบ่งได้ดังนี้

1 สารประกอบฮาโลเจน (halogen compounds) สารประกอบฮาโลเจนเป็นที่นิยมในการนำมาใช้เป็นสารหน่วงไฟในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟที่ดี เมื่อมีการเผาไหม้เกิดขึ้น สารประกอบฮาโลเจนเกิดการสลายตัวเป็นไฮโดรเจน เฮไลด์ (hydrogen halides) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับคาร์บอนอะตอมที่เกิดจากการสลายตัวของวัสดุในระหว่างการเผาไหม้ไปเป็นก๊าซฮาโลเจนสามารถเจือจางก๊าซที่สามารถติดไฟได้ให้กับวัสดุ เป็นการยับยั้งขั้นตอนการแผ่ขยาย ในกระบวนการเผาไหมได้ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สารประกอบฮาโลเจน เป็นสาร หน่วงไฟ มีข้อเสียคือ มี

ควันมาก และมีการปลดปล่อยก๊าซที่เป็นพิษต่อมนุษย์ในระหว่างการเผาไหม้ ซึ่งไม่เหมาะสมกับการใช้งานบางประเภท

2 สารประกอบฟอสฟอรัส (phosphorus compounds) สารประกอบฟอสฟอรัสเป็นสารหน่วงไฟอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ เนื่องจาก ไม่เป็นพิษ มีควันน้อย ในระหว่างการเผาไหม้ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สารประกอบฟอสฟอรัสได้แก่ แอมโมเนียม โพลิฟอสเฟต (ammonium polyphosphate, APP) เพนตาอีริไทรทอล ฟอสเฟต (pentaerythritol phosphate) และเมลามีนฟอสเฟต (melamine phosphate, MP) ซึ่งแต่ละชนิดมีกลไกที่ต่างกันและนิยมใช้ร่วมกัน เรียกว่า สารหน่วงไฟระบบอินทูเมสเซนท์ (intumescent flame retardant) ในระหว่างการเผาไหม้ APP สลายตัวเป็นกรด แล้วทำปฏิกิริยากับสารประกอบคาร์บอนได้เป็นเถ้าซึ่งทำ หน้าที่เป็นฉนวนกันเปลวไฟ ความร้อนและ ก๊าซที่สามารถติดไฟ เพนตาอีริไทรทอล ฟอสเฟต ทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบคาร์บอน (carbonization agent) และ MP ทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดโฟม (blowing agent) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อน

3 สารประกอบซิลิคอน (silicon compounds) สารประกอบซิลิคอน ได้แก่ ไซเลน (silanes) ไซลอกเซน (siloxane) และ ซิลเซสควิออกเซน (silsesquioxanes) เป็นสารหน่วงไฟที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เป็นพิษ มีประสิทธิภาพที่ดีในการปรับปรุงความเสถียรทางความร้อนของพอลิเมอร์ กลไกหลักในการต้านการติดไฟของสารประกอบซิลิคอนคือ แตกตัวเป็นอนุมูลอิสระไปเจือจางก๊าซที่สามารถติดไฟในระหว่างการเผาไหม้ นอกจากนี้ สารประกอบซิลิคอนเป็นสารหน่วงไฟที่สามารถปรับปรุงการทนต่อแรงกระแทก

4 โลหะไฮดรอกไซด์ (metal hydroxides) สารหน่วงไฟชนิดโลหะไฮดรอกไซด์เป็นสารหน่วงไฟที่มีการใช้งานมาก เนื่องจากมีควันน้อย มีความเป็นพิษต่ำในระหว่างการเผา โลหะไฮดรอกไซด์ได้แก่ อลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ (aluminiun hydroxide, $Al(OH)_3$) แมกนีเซียมคาร์บอเนท (magnesium carbonate, $MgCO_3$) และแมกนีเซียม ไฮดรอกไซด์ (magnesium hydroxide, $Mg(OH)_2$) กลไกการต้านการติดไฟของโลหะไฮดรอกไซด์คือ ในระหว่างการเผาไหม้ โลหะไฮดรอก ไซด์มีการสลายตัวเป็นเถ้าและน้ำซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนและลดความร้อน

2.9 อะลูมิน่า (Alumina) [11]

อะลูมิน่าเป็นสารเติมแต่งสารอนินทรีย์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นสารหน่วงไฟสามารถยับยั้งการเกิดเพลิงไหม้ และยังป้องกันไม่ให้เกิดควันห้ามผลิตหยดและไม่ก่อให้เกิดก๊าซพิษ อะลูมิน่า เป็นเม็ดผลึกขาว ผลิตด้วยกระบวนการไบเออร์และกระบวนการเผาผนึก อะลูมิน่าบริสุทธิ์ มีความถ่วง จำเพาะ 3.4 - 4.0 จุดหลอมเหลว 2,030 ℃ ความแข็งเท่ากับ 9 มีความหนาแน่นอยู่ที่ 3.95 g/cm^2

2.10 เบนโทไนท์ (Bentonite) [12]

เบนโทไนท์เป็นชื่อเรียกดินประเภทหนึ่งในกลุ่มของ Monmorillonite ที่พบโดยทั่วไปจะเป็นชนิด Dioctahedral โครงสร้างผลึกเป็นแบบสามชั้น T-O-T คือมีชั้น Alumina octahedral sheet แทรกอยู่ระหว่าง Silica tetrahedral 2 ชั้น โครงสร้างทั่วไปคล้ายกับ Mica แต่แทนที่จะมี K+ ions แทรกอยู่ระหว่าง Layer กลับมีน้ำแทรกอยู่แทน แรงยึดระหว่าง sheet ของโครงสร้างแต่ละชั้นจะมีค่าน้อย ทำให้น้ำหรือของเหลวสามารถแทรกเข้าไปอยู่ระหว่าง sheet ได้ สำหรับในอุตสาหกรรมเซรามิกนั้น เบนโทไนท์ใช้เป็นตัว plasticizer เพื่อเสริมความแข็งแรงของชิ้นงานก่อนเผาทำให้วัสดุมีความทนไฟและทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน (Thermal shock resistance) ช่วยลด เปอร์เซ็นต์การหดตัว (shrinkage) ทั้งการหดตัวของชิ้นงานหลังอบและการหดตัวของชิ้นงานหลังเผา ทำให้ได้ขนาดของอิฐหลังเผาใกล้เคียงกันมากขึ้น ไม่เกิด size variation และยังช่วยลดปัญหาการแตกร้าวของอิฐในขณะอบแห้งและการแตกร้าวเนื่องจากการเผา นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความเร็วในการเผาได้ เนื่องจากปริมาณน้ำในโครงสร้างของชิ้นงานลดลง

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติชาติ โหมาศวิน และคณะ [13] ได้ทำการศึกษาการใชใยมะพราวรวมกับยางพาราเพื่อ เปนฉนวนดูดซับเสียง ขั้นตอนการทำขึ้นรูปแผนใยมะพร่าวขนาดแผน 0.50. ม. x 0.50 ม . โดยใช่ความยาวของเส่นใย 3 ขนาด ได่แก 8 มม. , 2 มม. และ ½ มม. ในอัตราสวนใยมะพร่าว 15 สวน : กาวลาเท็กซ 20 สวน : กาวผง 7 สวน : น้ำเปลา 6 สวนนำสวนผสมที่ไดใสลงในไมแบบขนาด 0.50 ม. x 0.50 ม. ที่มีลวดตาขายติดไว่ด่านลางตากทิ้งไวโดยวิธีธรรมชาติเพื่อให่แห้งและใยมะพร่าวยึดเกาะกันนำแผนใยมะพร่าวที่ไดใสลงในไมแบบขนาด 0.50. ม. x 0.50 ม .แล่วกดทับด่วยน้ำหนัก 70 กก. (ใช่หนังสือหนัก 70 กก.) เพื่ออัดให่มีความหนาแนนของใยมะพร่าวเพิ่มมากขึ้น แล้วนำไปแช่ในน้ำยางพารา และนำไปทาน้ำยางพารา ผลที่ได้การขึ้นรูปแผนใยมะพร่าวความยาวของเสนใยมะพราวที่เหมาะสมในการใชขึ้นรูปแผนใยมะพร่าว คือ ขนาดความยาว 1/2 มม.เนื่องจากการสามารถขึ้นรูปแผนใยมะพร่าวได่ และเนื้อแผนใยมะพร้าวมีความ หนาแนนและความละเอียดของใยสูง การยึดติดของแผนใยมะพร่าวกับยางพารา วิธีการนำแผนใยมะพร่าวลงแชในน้ำยางพารา มีการยึด ติดกันของแผนใยมะพร่าวกับยางพาราไดดี มีความหนาและเรียบสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผน ยางพาราชวยปดชอง

รูพรุนของแผนใยมะพราว ทดสอบการสะทอนและการดูดซับเสียง พบวาคาเฉลี่ยการดูดซับเสียงที่ไดจากการทดสอบแผนดูด ซับเสียงจากแผนใยมะพราวรวมกับยางพาราหนา 2 มม. มีคาใกลเคียงกับ แผนฉนวนใยแกว แตดีกวาแผนยิปซัม บอรด อคูสติกบอรด และแผนใยมะพราวหนา 2 มม. ที่ไมไดใชยางพารารวมดวย

Leitao Cao และคณะ [14] ได้ทำการศึกษาประดิษฐ์และพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงที่มีรูพรุน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ กลไกการดูดซับเสียง โฟมดูดซับเสียง และวัสดุดูดซับเสียงแบบเส้นใย ผลที่ได้วัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยธรรมชาติ มีความได้เปรียบของการย่อยสลายตามธรรมชาติ อันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และการจัดการ ทำให้เป็นหนึ่งในวัสดุสำหรับการควบคุมเสียงรบกวน

อนุชิต คำชาติ และคณะ [15] ได้ทำการศึกษาฉนวนกั้นเสียงจากยางธรรมชาติเติมขุยมะพร้าวที่มีการต้านทานต่อการติดไฟสูง โดยใช้ยาง STR 5L ผสมกับขุยมะพร้าวคัดขนาดให้ได้ขนาด 27 mesh ถึง 11 mesh ใช้ขุยมะพร้าวปริมาณ 0 และ 10 phr และใช้เบนโทไนท์เป็นสารหน่วงไฟในปริมาณ 0, 10, 20, 30, 40, 50 phr ตามลำดับ ทำการผสมยางกับสารเคมีด้วยเครื่องผสมยางระบบปิด ทำการคงรูปยางคอมพราวด์โดยใช้แม่พิมพ์อัดธรรมดา หลังจากนั้นก็นำแผ่นยางไปทดสอบ(Horizontal Burning Test) หาค่า Burning Rate พบว่าอัตราส่วนขุยมะพร้าวต่อปริมาณเบนโทไนท์ 10phr/50phr ได้ค่าBurning Rate 26.89 (mm/min) ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Horizontal Burning Test) ลดลง เมื่อเติมเบนโทไนท์ ลงไปในยางธรรมชาติ เนื่องจากเบนโทไนท์ทำให้เกิดถ่านปกคลุมที่บริเวณผิวของยาง ทำให้ออกซิเจนลงไปทำปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ยากขึ้น ทำให้การเผาไหม้ช้าลง

Umberto Berardi และคณะ [16] ได้ทำการศึกษาเส้นใยธรรมชาติได้แก่ เส้นใยปอ, เนื้อไม้,เส้นใยกัญชา, เส้นใยมะพร้าว, ไม้ก๊อก, อ้อย, กระดาษแข็ง, ขนแกะ มาเป็นวัสดุดูดซับเสียงในอาคาร ผลที่ได้เส้นใยธรรมชาติที่นำมาทดสอบสามารถใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงในอาคารได้ โดยเส้นใยมะพร้าวสามารถดูดซับเสียงได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ

นฤเบศร์ มั่นจิตร และคณะ [17] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางเสียงของวัสดุอิลาสโตเมอร์ โดยใช้วัสดุอิลาสโตเมอร์ 3 ชนิดได้แก่ NR, SBR และIIR ทำการผสมยางกับสารเคมีด้วยเครื่อง Two Roll Mill หลังจากผสมเสร็จจะได้ยางยางคอมพาวด์ แล้วทำการคงรูปยางคอมพาวด์โดยใช้แม่พิมพ์แบบอัดธรรมดา แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางเสียงโดยผลที่ได้ พบว่ายาง SBR มีค่าความสามารถในการกั้นเสียงดีที่สุด มีค่า STC 21 ในขณะที่ยาง NR และ IIR มีค่า STC 11 และ 10 ตามลำดับ

วริศรา บรภาค และคณะ [15] ได้ทำการศึกษานำยางธรรมชาติ (STR5L) ผสมซิลิกาและใช้ยางธรรมชาติอิพอกไซด์ที่มีหมู่ อิพอกซี่ 25 เปอร์เซ็นต์ (ENR25) ปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของซิลิกา เป็นสารเพิ่มความสามารถในการเข้ากันระหว่างยางธรรมชาติกับซิลิกา และ ใช้ซิลิกา ตั้งแต่ 0

ถึง 60 phr ลำดับการผสมยางคอมพาวด์ผสมซิลิกาด้วยเครื่องผสมแบบปิด (Internal mixer) ขนาดห้องผสม 500 cm3 ใช้อุณหภูมิเริ่มต้นการ ผสมเท่ากับ 90°C ความเร็วโรเตอร์ (Rotor speed) 60 rpm และค่าฟิลแฟคเตอร์ (Fill factor) เท่ากับ 0.70 และนำไปศึกษา สมบัติเชิงกล และ ลักษณะสัณฐานวิทยาของยางธรรมชาติคอมพอสิต ผลการทดลอง พบว่ามอดุลัสที่ 100% มอดุลัสที่ 300% และดัชนีการเสริมแรง (M300/M100) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณซิลิกา แต่ระยะเวลาสกอร์ช (Scorch time) และระยะเวลาคงรูป (Cure time) ความต้านทานต่อแรงดึง ระยะยืด ณ จุดขาด และอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลง สถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature, Tg) ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณซิลิกา

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปงานวิจัย

1	**กิตติชาติ โหมาศวิน และคณะ เรื่อง การใช้ใยมะพร้าวรวมกับยางพาราเพื่อเปนฉนวนดูดซับเสียง** **Q70-การแปรรูปวัสดุเหลือใช้เกษตร การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 ปีพิมพ์ : 2550 หน้า 235-244**	
	วัสดุและสารเคมี	ใยมะพร้าว , กาวลาเท็กซ์ ,กาวผง ,ยางพารา
	วิธีการ	ขึ้นรูปแผนใยมะพร้าวขนาดแผน 0.50. ม. x 0.50 ม . โดยใช้ความยาวของเสนใย 3 ขนาด ไดแก 8 มม. , 2 มม. และ ½ มม. ในอัตราสวนใยมะพร้าว 15 สวน : กาวลาเท็กซ 20 สวน : กาวผง 7 สวน : น้ำเปลา 6 สวนนำสวนผสมที่ไดใสลงในไมแบบขนาด 0.50. ม. x 0.50 ม. ที่มีลวดตาขายติดไวดานลางตากทิ้งไวโดยวิธีธรรมชาติเพื่อใหแห้งและใยมะพร้าวยึดเกาะกันนำแผนใยมะพร้าวที่ไดใสลงในไมแบบขนาด 0.50. ม. x 0.50 ม .แลวกดทับดวยน้ำหนัก 70 กก. (ใชหนังสือหนัก 70 กก.) เพื่ออัดใหมีความหนาแนนของใยมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น แล้วนำไปแชในน้ำยางพารา และนำไปทาน้ำยางพารา
	ผลที่ได้	การขึ้นรูปแผนใยมะพร้าวความยาวของเสนใยมะพร้าวที่เหมาะสมในการใชขึ้นรูปแผนใยมะพร้าว คือ ขนาดความยาว 1/2 มม. เนื่องจากการสามารถขึ้นรูปแผนใยมะพร้าวได และเนื้อแผนใยมะพร้าวมีความ หนาแนนและความละเอียดของใยสูง การยึดติดของแผนใยมะพราวกับยางพารา วิธีการนำแผนใยมะพราวลงแช

		ในน้ำยางพารา มีการยึด ติดกันของแผนใยมะพราวกับยางพาราไดดี มีความหนาและเรียบสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผน ยางพาราชวยปดชองรูพรุนของแผนใยมะพร่าว ทดสอบการสะท่อนและการดูดซับเสียง พบวาคาเฉลี่ยการดูดซับเสียงที่ได่จากการทดสอบแผนดูด ซับเสียงจากแผนใยมะพราวรวมกับยางพาราหนา 2 มม. มีคาใกลเคียงกับแผนฉนวนใยแกว แตดีกวาแผนยิปซัม บอรด อคูสติกบอรด และแผนใยมะพราวหนา 2 มม. ที่ไมไดใชยางพารารวมดวย
	สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	เส้นใยมะพร้าว ,การดูดซับเสียง
2	**Leitao Cao และคณะ เรื่อง Porous materials for sound absorption Composites Communications Volume 10, December 2018, Pages 25-35 Short Review**	
	วัสดุและสารเคมี	เส้นใย
	วิธีการ	ได้ประดิษฐ์ และการพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงที่มีรูพรุน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ กลไกการดูดซับเสียง โฟมดูดซับเสียง และวัสดุดูดซับเสียงแบบเส้นใย
	ผลที่ได้	วัสดุดูดซับเสียงจากเส้นใยธรรมชาติ มีความได้เปรียบของการย่อยสลายตามธรรมชาติ อันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และการจัดการทำให้เป็นหนึ่งในวัสดุสำหรับการควบคุมเสียงรบกวน
	สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	การดูดซับเสียง ,ขนาดของเส้นใย
3	**อนุชิต คำชาติ เรื่อง ฉนวนกั้นเสียงจากยางธรรมชาติเติมขุยมะพร้าวที่มีการต้านทานต่อการติดไฟสูง** **ปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**	
	วัสดุและสารเคมี	ยาง STR 5L ,ขุยมะพร้าว ,Bentonite
	วิธีการ	ได้ทำการศึกษาฉนวนกั้นเสียงจากยางธรรมชาติเติมขุยมะพร้าวที่มีการต้านทานต่อการติดไฟสูง โดยใช้ยาง STR 5L ผสมกับขุยมะพร้าวคัดขนาดให้ได้ขนาด 27 mesh ถึง 11 mesh ใช้ขุยมะพร้าวปริมาณ 0 และ 10 phr และใช้เบนโทไนท์เป็นสารหน่วงไฟในปริมาณ 0, 10, 20, 30, 40, 50 phr ตามลำดับ ทำการผสมยางกับสารเคมีด้วยเครื่องผสมยางระบบปิด ทำการคงรูปยางคอม

		พราวด์โดยใช้แม่พิมพ์อัดธรรมดา หลังจากนั้นก็นำแผ่นยางไปทดสอบ(Horizontal Burning Test) หาค่า Burning Rate
	ผลที่ได้	พบว่าอัตราส่วนขุยมะพร้าวต่อปริมาณเบนโทไนท์ 10phr/ 50phr ได้ค่าBurning Rate 26.89 (mm/min) ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Horizontal Burning Test) ลดลง เมื่อเติมเบนโทไนท์ ลงไปในยางธรรมชาติ เนื่องจากเบนโทไนท์ทำให้เกิดถ่านปกคลุมที่บริเวณผิวของยาง ทำให้ออกซิเจนลงไปทำปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ยากขึ้นทำให้การเผาไหม้ช้าลง
	สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	Bentonite
4	**Umberto Berardi และคณะ เรื่อง Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications Building and Environment Volume 94, Part 2, December 2015, Pages 840-852**	
	วัสดุและสารเคมี	เส้นใยปอ, เนื้อไม้, เส้นใยกัญชา, เส้นใยมะพร้าว, ไม้ก๊อก, อ้อย, กระดาษแข็ง, ขนแกะ
	วิธีการ	นำเส้นใยธรรมชาติได้แก่ ใยกัญชง, ไม้, ปอ ,มะพร้าว ,ไม้ก๊อก ,อ้อย ,กระดาษแข็ง และขนแกะ นำมาวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนและความต้านทานการไหลของตัวอย่างที่มีความหนาต่างกัน
	ผลที่ได้	เส้นใยธรรมชาติที่นำมาทดสอบสามารถใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียงในอาคารได้ โดยเส้นใยมะพร้าวสามารถดูดซับเสียงได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ
	สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	เส้นใยมะพร้าว ,สมบัติการกันเสียง
5	**นฤเบศร์ มั่นจิตร และคณะ เรื่อง การศึกษาสมบัติทางเสียงของวัสดุอิลาสโตเมอร์ ปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**	
	วัสดุและสารเคมี	NR ,SBR ,IIR
	วิธีการ	โดยใช้วัสดุอิลาสโตเมอร์ 3 ชนิดได้แก่ NR, SBR และIIR ทำการผสมยางกับสารเคมีด้วยเครื่อง Two Roll Mill หลังจากผสมเสร็จจะได้ยางยางคอมพาวด์ แล้วทำการคงรูปยางคอมพาวด์โดยใช้แม่พิมพ์แบบอัดธรรมดา แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางเสียง

	ผลที่ได้	พบว่ายาง SBR มีค่าความสามารถในการกั้นเสียงดีที่สุด มีค่า STC 21 ในขณะที่ยาง NR และ IIR มีค่า STC 11 และ 10 ตามลำดับ
	สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	SBR ,NR
6	**วริศรา บรภาค และคณะ เรื่อง ผลของปริมาณซิลิกาต่อสมบัติของยางธรรมชาติเสริมแรงด้วยซิลิกาที่มียางธรรมชาติอิพอกไซด์ เป็นสารเพิ่มความสามารถในการเข้ากัน การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11 วันที่ 27-28 มีนาคม 2562**	
	วัสดุและสารเคมี	STR 5 L ,Silica STR5L ,Zinc oxide ,Stearic acid ,Ultrasil VN3 ,Aromatic oil ,MBTS ,DPG ,Sulfur ,ENR 25
	วิธีการ	ผสมยางคอมพาวด์กับซิลิกาด้วยเครื่องผสมแบบปิด (Internal mixer) ขนาดห้องผสม 500 cm^3 ใช้อุณหภูมิเริ่มต้นการ ผสมเท่ากับ 90° C ความเร็วโรเตอร์ (Rotor speed) 60 rpm และค่าฟิลแฟคเตอร์ (Fill factor) เท่ากับ 0.70
	ผลที่ได้	พบว่ามอดุลัสที่ 100% มอดุลัสที่ 300% และดัชนีการเสริมแรง (M300/M100) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณซิลิกา แต่ระยะเวลาสกอร์ช (Scorch time) และระยะเวลาคงรูป (Cure time) ความต้านทานต่อแรงดึง ระยะยืด ณ จุดขาด และอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลง สถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature, Tg) ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณซิลิกา
	สิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	STR 5 L ,Silica

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุสารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 วัสดุและสารเคมี

1) เอทิลีนไวนิลอะซิเตด (Ethylene Vinyl Acetate) เกรด N 8038 ของ บริษัท ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน)

2) วัสดุอิลาสโตเมอร์ (Elastomer)

- ยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR) ชนิดแท่ง เกรด STR 5 L จากบริษัท PJ Rubbre Co.,Ltd. ประเทศไทย

- ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (Styrene Butadiene Rubber, SBR) เกรด SBR 1502 บริษัท บีเอสที อิลาสโตเมอร์ จ้ากัด

3) สารตัวเติม (Fillers)

- ซิลิกา (Silica) ของ บริษัท นิคอินเตอร์เคท จำกัด

- ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร จากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี

5) สารหน่วงการติดไฟ (Flame Retardant)

- อะลูมิน่า (Alumina) เกรด H-WF-8 ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท ยูนิโปรเมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด

- เบนโทไนท์ (Bentonite) เกรด SCA-1 ของ บริษัท THAI NIPPON CHEMICAL INDUSTRY CO.,LTD

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1) เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill) ของ บริษัท LAB TECH ENGINEERING CO.LTD ประเทศจีน

2) เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) ของ บริษัท Interface ประเทศจีน

3) เครื่องทดสอบความแข็งแบบดูโรมิเตอร์ (Durometer) Shore A รุ่น PTC Instruments model 473

4) เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing machine) รุ่น QC-500A2 ของ บริษัท Astrolnstrument

5) เครื่องทดสอบความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) รุ่น AB 204-S บริษัท Mettler Toledo

6) เครื่องทดสอบการลามไฟ (Flammable tester) รุ่น TYOE G151 SERIAI 12385 บริษัท CEAST

7) เครื่องทดสอบทางเสียงความถี่สูง-ต่ำ

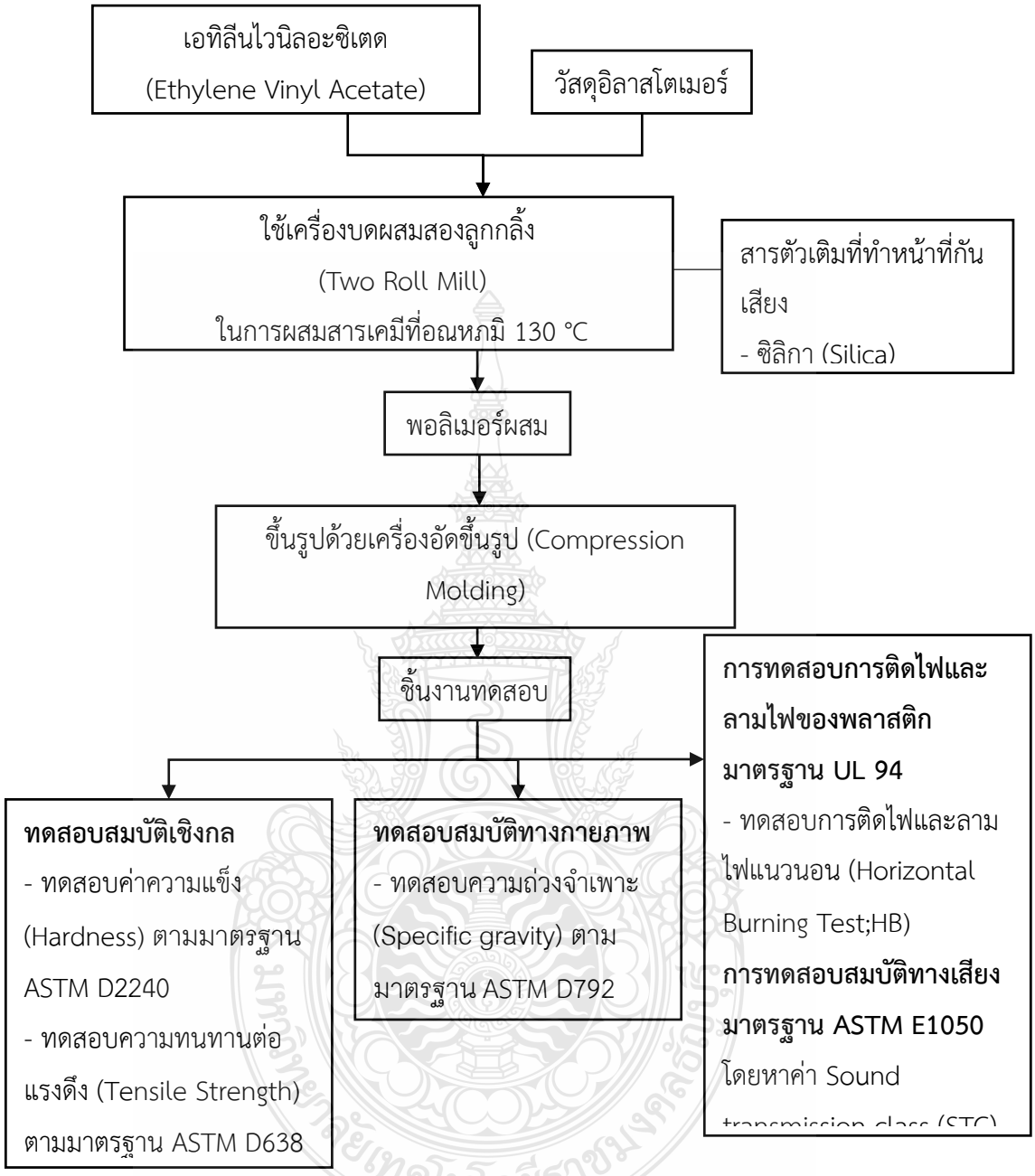
3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ในงานวิจัยนี้จะแบ่งขั้นตอนการดำเดินงานออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

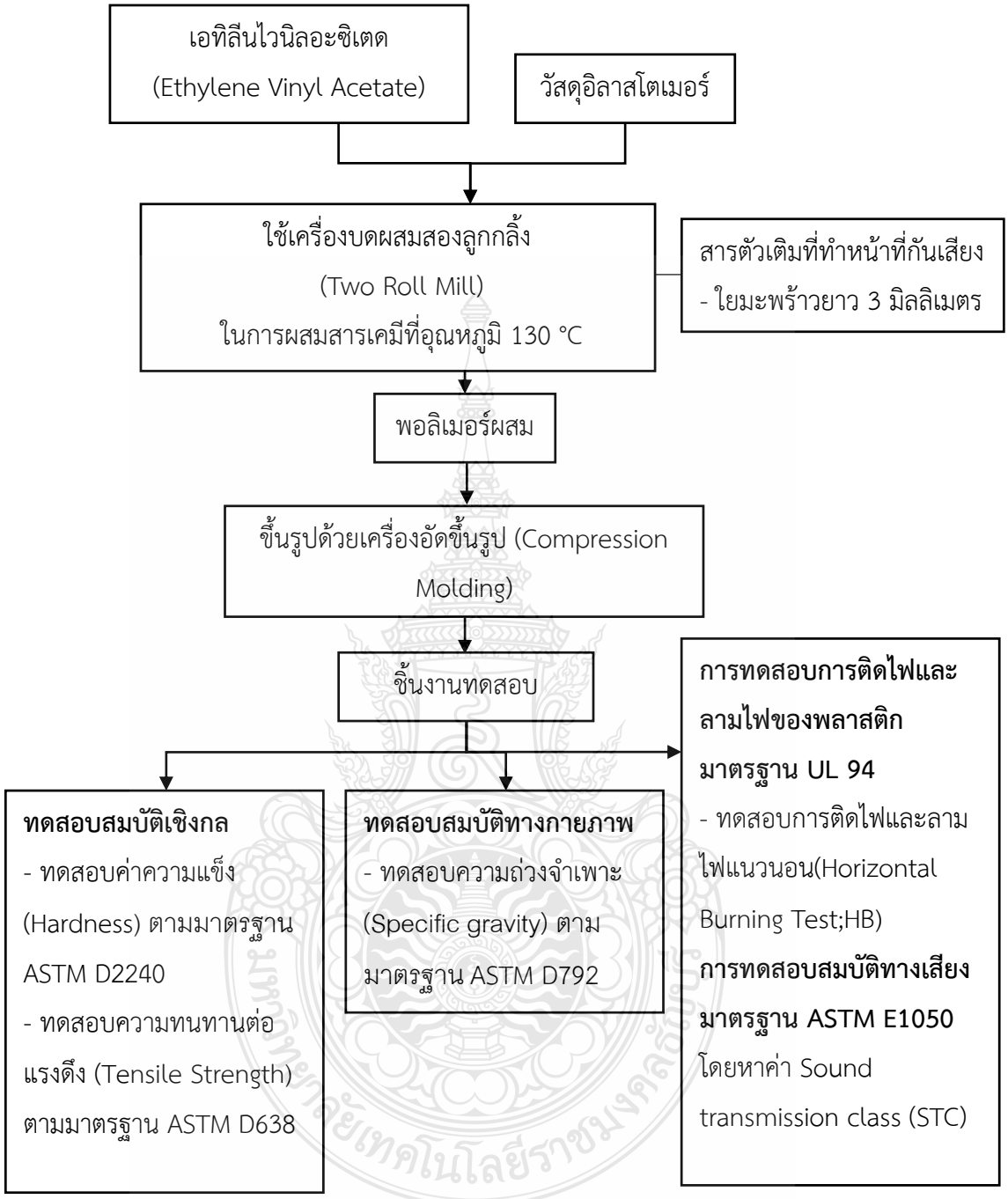
1) ศึกษาผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

2) ศึกษาผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

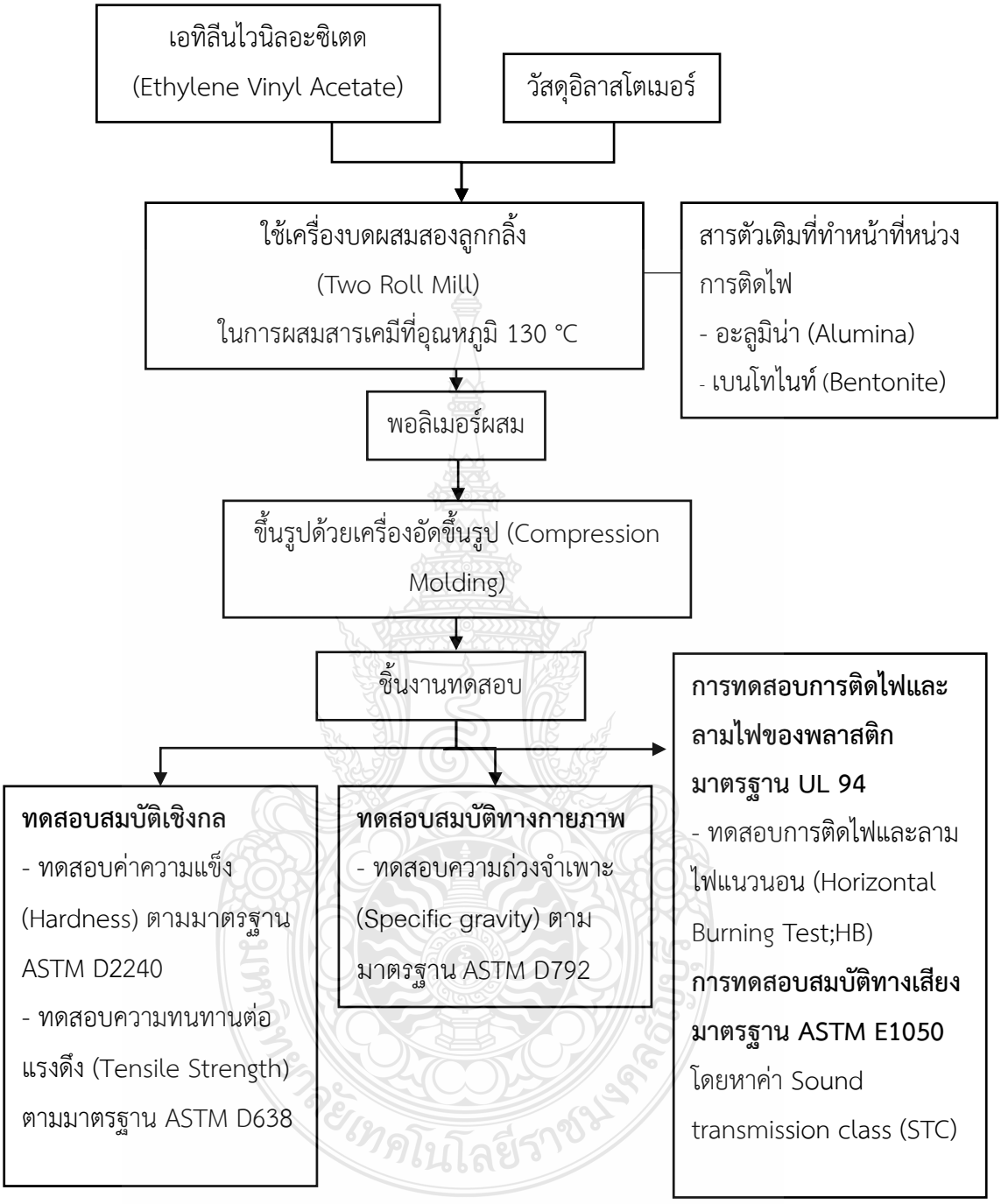
3) ศึกษาผลของสารหน่วงไฟที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานขั้นตอนที่ 1 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 2 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์



รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 3 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของสารหน่วงไฟที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

3.3 วิธีการดำเนินงาน

3.3.1 ขั้นตอนการผสม

นำเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ อันได้แก่ ยางธรรมชาติ และยางสไตรีนบิวตาไดอีน ตามองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 หลังจากนั้นใส่สารตัวเติมอันได้แก่ ซิลิกาตามองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 3.1 ใยมะพร้าวตามองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 3.2 และอะลูมิน่า และเบนโทไนท์ตามองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 3.3 ทำการผสมโดยเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 130 °C เป็นเวลา 8 นาที

ตารางที่ 3.1 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมตามอัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ โดยน้ำหนัก

วัสดุ	Silica (phr)			
EVA	0			
EVA : SBR				
70 : 30 50 : 50 30 : 70	0	10	20	30
EVA : NR				
70 : 30 50 : 50 30 : 70	0	10	20	30

ตารางที่ 3.2 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมตามอัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ โดยน้ำหนัก

วัสดุ	ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร (phr)			
EVA	0			
EVA : SBR				
70 : 30 50 : 50 30 : 70	0	5	10	15
EVA : NR				
70 : 30 50 : 50 30 : 70	0	5	10	15

ตารางที่ 3.3 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาผลของสารหน่วงไฟที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมตามอัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ โดยน้ำหนัก

วัสดุ	Alumina (phr)			Bentonite (phr)		
EVA	0			0		
EVA : SBR						
70 : 30 50 : 50 30 : 70	0	10	30	50	10	30	50
EVA : NR						
70 : 30 50 : 50 30 : 70	0	10	30	30	10	30	50

3.3.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงาน

นำพอลิเมอร์ผสมใส่แม่พิมพ์ขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร หนา 3 มิลลิเมตร แล้วนำไปขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 130 °C ความดัน 250 บาร์ เวลาในการขึ้นรูปชิ้นงาน 4 นาที และ เวลาในการหล่อเย็น 4 นาที

3.3.3 การทดสอบสมบัติเชิงกล

1) การทดสอบค่าความแข็ง

ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบดูโรมิเตอร์ (Durometer) ประเภท Shore A ตามมาตรฐาน ASTM D2240 โดยชิ้นทดสอบควรมีความหนาอย่างน้อย 6 มิลลิเมตร ทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง 10 จุด และจะใช้สภาวะในการทดสอบคือโหลดที่ใช้ 5 kg

วิธีการทดสอบ

1. กดหัวกดลงบนชิ้นทดสอบด้วยความรวดเร็วและต้องออกแรงกดให้มากพอที่จะทำให้ฐานของหัวกดแนบสนิทกับชิ้นทดสอบ

2. เมื่อบานของหัวกดแนบสนิดกับชิ้นทดสอบ จึงอ่านค่าความแข็งภายใน 1 วินาที

3. ทำการวัดความแข็งอย่างน้อย 10 จุดบนชิ้นทดสอบและรายงานค่าเฉลี่ยที่วัดได้

2) การทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง

ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Universal testing machine) ตามมาตรฐาน ASTM D638 โดยจะเตรียมชิ้นงานทดสอบเป็นรูปดัมเบลล์แบบ Types I มีความหนา 3 มิลลิเมตร ความกว้าง 19 มิลลิเมตร และความยาว 165 มิลลิเมตร การเตรียมชิ้นงานจะเตรียมด้วยเครื่องกัดชิ้นงาน โดยจะทดสอบชิ้นงานตัวอย่างละ 5 ชิ้น และจะใช้สภาวะในการทดสอบคือ Load range ที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 250 นิวตัน อัตราเร็วในการดึง (Speed) เท่ากับ 500 มิลลิเมตร/นาที Extension length เท่ากับ 1,000 มิลลิเมตรและระยะห่างของหัวจับชิ้นงาน (Grip) 100 มิลลิเมตร

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมชิ้นงานให้เรียบร้อยหลังจากนั้นนำชิ้นงานไปใส่ในช่องว่างของตัวจับแล้วหมุนตัวจับให้แน่นพอตึงมือ

2. เซตข้อมูลต่างๆ ลงในเครื่องแล้วกดเริ่มการทดสอบ

3. ทำซ้ำอย่างน้อย 5 ครั้ง แล้วบันทึกผลการทดสอบ

3.3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ทดสอบความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) มาตรฐาน ASTM D 792 ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB 204-S

วิธีการทดสอบ

1. ตัดชิ้นงานให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 1*1 เซนติเมตร

2. นำชิ้นงานไปว่างในตะแกรงที่เตรียมไว้

3. ปิดฝาเครื่องแล้วทำการทดลอง

4. ทำซ้ำอย่างน้อย 5 ครั้ง/บันทึกผลการทดสอบ

3.3.5 การทดสอบการหน่วงการติดไฟตามมาตรฐาน UL-94 แบบการลามไฟแนวนอน (Horizontal Burning Test (HB)

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมชิ้นงานขนาด 125 12.5 3 มิลลิเมตร

2. เสียบปลั๊กมอเตอร์ดูดความชื้น

3. เปิดวาล์วแก๊ส

4. จุดไฟที่หัวปล่อยแก๊สด้วยไฟแช็กและปรับเปลวไฟตามความต้องการ หรือประมาณ 25 มิลลิเมตร และหัว burner เอียงทำมุม 45 องศา

5. เอาชิ้นงานไปยึดไว้ที่หัวจับชิ้นงานและเอาแผ่นอลูมิเมียมรองไว้ตามชิ้นงานเพื่อกันน้ำพลาสติกไหลลงมาจะได้ไม่ติดกับเครื่องทดสอบ

6. ทำการเผาโดยเลื่อนหัว burner ไปจ่อที่ปลายชิ้นงานเป็นเวลา 30 วินาทีเมื่อครบ 30 วินาที เลื่อนไฟออกจากชิ้นงานแล้วสังเกตการติดไฟ

7. เมื่อเผาเสร็จก็สวมถุงมือหยิบชิ้นงานออกจากที่ยึด

3.3.6 การทดสอบสมบัติเสียงตามมาตรฐาน ASTM E1050

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมชิ้นงาน มีลักษณะวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร กับ 20 มิลลิเมตร

2. เลือกความถี่เสียงที่ใช้ทดสอบ ความถี่สูง 500 – 4000 Hz ความถี่ต่ำ 125 – 1600 Hz

3. เตรียมตัวอย่างใส่ Tube

4. ใช้โปรแกรม elas ในการทดสอบ

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ส่วนได้แก่

4.1. ผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

4.2. ผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

4.3. ผลของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

4.4. ผลของสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

ซึ่งผลการทดลองและวิเคราะห์การทดลองแสดงสมบัติต่างๆได้แก่ สมบัติทางเสียง ความแข็ง ความทนทานต่อแรงดึง ความหนาแน่น และอัตราเร็วของการเผาไหม้ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

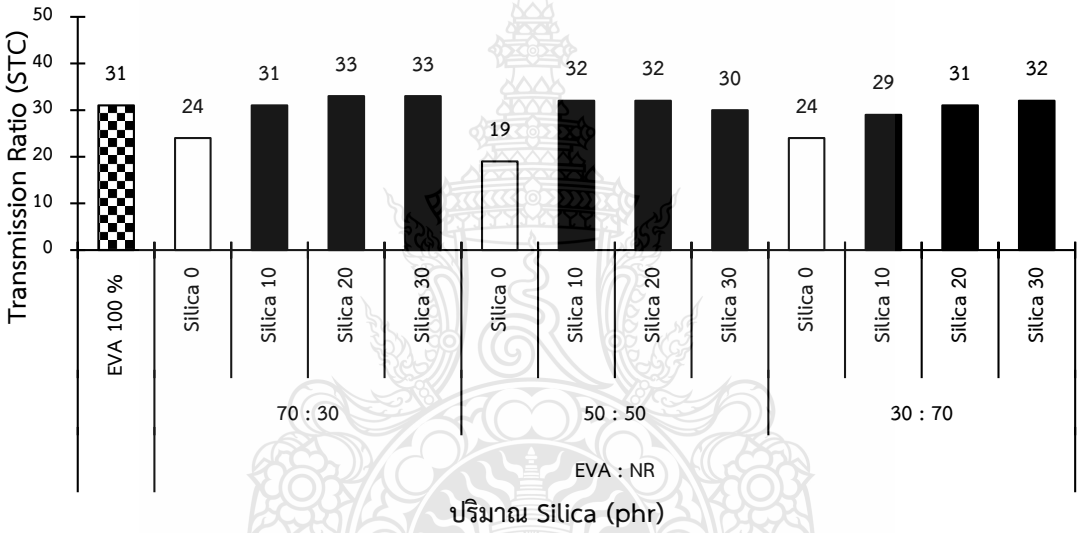
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

4.1 ผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

4.1.1 สมบัติทางเสียง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ โดยเน้นในการศึกษาสมบัติการกันเสียงเป็นหลัก ค่าการกันเสียงหาได้จาก ค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (Transmission Ratio : STC)

สมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.1

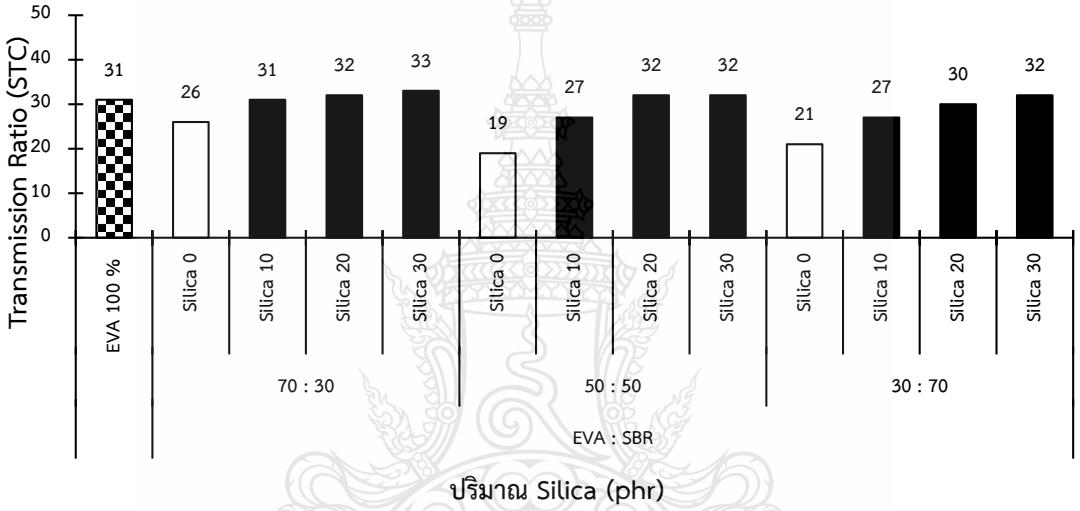


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าระดับการส่งผ่านของเสียงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด สอดคล้องกับ [พงษ์ธร แซ่อุย] เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้ค่าความแข็งลดลง ซึ่งค่าความแข็งของวัสดุมีผลต่อค่าระดับการส่งผ่านของเสียง ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมมีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่ลดลง การเติมซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ในพอลิเมอร์ผสมเพื่อเปรียบเทียบกับเอ

ทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่าพอลิเมอร์ผสมรหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางยางธรรมชาติ มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียง เพิ่มขึ้นตามปริมาณของซิลิกาที่เติมลงไป สอดคล้องกับ [พงษ์ธร แซ่อุย] ซึ่งซิลิกาเป็นสารตัวเติมที่ช่วยเพิ่มความแข็งให้วัสดุ โดยความแข็งที่เพิ่มขึ้นทำให้การส่งผ่านของเสียงทะลุผ่านไปได้ยาก

สมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.2 แสดงผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบมีทิศทางเดียวกันกับ ผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม

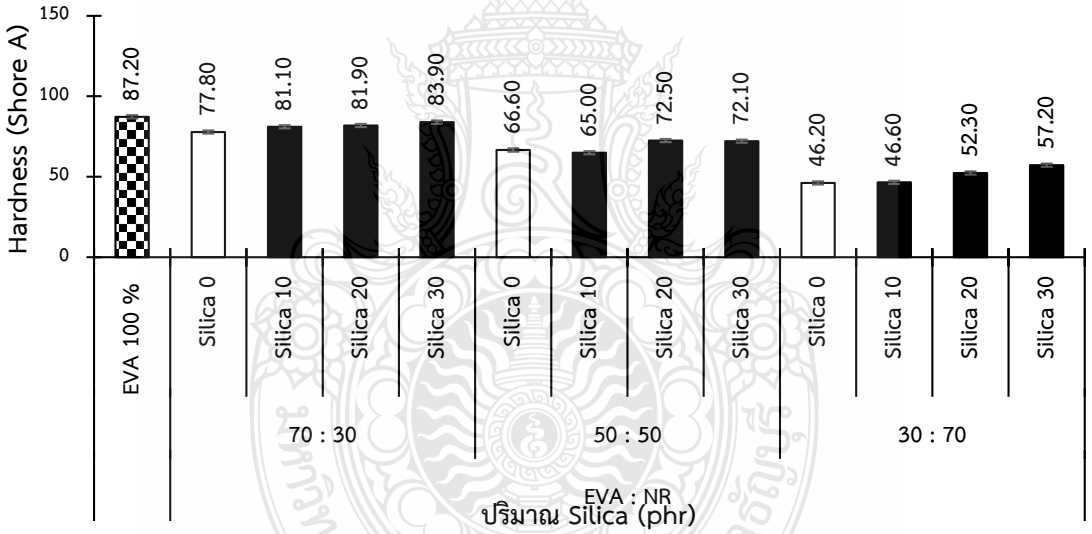
จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 ผลการทดลองพบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงลดลง เพราะวัสดุอิลาสโตเมอร์มีค่าความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ในพอลิเมอร์ผสม มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่สูงกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่เมื่อ

ปริมาณยางเพิ่มขึ้นมีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงจะลดลง เนื่องจากยางมีความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ดังนั้นการเติมซิลิกาลงในพอลิเมอร์ผสมช่วยให้ค่าระดับการส่งผ่านของเสียงสูงขึ้น โดยเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30 ที่มีการเติมซิลิกา 20 phr มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงใกล้เคียงเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน:ซิลิกา 70:30 ต้องใช้ซิลิกา 30 phr ถึงจะมีค่าการกันเสียงใกล้เคียงกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด

4.1.2 ความแข็ง

ค่าความแข็งสามารถวัดได้โดยนำหัวกดลงบนชิ้นทดสอบภายใต้สภาวะที่กำหนด ความลึกของการทะลุทะลวงของหัวกดจะสะท้อนถึงค่าความแข็ง

ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.3

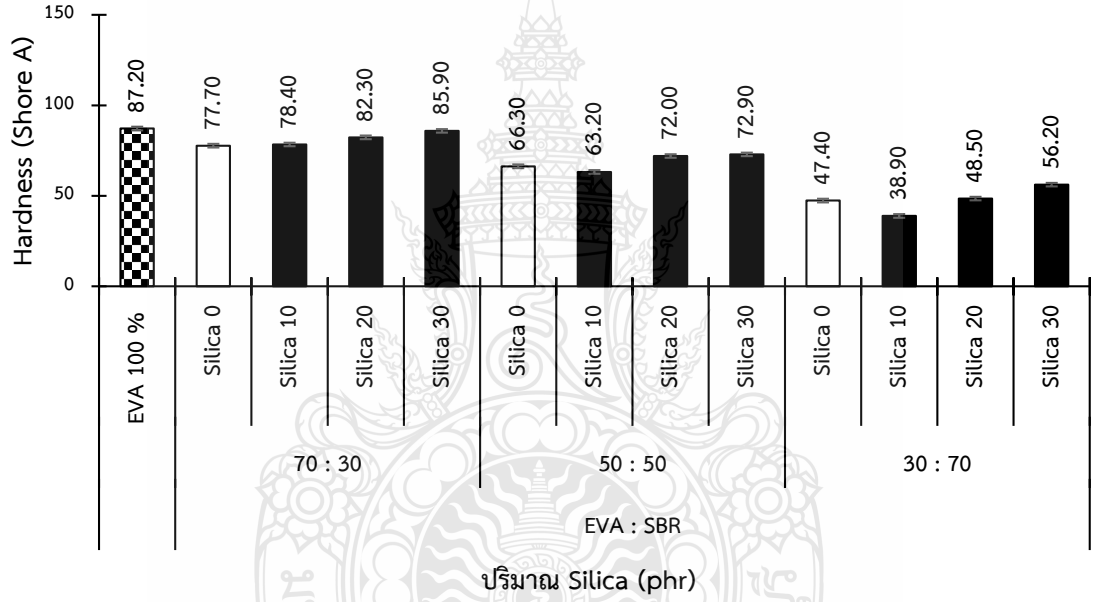


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.3 แสดงผลค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความแข็งของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความแข็งที่น้อยกว่าเอ

ทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมยางธรรมชาติลงไปทำให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมลดลง ในการเปรียบเทียบผลของซิลิกาที่เติมในพอลิเมอร์ผสม การเติมซิลิกา 10, 20 และ 30 phr ลงในพอลิเมอร์ผสม พบว่ามีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณของซิลิกาที่เติมลงไป สอดคล้องกับ[พงษ์ธร แซ่อุย] เนื่องจากซิลิกาเป็นสารตัวเติมเสริมแรงที่เพิ่มความแข็ง เมื่อนำซิลิกามาผสมกับพอลิเมอร์ผสมที่มีความแข็งน้อยจึงทำให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมเพิ่มขึ้นตามปริมาณของซิลิกา

ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.4 แสดงค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับ ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับธรรมชาติโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม

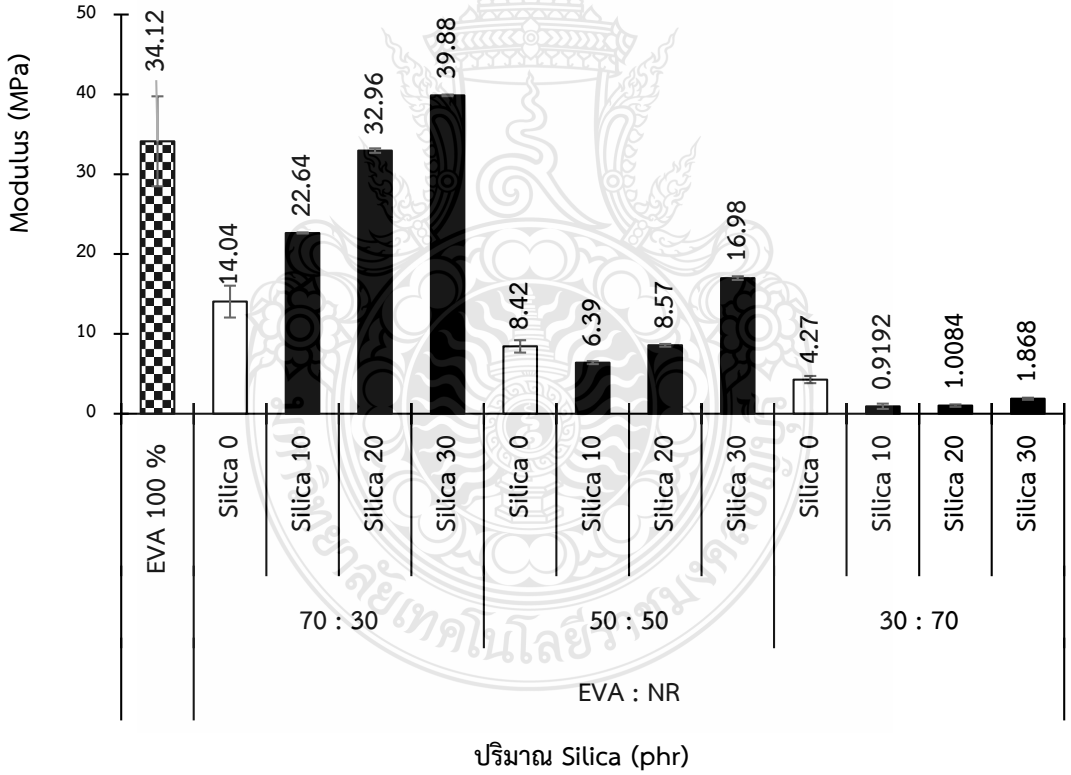
จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความแข็งลดลง เพราะวัสดุอิลาสโตเมอร์มีค่าความแข็งที่น้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมซิลิกา 30 phr ลงไปในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีน

ไลนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ 70:30 มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับค่าความแข็งของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะซิลิกาเป็นสารตัวเติมเสริมแรงที่เพิ่มความแข็งแรง

4.1.3 คุณสมบัติแรงดึง

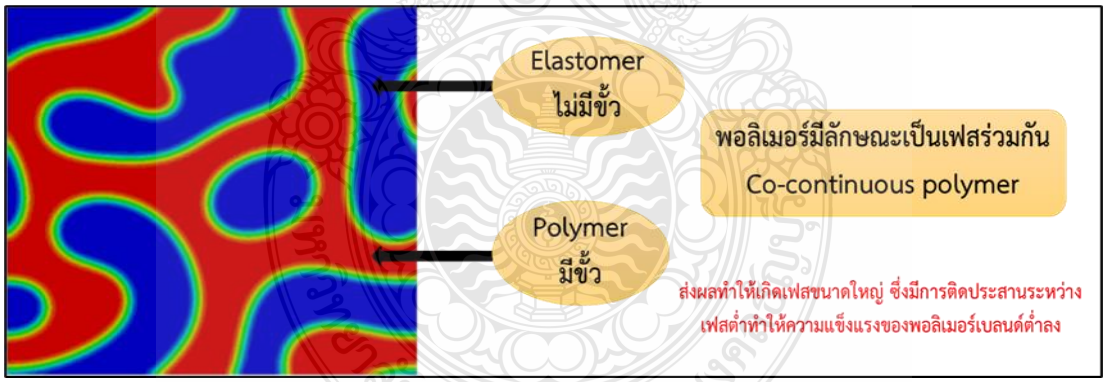
ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ ในการศึกษาสมบัติความทนต่อแรงดึง (Tensile properties) มีสมบัติ 3 ประการที่ศึกษาได้แก่ มอดุลัส (Modulus), ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และ การยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break)

มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.5



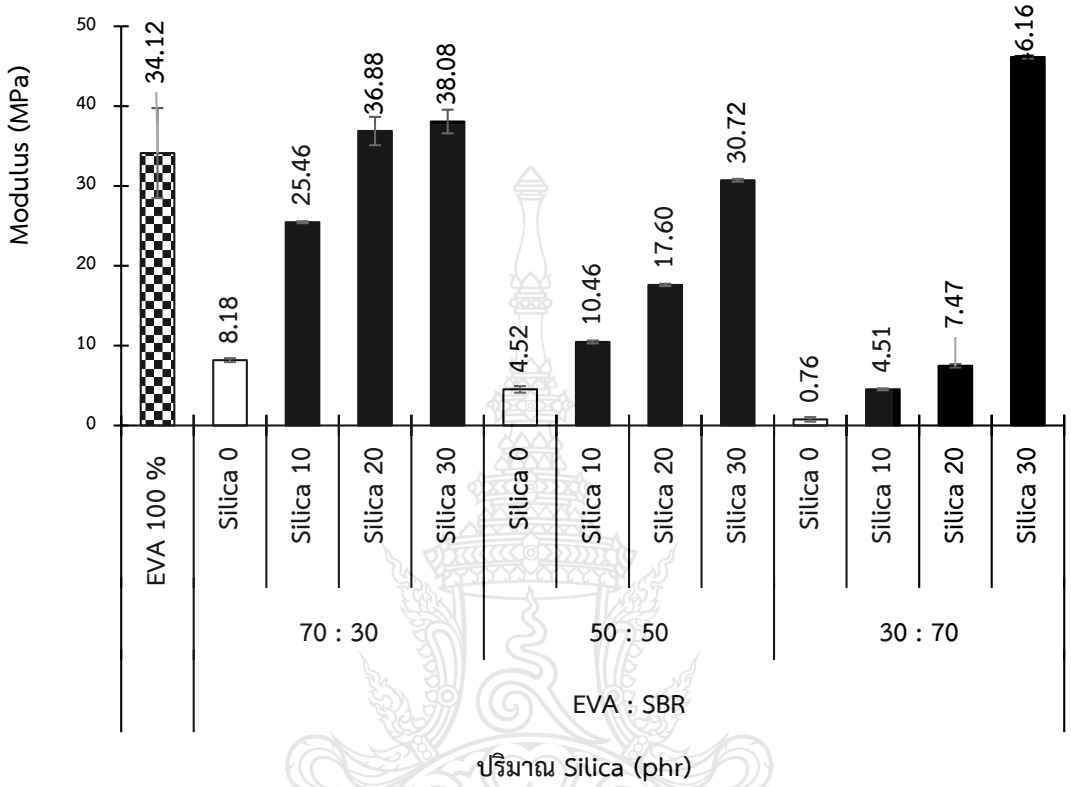
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่ามอดุลัสของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.5 แสดงค่ามอดุลัส จากผลการทดลองสะท้อนให้เห็นความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่ามอดุลัสของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เกิดจากความไม่เข้ากันของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ เนื่องจากเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีความเป็นขั้วและยางธรรมชาติไม่มีความเป็นขั้ว ทำให้เกิดการไม่เข้ากัน ดังแสดงในแบบจำลองรูปที่ 4.6 และยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำกว่ากว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เมื่อนำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดจึงทำให้พอลิเมอร์ผสมมีค่ามอดุลัสต่ำลง การเติมซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr พบว่าพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30 50:50 มีค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณของซิลิกาที่เติมลงไป ซึ่งซิลิกามีการกระจายตัวทั่วเนื้อของพอลิเมอร์ผสม โดยไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุล ทำให้สายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ผสมเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำได้ยากขึ้น ค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมจึงมีค่าสูงขึ้น แต่พอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 30:70 มีค่าต่ำลง เกิดจากซิลิกามีการกระจายตัวไม่ทั่วชิ้นงาน เกิดการเกาะกลุ่มกันเพราะความเข้ากันไม่ได้ของยางธรรมชาติกับซิลิกา ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำได้ง่ายขึ้นให้ค่ามอดุลัสต่ำลง



รูปที่ 4.6 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ที่ได้จากกระบวนการเบลนด์ระหว่าง polymer และ elastomer [D.Carolan] [19]

มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่ามอดุลัสของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา

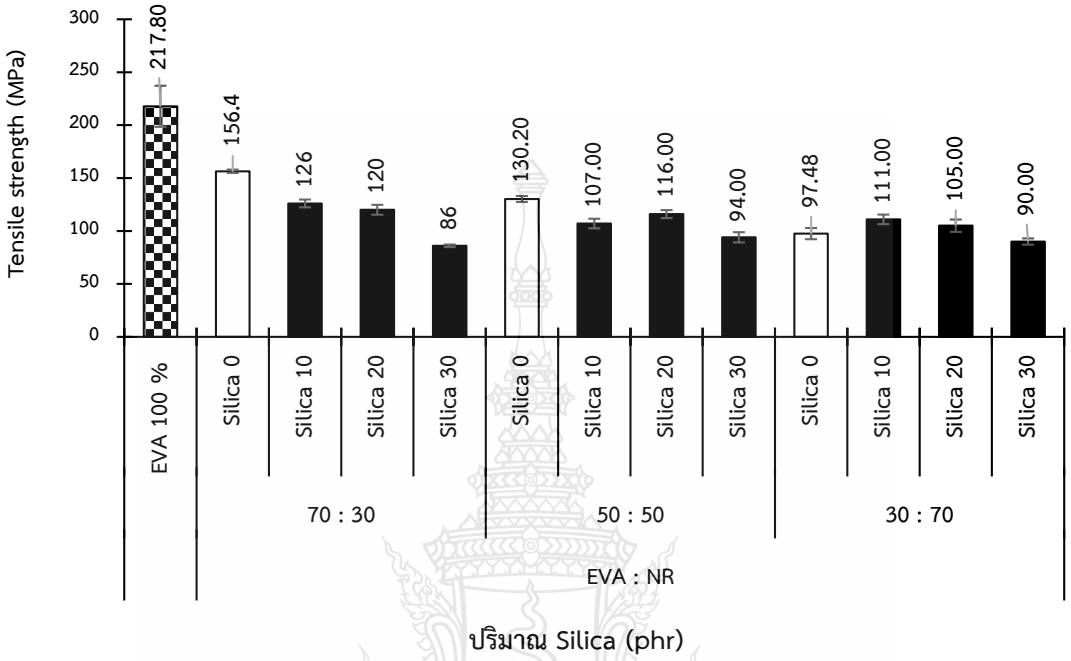
จากรูปที่ 4.7 แสดงค่ามอดุลัส จากผลการทดลองสะท้อนให้เห็นความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่ามอดุลัสของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะความไม่เข้ากันของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีความเป็นขั้วสูงและยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีขั้วต่ำๆ ทำให้ไม่เกิดการเข้ากันได้ดี ดังแสดงในแบบจำลองในรูป 4.6 และยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำกว่ากว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เมื่อนำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดจึงทำให้พอลิเมอร์ผสมมีค่ามอดุลัสต่ำลง การเติมซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr พบว่า

พอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก มีค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณของซิลิกาที่เติมลงไป ซึ่งซิลิกามีการกระจายตัวทั่วเนื้อของพอลิเมอร์ผสมทำให้ขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ผสม โมเลกุลของสายโซ่จึงเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำได้ยากขึ้นทำให้ค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น

จากรูปที่ 4.5 และ 4.7 พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ในอัตราส่วน 50:50 และ 30:70 มีค่ามอดุลัสที่ต่ำกว่า เพราะยางธรรมชาติไม่มีความเป็นขั้วและซิลิกามีความเป็นขั้วมากกว่า ทำให้ความเข้ากันได้ของยางธรรมชาติและซิลิกาน้อย ไม่เกิดการเข้ากันได้ดี ส่งผลให้ค่ามอดุลัสต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ในอัตราส่วน 50:50 และ 30:70 มีค่ามอดุลัสสูงขึ้นตามปริมาณซิลิกาที่เพิ่มขึ้น เพราะยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความเป็นขั้วต่ำๆ และซิลิกามีความเป็นขั้ว ทำให้ยางสไตรีนบิวตาไดอีนและ ซิลิกาเกิดการเข้ากันได้ดีกว่ายางธรรมชาติ จึงทำให้ซิลิกามีการกระจายตัวในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนได้ดีกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติ ส่งผลให้ค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น จึงส่งผลให้ซิลิกามีประสิทธิภาพเสริมแรงให้กับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

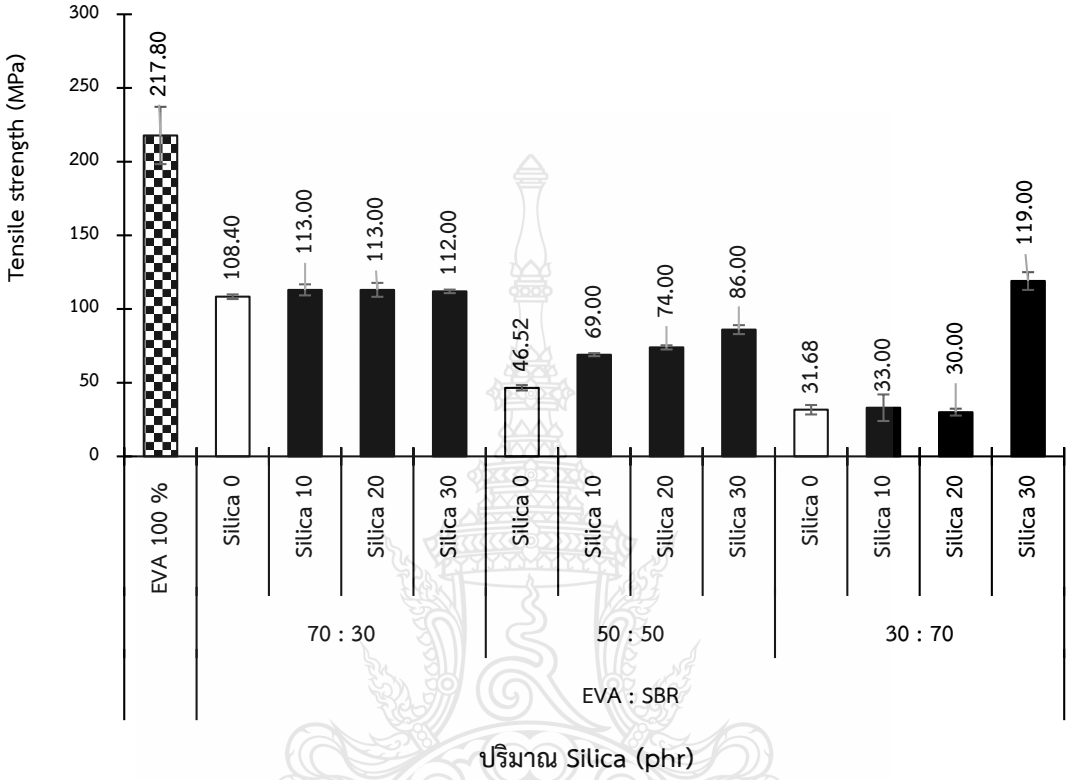
ค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.8 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ พบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะความเข้ากันไม่ได้ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ทำให้ความแข็งแรงลดลง ดังแสดงในแบบจำลองรูปที่ 4.6 การเติมซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ผลการทดลองพบว่าพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก มีค่าความทนต่อแรงดึงลดลงตามปริมาณของซิลิกาที่เติมลงไป เพราะยางธรรมชาติไม่มีความเป็นขั้วและซิลิกามีความเป็นขั้วมากกว่า ทำให้ความเข้ากันได้ของยางธรรมชาติและซิลิกาไม่เกิดการการเข้ากันกัน ส่งผลให้ซิลิกาไม่ช่วยเสริมแรงในเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ

ค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.9



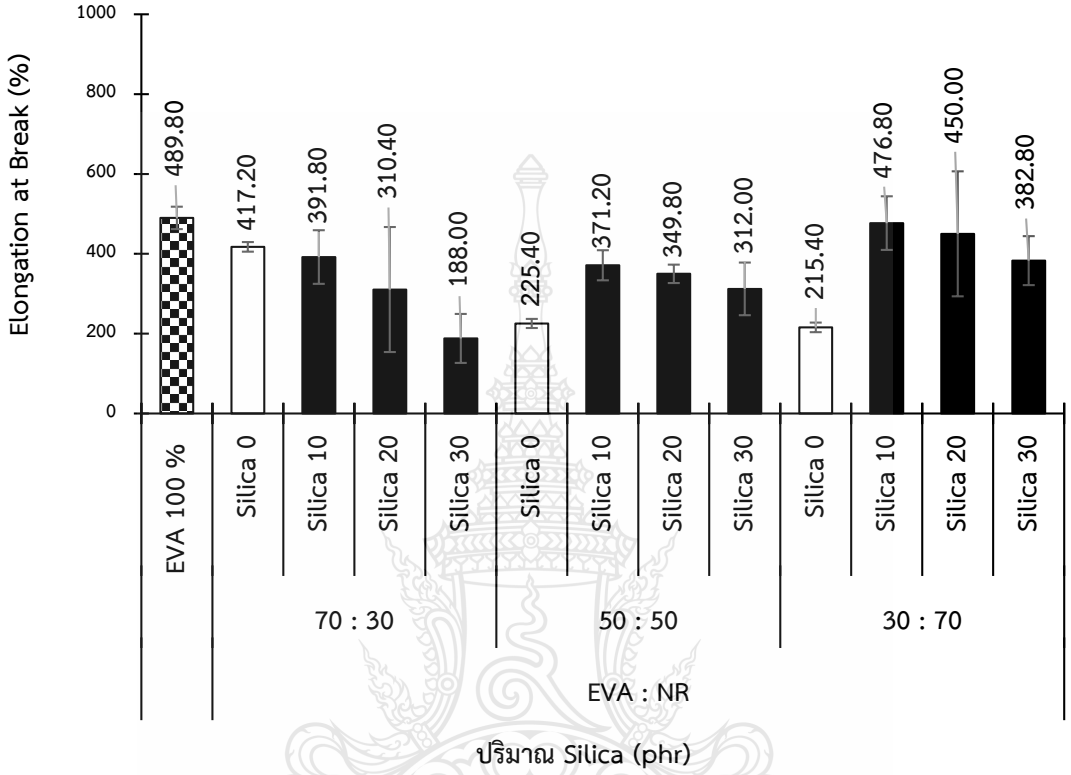
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.9 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะความเข้ากันไม่ได้ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ทำให้ความแข็งแรงลดลง ดังรูป 4.6 แต่การเติมซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมเพิ่มขึ้นตามปริมาณของซิลิกาที่เติมลงไป เนื่องจากยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความ

เป็นขั้วต่ำๆ และซิลิกามีความเป็นขั้ว ทำให้ความเข้ากันได้ของยางสไตรีนบิวตาไดอีนและซิลิกาเกิดการเข้ากันได้ โดยซิลิกาช่วยเสริมแรงในเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน

จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่ายางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติเมื่อถูกยืดสามารถเกิดผลึกได้ แต่ยางสไตรีนบิวตาไดอีนไม่สามารถเกิดการตกผลึกได้เมื่อถูกยืดจึงส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงของยางสไตรีนบิวตาไดอีนต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของยางธรรมชาติ การเติมซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ทำให้ความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนเพิ่มขึ้น แต่พอลิเอมร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติลดลง เพราะซิลิกามีความเป็นขั้วและยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความเป็นขั้วต่ำๆ จึงส่งผลให้ซิลิกาเกิดการเข้ากันได้กับยางสไตรีนบิวตาไดอีนได้ดีกว่ายางธรรมที่ไม่มีขั้ว และซิลิกาเข้าไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ผสมของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติทำให้สายโซ่โมเลกุลเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลให้เกิดการตกผลึกได้ยาก จึงทำให้ซิลิกาไม่เสริมแรงในพอลิเมอร์ผสมของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ แต่ซิลิกาช่วยเสริมแรงให้กับพอลิเมอร์ผสมของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน

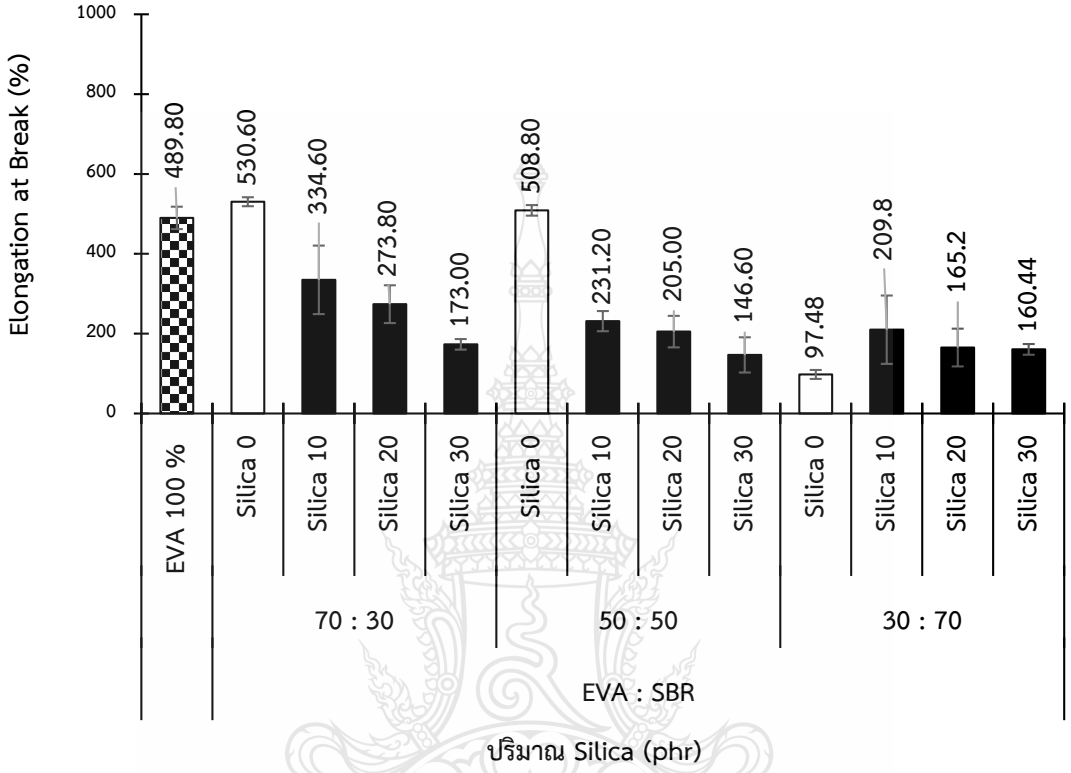
ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.10 แสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr พบว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง ตามปริมาณของซิลิกาที่เพิ่มขึ้น

ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา

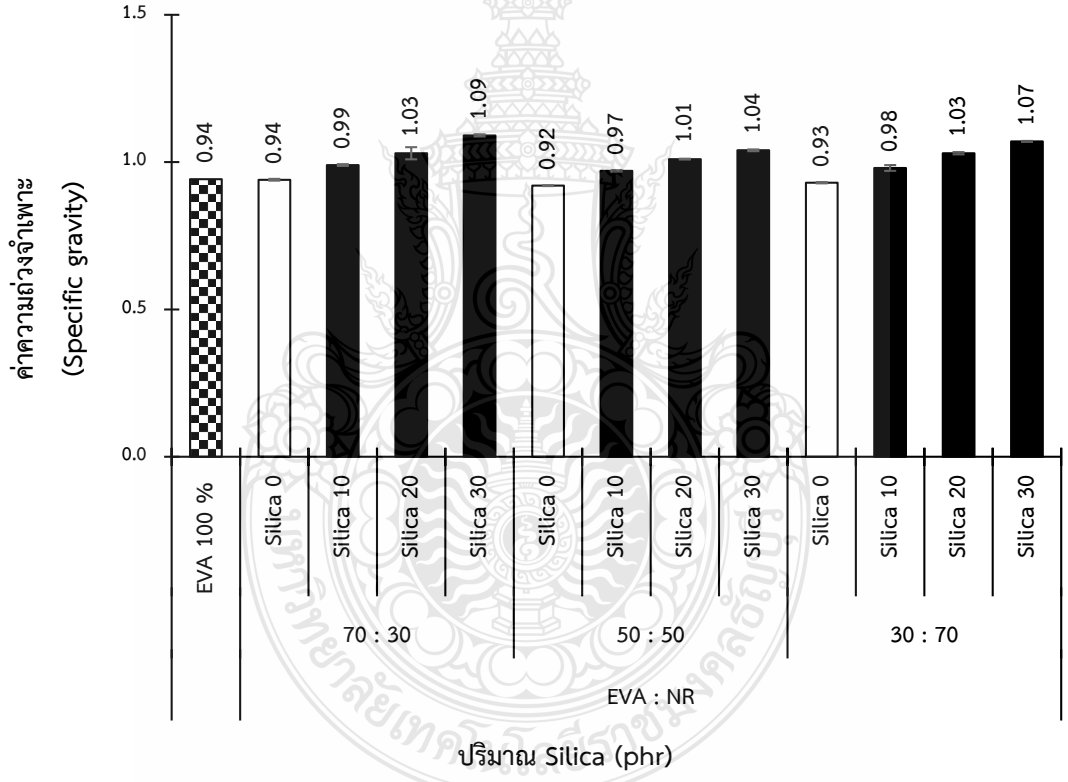
จากรูปที่ 4.11 แสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับธรรมชาติโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่ายางธรรมชาติมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติเมื่อถูกยืดสามารถเกิดผลึกได้ การเติมซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ลงไปในพอลิเมอร์ผสม พบว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีนมีค่าการยืดตัว ณ จุด

ขาด สูงกว่ายางธรรมชาติ เพราะซิลิกามีความเป็นขั้วและยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความเป็นขั้วต่ำๆ จึงส่งผลให้ซิลิกาเกิดการเข้ากันได้กับยางสไตรีนบิวตาไดอีนได้ดีกว่ายางธรรมที่ไม่มีขั้ว โดยซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน มีการกระจายตัวที่ดี ทำให้เข้าไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ผสม ทำให้สายโซ่โมเลกุลเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง

4.1.4 ความถ่วงจำเพาะ

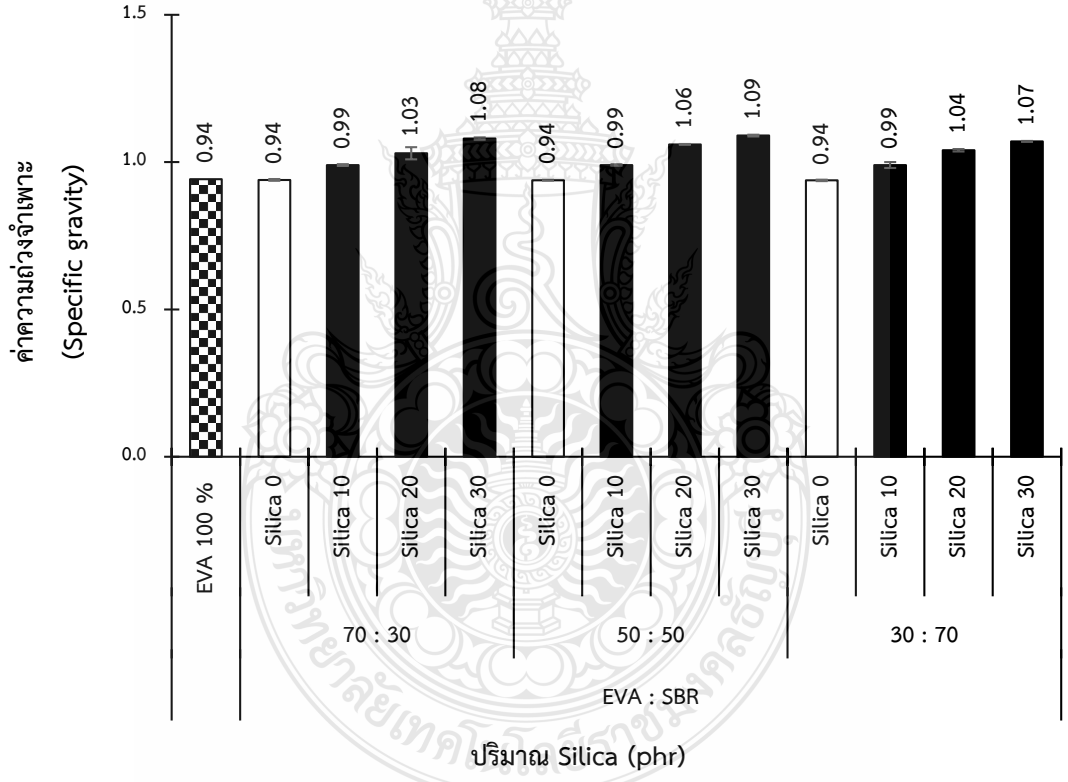
ความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.12 แสดงผลค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตด กับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมมีค่าใกล้เคียงกับของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมซิลิกา 10, 20 และ 30 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพราะซิลิกามีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพอลิเมอร์ผสม

ความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา

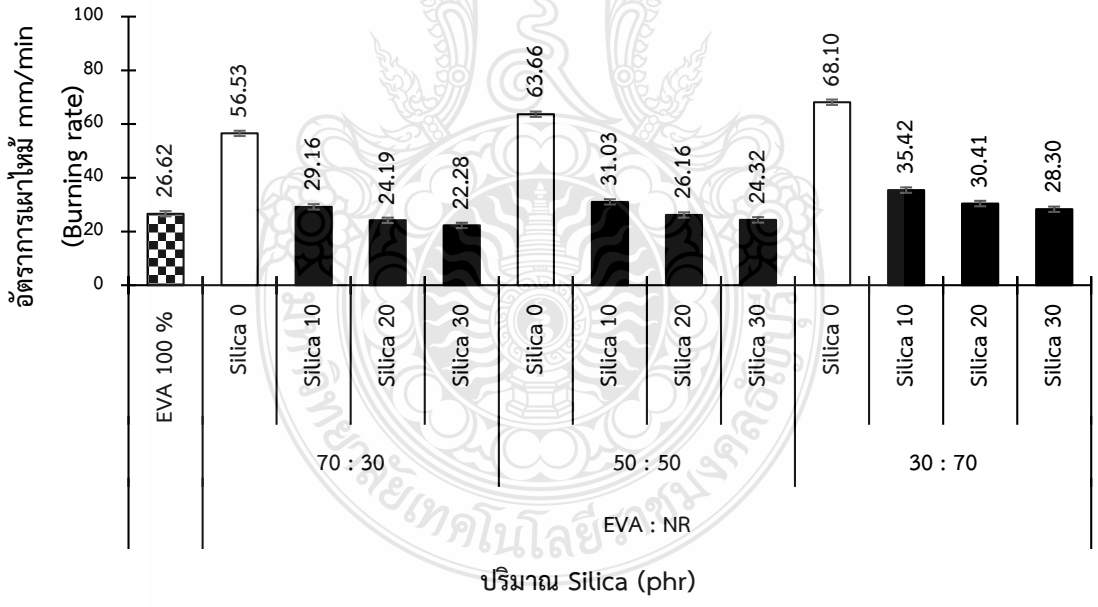
จากรูปที่ 4.13 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับธรรมชาติโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.12 และ 4.13 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน การเติมซิลิกาลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะซิลิกามีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพอลิเมอร์ผสม

4.1.5 สมบัติการหน่วงการติดไฟ

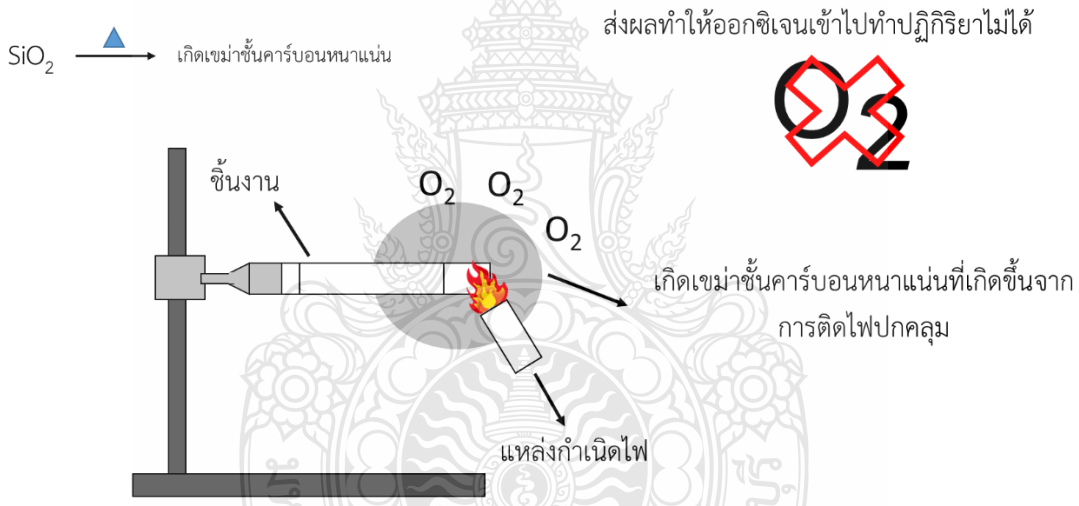
การทดสอบสมบัติการติดไฟของวัสดุมาตรฐาน UL-94 ทดสอบการติดไฟและลามไฟแนวนอน (Horizontal Burning Test)

สมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติไดอีนโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.14



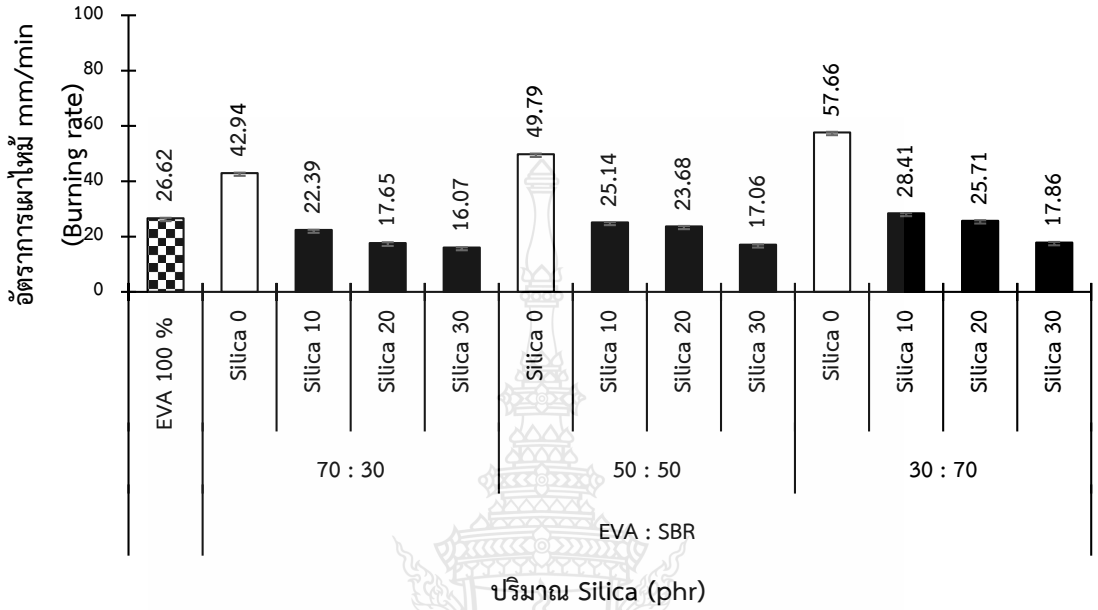
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.14 ผลการทดสอบการหน่วงการติดไฟ ทำการทดสอบการลามไฟแนนนอน พบว่าที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เนื่องจากมีอัตราเร็วของการเผาไหม้มากกว่า 40 มิลลิเมตร/วินาที เพราะยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้พอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีอัตราเร็วของการเผาไหม้สูงขึ้นตามปริมาณของยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น การเติมซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB สอดคล้องกับงานวิจัยของ[Heng Zhang 2019] เพราะซิลิกาเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดเขม่าชั้นคาร์บอนหนาแน่นมาปกคลุมบริเวณที่เกิดการเผาไหม้ทำให้ออกซิเจนเข้ามาทำปฏิกิริยาได้ยาก ดังรูป 4.15 ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีอัตราเร็วของการเผาไหม้ต่ำลง ตามปริมาณของซิลิกาที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.15 กลไกการหน่วงการติดไฟของซิลิกา [Heng Zhang 2019] [20]

สมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมซิลิกา

จากรูปที่ 4.16 แสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติโดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม

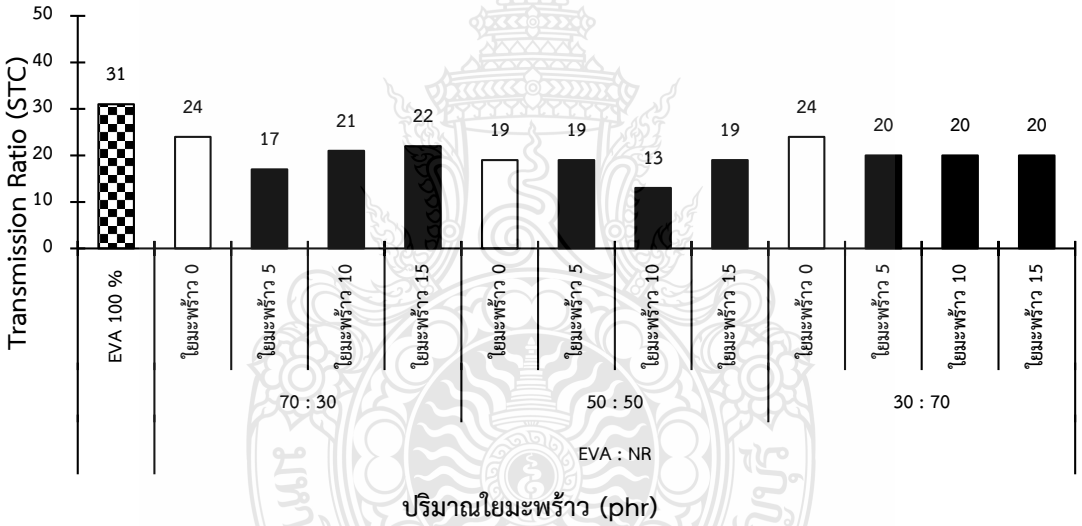
จากรูปที่ 4.14 และ 4.16 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ผลการทดสอบพบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB แต่การเติมซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB โดยพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีอัตราการเผาไหม้ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะซิลิกามีการกระจายตัวทั่วชิ้นงาน เนื่องจากความเข้ากันได้ของยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีขั้วต่ำๆ กับซิลิกาที่มีขั้ว แต่พอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีการกระจายตัวไม่ทั่วชิ้นงาน เกิดการเกาะกลุ่มกัน เพราะความเข้ากันไม่ได้ของยางธรรมชาติที่ไม่มีขั้วกับซิลิกาที่มีขั้ว

4.2 ผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

4.2.1 สมบัติทางเสียง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ โดยเน้นในการศึกษาสมบัติการกันเสียงเป็นหลัก ค่าการกันเสียงหาได้จาก ค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (Transmission Ratio : STC)

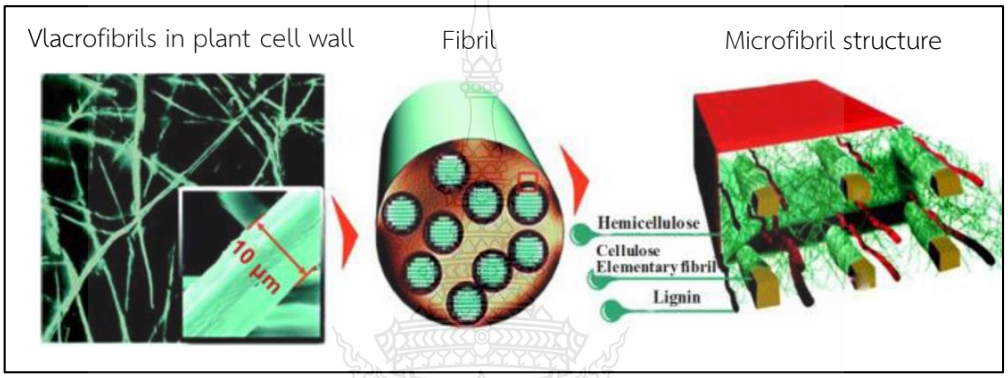
สมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

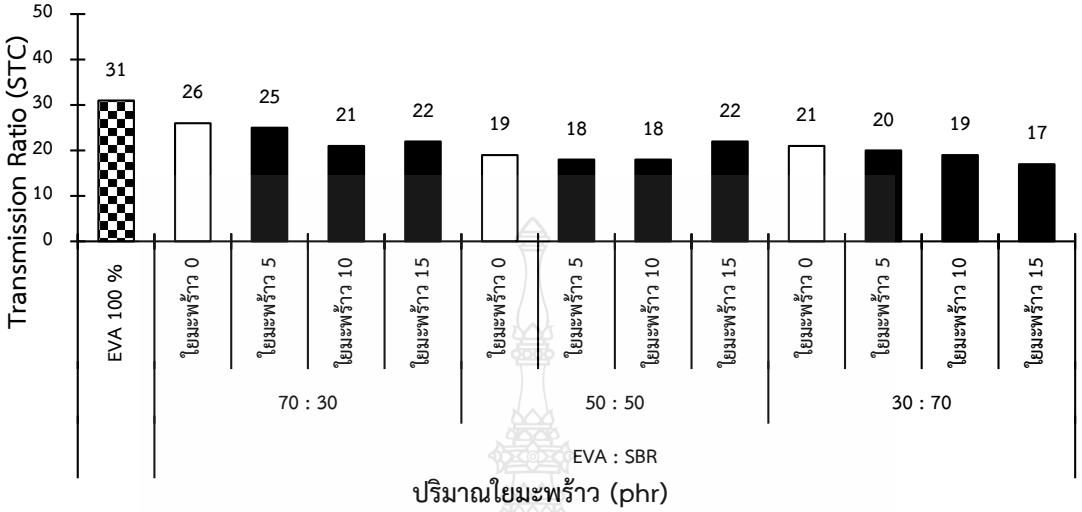
จากรูปที่ 4.17 แสดงผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าระดับการส่งผ่านของเสียงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้ค่าความแข็งลดลง ซึ่งค่าความแข็งของวัสดุมี

ผลต่อค่าระดับการส่งผ่านของเสียง ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมมีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่ลดลง การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร ที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr ในพอลิเมอร์ผสมเพื่อเปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่าพอลิเมอร์ผสมรหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงลดลงตามปริมาณของใยมะพร้าวที่เติมลงไป เพราะใยมะพร้าวมีผนังเซลล์ของเซลลูโรสที่เป็นช่องว่างและรูพรุน [14] ดังรูป 4.18 ซึ่งช่วงว่างและรูพรุนของใยมะพร้าวทำให้เสียงทะลุผ่านได้ง่าย จึงส่งผลให้ค่าการกันเสียงต่ำลง



รูปที่ 4.18 แสดงช่องว่างของผนังเซลล์ที่เป็นรูพรุนในเซลลูโลส [Leitao Cao] [14]

สมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

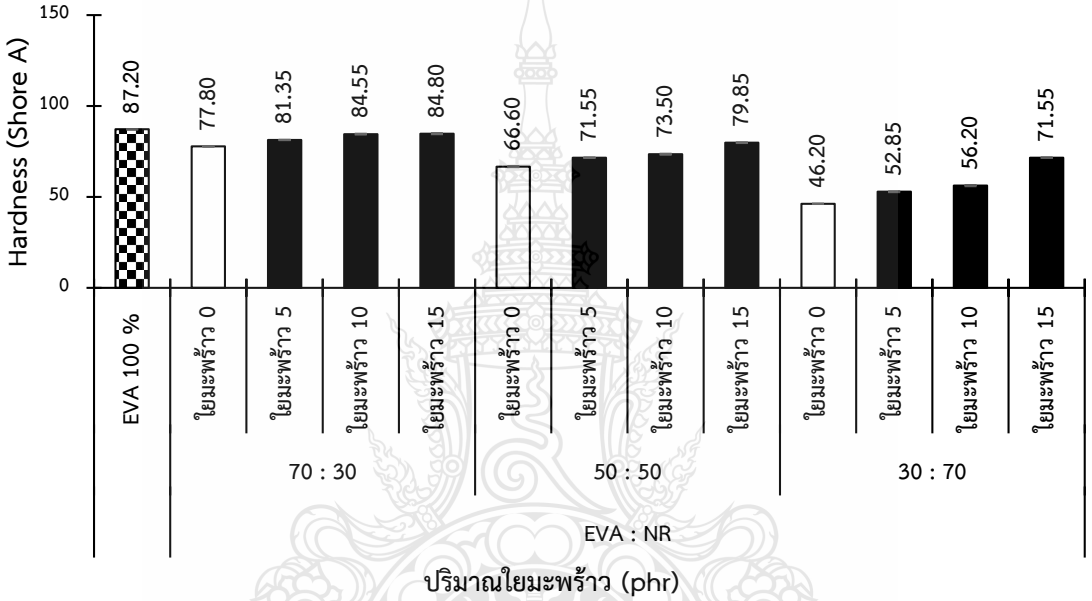
จากรูปที่ 4.19 แสดงผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบมีทิศทางเดียวกันกับ ผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวเป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.17 และ 4.19 ผลการทดลองพบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงใกล้เคียงกัน การเติมใยมะยาวพร้าว 3 มิลลิเมตร ที่ปริมาณ 5 10 และ 15 phr ในพอลิเมอร์ผสม มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่ต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ดังเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น

4.2.1 ความแข็ง

ค่าความแข็งสามารถวัดได้โดยนำหัวกดลงบนชิ้นทดสอบภายใต้สภาวะที่กำหนด ความลึกของการทะลุทะลวงของหัวกดจะสะท้อนถึงค่าความแข็ง

ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.20

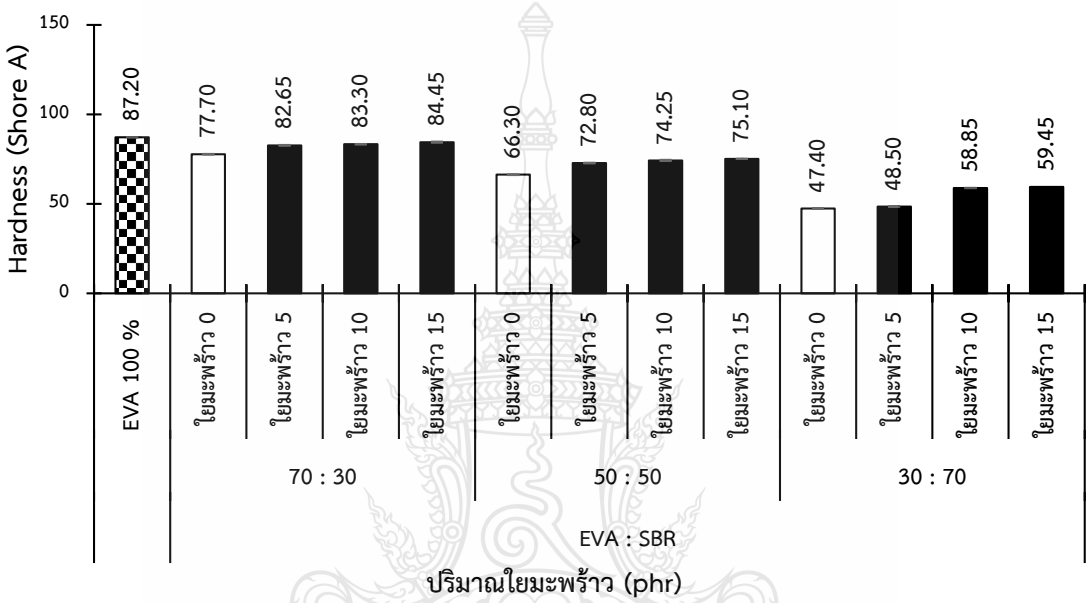


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่มีการเติม ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.20 แสดงผลค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความแข็งของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความแข็งที่น้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมยางธรรมชาติลงไปทำให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมลดลง ในการเปรียบเทียบผลของ ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรที่เติมในพอลิเมอร์ผสม การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร 5, 10 และ 15 phr ลงในพอลิเมอร์ผสม พบว่ามีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณของใย

มะพร้าวที่เติมลงไป เนื่องจากใยมะพร้าวมีความแข็งมากกว่าพอลิเมอร์ผสม ทำให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมเพิ่มขึ้น

ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดและยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมเส้นใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

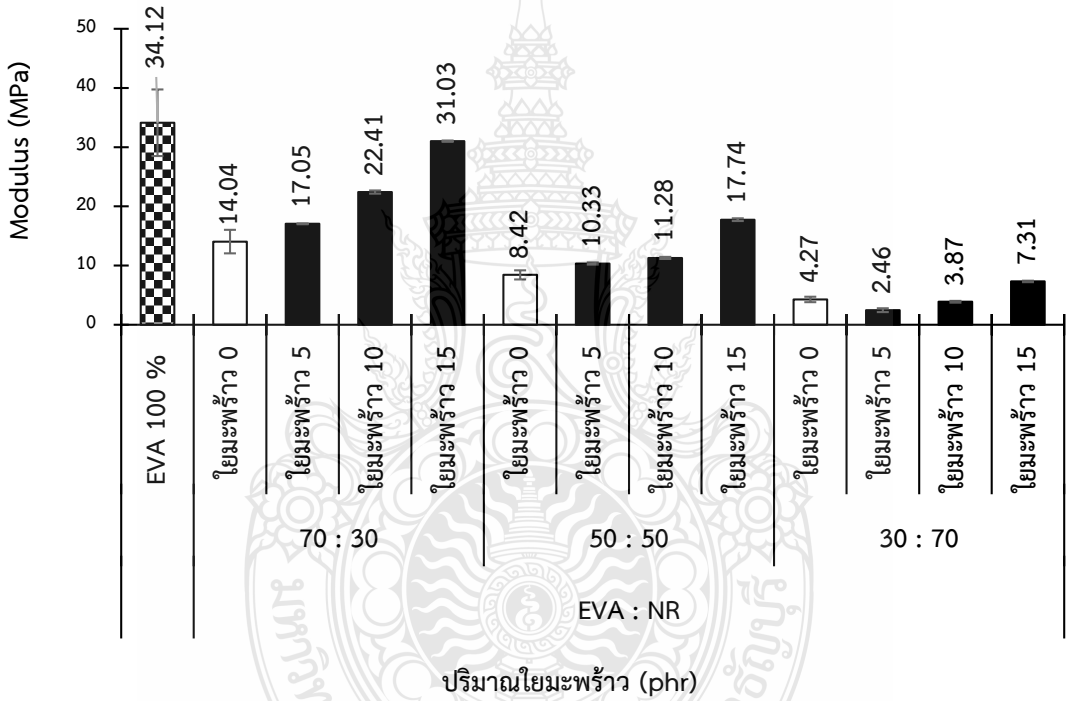
จากรูปที่ 4.21 แสดงค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร เป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับ ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับธรรมชาติโดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร เป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.20 และ 4.21 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยาง สไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน การเติมใยมะพร้าวลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณของใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร มีความแข็งมากกว่าพอลิเมอร์ผสม เมื่อเติมใยมะพร้าวเข้าไปเลยทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

4.2.3 คุณสมบัติแรงดึง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ ในการศึกษาสมบัติความทนต่อแรงดึง (Tensile properties) มีสมบัติ 3 ประการที่ศึกษาได้แก่ มอดุลัส (Modulus), ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และ การยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break)

มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.22

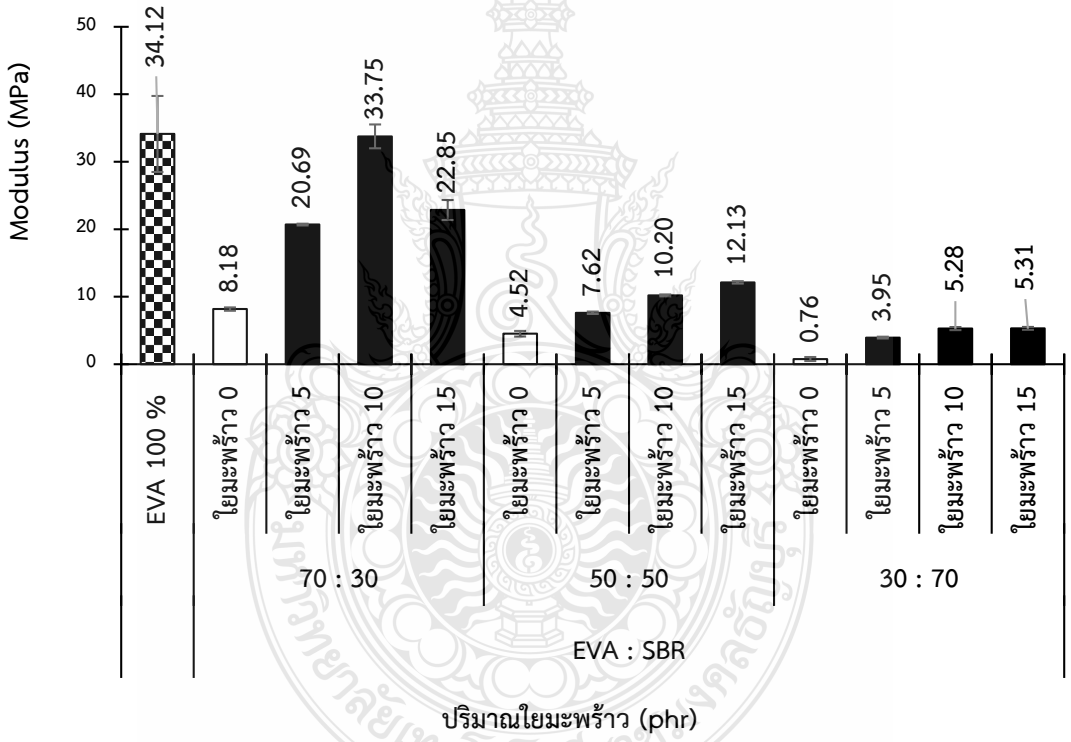


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.22 แสดงค่ามอดุลัส จากผลการทดลองสะท้อนให้เห็นความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่ามอดุลัสของเอ

ทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสที่ต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ซึ่งยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำกว่ากว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เมื่อนำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดจึงทำให้พอลิเมอร์ผสมมีค่ามอดุลัสต่ำลง การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr พบว่าค่ามอดุลัสสูงขึ้น เพราะโมเลกุลของพอลิเมอร์ผสมที่ต่ออยู่กับเส้นใยจะสูญเสียส่วนการเคลื่อนที่ อันเนื่องมาจากใยมะพร้าวแข็งกว่าพอลิเอมร์ผสมทำให้โมเลกุลของสายโซ่เคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ดังนั้นค่ามอดุลัสจึงมีค่าสูงขึ้น

มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.23



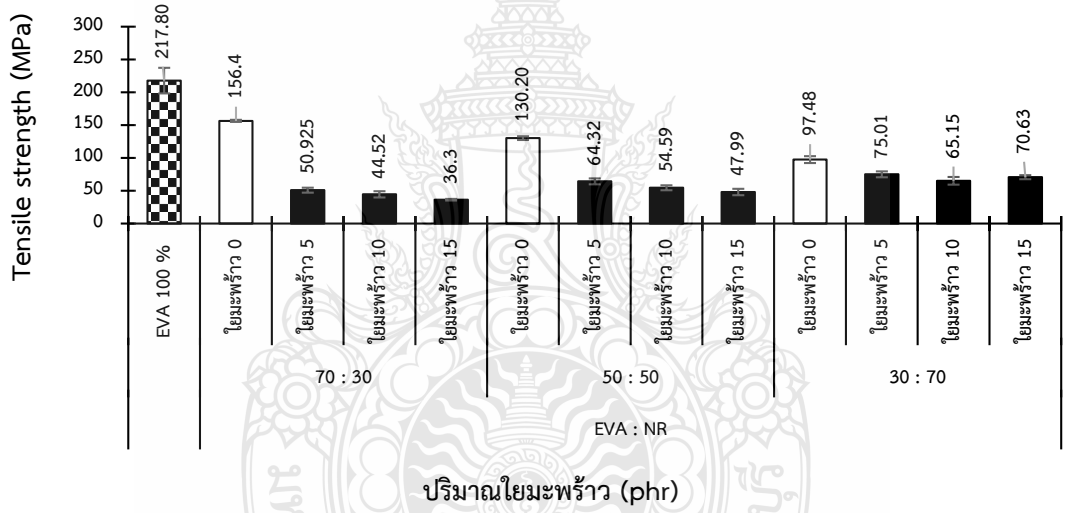
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.23 ผลการทดลองค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลิเมตร มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกัน

กับค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมธรรมชาติที่มีการเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.22 และ 4.23 พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr พบว่าค่ามอดุลัสสูงขึ้น เพราะทำให้โมเลกุลของสายโซ่เคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลให้ค่ามอดุลัสจึงมีค่าสูงขึ้น

ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.24

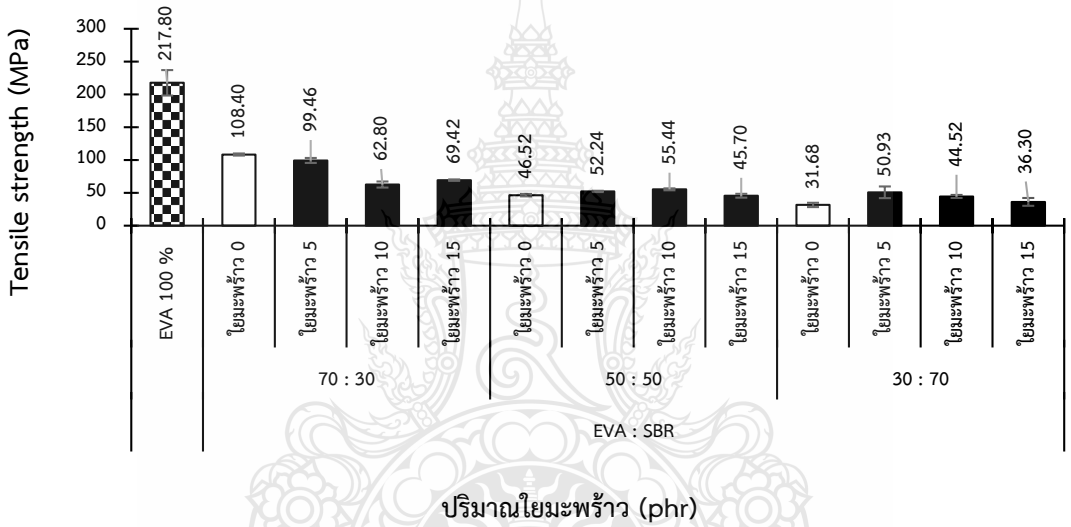


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.24 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ พบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากโครงสร้างของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีขั้ว แต่โครงสร้างของยางธรรมชาติไม่มีขั้วทำให้เข้ากันได้ยาก ส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมต่ำลง การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร ที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr มีค่าความทนต่อ

แรงดึงลดลงตามปริมาณของใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรที่เติมลงไป เพราะยางธรรมชาติไม่มีความเป็นขั้วและใยมะพร้าวมีความเป็นขั้วมากกว่า โดยความเป็นขั้วเป็นผลมาจากเซลลูโลสในใยมะพร้าว [21] ทำให้ความเข้ากันได้ของยางธรรมชาติและใยมะพร้าวไม่เกิดการเข้ากัน ส่งผลให้ใยมะพร้าวไม่ช่วยเสริมแรงในเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ

ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.25



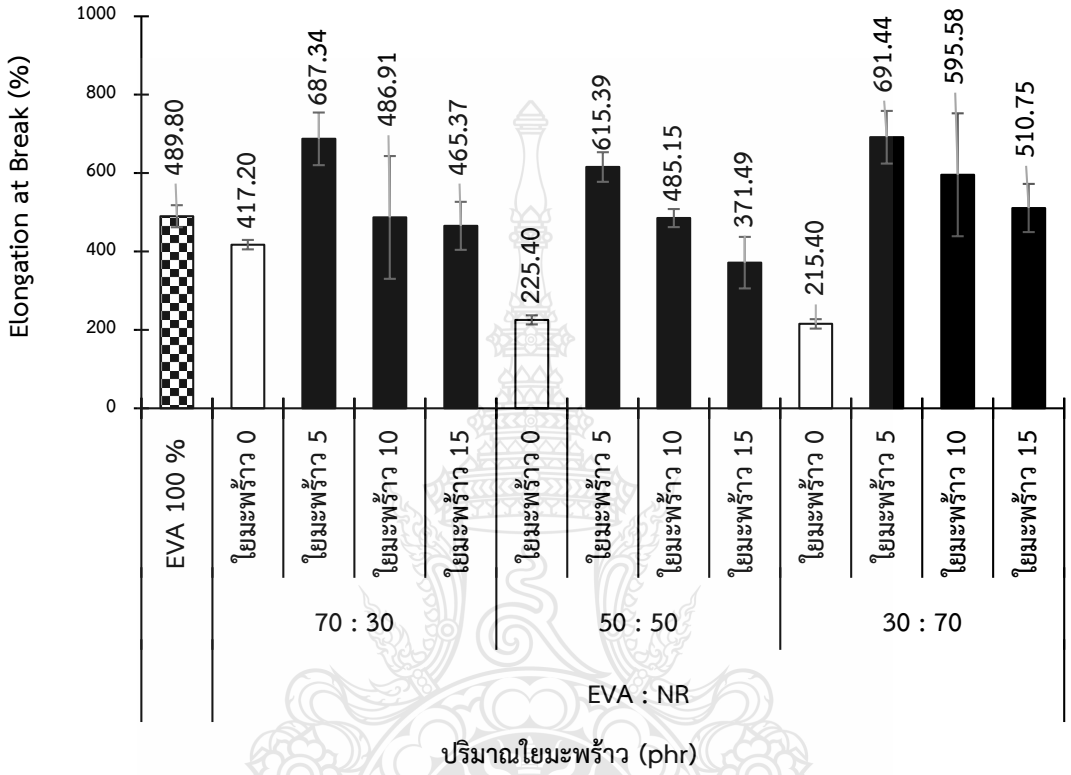
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.25 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะความเข้ากันไม่ได้ของ พอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ทำให้ความแข็งแรงลดลง ดังรูป 4.6 การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร ที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr ส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณของใยมะพร้าวที่เติมลงไป เนื่องจากยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความเป็นขั้วต่ำๆ และใยมะพร้าวมีความเป็นขั้ว โดยความเป็นขั้วเป็นผลมาจาก

เซลลูโลสในใยมะพร้าว [21] ทำให้เกิดความเข้ากันได้ของยางสไตรีนบิวตาไดอีนและใยมะพร้าว ส่งผลให้ใยมะพร้าวช่วยเสริมแรงในเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน

จากรูปที่ 4.24 และ 4.25 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่ายางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติเมื่อถูกยืดสามารถเกิดผลึกได้ แต่ยางสไตรีนบิวตาไดอีนไม่สามารถเกิดการตกผลึกได้เมื่อถูกยืดจึงส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงของยางสไตรีนบิวตาไดอีนต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของยางธรรมชาติ การเติมเส้นใยมะพร้าวลงไปในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงต่ำลง เพราะเกิดความเข้ากันไม่ได้ของพอลิเมอร์ผสม ดังเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น แต่การเติมใยมะพร้าวลงไปในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย เพราะความเข้ากันได้ของยาง สไตรีนบิวตาไดอีนและใยมะพร้าว ดังเหตุผลที่กล่าวข้างต้น ส่งผลให้ใยมะพร้าวช่วยเสริมแรงในเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ตามปริมาณของยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เพิ่มขึ้น

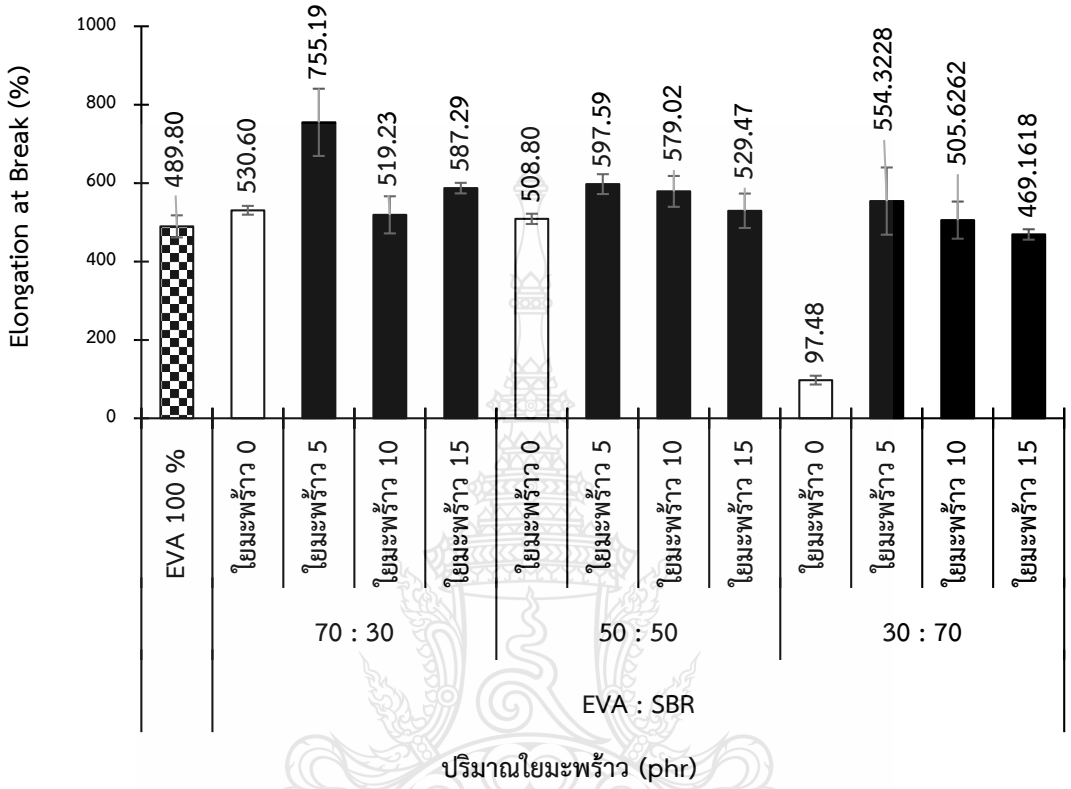
ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.26 แสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมใยมะพร้าวยสาว 3 มิลลิเมตร 5 phr พบว่าการยืดตัว ณ จุดขาด เพิ่มขึ้น เพราะสายโซ่โมเลกุลขยับได้ง่าย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของใยมะพร้าวที่ปริมาณ 10 และ 15 phr ทำให้การยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง เนื่องจากใยมะพร้าวขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโมเลกุล ดังนั้นการเติมใยมะพร้าวในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้การยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง

ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

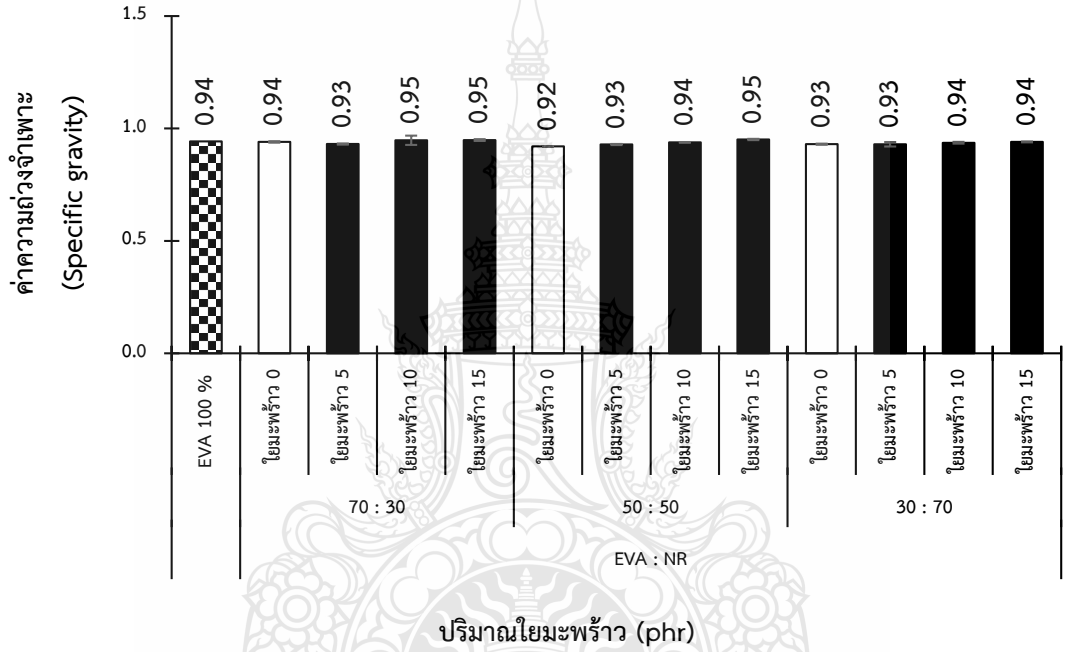
จากรูปที่ 4.27 แสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ใยมะพร้าว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับการยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับธรรมชาติโดยใช้ใยมะพร้าว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.26 และ 4.27 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่า เอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร 5 phr พบว่าการยืดตัว ณ จุดขาดเพิ่มขึ้น เพราะสายโซ่โมเลกุลขยับได้ง่าย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของใยมะพร้าวที่ปริมาณ 10 และ 15 phr

ทำให้การยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง เนื่องจากใยมะพร้าวขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโมเลกุล ดังนั้นการเติมใยมะพร้าวในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้การยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง

4.2.4 ความถ่วงจำเพาะ

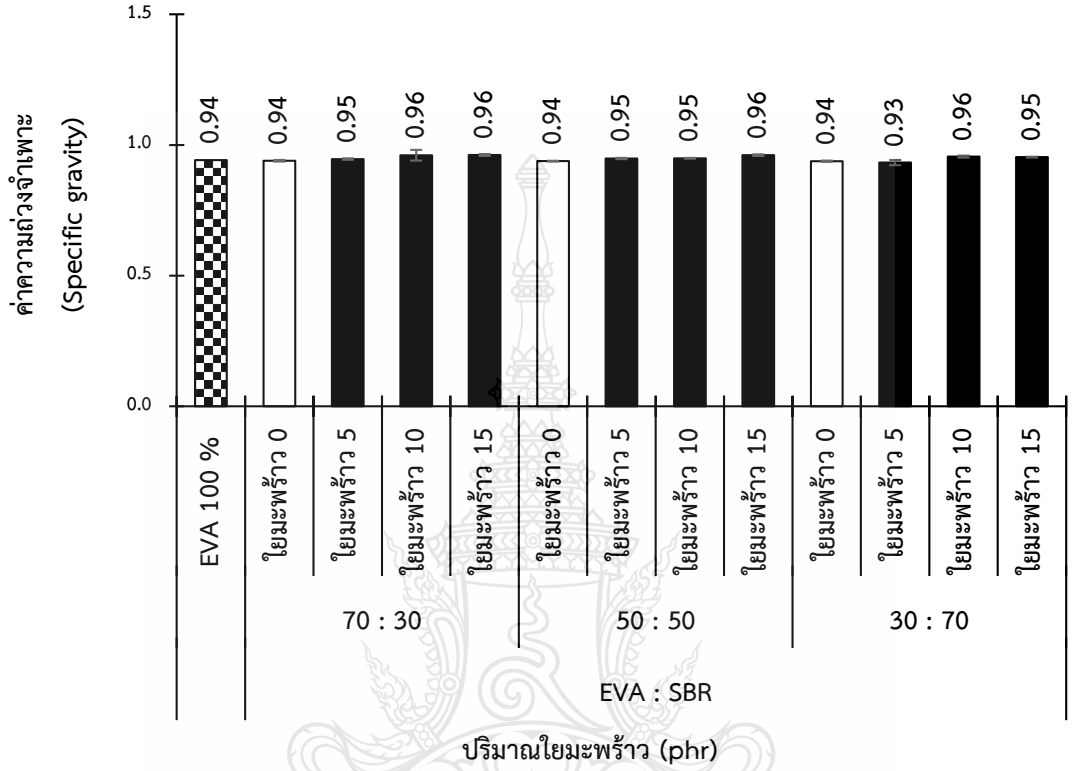
ความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ(Specific gravity) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.28 แสดงผลค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมมีค่าใกล้เคียงกับของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร 5, 10 และ 15 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับ พอลิเมอร์ผสม

ความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะ(Specific gravity) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

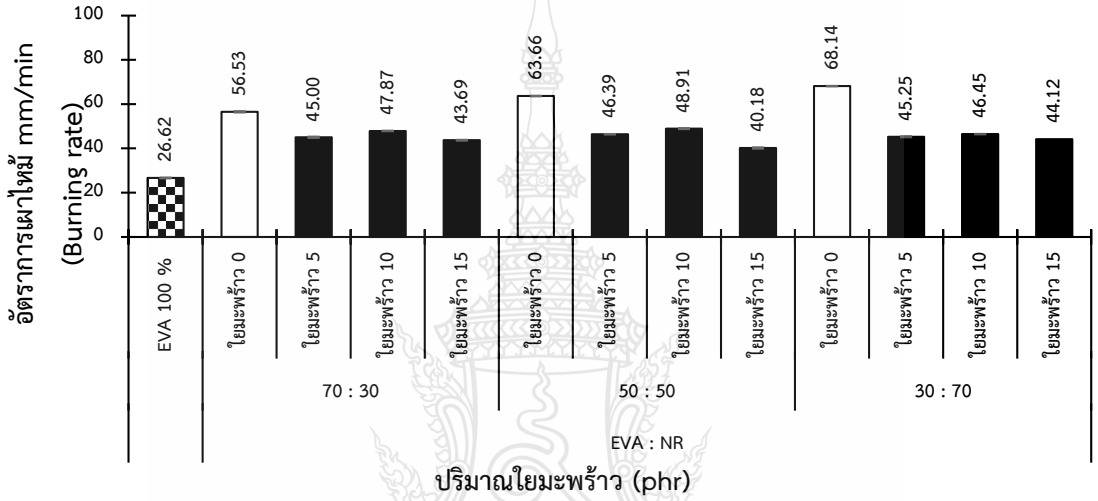
จากรูปที่ 4.29 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ใยมะพร้าว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับธรรมชาติโดยใช้ใยมะพร้าว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.28 และ 4.29 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน การเติมใยมะพร้าว 3 มิลลิเมตรลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด

4.2.5 สมบัติการหน่วงการติดไฟ

การทดสอบสมบัติการติดไฟของวัสดุมาตรฐาน UL-94 ทดสอบการติดไฟและลามไฟแนวนอน (Horizontal Burning Test)

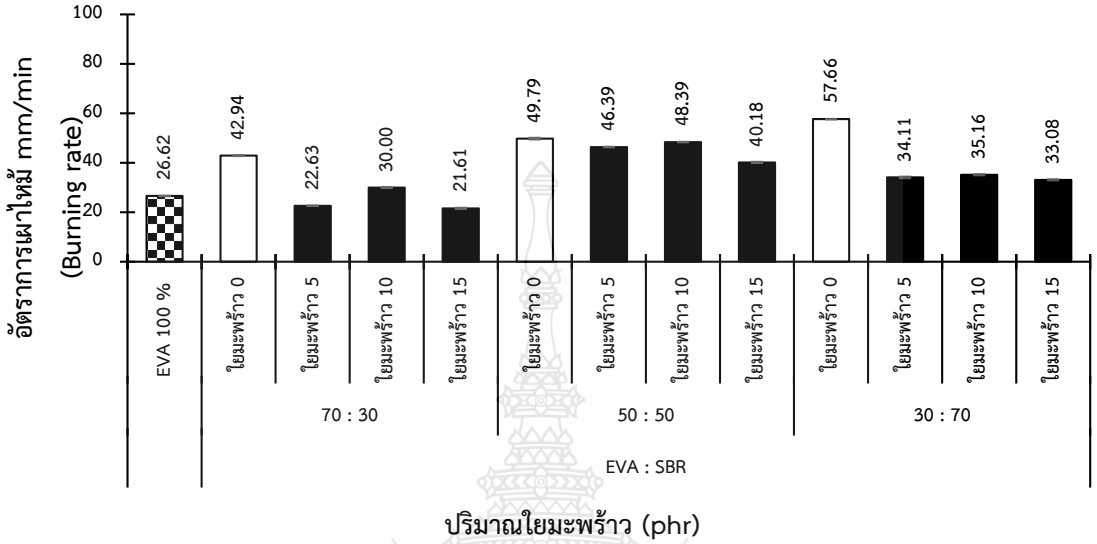
สมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติโดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.30 ผลการทดสอบการหน่วงการติดไฟ ทำการทดสอบการลามไฟแนนนอน พบว่าที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เนื่องจากมีอัตราเร็วของการเผาไหม้มากกว่า 40 มิลลิเมตร/วินาที เพราะยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้พอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีอัตราเร็วของการเผาไหม้สูงขึ้นตามปริมาณของยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร 5, 10 และ 15 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เพราะใยมะพร้าวเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีเช่นเดียวกันกับยางธรรมชาติ

สมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้ใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.31 ผลการทดสอบการหน่วงการติดไฟ ทำการทดสอบการลามไฟแนนนอน พบว่าที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เนื่องจากมีอัตราเร็วของการเผาไหม้มากกว่า 40 มิลลิเมตร/วินาที เพราะยางสไตรีนบิวตาไดอีนเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้พอลิเมอร์ผสมระหว่างยางสไตรีนบิวตาไดอีนกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีอัตราเร็วของการเผาไหม้สูงขึ้นตามปริมาณของยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เพิ่มขึ้น การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร 5, 10 และ 15 phr ที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 50:50 ไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เพราะใยมะพร้าวเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีเช่นเดียวกันกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน แต่ที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 70:30 และ 30:70 ผ่านมาตรฐาน UL-94 HB

จากรูปที่ 4.30 และ 4.31 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้เร็วขึ้น เพราะอีลาสโตเมอร์เป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่ยางธรรมชาติลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีนทำให้ค่าอัตราการเผาไหม้ของยางธรรมชาติสูงกว่า ทำให้ไม่ผ่านมาตรฐาน UL-94 HB การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร 5, 10 และ 15 phr 50:50 ไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เพราะใย

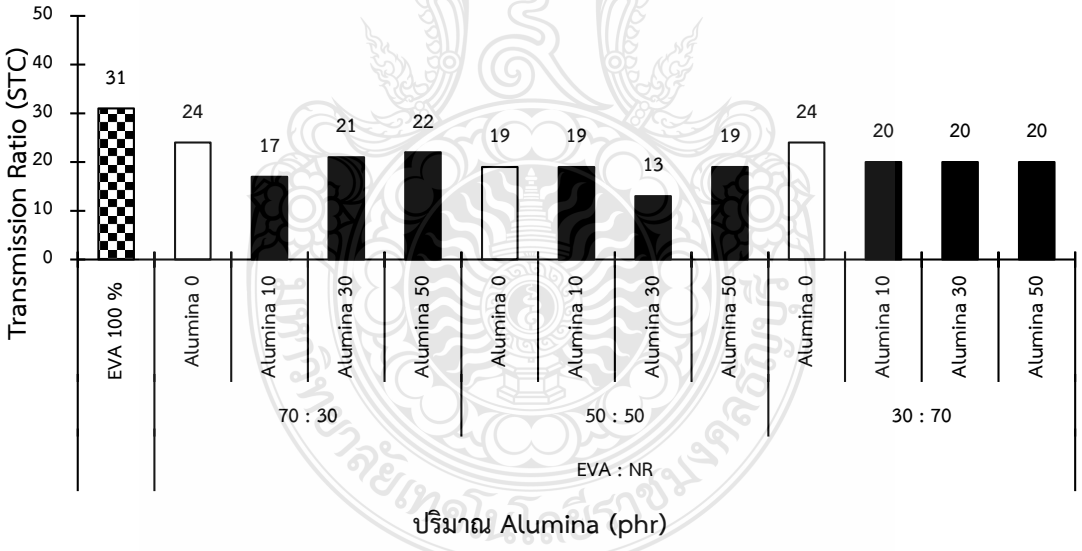
มะพร้าวเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีเช่นเดียวกันกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน แต่ที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 70:30 และ 30:70 ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB

4.3 ผลของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

4.3.1 สมบัติทางเสียง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ โดยเน้นในการศึกษาสมบัติการกันเสียงเป็นหลัก ค่าการกันเสียงหาได้จาก ค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (Transmission Ratio : STC)

สมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.32

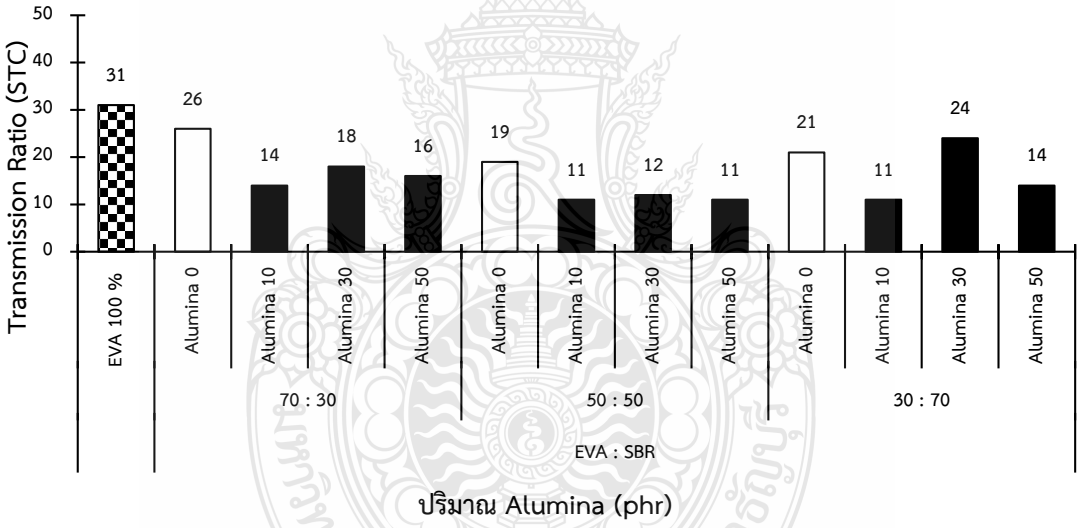


รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.32 แสดงผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก

เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าระดับการส่งผ่านของเสียงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้ค่าความแข็งลดลง ซึ่งค่าความแข็งของวัสดุมีผลต่อค่าระดับการส่งผ่านของเสียง ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมมีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่ลดลง การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมเพื่อเปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่าพอลิเมอร์ผสมรหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงลดลง เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่าไม่ได้ช่วยเพิ่มความแข็งให้วัสดุ ทำให้การส่งผ่านของเสียงลดลง

สมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.33 แสดงผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผล

การทดลองพบเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ ผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติม

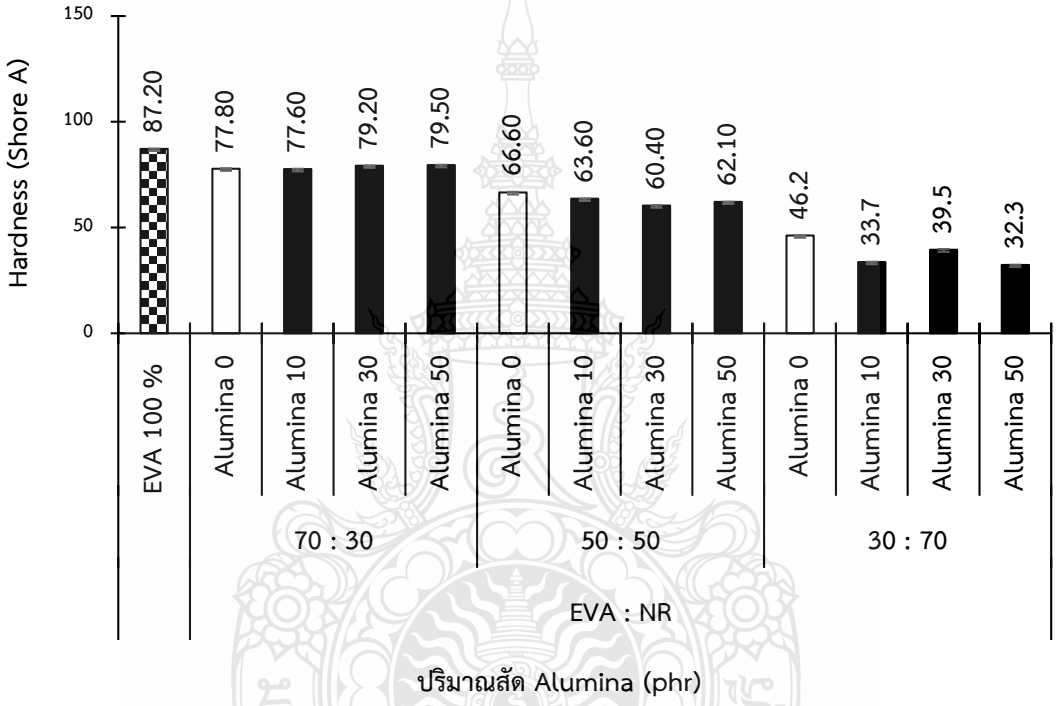
จากรูปที่ 4.32 และ 4.33 ผลการทดลองพบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสม มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่สูงกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่เมื่อปริมาณยางเพิ่มขึ้นมีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงจะลดลง เนื่องจากยางมีความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด และการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าลงในพอลิเมอร์ผสมไม่ได้ช่วยเพิ่มความแข็งให้วัสดุ ทำให้การส่งผ่านของเสียงลดลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

4.3.2 ความแข็ง

ค่าความแข็งสามารถวัดได้โดยนำหัวกดลงบนชิ้นทดสอบภายใต้สภาวะที่กำหนด ความลึกของการทะลุทะลวงของหัวกดจะสะท้อนถึงค่าความแข็ง

ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.34

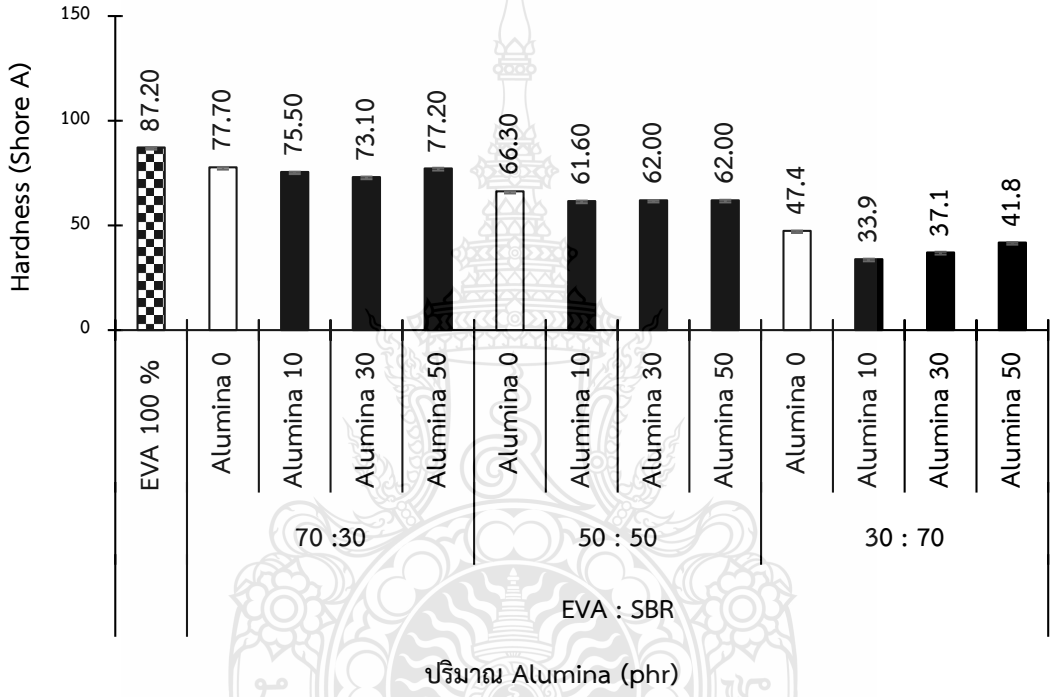


รูปที่ 4.34 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.34 แสดงผลค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความแข็งของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความแข็งที่น้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมยางธรรมชาติลงไปทำให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมลดลง การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมเพื่อเปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิ

เตด ผลการทดลองพบว่าการเติมสารหน่วงอะลูมิน่าไม่ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมมีความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งอะลูมิน่าไม่ใช่เป็นสารตัวเติมเสริมแรงที่เพิ่มความแข็งให้กับวัสดุพอลิเมอร์ เมื่อนำสารหน่วงอะลูมิน่ามาผสมกับพอลิเมอร์ผสมจึงทำให้ค่าความแข็งไม่เพิ่มขึ้น

ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.35 แสดงค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยาง สไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับธรรมชาติโดยใช้สารหน่วงอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติม

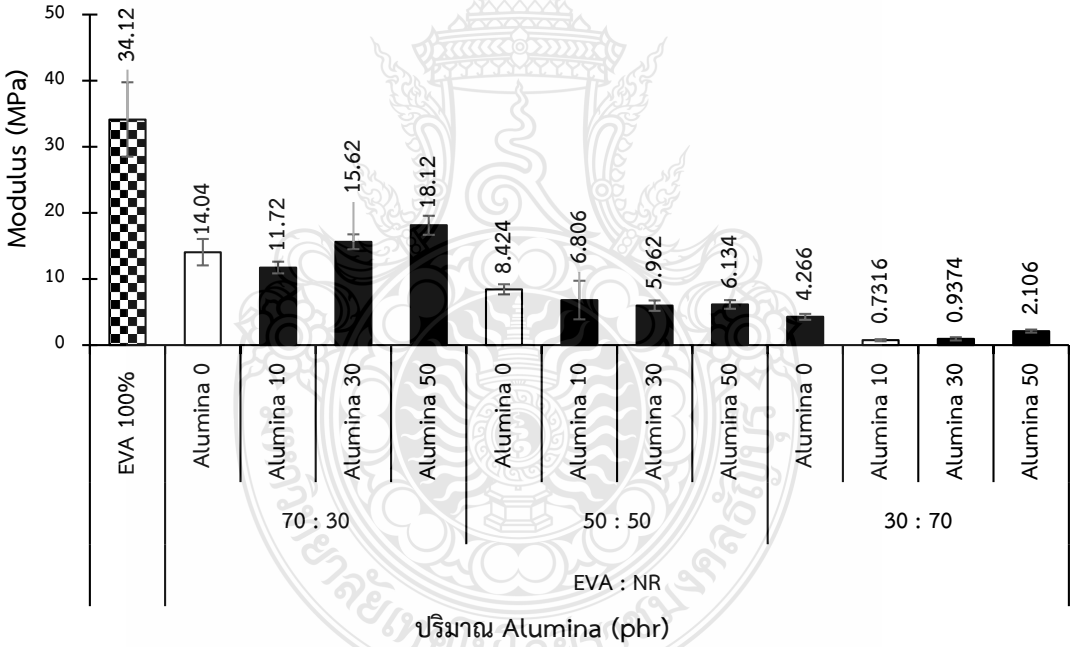
จากรูปที่ 4.34 และ 4.35 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วง

อะลูมิน่าลงไปไม่ได้ช่วยให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมสูงขึ้น เพราะอะลูมิน่าไม่ใช่เป็นสารตัวเติมเสริมแรงที่เพิ่มความแข็งให้กับวัสดุพอลิเมอร์

4.3.3 คุณสมบัติแรงดึง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ ในการศึกษาสมบัติความทนต่อแรงดึง (Tensile properties) มีสมบัติ 3 ประการที่ศึกษาได้แก่ มอดุลัส (Modulus), ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และ การยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break)

มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้อะลูม่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.36

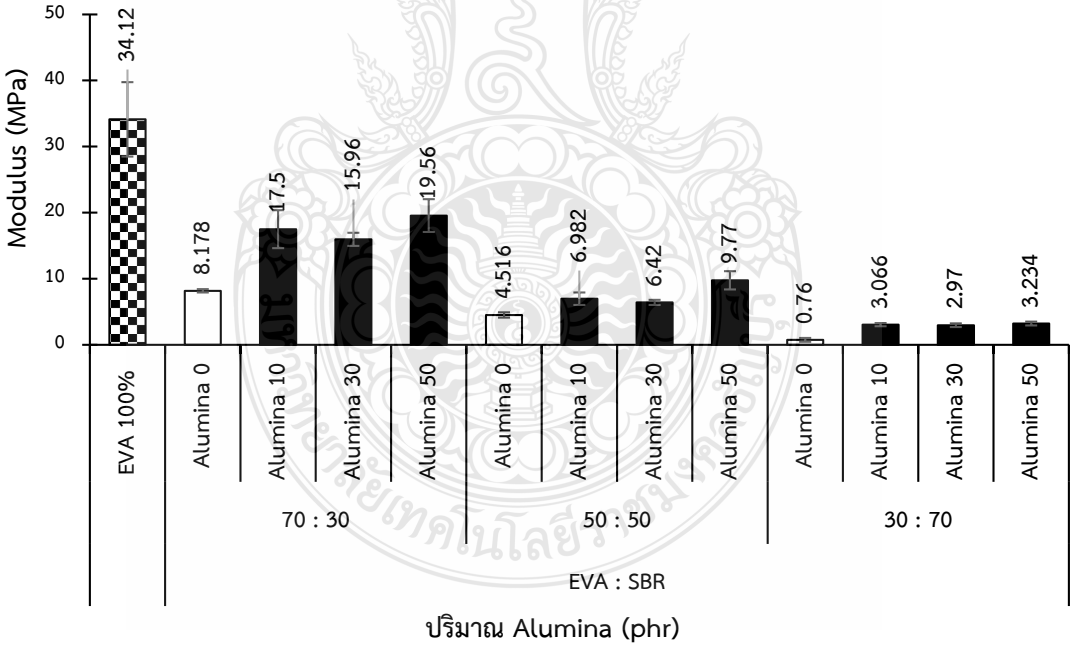


รูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.36 แสดงค่ามอดุลัส จากผลการทดลองสะท้อนให้เห็นความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน

70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่ามอดุลัสของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เกิดจากความไม่เข้ากันของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ เนื่องจากเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีความเป็นขั้วและยางธรรมชาติไม่มีความเป็นขั้ว ทำให้เกิดการไม่เข้ากัน ดังแสดงในแบบจำลองรูปที่ 4.6 และยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำกว่ากว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เมื่อนำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดจึงทำให้พอลิเมอร์ผสมมีค่ามอดุลัสต่ำลง การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่า มีค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่เติมลงไป ซึ่งสารหน่วงไฟอะลูมิน่ามีการกระจายตัวทั่วเนื้อของพอลิเมอร์ผสมไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุล ทำให้โมเลกุลของสายโซ่โมเลกุลเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำได้ยากขึ้นทำให้ค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น

มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.37

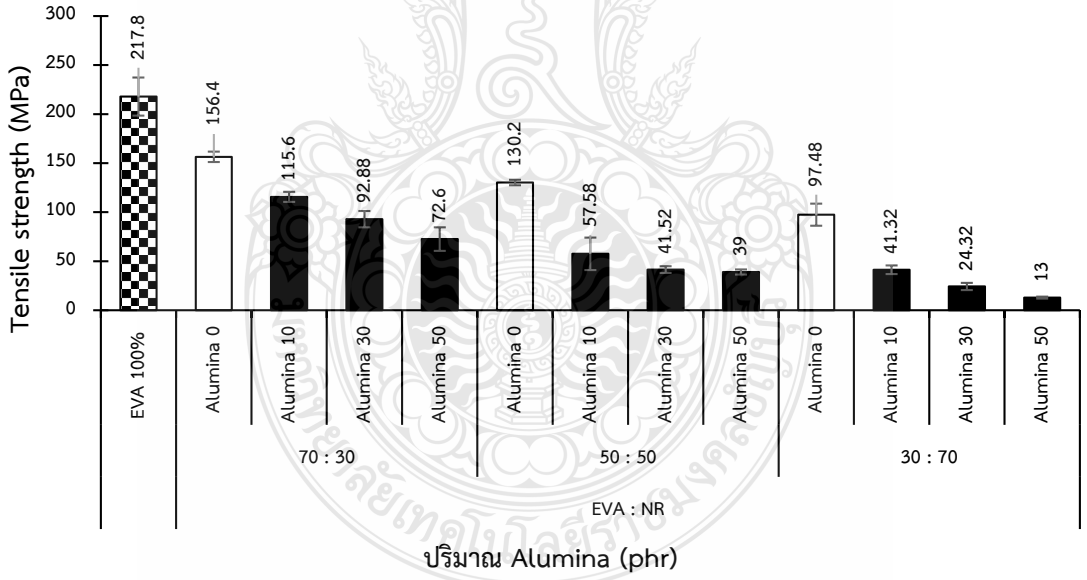


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.37 ผลการทดลองค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.36 และ 4.37 พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่า มีค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่เติมลงไป เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่ากระจายตัวได้ดี ทำให้ขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุล จึงเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำได้ยากขึ้นทำให้ค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น

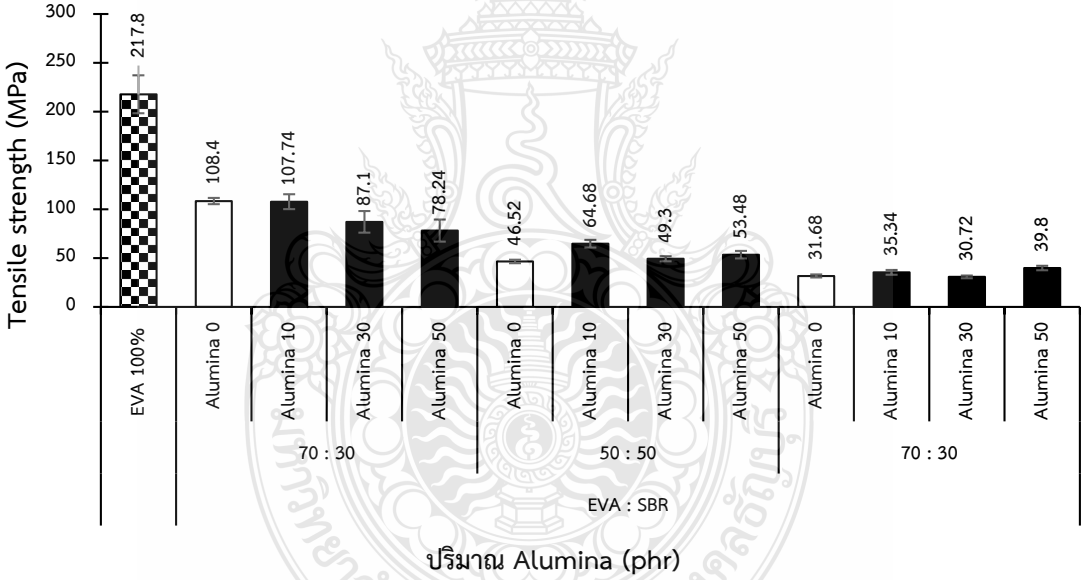
ค่าการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงค่าการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.38 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ พบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะความเข้ากันไม่ได้ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ทำให้ความแข็งแรงลดลง ดังแสดงในแบบจำลองรูปที่ 4.6 การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า 10, 30 และ 50 phr มีค่าความทนต่อแรงดึงลดลงตามปริมาณของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่เติมลงไป ดังนั้นสารหน่วงไฟอะลูมิน่าไม่ช่วยเสริมแรงให้กับพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ

ค่าการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.39

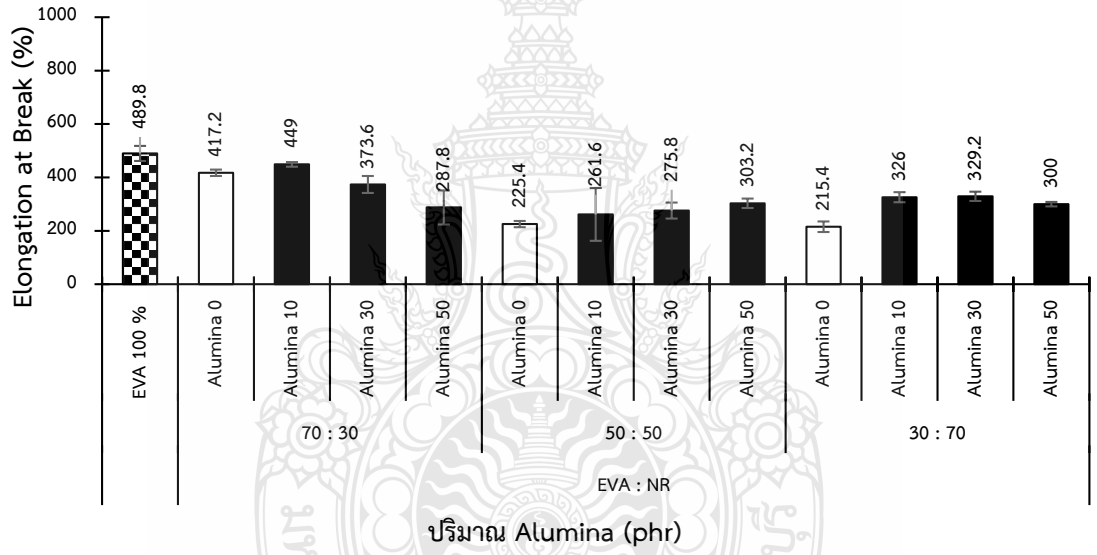


รูปที่ 4.39 กราฟแสดงค่าการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.39 ผลการทดลองค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.38 และ 4.39 พบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่าพอลิเมอร์ผสมมีค่าความทนต่อแรงดึงลดลงตามปริมาณของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่เติมลงไป เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่าไม่ช่วยเสริมแรงให้กับพอลิเมอร์ผสม

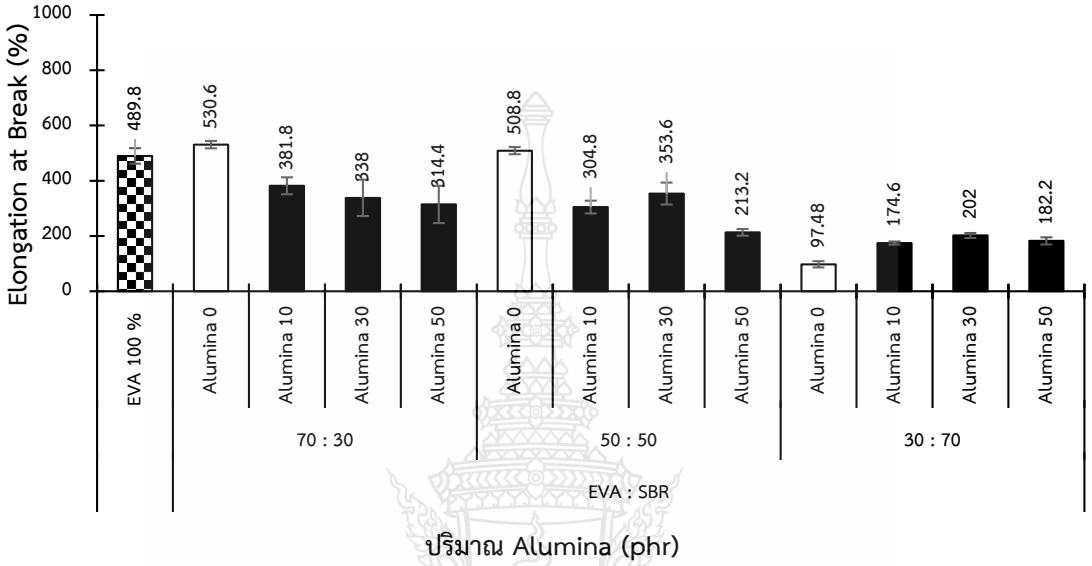
ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.40 แสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากโครงสร้างของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีขั้ว แต่โครงสร้างของยางธรรมชาติไม่มีขั้วทำให้เกิดเฟสขนาดใหญ่ ซึ่งมีการติดประสานระหว่างเฟสต่ำทำให้ความแข็งแรงของพอลิเมอร์ผสมต่ำลง การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า ส่งผลให้อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก พบว่าการยืดตัว ณ จุดขาด ลดลง ตามปริมาณสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่เพิ่มขึ้น

ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.41

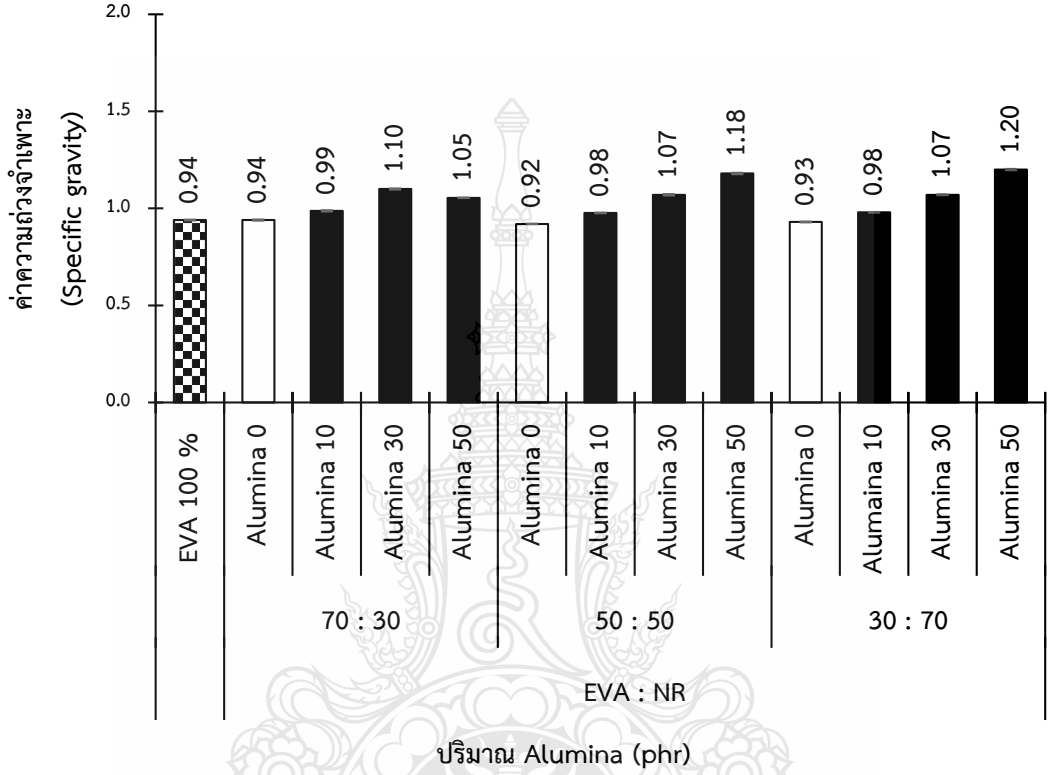


รูปที่ 4.41 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.41 แสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ 30:70, 50:50 และ 70:30 โดยน้ำหนัก ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ เนื่องจากโครงสร้างของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีขั้ว และโครงสร้างของยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีขั้วทำให้เข้ากันได้จึงส่งผลให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดมีค่าเพิ่มขึ้น การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าลงไปส่งผลให้อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 70:30 และ 50:50 โดยน้ำหนักมีค่าลดลง เกิดจากสารหน่วงไฟอะลูมิน่ามีการกระจายตัวดีทั่วชิ้นงานไปขัดขวางสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ผสมทำให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ลดลง ในอัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 30:70 การเติมอะลูมิน่ามีผลทำให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดเพิ่มขึ้น

4.3.4 ความถ่วงจำเพาะ

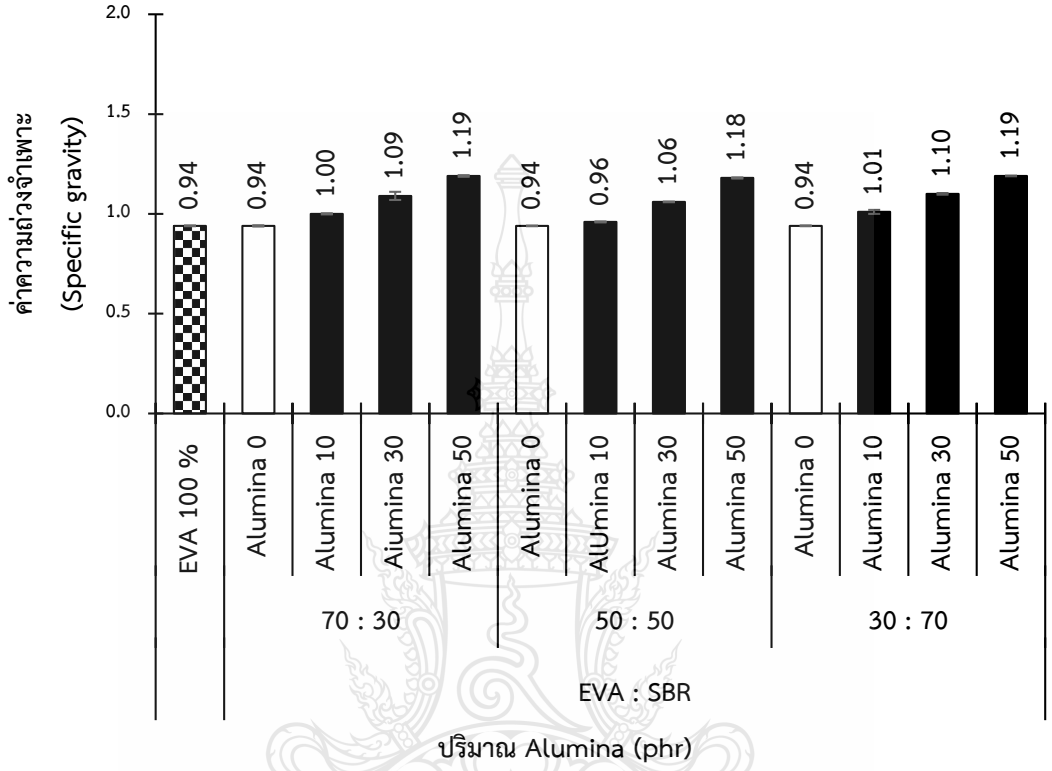
ความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.42



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.42 แสดงผลค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมมีค่าใกล้เคียงกับของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่ามีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพอลิเมอร์ผสม

ความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.43



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

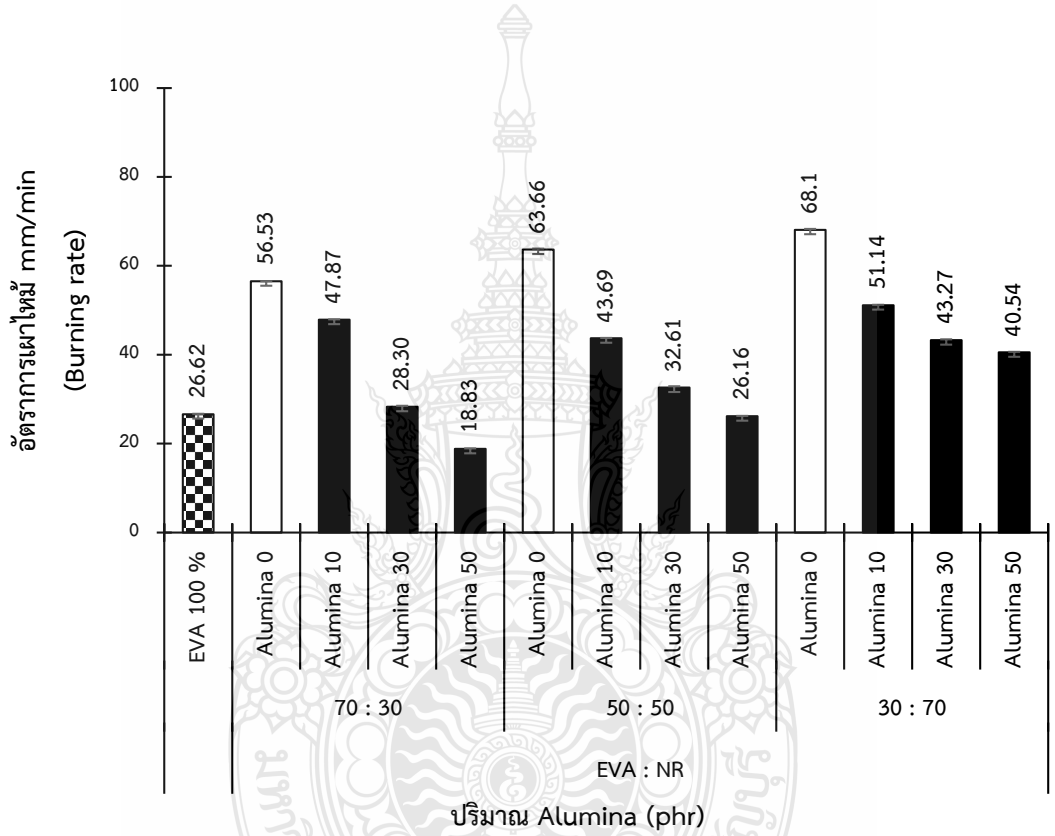
จากรูปที่ 4.43 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติโดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.42 และ 4.43 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน การสารหน่วงไฟอะลูมิน่าลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่ามีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพอลิเมอร์ผสม

4.3.5 สมบัติการหน่วงการติดไฟ

การทดสอบสมบัติการติดไฟของวัสดุมาตรฐาน UL-94 ทดสอบการติดไฟและลามไฟแนวนอน (Horizontal Burning Test)

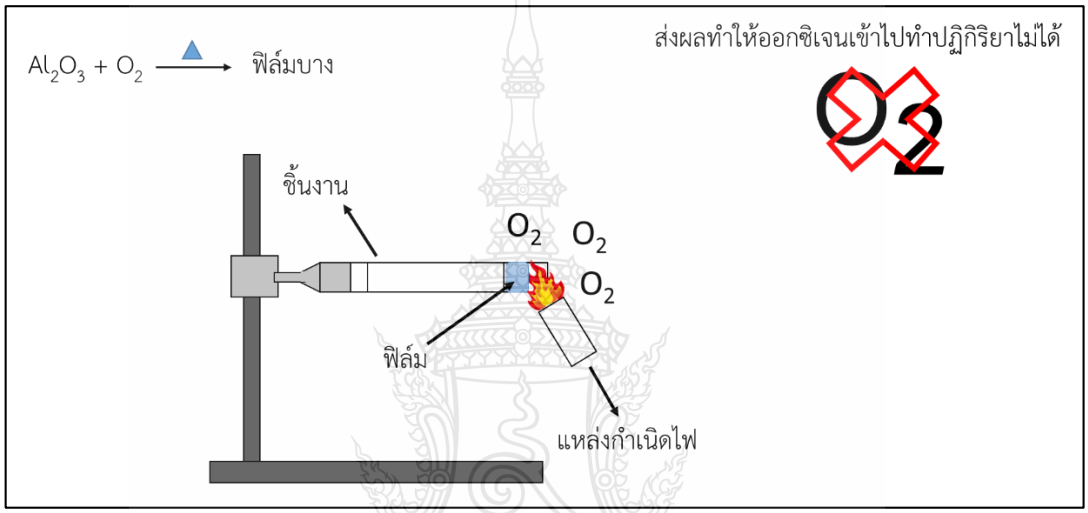
สมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.44



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

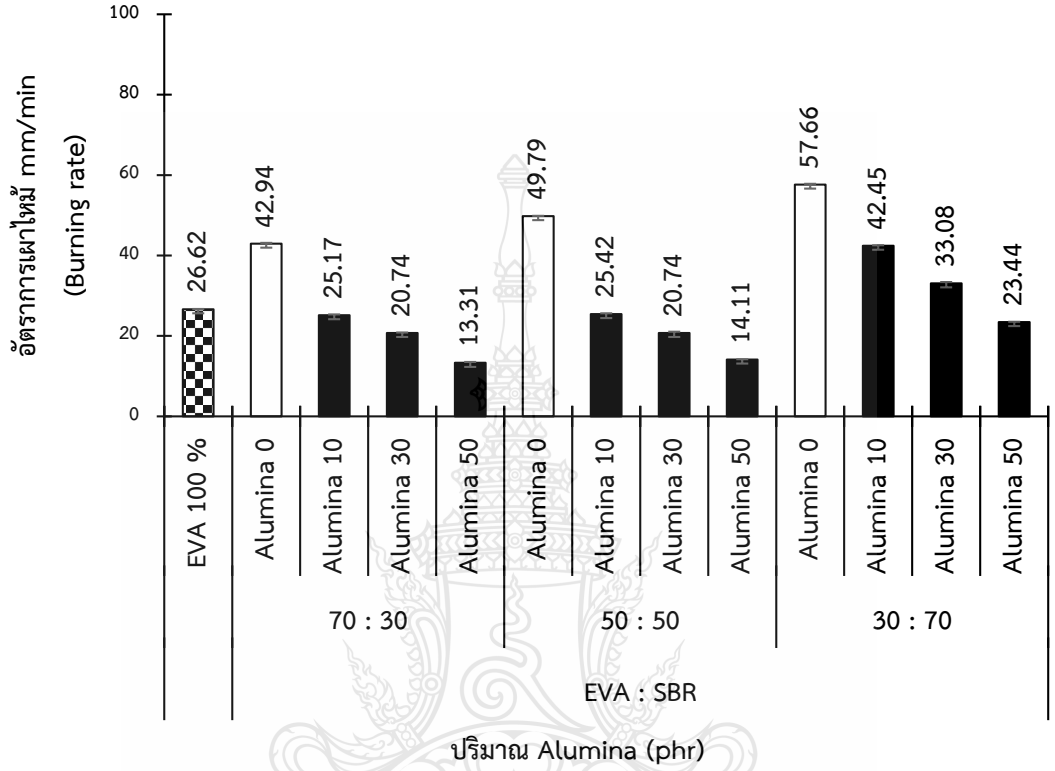
จากรูปที่ 4.44 ผลการทดสอบการหน่วงการติดไฟ ทำการทดสอบการลามไฟแนนนอน พบว่าที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เนื่องจากมีอัตราเร็วของการเผาไหม้มากกว่า 40 มิลลิเมตร/วินาที เพราะยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้พอลิเมอร์

ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีอัตราเร็วของการเผาไหม้สูงขึ้นตามปริมาณของยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่ปริมาณ 10 พบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB แต่การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่ปริมาณ 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB สอดคล้องกับงานวิจัยของ [Shan Hu 2012] เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่าเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดชั้นฟิล์มบางของออกไซต์มา ปกคลุมบริเวณผิวชิ้นงานที่เกิดการเผาไหม้ทำให้ออกซิเจนเข้ามาทำปฏิกิริยาได้ยาก ดังรูป 4.45



รูปที่ 4.45 กลไกการหน่วงการติดไฟอะลูมิน่า [Shan Hu 2012] [21]

สมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.46



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า

จากรูปที่ 4.46 แสดงค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Burning Rate) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเป็นสารตัวเติม ผลการทดสอบพบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เนื่องจากมีอัตราเร็วของการเผาไหม้มากกว่า 40 มิลลิเมตร/วินาที เพราะยางสไตรีนบิวตาไดอีนเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้พอลิเมอร์ผสมระหว่างยางสไตรีนบิวตาไดอีนกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีอัตราเร็วของการเผาไหม้สูงขึ้นตามปริมาณของยาง สไตรีนบิวตาไดอีนที่เพิ่มขึ้น การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ผ่านมามาตรฐาน UL-94

HB เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่าเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดชั้นฟิล์มบางของออกไซต์มาปกคลุมบริเวณผิวชิ้นงานที่เกิดการเผาไหม้ทำให้ออกซิเจนเข้ามาทำปฏิกิริยาได้ยาก ดังรูป 4.45

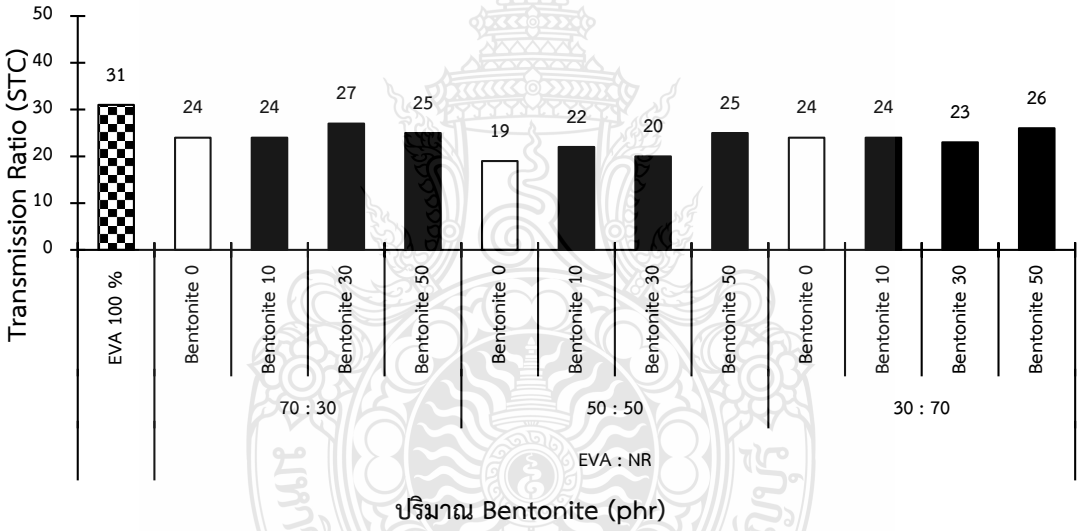
จากรูปที่ 4.44 และ 4.46 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เนื่องจากมีอัตราเร็วของการเผาไหม้มากกว่า 40 มิลลิเมตร/วินาที เพราะอีลาสโตเมอร์เป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่ยางธรรมชาติลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีนทำให้ค่าอัตราการเผาไหม้ของยางธรรมชาติสูงกว่า ทำให้ไม่ผ่านมาตรฐาน UL-94 HB การเติมการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีค่าอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน

4.4 ผลของสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

4.4.1 สมบัติทางเสียง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ โดยเน้นในการศึกษาสมบัติการกันเสียงเป็นหลัก ค่าการกันเสียงหาได้จาก ค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (Transmission Ratio : STC)

สมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.47

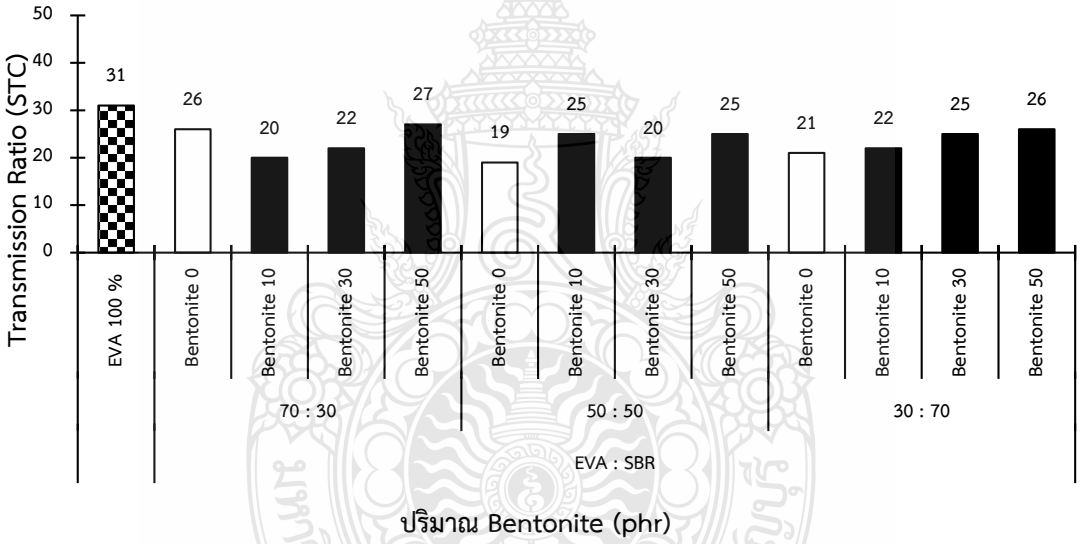


รูปที่ 4.47 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.47 แสดงผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าระดับการส่งผ่านของเสียงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้ค่าความแข็งลดลง ซึ่งค่าความแข็งของวัสดุมี

ผลต่อค่าระดับการส่งผ่านของเสียง ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมมีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่ลดลง การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมเพื่อเปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่าพอลิเมอร์ผสมรหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงเพิ่มขึ้น เพราะเบนโทไนท์เป็นดินเมื่อนำไปผสมกับพอลิเมอร์ผสมทำให้เบนโทไนท์กระจายตัวเคลือบทั่วบริเวณพื้นผิวของพอลิเมอร์ผสม [คชินท์ สายอินทวงศ์] ส่งผลให้พื้นผิวของพอลิเมอร์ผสมมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและจับตัวกันแน่นขึ้น ทำให้เสียงส่งผ่านไปได้ยาก ส่งผลให้ค่าระดับการส่งผ่านของเสียงเพิ่มขึ้น

สมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.48



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงค่าระดับการส่งผ่านของเสียง (STC) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

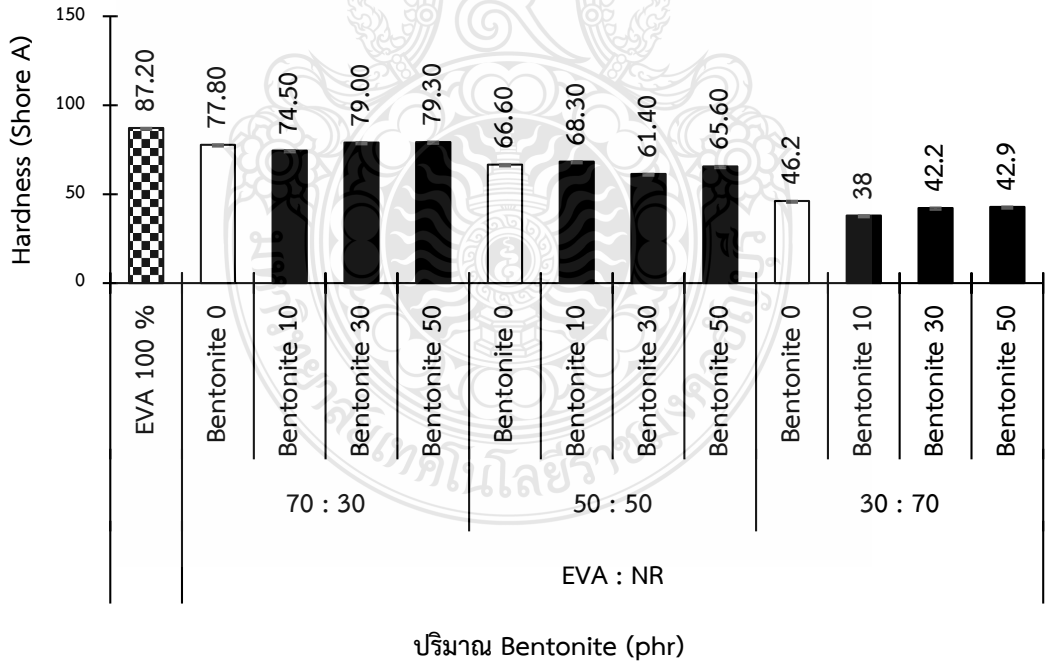
จากรูปที่ 4.48 แสดงผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบมีทิศทางเดียวกันกับ ผลการศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.47 และ 4.48 ผลการทดลองพบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสม มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่สูงกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากเบนโทไนท์เป็นดินเมื่อนำไปผสมกับพอลิเมอร์ผสมทำให้เบนโทไนท์กระจายตัวเคลือบทั่วบริเวณพื้นผิวของพอลิเมอร์ผสม ส่งผลให้พื้นผิวของพอลิเมอร์ผสมมีความหนาแน่นและจับตัวกันแน่นขึ้น ทำให้เสียงส่งผ่านไปได้ยาก ส่งผลให้ค่าระดับการส่งผ่านของเสียงเพิ่มขึ้น

4.4.2 ความแข็ง

ค่าความแข็งสามารถวัดได้โดยนำหัวกดลงบนชิ้นทดสอบภายใต้สภาวะที่กำหนด ความลึกของการทะลุทะลวงของหัวกดจะสะท้อนถึงค่าความแข็ง

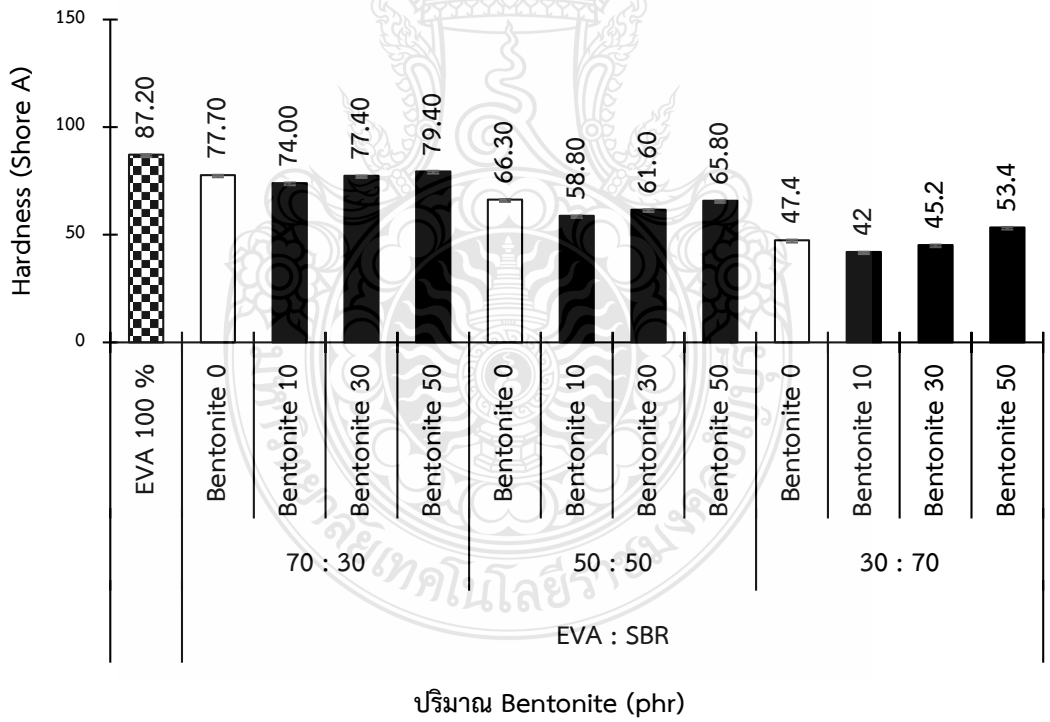
ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.49 แสดงผลค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตด กับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความแข็งของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความแข็งที่น้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมยางธรรมชาติลงไปทำให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมลดลง การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมเพื่อเปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ผลการทดลองพบว่าการเติมสารหน่วงเบนโทไนท์ไม่ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมมีความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ไม่ใช่สารตัวเติมเสริมแรงที่เพิ่มความแข็งให้กับวัสดุพอลิเมอร์ เมื่อนำสารหน่วงเบนโทไนท์มาผสมกับพอลิเมอร์ผสมจึงทำให้ค่าความแข็งไม่เพิ่มขึ้น

ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.50



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

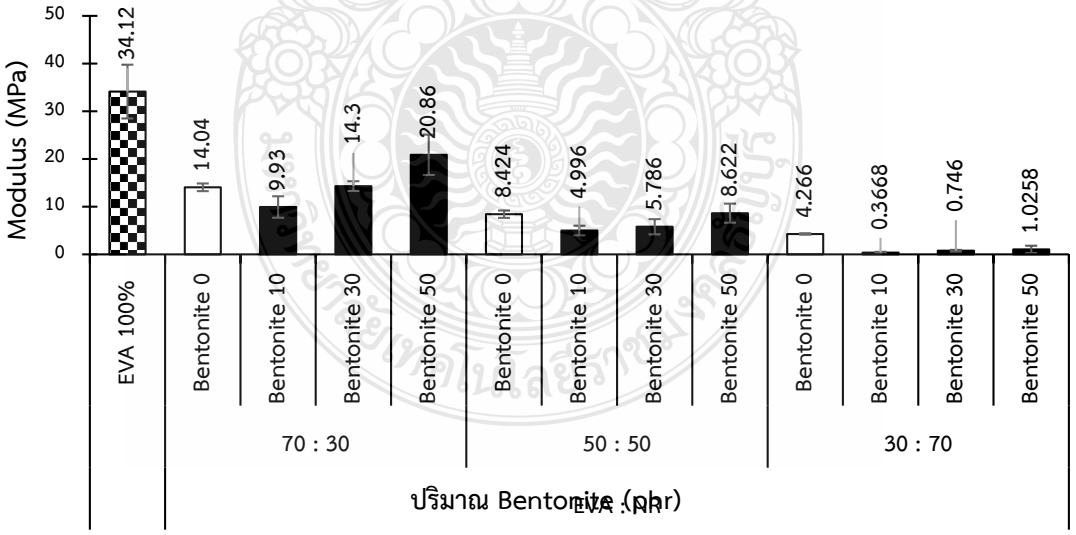
จากรูปที่ 4.50 แสดงค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับ ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับธรรมชาติโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.49 และ 4.50 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ลงไปไม่ได้ช่วยให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมสูงขึ้น เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ไม่ใช่สารตัวเติมเสริมแรงที่เพิ่มความแข็งให้กับวัสดุพอลิเมอร์

4.4.3 คุณสมบัติแรงดึง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ ในการศึกษาสมบัติความทนต่อแรงดึง (Tensile properties) มีสมบัติ 3 ประการที่ศึกษาได้แก่ มอดุลัส (Modulus), ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) และ การยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break)

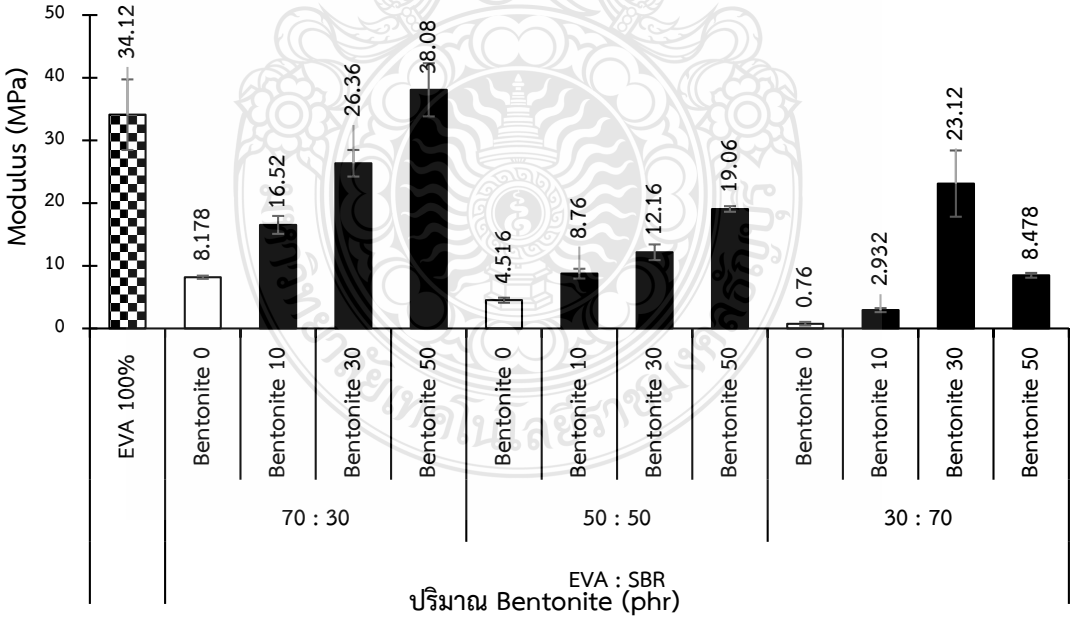
มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.51



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.51 แสดงค่ามอดุลัส จากผลการทดลองสะท้อนให้เห็นความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่ามอดุลัสของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เกิดจากความไม่เข้ากันของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ เนื่องจากเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีความเป็นขั้วและยางธรรมชาติไม่มีความเป็นขั้ว ทำให้เกิดการไม่เข้ากัน ดังแสดงในแบบจำลองรูปที่ 4.6 และยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำกว่ากว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เมื่อนำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดจึงทำให้พอลิเมอร์ผสมมีค่ามอดุลัสต่ำลง การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่า มีค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่เติมลงไป ซึ่งสารหน่วงไฟเบนโทไนท์มีการกระจายตัวทั่วเนื้อของพอลิเมอร์ผสมไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุล ทำให้โมเลกุลของสายโซ่โมเลกุลเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำได้ยากขึ้นทำให้ค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น

มอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.52

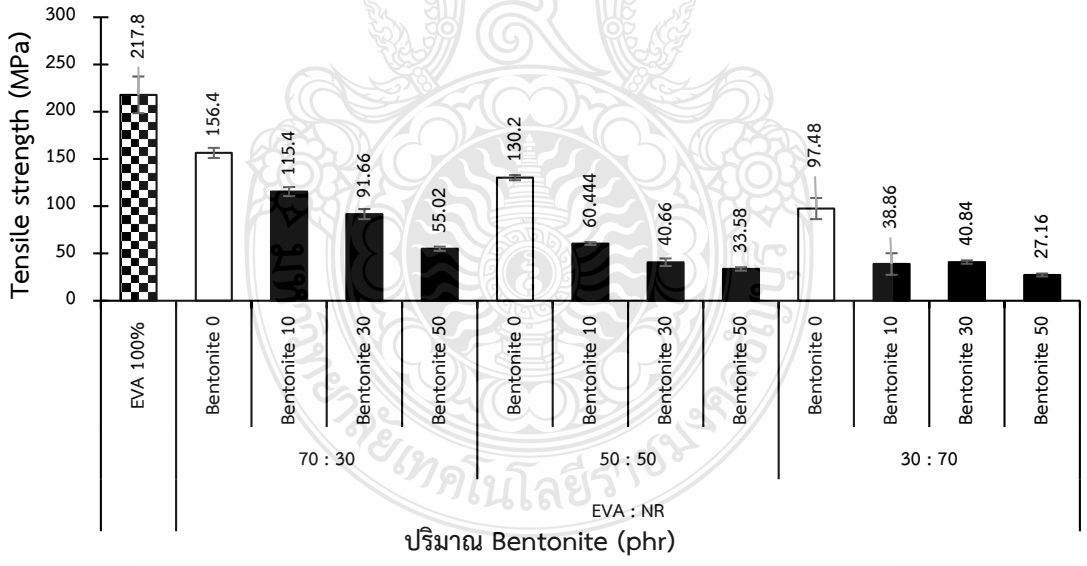


รูปที่ 4.52 กราฟแสดงค่ามอดุลัส (Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.52 ผลการทดลองค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.51 และ 4.52 พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่า มีค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่เติมลงไป เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์กระจายตัวได้ดี ทำให้ขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุล จึงเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำได้ยากขึ้นทำให้ค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น

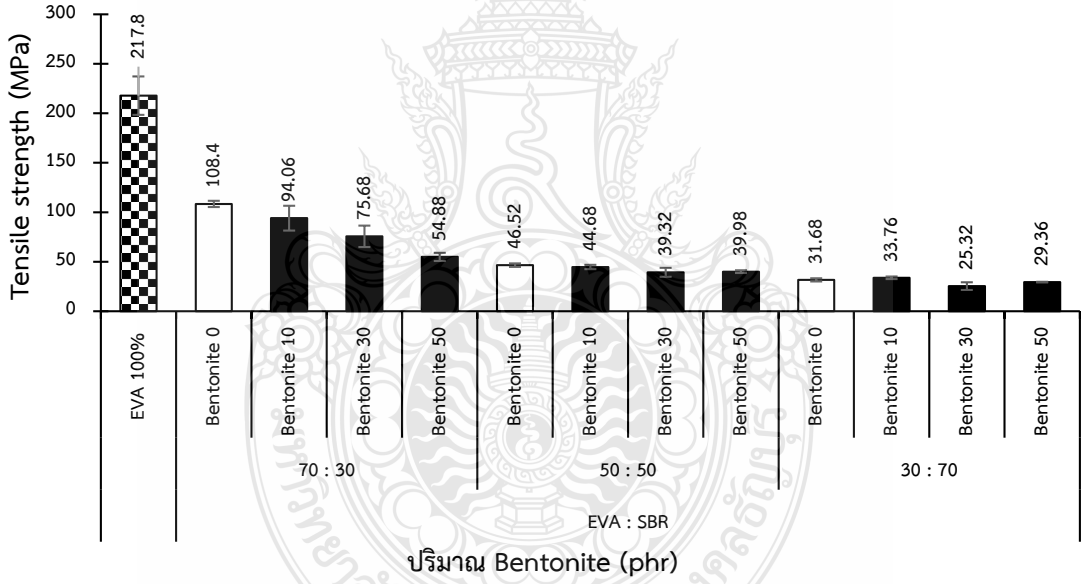
ค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.53



รูปที่ 4.53 กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.53 แสดงค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ พบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะความเข้ากันไม่ได้ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ทำให้ความแข็งแรงลดลง ดังแสดงในแบบจำลองรูปที่ 4.6 การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ 10, 30 และ 50 phr มีค่าความทนต่อแรงดึงลดลงตามปริมาณของสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่เติมลงไป ดังนั้นสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ไม่ช่วยเสริมแรงให้กับพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ

ค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.54



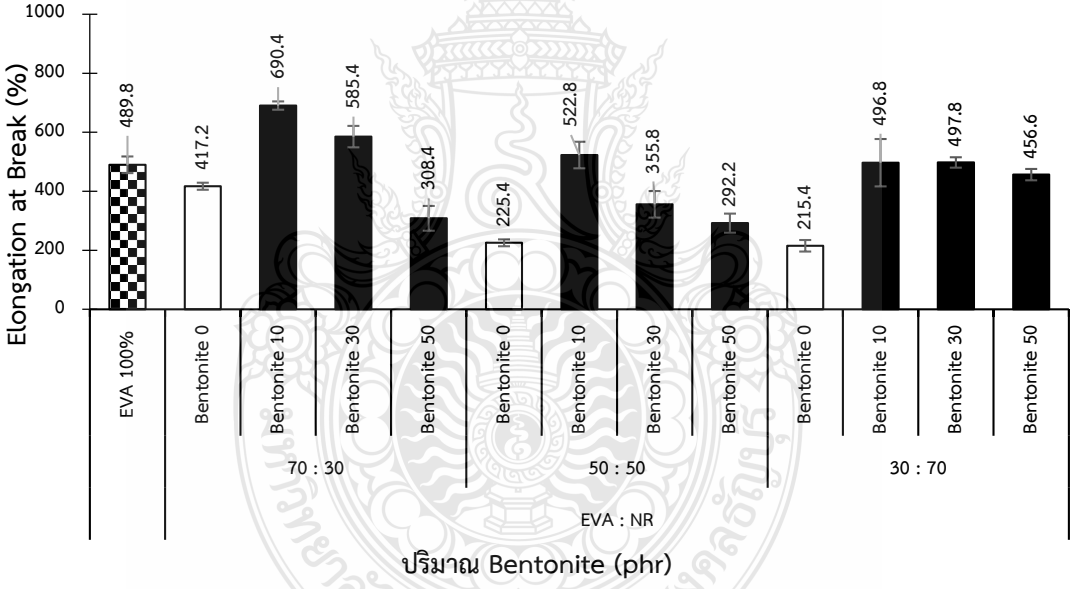
รูปที่ 4.54 กราฟแสดงค่าการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.54 ผลการทดลองค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ มีผลการทดลองไปทิศทาง

เดียวกันกับค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.53 และ 4.54 พบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่าพอลิเมอร์ผสมมีค่าความทนต่อแรงดึงลดลงตามปริมาณของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่เติมลงไป เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ไม่ช่วยเสริมแรงให้กับพอลิเมอร์ผสม

ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้เบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.55

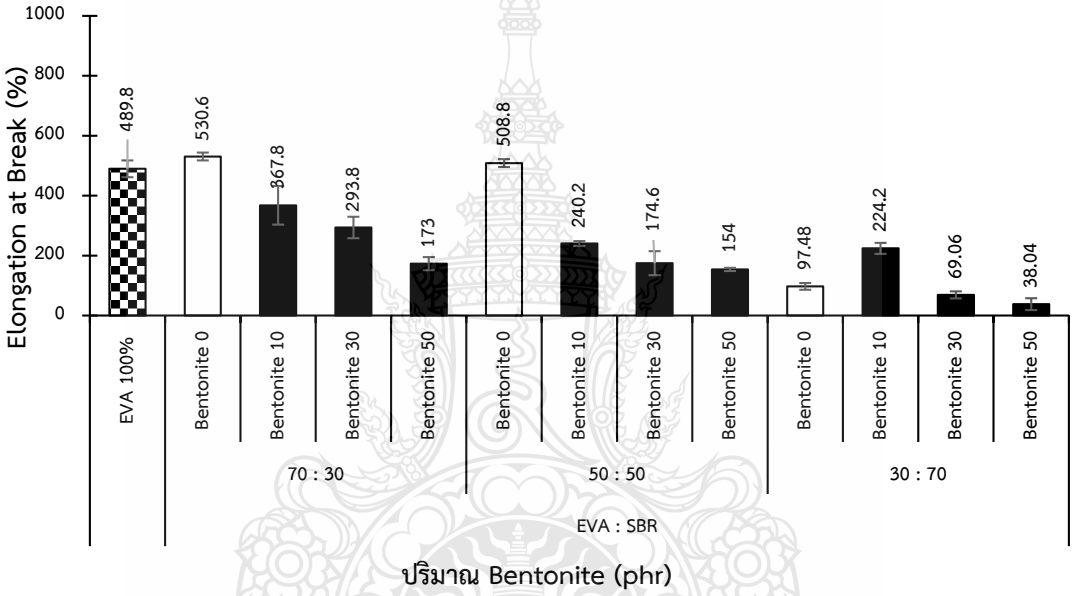


รูปที่ 4.55 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.55 แสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าค่าการยืดตัว ณ

จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง ตามปริมาณของสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่เพิ่มขึ้น

ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.56



รูปที่ 4.56 กราฟแสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

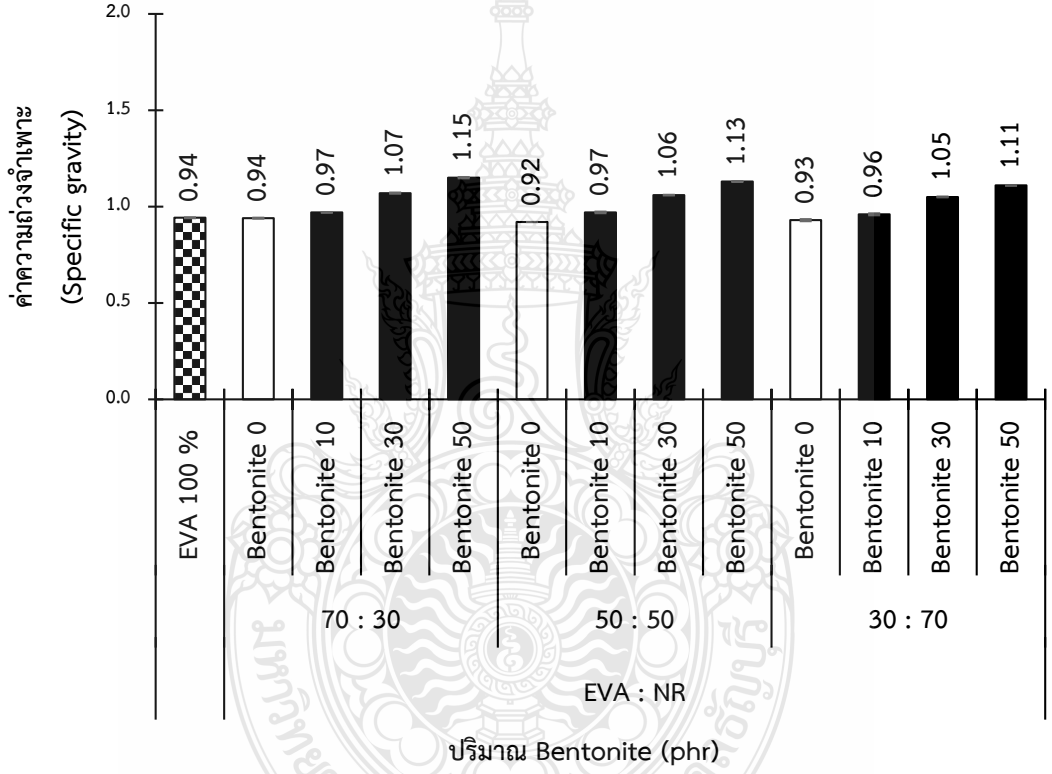
จากรูปที่ 4.56 แสดงค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับ ค่าค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับธรรมชาติโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.55 และ 4.56 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่ายางธรรมชาติมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติเมื่อถูกยืดสามารถเกิดผลึกได้ การเติมสาร

หน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ลงไปในพอลิเมอร์ผสม พบว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน

4.4.4 ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ โดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.57

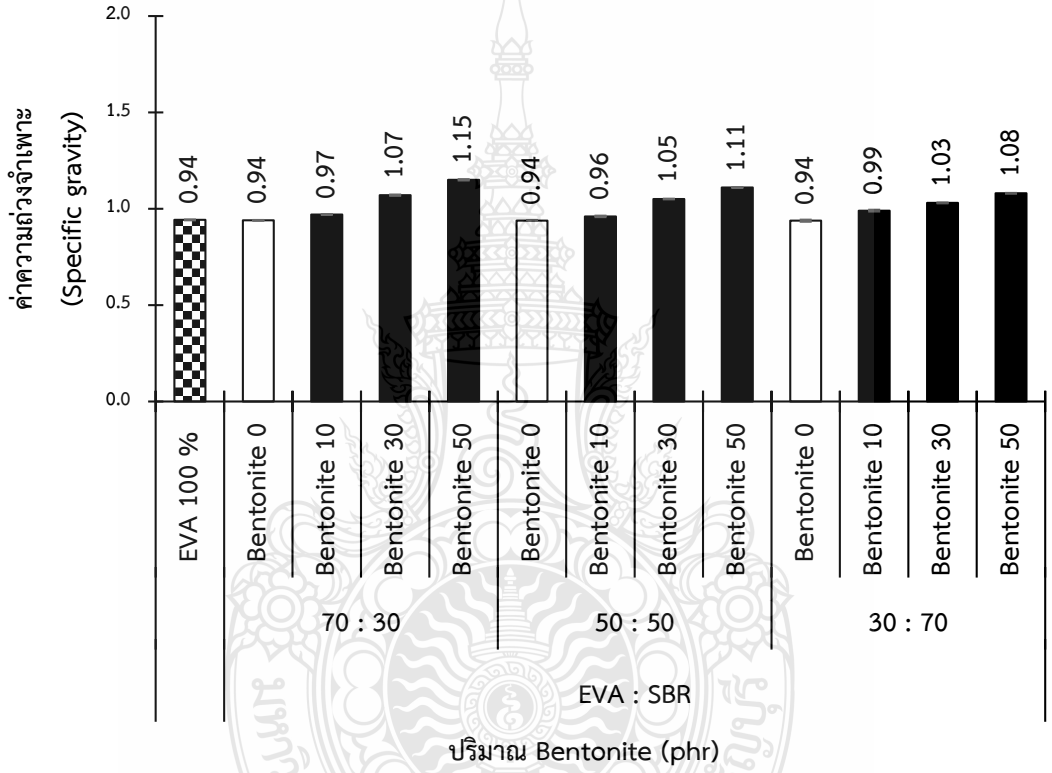


รูปที่ 4.57 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.57 แสดงผลค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติในอัตราส่วน 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าความ

ถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมมีค่าใกล้เคียงกับของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพอลิเมอร์ผสม

ความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.58



รูปที่ 4.58 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

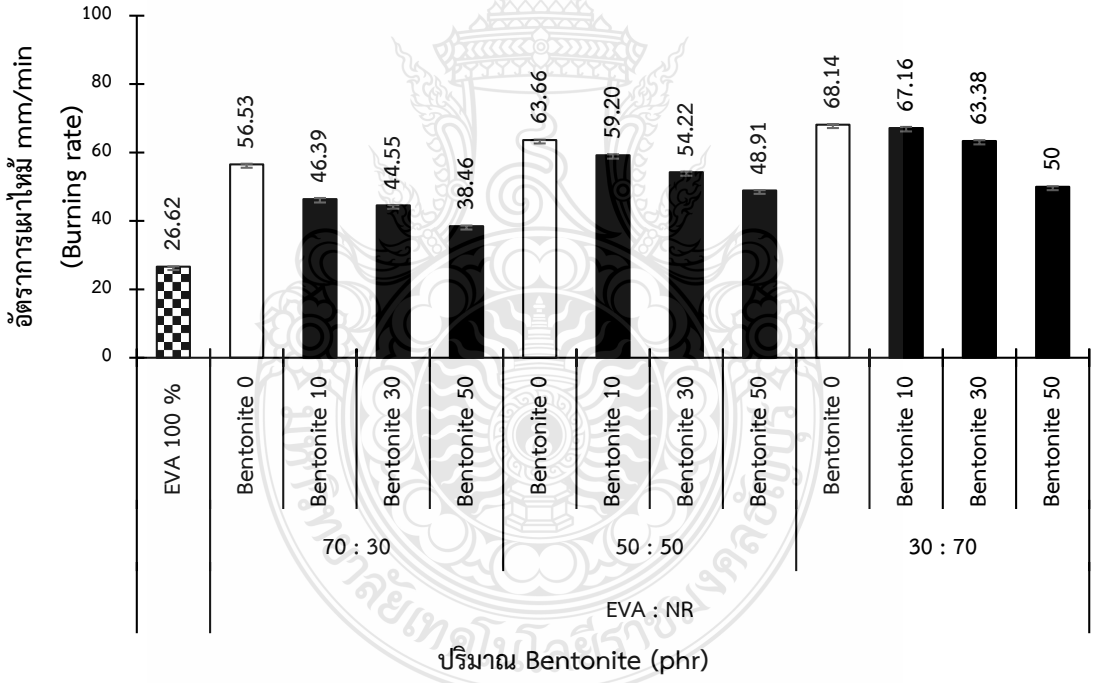
จากรูปที่ 4.58 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติม มีผลการทดลองไปทิศทางเดียวกันกับค่าความถ่วงจำเพาะของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติม

จากรูปที่ 4.57 และ 4.58 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพอลิเมอร์ผสม

4.4.5 สมบัติการหน่วงการติดไฟ

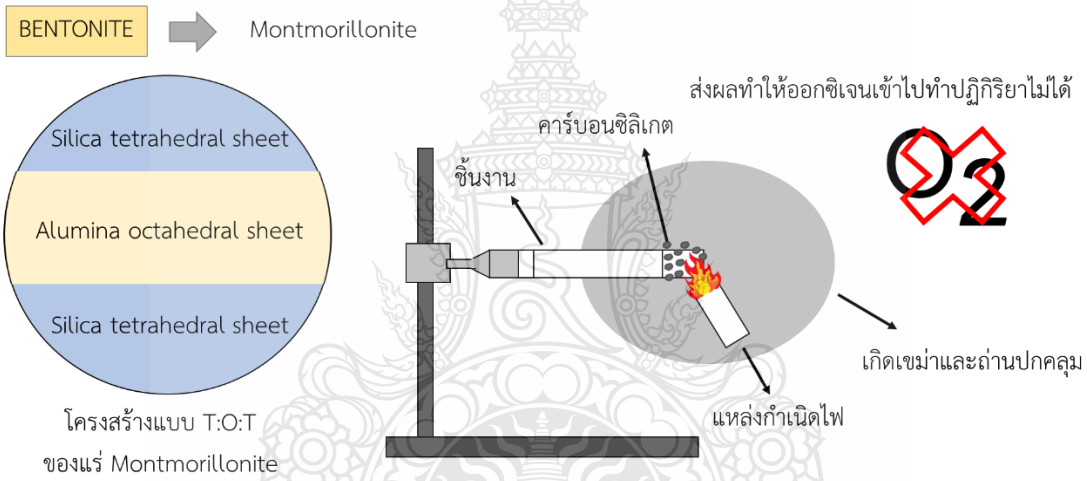
การทดสอบสมบัติการติดไฟของวัสดุมาตรฐาน UL-94 ทดสอบการติดไฟและลามไฟแนวนอน (Horizontal Burning Test)

สมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.59



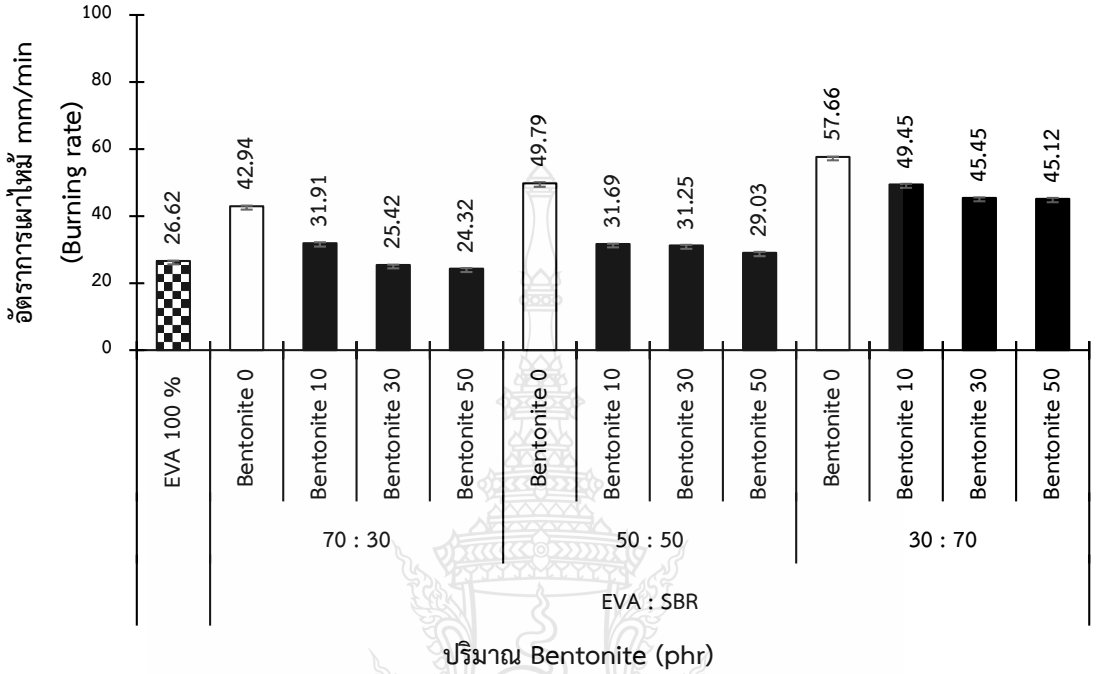
รูปที่ 4.59 กราฟแสดงค่าการทดสอบอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Horizontal Burning Test) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.59 ผลการทดสอบการหน่วงการติดไฟ ทำการทดสอบการลามไฟแนวนอน พบว่าที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เนื่องจากมีอัตราเร็วของการเผาไหม้มากกว่า 40 มิลลิเมตร/วินาที เพราะยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้พอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีอัตราเร็วของการเผาไหม้สูงขึ้นตามปริมาณของยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 50 ที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30 พบว่าผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB สอดคล้องกับงานวิจัยของ [คชินท์ สายอินทวงศ์] [อนุชิต คำชาติ] เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์เมื่อเกิดการเผาไหม้เถ้าถ่านของคาร์บอนซิลิเกตจะไปปกคลุมบริเวณที่เกิดการเผาไหม้ทำให้ออกซิเจนเข้ามาทำปฏิกิริยายาได้ยาก ดังรูป 4.60



รูปที่ 4.60 กลไกการหน่วงการติดไฟของเบนโทไนท์ [คชินท์ สายอินทวงศ์] [อนุชิต คำชาติ] [12] [15]

สมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนโดยใช้สารหน่วงไฟเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมแสดงรายละเอียด ดังรูปที่ 4.61



รูปที่ 4.61 กราฟแสดงค่าการทดสอบอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Horizontal Burning Test) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์

จากรูปที่ 4.61 ผลการทดสอบการหน่วงการติดไฟ ทำการทดสอบการลามไฟแนวนอน พบว่าที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30, 50:50 และ 30:70 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เนื่องจากมีอัตราเร็วของการเผาไหม้มากกว่า 40 มิลลิเมตร/วินาที เพราะยางสไตรีนบิวตาไดอีนเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ทำให้พอลิเมอร์ผสมระหว่างยางสไตรีนบิวตาไดอีนกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมีอัตราเร็วของการเผาไหม้สูงขึ้นตามปริมาณของยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เพิ่มขึ้น การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 70:30 และ 50:50 พบว่าผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์เมื่อเกิดการเผาไหม้เถ้าถ่านของคาร์บอนซิลิเกตจะไปปกคลุมบริเวณที่เกิดการเผาไหม้ทำให้ออกซิเจนเข้ามาทำปฏิกิริยายาได้ยาก ดังรูป 4.58 แต่การเติมสารหน่วงไฟ

เบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10 30 และ 50 phr ที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 30:70 ไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เพราะปริมาณของยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.59 และ 4.61 พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะอีลาสโตเมอร์เป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่ยางธรรมชาติลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีนทำให้ค่าอัตราการเผาไหม้ของยางธรรมชาติสูงกว่า ทำให้ไม่ผ่านมาตรฐาน UL-94 HB การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน มีค่าอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 70:30 และ 50:50 พบว่าผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เช่นเดียวกับการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 50 ที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงและสมบัติการหน่วงการติดไฟของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยในงานวิจัยนี้นำเอทิลีนไวนิลอะซิเตดมาผสมกับอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์ 30:70, 50:50 และ 70:30 โดยน้ำหนัก โดยใช้ซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr และใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr เพื่อเป็นสารเติมแต่งสำหรับปรับปรุงสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงของพอลิเมอร์ผสม และใช้อะลูมิน่าและเบนโทไนต์ที่ปริมาณ 10 30 และ 50 phr เพื่อเป็นสารเติมแต่งในการปรับปรุงสมบัติการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ผสม อันได้แก่ ระดับการส่งผ่านของเสียง ความแข็ง Tensile properties ความถ่วงจำเพาะ และการหน่วงไฟ

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. ศึกษาผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะ ซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์
2. ศึกษาผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์
3. ศึกษาผลของสารหน่วงไฟที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล สามารถสรุปผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลของซิลิกาที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

5.1.1.1 สมบัติทางเสียง

การทดสอบระดับการส่งผ่านของเสียง พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงลดลง เพราะยางธรรมชาติมีค่าความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ในพอลิเมอร์ผสม มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่สูงกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่เมื่อปริมาณยางเพิ่มขึ้นมีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงจะลดลง เนื่องจากยางมีความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ดังนั้นการเติมซิลิกาลงในพอลิเมอร์ผสมช่วยให้ค่าระดับการส่งผ่านของเสียงสูงขึ้น โดย

เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30 ที่มีการเติมซิลิกา 20 phr มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงใกล้เคียงเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน:ซิลิกา 70:30 ต้องใช้ซิลิกา 30 phr ถึงจะมีค่าการกันเสียงใกล้เคียงกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด

5.1.1.2 ความแข็ง

การทดสอบค่าความแข็ง วัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความแข็งลดลง เพราะวัสดุอิลาสโตเมอร์มีค่าความแข็งที่น้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมซิลิกา 30 phr ลงไปในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไลนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ 70:30 มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับค่าความแข็งของเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะซิลิกาเป็นสารตัวเติมเสริมแรงที่เพิ่มความแข็งแรง

5.1.1.3 คุณสมบัติแรงดึง

การทดสอบค่ามอดุลัส พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ ในอัตราส่วน 50:50 และ 30:70 มีค่ามอดุลัสที่ต่ำกว่า เพราะยางธรรมชาติไม่มีความเป็นขั้วและซิลิกามีความเป็นขั้วมากกว่า ทำให้ความเข้ากันได้ของยางธรรมชาติและซิลิกาน้อย ไม่เกิดแรงอันตรกิริยาระหว่างกัน ส่งผลให้ค่ามอดุลัสต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ในอัตราส่วน 50:50 และ 30:70 มีค่ามอดุลัสสูงขึ้นตามปริมาณซิลิกาที่เพิ่มขึ้น เพราะยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความเป็นขั้วต่ำๆ และซิลิกามีความเป็นขั้ว ทำให้ยางสไตรีนบิวตาไดอีนและซิลิกาเกิดแรงอันตรกิริยาระหว่างกันได้ดีกว่ายางธรรมชาติ จึงทำให้ซิลิกามีการกระจายตัวในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีนได้ดีกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางธรรมชาติ ส่งผลให้ค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น จึงส่งผลให้ซิลิกามีประสิทธิภาพเสริมแรงให้กับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีน

การทดสอบความทนต่อแรงดึง พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่ายางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติเมื่อถูกยืดสามารถเกิดผลึกได้ แต่ยางสไตรีนบิวตาไดอีนไม่สามารถเกิดการตกผลึกได้เมื่อถูกยืดจึงส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงของยางสไตรีนบิวตาไดอีนต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของยางธรรมชาติ การเติมซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ทำให้ความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนเพิ่มขึ้น แต่พอลิเอมร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติลดลง เพราะซิลิกามีความเป็นขั้วและยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความเป็นขั้วต่ำๆ จึงส่งผลให้ซิลิกาเกิดอัตรกิริยาการเข้ากันได้

กับยางสไตรีนบิวตาไดอีนได้ดีกว่ายางธรรมที่ไม่มีขั้ว และซิลิกาเข้าไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ผสมของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติทำให้สายโซ่โมเลกุลเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลให้เกิดการตกผลึกได้ยาก จึงทำให้ซิลิกาไม่เสริมแรงในพอลิเมอร์ผสมของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ แต่ซิลิกาช่วยเสริมแรงให้กับพอลิเมอร์ผสมของเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน

การทดสอบค่าการยืดตัว ณ จุดขาด พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่ายางธรรมชาติมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติเมื่อถูกยืดสามารถเกิดผลึกได้ การเติมซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ลงไปในพอลิเมอร์ผสม พบว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีนมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่ายางธรรมชาติ เพราะซิลิกามีความเป็นขั้วและยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความเป็นขั้วต่ำๆ จึงส่งผลให้ซิลิกาเกิดการเข้ากันได้กับยางสไตรีนบิวตาไดอีนได้ดีกว่ายางธรรมที่ไม่มีขั้ว โดยซิลิกาในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน มีการกระจายตัวที่ดี ทำให้เข้าไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ผสม ทำให้สายโซ่โมเลกุลเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง

5.1.1.4 ความถ่วงจำเพาะ

การทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน การเติมซิลิกาลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะซิลิกามีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพอลิเมอร์ผสม

5.1.1.5 สมบัติการหน่วงไฟ

อัตราเร็วของการเผาไหม้ พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ผลการทดสอบพบว่าไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB แต่การเติมซิลิกาที่ปริมาณ 10, 20 และ 30 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB โดยพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีอัตราการเผาไหม้ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะซิลิกามีการกระจายตัวทั่วชิ้นงาน เนื่องจากความเข้ากันได้ของยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่มีขั้วต่ำๆ กับซิลิกาที่มีขั้ว แต่พอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีการกระจายตัวไม่ทั่วชิ้นงาน เกิดการเกาะกลุ่มกัน เพราะความเข้ากันไม่ได้ของยางธรรมชาติที่ไม่มีขั้วกับซิลิกาที่มีขั้ว

5.1.2 ผลของใยธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

5.1.2.1 สมบัติทางเสียง

การทดสอบระดับการส่งผ่านของเสียง พบว่าพบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงใกล้เคียงกัน การเติมใยมะยาวพร้าว 3 มิลลิเมตร ที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr ในพอลิเมอร์ผสม มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่ต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด

5.1.2.2 ความแข็ง

การทดสอบค่าความแข็ง พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน การเติมใยมะพร้าวลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าแข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณของใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร มีความแข็งมากกว่าพอลิเมอร์ผสม เมื่อเติมใยมะพร้าวเข้าไปเลยทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

5.1.2.3 คุณสมบัติแรงดึง

การทดสอบค่ามอดุลัส พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตรในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 phr พบว่าค่ามอดุลัสสูงขึ้น เพราะทำให้โมเลกุลของสายโซ่เคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้ค่ามอดุลัสจึงมีค่าสูงขึ้น

การทดสอบความทนต่อแรงดึง พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่ายางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติเมื่อถูกยืดสามารถเกิดผลึกได้ แต่ยางสไตรีนบิวตาไดอีนไม่สามารถเกิดการตกผลึกได้เมื่อถูกยืดจึงส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงของยางสไตรีนบิวตาไดอีน ต่ำกว่าค่าความทนต่อแรงดึงของยางธรรมชาติ การเติมเส้นใยมะพร้าวลงไปในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงต่ำลง เพราะเกิดความเข้ากันไม่ได้ของพอลิเมอร์ผสม แต่การเติมใยมะพร้าวลงไปในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย เพราะความเข้ากันได้ของยางสไตรีนบิวตาไดอีนและใยมะพร้าว ดังเหตุผลที่กล่าวข้างต้น ส่งผลให้ใยมะพร้าวช่วยเสริมแรงในเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน ตามปริมาณของยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เพิ่มขึ้น

การทดสอบค่าการยืดตัว ณ จุดขาด พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร 5 phr พบว่าการยืดตัว ณ จุดขาด เพิ่มขึ้น เพราะสายโซ่โมเลกุลขยับได้ง่าย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของใยมะพร้าวที่ปริมาณ 10 และ 15 phr ทำให้การยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง เนื่องจากใยมะพร้าวขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโมเลกุล ดังนั้นการเติมใยมะพร้าวในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้การยืดตัว ณ จุดขาด ต่ำลง

5.1.2.4 ความถ่วงจำเพาะ

การทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน การเติมใยมะพร้าว 3 มิลลิเมตรลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด

5.1.2.5 สมบัติการหน่วงไฟ

อัตราเร็วของการเผาไหม้ พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าอัตราเร็วของการเผาไหม้เร็วขึ้น เพราะอีลาสโตเมอร์เป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่ยางธรรมชาติลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีนทำให้ค่าอัตราการเผาไหม้ของยางธรรมชาติสูงกว่า ทำให้ไม่ผ่านมาตรฐาน UL-94 HB การเติมใยมะพร้าวยาว 3 มิลลิเมตร 5, 10 และ 15 phr 50:50 ไม่ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เพราะใยมะพร้าวเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีเช่นเดียวกันกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน แต่ที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 70:30 และ 30:70 ผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB

5.1.3 ผลของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

5.1.3.1 สมบัติทางเสียง

การทดสอบระดับการส่งผ่านของเสียง พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่า ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสม มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่สูงกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่เมื่อปริมาณยางเพิ่มขึ้นมีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงจะลดลง เนื่องจากยางมีความแข็งน้อยกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด และการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าลงในพอลิเมอร์ผสมไม่ได้ช่วยเพิ่มความแข็งให้วัสดุ ทำให้การส่งผ่านของเสียงลดลง

5.1.3.2 ความแข็ง

การทดสอบค่าความแข็ง พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าลงไปไม่ได้ช่วยให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมสูงขึ้น เพราะอะลูมิน่าไม่ใช่เป็นสารตัวเติมเสริมแรงที่เพิ่มความแข็งให้กับวัสดุพอลิเมอร์

5.1.3.3 คุณสมบัติแรงดึง

การทดสอบค่ามอดุลัส พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่า มีค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่เติมลงไป เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่ากระจายตัวได้ดี ทำให้ขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุล จึงเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำได้ยากขึ้น ทำให้ค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น

การทดสอบความค่าความทนต่อแรงดึง พบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่าพอลิเมอร์ผสมมีค่าความทนต่อแรงดึงลดลงตามปริมาณของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่เติมลงไป เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่าไม่ช่วยเสริมแรงให้กับพอลิเมอร์ผสม

การทดสอบค่าการยืดตัว ณ จุดขาด พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่ายางธรรมชาติมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติเมื่อถูกยืดสามารถเกิดผลึกได้ การเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่ปริมาณ 10 30 และ 50 phr ลงไปในพอลิเมอร์ผสม พบว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีนมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่ายางธรรมชาติ เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่ามีความเป็นขั้วและยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีความเป็นขั้วต่ำๆ จึงส่งผลให้สารหน่วงไฟอะลูมิน่าเกิดการเข้ากันได้กับยางสไตรีนบิวตาไดอีนได้ดีกว่ายางธรรมที่ไม่มีขั้ว โดยสารหน่วงไฟอะลูมิน่าในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน มีการกระจายตัวที่ดี ทำให้เข้าไปขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ผสม ทำให้สายโซ่โมเลกุลเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลให้ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดสูงขึ้น

5.1.3.4 ความถ่วงจำเพาะ

การทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน การสารหน่วงไฟอะลูมิน่าลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะสารหน่วงไฟอะลูมิน่ามีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพอลิเมอร์ผสม

5.1.3.5 สมบัติการหน่วงไฟ

อัตราเร็วของการเผาไหม้ พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะอีลาสโตเมอร์เป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่ยางธรรมชาติลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีนทำให้ค่าอัตราการเผาไหม้ของยางธรรมชาติสูงกว่า ทำให้ไม่ผ่านมาตรฐาน UL-94 HB การเติมการเติมสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีค่าอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน

5.1.4 ผลของสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่มีผลต่อสมบัติทางเสียงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดผสมกับวัสดุอิลาสโตเมอร์

5.1.4.1 สมบัติทางเสียง

การทดสอบระดับการส่งผ่านของเสียง พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสม มีค่าระดับการส่งผ่านของเสียงที่สูงกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เนื่องจากเบนโทไนท์เป็นดินเมื่อนำไปผสมกับพอลิเมอร์ผสมทำให้เบนโทไนท์กระจายตัวเคลือบทั่วบริเวณพื้นผิวของพอลิเมอร์ผสม ส่งผลให้พื้นผิวของพอลิเมอร์ผสมมีความหนาแน่นและจับตัวกันแน่นขึ้น ทำให้เสียงส่งผ่านไปได้ยาก ส่งผลให้ค่าระดับการส่งผ่านของเสียงเพิ่มขึ้น

5.1.4.2 ความแข็ง

การทดสอบค่าความแข็ง พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ลงไปไม่ได้ช่วยให้ค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสมสูงขึ้น เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ไม่ใช่สารตัวเติมเสริมแรงที่เพิ่มความแข็งให้กับวัสดุพอลิเมอร์

5.1.4.3 คุณสมบัติแรงดึง

การทดสอบค่ามอดุลัส พบว่าค่ามอดุลัสของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่ามอดุลัสมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่า มีค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่เติมลงไป เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์กระจายตัวได้ดี ทำให้ขัดขวางการเคลื่อนไหวของสายโซ่โมเลกุล จึงเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำได้ยากขึ้น ทำให้ค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น

การทดสอบความค่าความทนต่อแรงดึง พบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติมีค่าความทนต่อแรงดึงมากกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ในพอลิเมอร์ผสมที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr พบว่าพอลิเมอร์ผสมมีค่าความทนต่อแรงดึงลดลงตามปริมาณของสารหน่วงไฟอะลูมิน่าที่เติมลงไป เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ไม่ช่วยเสริมแรงให้กับพอลิเมอร์ผสม

การทดสอบค่าการยืดตัว ณ จุดขาด พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด พบว่ายางธรรมชาติมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน เนื่องจากยางธรรมชาติเมื่อถูกยืดสามารถเกิดผลึกได้ การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ลงไปในพอลิเมอร์ผสม พบว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางธรรมชาติ มีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด สูงกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีน

5.1.4.4 ความถ่วงจำเพาะ

การทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ลงไปในพอลิเมอร์ผสม มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะสารหน่วงไฟเบนโทไนท์มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าพอลิเมอร์ผสม

5.1.4.5 สมบัติการหน่วงไฟ

อัตราเร็วของการเผาไหม้ พบว่าวัสดุอิลาสโตเมอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีน ที่นำไปผสมกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะอีลาสโตเมอร์เป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่าเอทิลีนไวนิลอะซิเตด แต่ยางธรรมชาติลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีนทำให้ค่าอัตราการ

เผาไหม้ของยางธรรมชาติสูงกว่า ทำให้ไม่ผ่านมาตรฐาน UL-94 HB การเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ในพอลิเมอร์ผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลอะซิเตดกับยางสไตรีนบิวตาไดอีนมีค่าอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตด เพราะยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่ลามไฟได้ดีกว่ายางสไตรีนบิวตาไดอีน โดยการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 10, 30 และ 50 phr ที่อัตราส่วนเอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางสไตรีนบิวตาไดอีน 70:30 และ 50:50 พบว่าผ่านมามาตรฐาน UL-94 HB เช่นเดียวกับการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ที่ปริมาณ 50 ที่อัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:ยางธรรมชาติ 70:30

ตารางที่ 5.1 แสดงองค์ประกอบของพอลิเมอร์ผสมตามอัตราส่วน เอทิลีนไวนิลอะซิเตด:อิลาสโตเมอร์โดยน้ำหนัก ที่สามารถลดต้นทุนให้กับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์

อัตราส่วน	**ลดต้นทุนในการผลิตต่อ 1 กิโลกรัมเป็นเงิน (บาท)**
EVA : SBR	
70 : 30	7.72
50 : 50	12.88
30 : 70	18.03
EVA : NR	
70 : 30	1.21
50 : 50	2
30 : 70	2.8

จากตารางที่ 5.1 พบว่าการผสมวัสดุอิลาสโตเมอร์ลงไปในทุกอัตราส่วนสามารถลดต้นทุนให้กับเอทิลีนไวนิลอะซิเตดที่ใช้งานในอุตสาหกรรมฉนวนกันเสียงภายในรถยนต์และสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุอิลาสโตเมอร์ได้ ยกตัวอย่าง เช่น ในอัตราส่วน EVA 70 / SBR 30 โดยราคาของเอทิลีน

ไวนิลแอซีเตด (EVA) ราคา 75.75 บาท/กิโลกรัม, ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR) ราคา 50 บาท/กิโลกรัม , ยางธรรมชาติ STR 5L ราคา 71.75 บาท/กิโลกรัม [การยางแห่งประเทศไทย]

เทียบบัญญัตยาง

ใช้ EVA 1 กิโลกรัมราคา 75.75 บาท

ถ้าใช้ EVA 0.7 กิโลกรัม จะใช้เงิน 0.7 x 75.75/1 = 53.02 บาท

ใช้ SBR 1 กิโลกรัมราคา 50 บาท

ถ้าใช้ SBR 0.3 กิโลกรัม จะใช้เงิน 0.3 x 50/1 = 15 บาท

ดังนั้นจะสามารถลดต้นทุนในการผลิตต่อ 1 กิโลกรัมเป็นเงิน 75.75 – (53.02+15) = 7.72 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรเพิ่มการทดสอบทางด้านสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง scanning electron microscope (SEM) เพื่อสังเกตุและวิเคราะห์ผิวของวัสดุรวมไปถึงโครงสร้างพอลิเมอร์ว่ามีความเข้ากันได้ดีหรือไม่ และการกระจายตัวของฟีลเลอร์หรือสารหน่วงไฟสามารถกระจายตัวได้ดีหรือไม่

บรรณานุกรม

[1] สาวิตรี ชัยรัตน์. (2255). **“ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและผลกระทบต่อ สุขภาพจากการเปลี่ยนระดับความสามารถในการได้ยินมาตรฐาน”**, วิทยาศาสตร์ สาขาวิชาอาชีวเวชศาสตร์,

[2] บจก.พยุงพงษ์. (2546). แผ่นแดมป์. สืบค้นจาก https://www.powersoundv9.com/tips/74damp.html.

[3] เดชฤทธิ์ พลเยี่ยม. (2019). เสียงคืออะไร. COVER STORY 2019 No.204, สืบค้นจาก http://www.soundstagemag.com

[4] LEGA CORPARATION. มลภาวะทางเสียง. สืบค้นจาก https://legatool.com/wp/4213

[5] วีทิต วรรณเลิศลักษณ์. (2560). ฟิสิกส์รอบตัว ตอน ฉนวนกัน เสียง. คลังความรู้ SciMath.

[6] กรมโรงงานอุตสาหกรรม.“**คูมือการจัดการสารเคมีอันตรายสูง ไวนิลอะซีเตตมอนอเมอร (Vinyl acetate monomer)**”, พิมพเมื่อ : ตุลาคม พ.ศ. 2551 ISBN 978-974- 357-808-8 จัดพิมพที่ : โรงพิมพแหงจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

[7] พงษ์ธร แซ่อุย. **ยาง: ชนิต สมบัติและการใช้งาน**, พิมพ์ครั้งที่ 2, ปทุมธานี:ศูนย์เทคโนโลยีโลหะ และวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค), 2548

[8] พงษ์ธร แซ่อุย, **สารเคมียาง**, พิมพ์ครั้งที่ 2, ปทุมธานี: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค), 2548

[9] วาสนา. (2541). ใยมะพร้าว. สืบค้นจาก http://kb.psu.ac.th

[10] Jha, N. K., Misra, A. C., and Bajai, P. (1984). **Flame-retardant additives for polypropylene. Macromol**. Sci. Chem. 24: 69-116.

[11] Yoshiyasu Mizuno. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง Alumina Ceramic : Application, Processing and Future Potential**.** จัดโดย สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. เมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2542.

[12] คชินท์ สายอินทวงศ์. Thai Ceramic Society. เบนโทไนท์ (Bentonite). สืบค้นจาก http://thai.sodium-cryolite.com

บรรณานุกรม (ต่อ)

[13] กิตติชาติ โหมาศวิน. **การใช้ใยมะพร้าวรวมกับยางพาราเพื่อเป็นฉนวนดูดซับเสียง.** Faculty of Architecture and Faculty of Education, Kasetsart University

[14] Leitao Cao, Qiuxia Fu, Yang Si, Bin Ding, Jianyong Yu. **Composites Communications**. 10 December 2018, 25-35 Short Review

[15] อนุชิต คำชาติ. **"ฉนวนกั้นเสียงจากยางธรรมชาติเติมขุยมะพร้าวที่มีการต้านทานต่อการติดไฟสูง".** ปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[16] Umberto Berardi, Gino lannace, **Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications.** Building and Environment Volume 94, 2 December 2015, 840-852

[17] นฤเบศร์ มั่นจิตร, **"การศึกษาสมบัติทางเสียงของวัสดุอิลาสโตเมอร์".** ปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[18] วริศรา บรภาค, ณรงค์ เชื่องชยะพันธุ์, สกุลรัตน์ พิชัยยุทธ์ และวรรณรัตน์ เชื่องชยะพันธุ์. **"ผลของปริมาณซิลิกาต่อสมบัติของยางธรรมชาติเสริมแรงด้วยซิลิกาที่มียางธรรมชาติอิพอกไซด์ เป็นสารเพิ่มความสามารถในการเข้ากัน".** การประชุมวิชาการระดับชาติ. วลัยลักษณ์วิจัย. ครั้งที่, 11 วันที่ 27-28 มีนาคม 2562

[19] D.Carolan. (2015). **Co-continuous polymer systems: A numerical investigation**. 98, pp 24-33

[20] Heng Zhang. (2019). **Synergistic Flame-Retardant Mechanism of Dicyclohexenyl Aluminum Hypophosphite and Nano-Silica Polymers**. 11(7), 1211

บรรณานุกรม (ต่อ)

[21] อุษารัตน์ รัตนคำนวณ. (2557). **ผลของพลาสติไซเซอร์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของฟิล์มเซลลูโลสเอสเทอร์จากฟางข้าวและเปลือกข้าวโพด. กรุงเทพมหานคร:**ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

[22] Shan Hu. (2012). **Effects of aluminum oxide on combustion behavior of intumescent fire-retarded polypropylene composites**. Applied Mechanics and Materials. 120, pp 598-602

[23] การยางแห่งประเทศไทย. (2559). สืบค้นจาก https://www.raot.co.th/rubber2012/menu5.php

ภาคผนวก ก
การนำเสนอผลงานทางวิชาการ

The 5th Rajamangala Manufacturing and Management Technology Conference 2020
การประชุมวิชาการราชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 5
RMTC2020
Production Technology and Management for Improving Smart Farming
Proceedings
Conference2020
3-4 September 2020,K.P. Grand Hotel Chanthaburi
www.rmtc2020.org
Conference Topics
- Production and Operations Management
- Manufacturing engineering
- Materials Science and Applications
- Supply Chain and Logistics
- Industrial Education
- Other Related fields

สาขาวิชาในการประชุม

- การจัดการการผลิตและการดำเนินงาน (Production and Operations Management)
- วิศวกรรมการผลิต (Manufacturing Engineering)
- วัสดุศาสตร์และการประยุกต์ใช้งาน (Materials Science and Application)
- โซ่อุปทานและโลจิสติกส์ (Supply Chain and Logistics)
- ครุศาสตร์อุตสาหกรรม (Industrial Education)
- สาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง (Other Related Fields)

ประธานคณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ RMTC 2020

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์	ปุระมงคล	(มทร.ตะวันออก)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธุ์เดช	นนท์แสงโรจน์	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์ฐิติ	หมอรักษา	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์จิรวัฒน์	ณ พัทลุง	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์ศราวธ	จันทร์กลาง	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์ยิ่งยศ	ทิพย์ศรีราช	(มทร.ตะวันออก)
อาจารย์สมมารถ	ศรีประเทือง	(มทร.ตะวันออก)
นายพิชิตชัย	เรือน้อย	(มทร.ตะวันออก)
นางสาววรรณิสา	อยู่สนอง	(มทร.ตะวันออก)

คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ RMTC 2020 ประจำเครือข่าย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนินท์	มีมนต์	(มทร.ธัญบุรี)	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสพิรุฬห์	วัชรศรีสำเริง	(มทร.สุวรรณภูมิ)	รองประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย	ต่อสกุล	(มทร.ธัญบุรี)	กรรมการ
รองศาสตราจารย์สุรสิทธิ์	ระวังวงศ์	(มทร.ศรีวิชัย)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชระ	กัญจนกาญจน์	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนทโชติ	อุดมศรี	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการ
อาจารย์สัญญา	คำจริง	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณน	สุจารี	(มทร.รัตนโกสินทร์)	กรรมการ
อาจารย์เนรัญชลา	กำไลทอง	(มทร.รัตนโกสินทร์)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นทีชัย	ผัสดี	(มทร.ล้านนา)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แมน	ตุ้ยแพร่	(มทร.ล้านนา)	กรรมการ
อาจารย์สุทธิพงษ์	จำรูญรัตน์	(มทร.พระนคร)	กรรมการ
อาจารย์ธวัชชัย	ชาติตำนาญ	(มทร.พระนคร)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย	จันทร์มณี	(มทร.กรุงเทพ)	กรรมการ
อาจารย์ ดร.ฤทธิชัย	เภาเนียม	(มทร.กรุงเทพ)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์	วรรณศรี	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติวัฒน์	นิธิกาญจนธาร	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์	ธรรมแสง	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิสิษฐ์	ศรีน้อย	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธุ์เดช	นนท์แสงโรจน์	(มทร.ตะวันออก)	กรรมการ
อาจารย์จิรวัฒน์	ณ พัทลุง	(มทร.ตะวันออก)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูไอดี	สนิ	(มทร.ศรีวิชัย)	กรรมการและเลขานุการ
อาจารย์ฐิติ	หมอรักษา	(มทร.ตะวันออก)	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการ RMTC 2020 ด้านบทความ

อาจารย์ยิ่งยศ	ทิพย์ศรีราช	ประธานกรรมการ
อาจารย์ขวัญจิต	ออกเวหา	รองประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดนัย	ทองธวัช	กรรมการ
อาจารย์วชิรธร	จันทร์ชมภู	กรรมการ

อาจารย์กฤษฎา	เจริญมูล	กรรมการ
อาจารย์ยุพา	บุญมี	กรรมการ
อาจารย์สุจิตรา	ทิพย์ศรีราช	กรรมการและเลขานุการ

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Reviewer)

ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์	พงศ์ศุภสมิทธิ์	ข้าราชการบำนาญ
ศาสตราจารย์ ดร.สิน	พันธ์พินิจ	ข้าราชการบำนาญ
ศาสตราจารย์ ดร.วิไล	รังสาดทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร	เก่งพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์	ปิตาคะโส	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา	เศรษฐนันท์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ทศพล	เกียรติเจริญผล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรเดช	วุฒิพรพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์	สุรนันทชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วารุณี	เปรมานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.มณิศรา	พิริยวิรุฒม์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ประชา	บุณยวานิชกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.กัณวริช	พลูปราชญ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ	รัตนวิไล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์ศิริ	สิงห์เถือน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์เลิศชัย	ระตะนะอาพร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.เสมอจิตร	หอมรสสุคนธ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุดสาคร	อินธิเดช	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.นุชสรา	เกรียงกรกฎ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา	เกรียงกรกฎ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์	แก้วพลอย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
รองศาสตราจารย์ ดร.ประยูร	สุรินทร์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนนาถ	กฤตวรกาญจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.นิวิท	เจริญใจ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุท	เกษมเศรษฐ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ	สุดสนธิ์	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ	กล่อมจิตร	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน	สนธิเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย	บันเทิงจิตร	มหาวิทยาลัยสยาม
รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์	เทพพิทักษ์	มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์จันทร์ฑา	นาควชิรตระกูล	มหาวิทยาลัยบูรพา
รองศาสตราจารย์วรัญญา	โนนม่วง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
รองศาสตราจารย์สุรสิทธิ์	ระวังวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
รองศาสตราจารย์เดช	เหมือนขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
รองศาสตราจารย์ไพบูลย์	แย้มเผื่อน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัสชนก	จงประสิทธิ์พร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติวัฒน์	สิริเกษมสุข	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์	รัตนพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น	สังขพงศ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภิสพร	มีมงคล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สวัสดิ์	ภาระราช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิวัฒน์	มุตตามระ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวรรณ	คล้อยภยันต์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสวัชร	นาคเขียว	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนิรุท	ไชยจารุวณิช	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิดา	สุนารักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา	ลาสุนนท์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ	มีโส	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา	ศิลปษา	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลิน	เพียรทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ	สินธุเชาวน์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศร	ภูนิคม	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กสิณ	รังสิกรรพุม	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต	มณีศรี	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒตรา	ศรีญาณลักษณ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์	พรสิงห์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์เพ็ญ	อนุรัตนานนท์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยณัฐ	โตอ่อน	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมลักษณ์	วรรณฤมล กีเยลาโรว่า	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธนิตย์	พุทธพนม	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โพธิ์งาม	สมกุล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา	วิทยศักดิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา	ประสพชัยชนะ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สม.เสียง	จันทาสี	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรันธชา	เครือฟู	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปุณยิศา	คืนดี	มหาวิทยาลัยสยาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวะ	วสุนธราภิวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล	มงคลธนวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์	เจริญสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจตน์จรรย์	อาจไธสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธุ์เดช	นนท์แสงโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประหยัด	กองสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา	ศรีสัตยกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม	ศิราวุธ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรินทร์	สิทธิเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์	ศิริรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรวัตร	ลือสัก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นทีชัย	ผัสดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศกร	สุรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี	หอมเชียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูไฮดี	สนิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยงยุทธ	ดุลยกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์พันธ์	ราชภักดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวกร	มุกสาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์	ธรรมแสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย	สิทธิวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาภิญญ์	อัตตฤทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมใจ	บุญหมื่นไวย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรพจน์	วัชโรภากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิชัย	สง่างาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รพีพงษ์	เปี่ยมสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี	กาญจนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎางค์	ศุกระมูล	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ (เพชรบุรีวิทยาลงกรณ์)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระยุทธ	สุดสมบูรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัทธพงศ์	นันทสำเริง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภีม	พรประเสริฐ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวรุจน์	อิ่มโพ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐภูมิ	เถาชารี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมพงษ์	เกศศรีพงษ์ศา	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระชัย	แสงฉาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยยุทธ	มีงาม	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภชัย	ชัยณรงค์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กุลยุทธ	บุญเซ่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อาจารย์ ดร.จรสวรรณ	โกยวานิช	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ ดร.ธนกฤต	โชติภาวริศ	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ ดร.นรา	สมัตถภาพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อาจารย์ ดร.สุริยา	จิรสถิตสิน	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อาจารย์ ดร.กุลภัสร์	ทองแก้ว	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อาจารย์ ดร.วิเรขา	คำจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.ศักดิ์ดา	คำจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.ทศพร	จูฉิม	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อาจารย์ ดร.วาปี	มโนภินิเวศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.สาลินี	สันติธีรากุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.ชวิศ	บุญมี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.ชุลีพร	ป่าไร่	มหาวิทยาลัยนเรศวร
อาจารย์ ดร.สิทธิชัย	แซ่เหล่ม	มหาวิทยาลัยศิลปากร
อาจารย์ ดร.นรงค์	วิชาผา	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจารย์ ดร.อาจารี	แสงเสถียร	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจารย์ ดร.ไขยา	โฉมเฉลา	มหาวิทยาลัยนครพนม

อาจารย์ ดร.สุนิสา	คำสุข	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.โรสมารินทร์	สุขเกษม	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.พิชชานันท์	วงศ์ศิริธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
อาจารย์ ดร.วัชนะชัย	จูมผา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
อาจารย์ ดร.พิษณุ	ทองขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อาจารย์ ดร.กฤษฎา	เหล็กดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อาจารย์ ดร.ภาณุเดช	แสงสีดำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
อาจารย์ ดร.กิตติ	วิโรจรัตนาภาพิศาล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อาจารย์ ดร.จิรวัฒน์	วรวิชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อาจารย์ ดร.ปริดา	จิ๋วปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อาจารย์ ดร.อุกฤษฎ์	ธนทรัพย์ทวี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
อาจารย์ ดร.พิชิต	เพ็งสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
อาจารย์ ดร.สุรเชษฐ์	เถื่อนแก้วสิงห์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อาจารย์ ดร.นิตยา	ภูงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อาจารย์ ดร.รุ่งวสันต์	ไกรกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อาจารย์ ดร.วิทยา	ดาวดอน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อาจารย์ ดร.อัชชัย	พุ่มพวง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อาจารย์ ดร.วรรณนิศา	นุชคุ้ม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อาจารย์ ดร.สุกานดา	กลิ่นขจร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อาจารย์ ดร.ปทิตตา	นาควงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อาจารย์ ดร.วิทวัส	สิงห์สังข์	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ ดร.พูนธนะ	ศรีสระคู	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
อาจารย์ ดร.ชำนาญ	พูลสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อาจารย์ ดร.ผจงจิต	พิจิตบรรจง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
อาจารย์ ดร.ทำนอง	ชิดชอบ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
อาจารย์ ดร.วิทยา	อินทร์สอน	วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
MSA113	**ผลของเส้นใยธรรมชาติต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิทระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและพอลิโพรพิลีน** จุฑามาศ กอดสะอาด, วีราภรณ์ ผิวสอาด และสมหมาย ผิวสอาด	773
MSA115	**การผลิตแผ่นประกอบจากเศษกระจูดเหลือใช้จากงานหัตถกรรมในชุมชนทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง** เดช เหมือนขาว, ยงยุทธ ดุลยกุล และชัยยุทธ มีงาม	779
MSA116	**การปรับปรุงคุณภาพใบมีดสับอ้อยด้วยการเชื่อมพอกผิวแข็ง** กานต์ วิรุณพันธ์, พิบูลย์ เครือคำอ้าย, ธนารักษ์ สายเปลี่ยน และจุมพล ชัยประเดิมศักดิ์	786
MSA117	**ผลของความหนาของแผ่นฟิล์มพอลิเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่มีต่อการสกัดยูเรเนียมจากน้ำทะเล** สุรบดินทร์ อุตมัง และวรีภรณ์ รัตนิสสัย	798
MSA118	**การศึกษาโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของอะลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ที่ผ่านกระบวนการหล่ออัดแบบกึ่งของแข็ง** รอมฎอน บูระพา, สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ และจักรนรินทร์ ฉัตรทอง	804
MSA119	**การวิเคราะห์ลักษณะและสมบัติของการนำกลับไปใช้ใหม่ของวัสดุคอมโพสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยคาร์บอน** ปฏิภาณ อัตยัง, ศิวกิต ลาภอุทัยกาญจน์, กฤษนันท์ ผิวงาม, พรรณทิวา มณีฉาย และนที ศรีสวัสดิ์	811
MSA120	**การย่อยสลายสารอินทรีย์มลพิษโดยใช้วัสดุนาโนโมลิบดีนัมออกไซด์ที่เจือด้วยรูทีเนียม** จจิยา ศูนย์กลาง, ธัญญารัตน์ พงษ์ต้น และวิรันธชา เครือฟู	819
MSA121	**ตัวตรวจจับเอทานอลประสิทธิภาพสูงโดยใช้อนุภาคนาโนโมลิบดีนัมออกไซด์** ธัญญารัตน์ พงษ์ต้น, พิมพรรณ เลี้ยงถนอม, อังคณา อินปั่น และวิรันธชา เครือฟู	825
MSA122	**อนุภาคผสมขนาดนาโนของทินออกไซด์/รีดิวซ์กราฟีนออกไซด์: ลักษณะสัณฐานวิทยาและสมบัติของฟิล์มตรวจจับ** พิมพ์ธนารัตน์ มุ่งการ, พิมพรรณ เลี้ยงถนอม และวิรันธชา เครือฟู	830
MSA123	**การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบและอัตราป้อนที่มีผลต่อแรงกดและแรงบิดในกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานกับวัสดุอัลลูมิเนียมอัลลอย 6061-1** ธงชัย เพ็งจันทร์ดี และศิริชัย ต่อสกุล	835
MSA124	**การศึกษาประสิทธิภาพการกัดด้วยไฟฟ้าโดยใช้อิเล็กโตรดทองแดงต่างชนิดในชิ้นงานเหล็กกล้างานเย็น K110** นพวิชญ์ คงคาทะนะ และชัยยะ ปราณีตพลกรัง	841
MSA125	**ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเชื่อมประสานในโครงสร้างจุลภาคและผลของกรดกัดขึ้นลายของเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1020 และ AISI 4140 ในกระบวนการตีขึ้นรูปมีดลาย** กฤช รนรักษา, ชวนันท์ ทองโยธี, คนึงนิตย์ จับใจเหมาะ และบุญส่ง ฤทธิ์ตา	846
MSA126	**การพัฒนาความเป็นฉนวนกันเสียงและสมบัติการหน่วงการติดไฟของเอทิลีนไวนิลแอซิเตด** เขมทัต เขียวหวาน และฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย	852

รหัสบทความ MSA-126

การพัฒนาความเป็นฉนวนกันเสียงและสมบัติการหน่วงการติดไฟของเอทิลีนไวนิลแอซิเตด
DEVELOPMENT OF SOUND INSULATION AND FLAME RETARDANT PROPERTIES FOR ETHYLENE VINYL ACETATE (EVA)

เขมทัต เขียวหวาน[1*] และฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย[2]
[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
E-mail: Khammathat_k@mail.rmutt.ac.th*

Khammathat Khiewwan[1*] and Chuntip Sakulkhaemruethai[2]
[1,2] Department of Materials and Metallurgical Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Thunyaburi
E-mail: Khammathat_k@mail.rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะพัฒนาสมบัติฉนวนกันเสียง และสมบัติต้านทานการติดไฟ โดยใช้พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทผสมกับยางธรรมชาติ ผสมในอัตราส่วน 30:70,50:50 และ 70:30 phr ใช้สารเติมแต่งซิลิกาในปริมาณ 10,20 และ 30 phr เบนโทไนต์ในปริมาณ 10,30 และ50 phr เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ใช้เทคนิคการผสมด้วยเครื่องผสมสองลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส และนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทดสอบสมบัติเชิงกล ทดสอบสมบัติทางเสียง และสมบัติต้านทานการติดไฟ จากผลการทดสอบพบว่ายางธรรมชาติผสมเอทิลีนไวนิลแอซิเตดที่มีการผสมซิลิกา EVA/NR/Silica 70/30/20 มีสัมประสิทธิ์การกันเสียงที่ดีที่สุด และ ยางธรรมชาติผสมเอทิลีนไวนิลแอซิเตดที่มีการเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนท์ EVA/NR/B 70/30/30 มีสัมประสิทธิ์การต้านการติดไฟที่ดีที่สุด

คำสำคัญ : ฉนวนกันเสียงและการต้านทานการติดไฟ, พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท, ยางธรรมชาติ, ซิลิกา, เบนโทไนต์

Abstract

The research aims to develop sound insulation properties and flammable properties using ethylene vinyl acetate plastic mixed with natural rubber. Mixed in a ratio of 30:70,50:50 and 70:30 phr, use silica additives in amounts of 10,20 and 30 phr. Bentonite in doses 10,30 and 50 phr to find the right ratio. Use the technique of mixing with a two-roller mixer at 135 °C and forming it with an extruder at 130 °C and test the physical properties. Mechanical Treasure Test The test results showed that natural rubber mixed with ethylene vinyl acetede with EVA/NR/Silica 70/30/20 with the best sound retardant coefficient and natural rubber mixing ethylene vinyl acetead with EVA/NR/B flame retardant 70/30/30.

Keywords : Sound insulation and Flame retardant, Ethylene vinyl acetate, Natural rubber, silica, Bentonite

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันปัญหาเรื่องเสียงรบกวนจากภายนอกที่เล็ดลอดเข้ามาในห้องโดยสาร ไม่ว่าจะเป็นเสียงลม เสียงยาง เสียงเครื่องยนต์ ฯลฯ มักเป็นปัญหาที่สร้างความรำคาญให้ผู้ใช้รถเป็นอย่างมาก สาเหตุอาจเกิดจากขอบยางประตูที่เสื่อมสภาพ แต่แท้จริงแล้วอาจเป็นการลดต้นทุนของผู้ผลิต ทำให้มีเสียงเล็ดลอดเข้ามาได้มาก ทำให้เกิดเสียงรบกวนในขณะขับรถ ซึ่งอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้[1] จึงได้มีการคิดค้นแผ่นดูดซับเสียงที่ทำมาจากยางมะตอย เพื่อช่วยในการลดเสียงที่เข้ามาในห้องโดยสาร ชื่อว่าแผ่นแดมป์ ซึ่งมีสมบัติในการดูดซับเสียง ลดการสั่นสะเทือนของพื้นผิวซึ่งเป็นที่มาของการเกิดเสียงอย่างไรก็ตาม แผ่นแดมป์ก็ยังมีข้อเสีย คือ การทนต่อความร้อนสูงๆได้ไม่ดีเกิดการหลอมละลายไว ส่งผลให้รูปร่างของแผ่นแดมป์เปลี่ยนไปเมื่อแผ่นแดมป์เกิดการละลายจะปล่อยสารคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในรถยนต์ส่งผลให้เกิดมลพิษภายในรถยนต์[2]

ผู้ทำวิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหานี้จึงได้มีการพัฒนาฉนวนกั้นเสียงที่ทำมาจากเอทิลีนไวนิลอะซิเตท (Ethylene vinyl acetate ; EVA) นิยมนำมาผลิตเป็นแผ่นฝ้าเพดานและผนังดูดซับเสียงมาปรับใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ และใช้ยางธรรมชาติมาผสมเพื่อช่วยในการผสมสารเคมีได้ง่ายขึ้น รวมถึงเพิ่มมูลค่าของยางธรรมชาติ โดยใช้ซิลิกา (Silica) ซึ่งเป็นสารเติมแต่งจำพวกสารเสริมแรงที่ทำให้วัสดุมีความแข็งแรงขึ้น เมื่อวัสดุมีความแข็งเพิ่มขึ้นสมบัติการกันเสียงก็จะยิ่งมากขึ้น และใช้สารหน่วงไฟ เบนโทไนต์ (Bentonite) เป็นวัสดุกลุ่มนาโนเคลย์ที่ใช้สารในกลุ่มนี้เพราะไม่ปล่อยสารพิษออกมาเมื่อเกิดการเผาไหม้ลดสมบัติการติดไฟและเพิ่มอุณหภูมิเสื่อมสลายของพอลิเมอร์

ดังนั้นในการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะพัฒนาสมบัติฉนวนกันเสียง และสมบัติต้านทานการติดไฟ โดยใช้พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทผสมกับยางธรรมชาติ และใช้สารเติมแต่งซิลิกาและเบนโทไนต์

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ใช้วัสดุสารเคมี ซิลิกา (Silica) ของบริษัท นิคอินเตอร์เคท จำกัด, สารหน่วงไฟเบนโทไนท์ (Bentonite) เกรด SCA-1 บริษัท THAI NIPPON CHEMICAL INDUSTRY CO.,LTD. ยางธรรมชาติ (Natural Rubber; NR) เกรด STR 5L ของบริษัทไทยฮั้วยางพาราประเทศไทย จำกัด (มหาชน) และเม็ดพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท (Ethylene Vinyl Acetate) เกรด N8038 บริษัท ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน) ได้รับความอนุเคราห์จาก บริษัทยูนิโปรแมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด

2.2 ตารางสูตร

ตารางที่ 1 แสดงสูตรที่ใช้ทดลองที่เติมซิลิกา

วัสดุ / EVA : NR	Silica (phr)			
70 : 30 50 : 50 30 : 70	0	10	20	30

ตารางที่ 2 แสดงสูตรที่ใช้ทดลองที่เติมเบนโทไนต์

วัสดุ / EVA : NR	Bentonite (phr)			
70 : 30 50 : 50 30 : 70	0	10	30	50

2.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงาน

ใช้เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill) ในการผสมเม็ดพลาสติก ยางธรรมชาติ และสารเคมีให้เข้ากันใช้อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ในการผสม หลังจากผสมเสร็จแล้วนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) ใช้เวลาในการอัดขึ้นรูป 3 นาที แล้วนำไป Cooling ต่ออีก 3 นาที แล้วจะได้ชิ้นงานออกมาชิ้นงานที่ได้จะมีความหนา 3 mm. กว้าง 20 cm. ยาว 20 cm.

2.4 การทดสอบสมบัติ

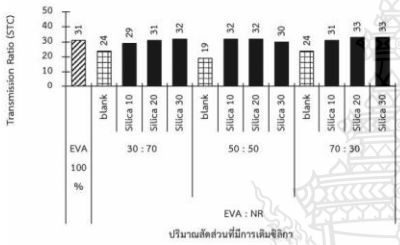
ในขั้นตอนการทดสอบนำพอลิเมอร์ผสมที่ไม่ได้ใส่สารเคมีมาทดสอบสมบัติต่างๆ เปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ผสมที่ใส่สารเคมี โดยทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ทดสอบการทดสอบสมบัติทางเสียง มาตรฐาน ASTM E1050 ทดสอบการลามไฟ มาตรฐาน UL94 ทดสอบความแข็งโดยเครื่อง Durometer (Shore A) ทดสอบความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) มาตรฐาน ASTM D792

3. ผลการวิจัย

3.1 ทดสอบสมบัติทางเสียง

สมมุติว่าการกันเสียงมีค่าที่ 40 หมายความว่าคลื่นความถี่นั้นถ้าปล่อยเสียงออกม 100 dB จะถูกกันไว้ 40 และ

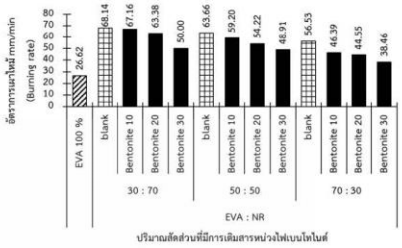
ผ่านไป 60 dB ซึ่งในการวัดค่าการกั้นเสียงในโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตฉนวน จะมีการนำค่าในช่วงความถี่ต่างๆ มาคำนวณหาค่า STC (Sound transmission Class) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของเสียงในช่วงคลื่นความถี่ตั้งแต่ 125-4000 Hz โดย **รูปที่ 1** แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบ EVA กับ EVA ผสมยางธรรมชาติที่ไม่มีการเติมซิลิกา จะเห็นได้ว่า EVA มีค่า STC สูงกว่า แต่เมื่อเติมซิลิกาเข้าไปใน EVA ผสมยางธรรมชาติ พบว่ามีค่า STC สูงขึ้น แสดงว่าการเติมซิลิกาใน EVA ผสมยางธรรมชาติส่งผลต่อการกั้นเสียงที่เพิ่มขึ้น โดย EVA/NR/Silica 70/30/20 มีสัมประสิทธิ์การกั้นเสียงที่ดีที่สุด



รูปที่ 1 แสดงค่า Sound Transmission Loss (dB) ของวัสดุที่มีการเติมซิลิกา

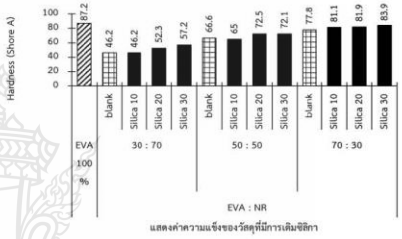
3.2. ทดสอบการลามไฟ

จาก **รูปที่ 2** พบว่า EVA มีอัตราเร็วของการเผาไหม้ผ่านมาตรฐาน UL94 แบบ HB test แต่เมื่อ EVA ผสมกับยางธรรมชาติมีอัตราเร็วของการเผาไหม้ไม่ผ่านมาตรฐาน UL94 แบบ HB test เนื่องจากยางธรรมชาติมีความว่องไวต่อการเผาไหม้ โดยเมื่อเติมสารหน่วงไฟ Bentonite เข้าไป จะเห็นได้ว่ามีอัตราเร็วของการเผาไหม้ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในอัตราส่วนของยางธรรมชาติที่น้อยกว่า EVA เนื่องจากเบนโทไนต์ เป็นวัสดุประเภทนาโนเคลย์ที่ทนต่ออุณหภูมิได้สูง เมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดเขม่าปกคลุมบริเวณที่เกิดการลุกไหม้ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปได้เลยส่งผลทำให้อัตราเร็วในการเผาไหม้ลดลงและช่วยเพิ่มความทนทานต่อความร้อน [3] โดยอัตราส่วน 70/30/30 มีอัตราเร็วในการเผาไหม้ที่ดีที่สุด



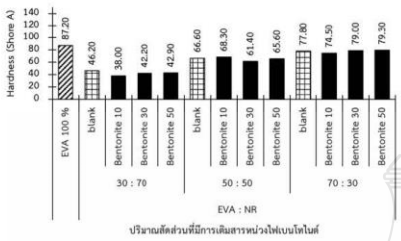
รูปที่ 2 แสดงค่าการทดสอบอัตราเร็วของการเผาไหม้ (Horizontal Burning Test)

3.3 ทดสอบความแข็ง



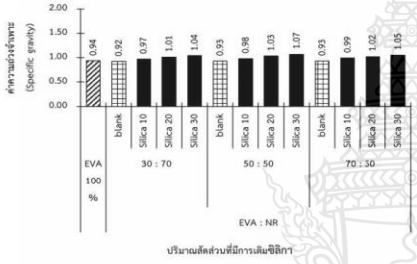
รูปที่ 3 แสดงค่าความแข็งของวัสดุที่มีการเติมซิลิกา

จาก **รูปที่ 3** เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของ EVA และ EVA ผสมยางธรรมชาติที่ไม่มีการเติมซิลิกา จะเห็นได้ว่า EVA มีค่าความแข็งสูงกว่า แต่เมื่อเติมซิลิกาเข้าไปใน EVA ผสมยางธรรมชาติ พบว่าในอัตราส่วนที่มียางธรรมชาติ 70% มีค่าความแข็งน้อยกว่าอัตราส่วนยางธรรมชาติ 30% เพราะยางธรรมชาติมีความนิ่มและยืดหยุ่นทำให้มีค่าความแข็งลดลง **รูปที่ 4** เป็นการเติมสารหน่วงไฟ เบนโทไนต์ จะเห็นได้ว่า EVA ผสมยางธรรมชาติในอัตราส่วนที่มียางธรรมชาติ 70% มีค่าความแข็งน้อยกว่าอัตราส่วนยางธรรมชาติ 30% เพราะยางธรรมชาติมีความนิ่มและยืดหยุ่น โดยยางธรรมชาติช่วยให้เติมสาร เบนโทไนต์ ได้ง่ายขึ้น เนื่องจาก เบนโทไนต์เป็นนาโนเคลย์ที่เป็นดินชนิดหนึ่ง จึงทำให้มีค่าความแข็งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ EVA และ EVA ผสมยางธรรมชาติที่ไม่มีการเติม เบนโทไนต์



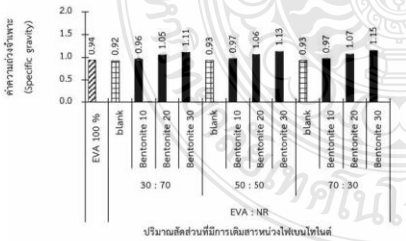
รูปที่ 4 แสดงค่าความแข็งของวัสดุที่มีการเติมเบนโทไนต์

3.3 ทดสอบความถ่วงจำเพาะ



รูปที่ 5 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่มีการเติมซิลิกา

จาก **รูปที่ 5,6** แสดงให้เห็นว่า EVA กับ EVA ผสมยางธรรมชาติที่ไม่มีการเติมสารเติมแต่งมีค่าความถ่วงจำเพาะที่ใกล้เคียงกัน โดย **รูปที่ 5** เป็นการเติมซิลิกาลงไปใน EVA ผสมยางธรรมชาติ พบว่ามีค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ EVA และ EVA ผสมยางธรรมชาติที่ไม่มีการเติมสารเติมแต่ง ใน **รูปที่ 6** เป็นการเติมสารหน่วงไฟ Bentonite จะเห็นได้ว่าในปริมาณของ เบนโทไนต์ ที่สูงขึ้นส่งผลทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน



รูปที่ 6 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่มีการเติมเบนโทไนต์

4. อภิปรายผล

ผลการวิจัยความเป็นฉนวนกันเสียง สอดคล้องกับ Yang H. และคณะ [5] และ Ardanuy M. และคณะ [6] ที่ได้ทำการศึกษาสมบัติทางเสียงของวัสดุ พบว่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าการกันเสียง (STC) สูงขึ้น แต่บทความของ วีทิต วรรณเลิศลักษณ์ (2560) [7] ได้ระบุว่าเมื่อวัสดุมีความแข็งที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้สามารถกันเสียงได้ดีขึ้น ทำให้ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีผลการทดสอบที่อัตราส่วน EVA 30/NR 70/Silica 30 มีความแข็งอยู่ที่ 57.2 มีค่า STC อยู่ที่ 32 แต่อัตราส่วน EVA 70/NR 30/Silica 30 มีความแข็งอยู่ที่ 83.9 มีค่า STC อยู่ที่ 33 จึงสรุปผลได้ว่าอัตราส่วนที่มีค่าความแข็งที่ต่ำก็สามารถกันเสียงได้ดี และผลการวิจัยการต้านทานการติดไฟสอดคล้องกับ เกียรติศักดิ์ ทองสม [3] ที่ใช้เบนโทไนต์เป็นสารหน่วงไฟในยางธรรมชาติ โดยเมื่อเติมสารหน่วงไฟเบนโทไนต์เข้าไป จะเห็นได้ว่ามีอัตราเร็วของการเผาไหม้ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเบนโทไนต์เป็นวัสดุประเภทนาโนเคลย์ที่ทนต่ออุณหภูมิได้สูง เมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดเขม่าปกคลุมบริเวณที่เกิดการลุกไหม้ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปได้เลยส่งผลทำให้อัตราเร็วในการเผาไหม้ลดลงและช่วยเพิ่มความทนทานต่อความร้อน

5. สรุป

จากการพัฒนาสมบัติความเป็นฉนวนกันเสียงและการต้านทานการติดไฟของ EVA และ EVA ผสมยางธรรมชาติที่มีการเติมสารเติมแต่ง (ซิลิกาและเบนโทไนต์) พบว่าการเติมซิลิกาที่ปริมาณมากขึ้นมีผลกับความหนาแน่นและความแข็งที่สูงขึ้น ส่งผลต่อสมบัติทางเสียงที่สูงขึ้น โดย EVA/NR/Silica 70/30/20 มีสัมประสิทธิ์การกันเสียงที่ดีที่สุด แต่ EVA ผสมยางธรรมชาติที่ไม่มีการเติมสารเติมแต่งพบว่ามีผลทำให้ความหนาแน่นและความแข็งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ EVA ส่งผลทำให้สมบัติทางเสียงลดลง และการเติมเบนโทไนต์พบว่า EVA ผสมกับยางธรรมชาติมีอัตราเร็วของการเผาไหม้ไม่ผ่านมาตรฐาน UL94 แบบ HB test เนื่องจากยางธรรมชาติมีความว่องไวต่อการเผาไหม้ โดยเมื่อเติมสารหน่วงไฟ Bentonite เข้าไป จะเห็นได้ว่ามีอัตราเร็วของการเผาไหม้ลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยอัตราส่วน 70/30/30 มีอัตราเร็วในการเผาไหม้ที่ดีที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ได้รับความอนุเคราะห์วัสดุที่ใช้ในการทดลองจากบริษัท ยูนิโปรเมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด และความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทดสอบจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สาวิตรี ชัยรัตน์, "ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนระดับความสามารถในการได้ยินมาตรฐาน", วิทยาศาสตร์ สาขาวิชาอาชีวเวชศาสตร์, (2255).

[2] POWERSOUND, ข้อมูลจาก https://www.powersoundv9.com/tips/74-damp.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 มิถุนายน 2561)

[3] เกียรติศักดิ์ ทองสม และ ฉันท์ทิพ สกุลเชษฐ์ทัย, ผลของการเติมเบนโทไนซ์ต่อสมบัติของยางธรรมชาติ ; พฤติกรรมการคงรูป สมบัติเชิงกล และความต้านทานต่อการติดไฟ, The TNI Academic Conference 2017 ครั้งที่ 4 ภายใต้หัวข้อ "การจัดการวิจัยเชิงนวัตกรรมเพื่อขับเคลื่อนประเทศไทย 4.0", 19 พฤษภาคม 2560, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, หน้า 37-42.

[4] Yang H., Kim, D. and Kim, H., 2003, "Rice Straw–Wood Particle Composite for Sound Absorbing Wooden Construction Materials", Bioresource Technology, Vol. 86(2), pp. 117-121.

[5] Ardanuy, M., Claramunt, J. and Filho, R., 2015, "Cellulosic Fiber Reinforced Cement-Based Composites: A Review of Recent Research", Construction and Building Materials, Vol. 79(15), pp. 115-128.

[6] วีทิต วรรณเลิศลักษณ์, "ฟิสิกส์รอบตัว ตอน ฉนวนกันเสียง", คลังความรู้ SciMath, พุธ 14 มิถุนายน 2560.

[7] พงษ์ธร แซ่อุย. (2550), "การใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมในยาง", วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียาง วารสารเพื่อการพัฒนาของอุตสาหกรรม ไทย, 1(2), 30-38

NIMT
การประชุมวิชาการราชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิต และการจัดการ 2020 ครั้งที่ 5
RMTC 2020
The 5 Rajamangala Manufacturing & Management Technology Conference 2020
Production Technology and Management for Improving Smart Farming
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ขอมอบเกียรติบัตรเพื่อรับรองว่าผลงานวิจัย
MSA126 : การพัฒนาความเป็นฉนวนกันเสียงและสมบัติการหน่วงการติดไฟของเอทิลีนไวนิลแอซิเตด
โดย
เขมทัต เขียวหวาน และฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย
ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิและได้นำเสนอผลงานประเภท Oral Presentation
ในการประชุมวิชาการราชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ 2020
(Rajamangala Manufacturing & Management Technology Conference 2020 : RMTC2020) ครั้งที่ 5
ระหว่างวันที่ 3 - 4 กันยายน 2563 ณ โรงแรมเคพีแกรนด์ จังหวัดจันทบุรี
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธุ์เดช นนท์แสงโรจน์)
รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ ปุระมงคล)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายเขมทัต เขียวหวาน
วัน เดือน ปี	8 ธันวาคม 2538
ที่อยู่	11 ม.4 ต.บางพระ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช 80140
การศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมพอลิเมอร์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปีการศึกษา 2536
ประสบการณ์การงาน	-
เบอร์โทรศัพท์	062-0873451
อีเมล์	khammathat318@gmail.com