รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้ยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังป้องกันเสียง
และความร้อนภายในอาคาร
Using Natural Rubber Mixed with Coconut Coir for
Casting Indoor Acoustic and Thermal Insulation Board

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล
อาจารย์อิทธิ วีรานุกูล
ว่าที่ร้อยเอก ดร.กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2561
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทำการออกแบบอัตราส่วนขุยมะพร้าว ต่อเส้นใยมะพร้าว ต่อเนื้อยางธรรมชาติ จำนวน 5 อัตราส่วน เท่ากับ 0.1: 0.9: 0.1, 0.1: 0.9: 0.15, 0.1: 0.9: 0.2, 0.1: 0.9: 0.25 และ 0.1: 0.9: 0.3 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปโดยการถักขุยและเส้นใยมะพร้าว การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติ และการอัดร้อน ทดสอบคุณสมบัติ ประกอบด้วย ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ ความต้านทานแรงดึง สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง และการใช้งานจริง จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน 0.1: 0.9: 0.15 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่เหมาะสมที่สุด โดยน้ำยางธรรมชาติที่ผสมลงในแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว สามารถลดการดูดซึมน้ำ เพิ่มความต้านทานแรงดึง และเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง

คำสำคัญ: แผ่นป้องกันเสียงและความร้อน; ขุยมะพร้าว; เส้นใยมะพร้าว; น้ำยางธรรมชาติ

Abstract

This research aims to develop the coconut coir and fiber indoor acoustic and thermal insulation boards mixed with natural latex. The 5 ratios of coconut coir: coconut fiber: natural rubber were equal to 0.1: 0.9: 0.1, 0.1: 0.9: 0.15, 0.1: 0.9: 0.2, 0.1: 0.9: 0.25, and 0.1: 0.9: 0.3 by weight. The indoor acoustic and thermal insulation boards were produced by knitting the coconut coir and fiber, spraying the natural latex, and heat compressing. The properties testing of indoor acoustic and thermal insulation boards included the density test, water absorption test, tensile strength test, thermal conductivity test, sound protection efficiency test, and real usage test. From the results, 0.1: 0.9: 0.15 ratio is the most suitable ratio of coconut coir and fiber indoor acoustic and thermal insulation board mixed with natural latex. The natural latex which putted in these indoor acoustic and thermal insulation boards can reduce the water absorption, and increase tensile strength and sound protection efficiency.

Keywords: indoor acoustic and thermal insulation board; coconut coir; coconut fiber; natural latex

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 เสียง	4
2.2 ทิศทางของเสียง	5
2.3 ความเร็วของเสียง	5
2.4 ความเข้มของเสียง	5
2.5 ระดับเสียงเวจท์	7
2.6 ความถี่เสียง	8
2.7 การสะท้อนของเสียง	8
2.8 การกระจายของเสียง	10
2.9 การดูดซับเสียง	11
2.10 เวลาการสะท้อนกลับของเสียง	13
2.11 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง	13
2.12 ฉนวนป้องกันเสียงในปัจจุบัน	16
2.13 ยางและสารเสริมแรง	16
2.14 โครงสร้างของยางธรรมชาติ	16
2.15 รูปแบบของยางธรรมชาติ	16
2.16 สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ	18
2.17 กระบวนการผสมยางกับสารเคมี	20
2.18 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง	20
2.19 การวัลคาไนซ์ (Vulcanization)	22
2.20 มะพร้าว	24
2.21 ขุยมะพร้าว	24
2.22 สมมติฐาน	24
2.23 กรอบแนวความคิด	25
2.24 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	25

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	28
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	28
3.2 การออกแบบส่วนผสม	32
3.3 การขึ้นรูปแผ่นป้องกันเสียง	33
3.4 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นป้องกันเสียง	37
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	42
4.1 ลักษณะทั่วไป	42
4.2 ความหนาแน่น	43
4.3 การดูดซึมน้ำ	43
4.4 ความต้านทานแรงดึง	44
4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	45
4.6 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	47
4.7 การใช้งานจริง	48
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผล	51
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	54
บทความสำหรับเผยแพร่	

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ส่วนสำคัญของคลื่นเสียงที่แสดงการส่งคลื่นเกิดการอัดและขยายตัว	4
2.2	คลื่นเสียงของเครื่องดนตรี 3 ชิ้น ในความถี่และความดันอากาศที่เท่ากัน	6
2.3	ระดับเสียงต่างๆ ที่ถูกเวจท์	7
2.4	มุมตกกระทบ	9
2.5	การสะท้อนของเสียงบนพื้นที่เว้า	10
2.6	การสะท้อนเสียงบนพื้นที่นูน	10
2.7	การกระจัดกระจายของเสียงเมื่อกระทบกับพื้นผิวขรุขระ	11
2.8	ปรากฏการณ์ของเสียงที่กระทบ	12
2.9	สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ	16
2.10	เครื่องบดผสมระบบเปิด (Two roll mill)	20
2.11	กระบวนการวัลคาไนเซชัน	23
2.12	กรอบแนวความคิดของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อน	25
3.1	น้ำยางธรรมชาติข้นร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์	28
3.2	ขุยมะพร้าวที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.72 มิลลิเมตร	29
3.3	เส้นใยมะพร้าว	29
3.4	เครื่องตีแยกเส้นใยมะพร้าว	29
3.5	เครื่องถักขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว	30
3.6	เครื่องพ่นน้ำยางธรรมชาติเป็นฝอย	30
3.7	เครื่องตัดแผ่นขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว	30
3.8	เครื่องอัดร้อนชิ้นงาน	31
3.9	เครื่องวัดระดับเสียง	31
3.10	ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง	32
3.11	ห้องจำลอง พร้อมแหล่งกำเนิดเสียง	32
3.12	การเตรียมเส้นใยและขุยมะพร้าวสำหรับเข้าขั้นตอนการถัก	33
3.13	การนำเข้าขุยและเส้นใยมะพร้าวเข้าเครื่องถัก	33
3.14	การเตรียมเส้นใยและขุยมะพร้าวสำหรับเข้าขั้นตอนการถัก	34
3.15	การลำเลียงแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นเข้าเครื่องฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติ	34
3.16	การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้น	34
3.17	การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นชุดที่ 1	35
3.18	การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นชุดที่ 2	35
3.19	แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติเรียบร้อยแล้ว	35
3.20	แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติอย่างต่อเนื่องด้วยสายพาน	36
3.21	การตัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวให้มีขนาดตามต้องการ	36
3.22	การอัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวให้ติดกันตามความหนาที่ต้องการด้วยเครื่องอัดร้อน	36
3.23	แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัดติดกันแล้ว	37
3.24	ลักษณะผิวหน้าของแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัดติดกันแล้ว	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.25	แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัดติดกัน จำนวน 3 ขนาด ประกอบด้วย 0.2 x 0.2 เมตร 0.3 x 0.3 เมตร และ 0.6 x 0.6 เมตร หนา 5.7 เซนติเมตร	37
3.26	การชั่งน้ำหนักแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ	38
3.27	การแช่แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติในน้ำ	38
3.28	การทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์	39
3.29	การจับยึดแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึง	39
3.30	การดึงแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์	39
3.31	ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	40
3.32	คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	40
3.33	แหล่งกำเนิดเสียงและเครื่องวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องจำลอง	40
3.34	การวัดความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงด้วยเครื่องวัดเสียง	41
3.35	การติดตั้งแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติเพื่อวัดค่าความเข้มเสียง	41
3.36	การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยเครื่องวัดเสียง	41
4.1	ลักษณะของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติอัตราส่วน R0.1 (ซ้ายสุด) R0.15 (ซ้าย) R0.2 (กลาง) R0.25 (ขวา) และ R0.3 (ขวาสุด)	42
4.2	การแทรกตัวของน้ำยางธรรมชาติภายในเนื้อแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว	42
4.3	ความหนาแน่นของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ	43
4.4	การดูดซึมน้ำของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ	44
4.5	ความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ	44
4.6	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ	45
4.7	ขุยมะพร้าวที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 50 เท่า	46
4.8	ขุยมะพร้าวที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 เท่า	46
4.9	เส้นใยมะพร้าวที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ	47
4.11	ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงเฉลี่ยของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ	47
4.12	การเตรียมยิงกาวบนแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ	49
4.13	แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่มีการยิงกาวเพื่อติดตั้ง	49
4.14	การเรียงแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติภายในผนัง	49
4.15	ผนังที่มีการติดตั้งแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติภายในก่อนการปิดทับด้วยแผ่นไม้อัด	50
4.16	การปิดทับผนังที่ติดตั้งแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยแผ่นไม้อัด	50

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง	8
2.2	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจำแนกตามประเภทของวัสดุ	14
2.3	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจำแนกตามประเภทของเบาะนั่ง	14
2.4	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจำแนกตามประเภทของผนัง	14
2.5	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจำแนกตามประเภทของฝ้าเพดาน	15
2.6	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงอื่นๆ	15
3.1	ส่วนผสมของน้ำยางธรรมชาติข้น ร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์	28
3.2	อัตราส่วนผสมของแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคาร โดยน้ำหนัก	33
4.1	ระดับเสียงที่ผ่านแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ที่ความถี่ต่างๆ (เดซิเบลเอ)	48
4.2	ค่าประสิทธิภาพการป้องกันเสียงเฉลี่ยของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ	48

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน นิยมปลูกกันมากในภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ตรัง ภาคกลาง ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม นครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี ภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี จันทบุรี ระยอง ตราด ฉะเชิงเทรา พื้นที่ปลูก 2,163,439 ไร่ พื้นที่ให้ผลผลิต 1,917,287 ไร่ ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 1,947,963.59 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,016 กก/ไร่ ปริมาณที่ใช้ภายในประเทศ ประมาณ 1,080 ล้านผล การส่งออกในรูปมะพร้าวแห้ง ปริมาณ 1,566 ตัน มูลค่า 277 ล้านบาท การนำเข้าในรูปมะพร้าวแห้ง 51 ตัน มูลค่า 2.3 ล้านบาท จากการสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี ใช้ผลมะพร้าวประมาณ 1,170 ล้านผล หรือประมาณ ร้อยละ 65 ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ ร้อยละ 35 ของผลผลิตทั้งหมด หรือ 630 ล้านผล ใช้ในรูปของอุตสาหกรรม หรือส่งออกต่อไป โดยที่ผลผลิตมะพร้าวแต่ละปีจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 3,200 ล้านบาท จากการที่มะพร้าวมีผลผลิตมากมายดังกล่าวในข้างต้น ทำให้มีปริมาณเปลือกมะพร้าวเหลือทิ้งในปริมาณมากตามไปด้วย (สกว., 2547)

ขุยมะพร้าว คือ เปลือกมะพร้าวที่ปั่นเอาใยออก หรือ ปั่นให้ใยละเอียด เป็นขุยๆละเอียดประมาณเม็ดทราย แห้งสนิท (ไม่ใช่เปลือกสับ) เป็นเศษเหลือของโรงงานทำเส้นใยมะพร้าวซึ่งได้ทุบกาบมะพร้าวเพื่อนำเส้นใยไปทำเบาะนั่ง เศษเหลือเหล่านี้เป็นผง ๆ ขุยมะพร้าว เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ก่อปัญหาให้กับโรงงานมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าวอย่างมาก (Asasutjarit et al., 2007) เศษเหลือเหล่านี้เป็นผงๆ มีสมบัติเบาแต่ก็มีความคงทนถาวร ทนแดด ทนฝน เมื่อแช่น้ำจะไม่มีการอ่อนมาก ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์เมื่อเทียบกับเส้นใยมะพร้าว

ยางธรรมชาติหรือยางพารา เป็นพืชที่ประเทศไทยมีการส่งออกมากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก มีเนื้อที่ปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาท/ปี ส่งออกไปในรูปน้ำยางข้น (Concentrate Latex) ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoke Sheet: RSS) ยางอบแห้ง (Air Dried Sheet: ADS) และยางแท่ง (Standard Thai Rubber: STR) (สกว., 2548) การใช้ประโยชน์จากยางพาราส่วนใหญ่จะเป็นในด้านของยางรถยนต์, รถจักรยานยนต์, ถุงมือยาง, ถุงยางอนามัย, ผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้ในอุตสาหกรรมและการแพทย์ เช่น ยางรองแท่นเครื่อง สายพานยาง ยางรัดของ สายยางทั่วไป สายน้ำเกลือ เป็นต้น แต่ด้วยปริมาณยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในตลาดโลก ทำให้ราคายางธรรมชาติไม่มีเสถียรภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มียางธรรมชาติเป็นส่วนประกอบจึงคงมีความสำคัญ โดยเฉพาะการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการมากและสามารถจำหน่ายในราคาสูง

แผ่นดูดซับเสียงและฉนวนป้องกันความร้อน เป็นวัสดุก่อสร้างที่กำลังได้รับความนิยม และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในท้องตลาด เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันเป็นเจ้าของเครื่องเสียงกันมากขึ้น รวมทั้งสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว การพัฒนาแผ่นดูดซับเสียงที่มีสมบัติโดดเด่น จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จอย่างมาก โดยเฉพาะการแผ่นดูดซับเสียงให้สามารถดูดซับเสียงได้ในหลายช่วงความถี่ เช่น เสียงดนตรีที่มีความถี่ประมาณ 50 – 10,000 เฮิร์ทซ์ และเสียงพูดคุยที่มีความถี่ประมาณ 100 – 4,000 เฮิร์ทซ์ เป็นต้น รวมทั้งสามารถใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อน มีความแข็งแรงคงทน ดัดโค้งยืดติด

กับผนังที่มีพื้นผิวลักษณะต่างๆ ได้หลากหลายรูปแบบ ผิวหน้าสวยงามเป็นธรรมชาติ เมื่อติดตั้งแล้วลดการทาสีบนผนังได้ ตลอดจนสามารถติดตั้งบนฝ้าเพดาน เพื่อลดเสียงรบกวนและความร้อนใต้หลังคา

โครงการ “การใช้ยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคาร”เป็นการพัฒนานวัตกรรมวัสดุป้องกันเสียงจากวัตถุดิบภายในประเทศ สามารถใช้งานได้หลากหลายและมีประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงไปพร้อมกับการลดอุณหภูมิภายในอาคารได้ ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานและส่งเสริมเศรษฐกิจของไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคารที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว

1.2.2 เพื่อทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคารที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว

1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน และประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคารที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว

1.2.4 เพื่อทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคารที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว

1.2.5 เพื่อทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคารที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าวให้กับผู้สนใจ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 วิจัยแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อน จำนวน 3 ขนาด ประกอบด้วย ขนาด 0.2 x 0.2 เมตร ขนาด 0.3 x 0.3 เมตร และขนาด 0.6 x 0.6 เมตร โดยใช้ความหนา 5.7 เซนติเมตร

1.3.2 ใช้ยางธรรมชาติ และขุยมะพร้าว เป็นวัสดุหลักสำหรับทำแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อน

1.3.3 ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนตามมาตรฐาน ASTM, ISO, UL และ มอก. ที่เกี่ยวข้อง

1.3.4 ทดสอบสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C 423

1.3.5 ทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C 177

1.3.6 ผลิตและทดสอบตัวอย่างแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร หน่วยงานภาครัฐอื่นที่เกี่ยวข้อง ชุมชนท้องถิ่น และบริษัทที่ให้การสนับสนุน

1.3.7 ทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร หน่วยงานภาครัฐอื่นที่เกี่ยวข้องชุมชนท้องถิ่น และบริษัทที่ให้การสนับสนุน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบกระบวนการผลิตแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคารที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว

1.4.2 ทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคารที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว

1.4.3 ทราบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคารที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว

1.4.4 ทราบผลการใช้งานจริงของแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคารที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว

1.4.5 ได้บทความวิจัยสำหรับเผยแพร่ในงานประชุมสัมมนาวิชาการหรือวารสารภายในประเทศหรือต่างประเทศ

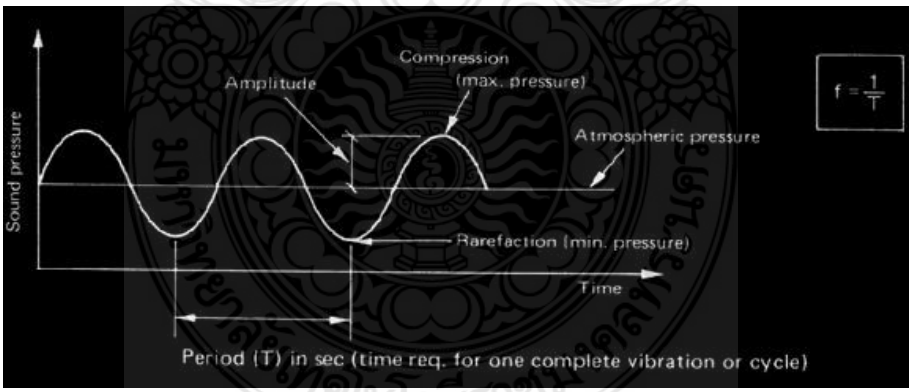
บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

โครงการ การใช้ยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคาร ได้มีการทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดที่ใช้ ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

2.1 เสียง

เสียงเป็นคลื่น (Wave) ชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนในอากาศและวัตถุอื่นๆการสั่นสะเทือนนี้ทำให้โมเลกุลของตัวกลางเกิดการสั่นไปด้วยอันเป็นผลให้เสียงแผ่ไปในตัวกลางนั้นทิศทางการสั่นของโมเลกุลของตัวกลางจะขนานกับทิศทางของการแผ่ของเสียงอันเป็นสมบัติของคลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการแผ่เมื่อมีการถ่ายทอดคลื่นตัวกลางนี้จะต้องมีการยืดหยุ่น (Elasticity) ของโมเลกุลวัตถุซึ่งตัวกลาง (Medium) ที่กล่าวถึงนี้จะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซก็ได้เพราะในสุญญากาศเสียงจะผ่านไม่ได้เลย คลื่นเสียงจัดเป็นเชิงคลื่นกล (Mechanical Wave) ชนิดหนึ่ง

การเกิดคลื่นเสียงในอากาศ อันเกิดจากการสั่นของต้นกำเนิดเสียงนั้นทำให้โมเลกุลในอากาศเกิดการเคลื่อนที่ เรียกว่า Wave Motion หรือการเคลื่อนไหวของคลื่นใน 2 ลักษณะ คือ ในลักษณะที่เป็นช่วงอัดหรืออากาศมีการกดตัว (Compression) และลักษณะที่ 2 คือ ช่วง ขยาย (Rarefaction) ลักษณะทั้งสองนี้เกิดเป็นคลื่นแผ่ออกไปรอบคล้ายกับการโยนหินลงไปในบ่อน้ำจะเห็นคลื่นของน้ำแผ่ออกไปรอบด้าน ลักษณะที่กล่าวนี้เป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า แอมพลิจูด (Amplitude)



รูปที่ 2.1 ส่วนสำคัญของคลื่นเสียงที่แสดงการส่งคลื่นเกิดการอัดและขยายตัว (David, 1988)

จากรูปการส่งคลื่นเสียงจะเกิดติดต่อกันไปคล้ายกับคลื่นของน้ำเมื่อโยนหินลงไปทำให้เกิดการอัด (Compressions) และการขยาย (Rarefaction) ช่วงของคลื่นขึ้นลงเราเรียกว่า แอมพลิจูด (Amplitude) ซึ่งหมายถึง ระยะการกระชับ (Displacement) ที่มีค่ามากที่สุดจากแนวสมดุลไปยังสันคลื่นหรือท้องคลื่น โดยแอมพลิจูดเป็นตัวแสดงกับพลังงานของคลื่น ถ้าแอมพลิจูดพุ่งขึ้นสูงแสดงว่าพลังงานของคลื่นมีค่ามาก แต่ถ้าแอมพลิจูดต่ำแสดงว่าพลังงานของคลื่นจะมีค่าน้อยหรือก็คือแอมพลิจูดของคลื่นเสียงแสดงถึงความดัง เบา ของเสียง ส่วนความยาวของคลื่น (Wavelength) นั้นคือระยะทางที่เสียงเดินทางไปได้ในช่วงเวลาที่ตัวกลางครบ 1 รอบทั่วไปใช้สัญลักษณ์ λ (Lamda) แทนความยาวคลื่น

2.2 ทิศทางของเสียง

ทิศทางของเสียง (Directionality) เป็นลักษณะของเสียงที่มีความสำคัญมากต่อการได้ยินที่ดี รวมทั้งการเพิ่มพลังการได้ยินของเสียงซึ่งต้นกำเนิดของเสียงจะมีคุณสมบัติดังนี้ คือ

1) เมื่อคลื่นเสียง (Wavelength) มีขนาดใหญ่พลังงานที่เกิดขึ้นจะกระจายออกอย่างสม่ำเสมอทั่วทุกทิศ

2) เมื่อคลื่นเสียงเล็กการกระจายจะไม่เกิดขึ้นทั่วทุกทิศ หากจะเกิดเป็นลำเสียงแคบๆ (Narrow Bean) หากความถี่ยิ่งสูงเพียงใดลำเสียงก็จะยิ่งแคบและแหลมยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุนี้การกระจายเสียงให้กับผู้ฟังในสถานที่ขนาดใหญ่ จะได้ยินเสียงที่ออกมาจากลำโพงของเครื่องขยายเสียงที่มีความถี่ต่ำได้ทั่วถึงกันหมดส่วนผู้ที่ไม่ได้อยู่ในบริเวณด้านหน้าของลำโพงก็จะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงลดน้อยลงไป

2.3 ความเร็วของเสียง

ความเร็วของเสียง (Speed of sound)เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเดินทางและการได้ยินเสียง โดยในอุณหภูมิปกติของห้องทั่วๆไป เสียงจะเดินทางได้เร็วเพียง 1,130 ฟุตต่อวินาที ทำให้การเกิดการสะท้อนของเสียงหรือ Echoes นั่นเอง ตัวอย่างเช่นเมื่อเสียงวิ่งออกจากต้นกำเนิดของเสียง คลื่นเสียงเกิดเป็น 2 ลักษณะ คือ คลื่นเสียงที่วิ่งตรงเข้าหูผู้ฟังกับคลื่นเสียงที่วิ่งกระจายออกจากต้นกำเนิดของเสียงไปสัมผัสกับวัตถุอื่นๆของห้องเช่น ผนัง เพดาน พื้น หรือเครื่องเรือน แล้วจึงสะท้อนกลับเข้าหูผู้ฟังอีกทีหนึ่ง คลื่นเสียงลักษณะที่ 2 นี้ คือตัวปัญหาถ้าคลื่นนี้วิ่งเข้าสู่หูเราช้ากว่าคลื่นเสียงประเภทแรกเพียง 0.058 วินาทีก็จะเกิดเสียงก้องหรือเสียงสะท้อน

2.4 ความเข้มของเสียง

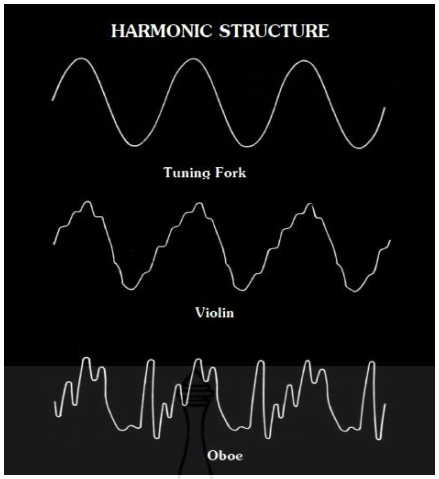
ความเข้มของเสียง (Intensity of Sound) เสียงมีคุณสมบัติหรือลักษณะ (Characteristics) ที่สำคัญอยู่ 3 ประการคือ

1) ความเข้มของเสียง (Intensity)

2) เสียงสูงต่ำ (Pitch)

3) คุณภาพของเสียง (Tone Quality)

ก่อนที่จะกล่าวถึงความเข้มของเสียง เราควรรู้เกี่ยวกับรูปร่างของเสียงหรือรูปร่างลักษณะของคลื่น (Wave form) ของเสียงก่อนรูปร่างของคลื่นเสียงที่เกิดจากเครื่องมือและเครื่องดนตรีชนิดต่างๆดังตัวอย่างที่เกิดจากซ่อมเสียง (Tuning fork) ไวโอลิน (Violin) และโอโบร์ (Oboe) ในความถี่ที่เท่ากัน



รูปที่ 2.2 คลื่นเสียงของเครื่องดนตรี 3 ชิ้น ในความถี่และความดันอากาศที่เท่ากัน (David, 1988)

จากรูปคลื่นเสียงอันเกิดจากเครื่องดนตรีจะมีพลังทนของเสียงมากและมากกว่าเสียงของมนุษย์ เสียงที่มีความดังมากเป็นเสียงที่มีพลังงานมาก เรียกว่าเสียงมีความถี่เข้มมาก สังเกตได้จากความถี่ของเสียงตามหลักกระทรวงวิทยาศาสตร์ การวัดความดังโดยอาศัยการวัดพลังงานต่อปริมาตรของอากาศ (หรือ วัตถุอย่างอื่น ๆ)ที่เสียงนั้นผ่านไป หรืออีกนัยหนึ่งคลื่นเสียงเป็นพลังงานที่ผ่านเข้าไปในสสาร พลังงานนี้มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) เหมือนเช่นไฟฟ้า แต่วัตต์ในวิชาเสียงจะมากเกินไป จึงมักจะใช้เศษหนึ่งส่วนล้านของวัตต์ 1/100,000 x 1 x 10^{-6}หรือไมโครวัตต์ (Micro-Watt) เป็นเกณฑ์ 1 ไมโครวัตต์จึงมีค่าเป็น 10^{-6} จูนต่อ 1 วินาที หรือ 10 เฮิร์ทซ์ต่อวินาที

ความเข้มของเสียงตามหลักวิชาฟิสิกส์อาจกล่าวได้ว่าเป็นพลังงานต่อวินาทีหรือกำลัง (คิดเป็นไมโครวัตต์) ที่ผ่านเข้ามาในเนื้อที่ตั้งฉาก 1 ตารางเซนติเมตร โดยทั่วไปจะมีหน่วยวัดเป็นวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (Watt/cm^2) สามารถเขียนสมการของความเข้มของเสียงได้ว่า

$$I = P/A \qquad (1)$$

โดย I เป็นความเข้มของเสียง (Intensity)
P เป็นกำลังของเสียง (Power)
A เป็นพื้นที่ที่เสียงนั้นแผ่ผ่านไป (Area)

ซึ่งแหล่งกำเนิดเสียงโดยทั่วไปจะแผ่เสียงออกมาเป็นรูปทรงกลม เพราะฉะนั้น A หรือ Area มีค่าเป็น $4\P r^2$ส่วน P เมื่อมีค่าพลังงานต่อเวลาจะเป็น E(พลังงาน Energy) เวลาคือ t ได้สมการเป็น

$$I = E/4\P r^2t \qquad (2)$$

หากต้องการเปรียบเทียบกำลังของเสียง เราสามารถยกตัวอย่างให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแล้วกำลังของเสียงของผู้พูดในห้องประชุมใหญ่จะมีความแรงหรือพลังงานประมาณ 25 ถึง 50 ไมโครวัตต์ ถ้าต้องการให้มีกำลังเท่ากับ 1 แรงม้า จะต้องใช้ผู้พูดถึง 15 ล้านคน เพราะฉะนั้นในทางกลับกันหากใส่เครื่องขยายเสียงและมีลำโพงที่มีกำลัง 50 ไมโครวัตต์ เราจะได้ยินเสียงทั้งห้องประชุมใหญ่

การวัดระดับความเข้มของเสียง จะมีค่าเป็นเบล (Bel) แต่เพื่อความสะดวกในการใช้วัดจึงได้มีการเปลี่ยนจากเบลเป็นเดซิเบล (Decibel) ซึ่งมีค่า 1 เบลเท่ากับ 10 เดซิเบลเขียนตัวย่อเป็น dB ขอให้สังเกตตัวอักษร “บี” เป็นตัวใหญ่เพื่อเป็นเกียรติแก่อเล็กซานเดอร์ กราแฮมเบล (Alexander Graham Bell) ผู้ประดิษฐ์โทรศัพท์ขึ้นเป็นคนแรกของโลกระดับความเข้มงวดของเสียงที่น้อยที่สุดที่ประสาทหูของคนเราจะรับรู้ได้จะมีค่าเป็น 0 เดซิเบล และระดับความเข้มมากที่สุดที่หูของคนจะรับฟังได้โดยไม่เป็นอันตรายมีค่าเป็น 120 เดซิเบลเดซิเบลนี้เป็นหน่วยวัดปริมาตรของอัตราส่วนของพลังงาน 2 ชนิด คือ ความเข้มของเสียง (Intensity) กับความดันของเสียง (Sound Pressure) อุปกรณ์ที่ใช้วัดเรียกว่าเครื่องวัดระดับความเข้มของเสียง (Sound-Level Meter) มีหน่วยเป็นเบลหรือเดซิเบลหรือวัตต์ต่อวินาที อุปกรณ์นี้ประกอบด้วยไมโครโฟนและอุปกรณ์อื่นที่อาจวัดความเข้มของเสียงได้โดยตรงโดยทำหน้าที่ไปเปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้าถ้าค่าของความเข้มของเสียงเท่ากับ I_oวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรห้องที่มีอุณหภูมิปกติจะมีค่ามาตรฐานเป็น 10^{-16}วัตต์ต่อตารางเซนติเมตรและมีความดันของเสียง 0.0002 ไดน (Dyne) ต่อตารางเซนติเมตร

2.5 ระดับเสียงเวจท์

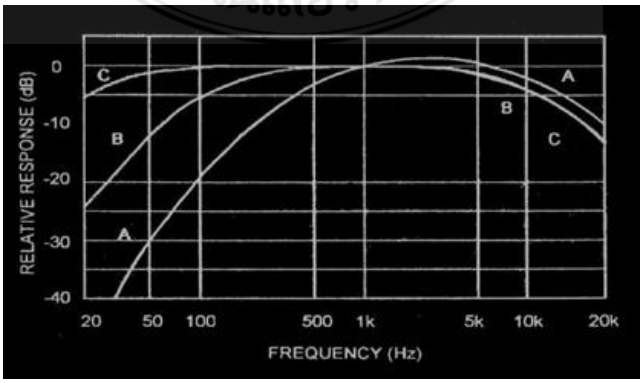
ระดับเสียงเวจท์(Weighted sound level) คือระดับเสียงที่ได้จากการวัดไมโครโฟนแล้วผ่านที่กรองเวจท์ (Weighting network) ซึ่งจะได้ระดับเสียงเวจท์ในหลายรูปแบบ เช่น A-weighted (dBA), B-weighted (dBB), C-weighted (dBC) และ D-weighted (dBD) การทีมีหลายเวจท์เป็นเพราะความรู้สึกบางอย่างของมนุษย์ เช่น ภาวะรำคาญไม่ได้แปรแบบ linear กับความดังเมื่อเทียบกับความถี่ต่างกัน ซึ่งA-weighted ก็เป็นการกรองเสียงที่ให้ผลโดยตรงกับความรู้สึกของมนุษย์Scale A มีคุณลักษณะการตอบสนองในการวัดเสียงได้เร็วกว่า Scale B, C และ D และใกล้เคียงกับคุณลักษณะการตอบสนองในการได้ยินของหูมนุษย์มากกว่า Scale B, C และ D โดยการใช้ระดับเสียงเวจท์สรุปได้ ดังนี้

1) A-weighted เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับความรู้สึกของคน Scale A จะมีคุณลักษณะการตอบสนองในการวัดเสียงได้เลวกว่า Scale B และ C แต่จะใกล้เคียงกับคุณลักษณะการตอบสนองในการได้ยินของหูมนุษย์มากกว่า Scale B และ C

2) B-weighted มีเหตุผลการกรองเช่นเดียวกันกับ A-weighted แต่ใช้กับเสียงความเข้มปานกลาง ปัจจุบันไม่ค่อยใช้ การวัดด้วย Scale B จะตอบสนองได้ดีในความถี่ 400 Hz – 3000 Hz

3) C-weighted ไม่มีการกรองมากนักการวัดจะใกล้เคียงกับความเป็นจริง จะใช้วัดเสียงของกลุ่มความถี่ต่ำเนื่องจาก A-weighted จะถูกกรองมากเกินไป

4) D-weighted ใช้วัดเสียงจากอากาศยาน



รูปที่ 2.3 ระดับเสียงต่างๆ ที่ถูกเวจท์ (James, 2000)

2.6 ความถี่เสียง

ระดับเสียง (pitch) หมายถึง เสียงสูงเสียงต่ำ สิ่งที่ทำให้เสียงแต่ละเสียงสูงต่ำแตกต่างกันนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วในการสั่นสะเทือนของวัตถุ วัตถุที่สั่นเร็วเสียงจะสูงกว่าวัตถุที่สั่นช้า โดยจะมีหน่วยวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนรอบต่อวินาทีหรือเฮิร์ทซ์ (Hertz) เช่น 60 รอบต่อวินาที, 2,000 รอบต่อวินาที เป็นต้น และนอกจาก วัตถุที่มีความถี่ในการสั่นสะเทือนมากกว่า จะมีเสียงที่สูงกว่าแล้ว หากความถี่มากขึ้นเท่าตัว ก็จะมีระดับเสียงสูงขึ้นเท่ากับ 1 ออกเตฟ (octave) หรือ 1 ช่วงคู่แปด

ปกติแล้วมนุษย์เราจะได้ยินเสียงที่มีช่วงความถี่(Frequency) จำกัดโดยจะอยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 20 -20,000 เฮิร์ทซ์ หรือที่เรียกกันว่าช่วงการได้ยิน (audible range) ส่วนเสียงที่มีค่าความถี่ต่ำหรือสูงกว่านั้นหูของเราไม่สามารถได้ยินได้เสียงที่อยู่นอกเหนือจากการได้ยินของมนุษย์ หากคลื่นเสียงนั้นมีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ เรียกว่า คลื่นใต้เสียง (Infrasound) หรือคลื่นอินฟราโซนิค (infrasonic wave) ซึ่งเป็นคลื่นกลประเภทคลื่นตามยาวซึ่งมีความถี่ต่ำกว่าคลื่นเสียงที่คนปกติได้ยิน หรือมีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิร์ทซ์ซึ่งเกิดจากการสั่นของตัวก่อกำเนิดเสียงขนาดใหญ่เช่น การสั่นของตึก แผ่นดินไหวเป็นต้นส่วนคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 เฮิรตซ์ เรียกว่าคลื่นเหนือเสียง (Ultrasound) หรือคลื่นอัลทราโซนิค (ultrasonic wave) ซึ่งเป็นคลื่นกลประเภทคลื่นตามยาวเช่นกันซึ่งมีความถี่มากกว่าคลื่นเสียงที่คนปกติได้ยิน หรือมีความถี่ระหว่าง 20,000 เฮิร์ทซ์ ขึ้นไปซึ่งเกิดจากการสั่นของตัวก่อกำเนิดเสียงขนาดเล็กสำหรับสัตว์ชนิดต่าง ๆก็จะได้ยินเสียงในช่วงความถี่หนึ่งเช่นกันแต่ช่วงความถี่ที่สัตว์แต่ละชนิดได้ยินจะแตกต่างกันไปอาจมีความถี่ต่ำหรือสูงกว่าช่วงการได้ยินของมนุษย์ ดังเห็นได้จากตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 2.1 ความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง (James, 2000)

วัตถุกำเนิดเสียง	เปล่งเสียง(Hz)	รับเสียง (Hz)
ทรัมเปต	190 – 990	-
ไวโอลิน	200 – 2,650	-
คลาริเนต	75 – 1,800	-
เปียโน	30 – 4,180	-
เครื่องเสียงสเตอริโอ	15 – 30,000	-
มนุษย์	85 – 1,100	20 – 20,000
สุนัข	451 – 1,800	15 – 30,000
แมว	760 – 1,600	60 – 85,000
ค้างคาว	10,000 – 120,000	1,000 – 120,000
ปลาโลมา	150 – 156,000	7,000 – 120,000
กบ	50 – 8,000	50 – 10,000
ตั๊กแตน	7,000 – 100,000	100 – 15,000

2.7 การสะท้อนของเสียง

การสะท้อนเสียง (echo) เป็นเสียงที่สะท้อนกลับมา ตัวอย่างเช่น การได้ยินเสียงสะท้อนในหุบเขา และถ้าในหุบเขามีภูเขาตั้งอยู่หลายๆลูกเสียงสะท้อนจะเกิดขึ้นหลายๆ ครั้ง ซึ่งปกติเมื่อเสียงกระทบกับกำแพงที่มีผิวแข็งๆ ส่วนหนึ่งของเสียงจะสะท้อนกลับแต่เสียงอีกส่วนหนึ่งจะแทรกซึมเข้าไปในกำแพง ส่วนที่แทรกเข้าไป(transmit) นี้ อาจเปลี่ยนสภาพกลายเป็นความร้อนและยังมีอีกส่วนหนึ่งที่จะทะลุออกอีกด้านหนึ่งของกำแพงไปได้ลักษณะของการแทรกซึมผ่านไปนี้เราเรียกว่า Transmittance ถ้าหากว่ากำแพง

เหล่านั้นประกอบขึ้นด้วย ไม้อัดบางๆ หรือเป็นหน้าต่างบานกระจก เมื่อถูกเสียงมากระทบเข้ากำแพงก็จะสั่นสะเทือน ซึ่งจะส่งพลังงานเสียงออกไปอีกต่อหนึ่ง ฉะนั้นกำแพงที่แข็งและไม่สั่นสะเทือนจะเป็นตัวกันเสียง (Barrier) ที่ดีที่จะไม่ให้เสียงผ่านไปได้โดยการสั่นในขณะที่กำแพงไม้อัดบางๆหรือหน้าต่างบานกระจกเสียงจะผ่านไปได้อย่างสะดวกอันเกิดจากการสั่นสะเทือน อนึ่งวัตถุที่มีรูพรุน (porous materials) ทั้งหลาย สามารถดูดกลืนเสียงได้มากถ้านำวัตถุที่มีรูพรุนเหล่านี้มาประกบเข้ากับกำแพงแข็งเข้าด้วยกันก็จะเป็นฉนวนกันเสียง (insulation) ได้เป็นอย่างดีอีกทั้งเป็นฉนวนกันความร้อนได้ด้วย

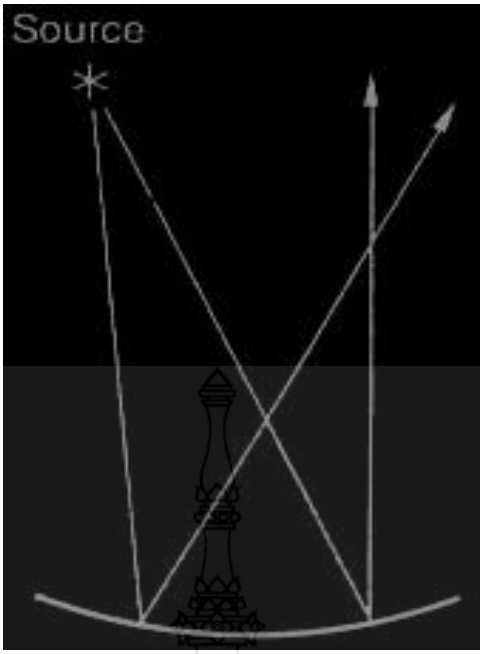
เสียงมีคุณสมบัติคล้ายแสงที่สามารถสะท้อนได้เช่นเดียวกันการสะท้อนของเสียงขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียง (Frequency) และมุมที่เสียงตกกระทบ ความยาวคลื่นของเสียงมีค่ามากกว่าของแสงมาก (แสงที่เราสามารถเห็นได้ มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.000015 ถึง 0.000030 นิ้วแต่เสียงที่เราได้ยินมีความยาวคลื่นประมาณ 0.06 ฟุตถึง 60 ฟุต)ฉะนั้นวัตถุที่เสียงกระทบจะต้องมีขนาดใหญ่พอสมควร กฎของการสะท้อนของเสียงมี 2 ประการ คือ

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

2) รังสีตกกระทบเส้นปกติและรังสีสะท้อนย่อมอยู่ในระนาบเดียวกันเสียงที่ลักษณะของการสะท้อนเช่นเดียวกันแสง

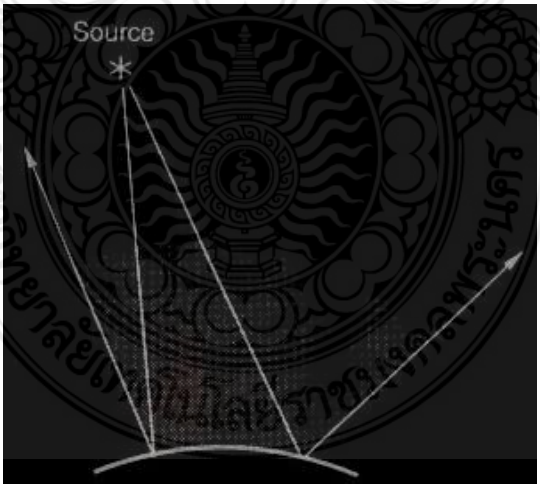
รูปที่ 2.4 มุมตกกระทบ (Michel, 1933)

ในทำนองเดียวกัน ถ้าพื้นที่ตกกระทบเป็นพื้น***เว้า*** (concave surface) เสียงออกจากการสะท้อนของเสียงบนพื้นราบจะไปรวมกันที่ด้านนอกของพื้นที่เว้าในที่นี้ คือ จุด F.P ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.5 การสะท้อนของเสียงบนพื้นที่เว้า (Michel, 1933)

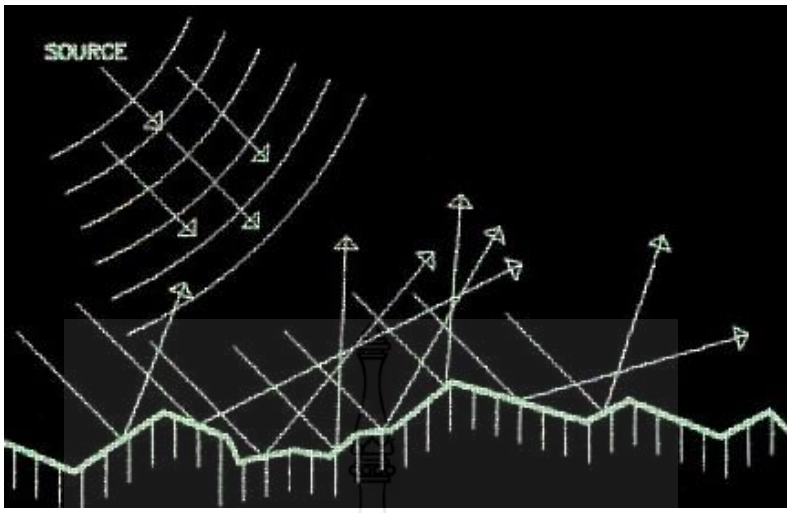
แต่ถ้าพื้นหน้านูน (convex) เสียงที่ตกกระทบแล้วจะสะท้อนกระจายออกไปไม่ไปรวมกันที่จุดใดจุดหนึ่ง หากแต่จะกระจายออกไปทั่วซึ่งสมบัตินี้สถาปนิกนำไปใช้กันมากเมื่อต้องการให้เสียงกระจายแผ่ออกไปโดยเฉพาะในห้องที่ผังพื้นเป็นทรงกลม ซึ่งมักจะมีแผงนูนรูปทรงกระบอก (Cylindrical convex panel) หลายๆอันเพื่อจะให้เสียงแผ่ออกไปทั่วๆห้อง



รูปที่ 2.6 การสะท้อนเสียงบนพื้นที่นูน (Michel, 1933)

2.8 การกระจายของเสียง

การที่เสียงตกกระทบลงบนพื้นขรุขระเสียงจะสะท้อนกระจัดกระจายออกไปทุกๆทาง (เช่นเดียวกันกับคลื่นแสง)ถ้าเสียงมาถูกขอบหรือพื้นที่ขรุขระก็จะมีทั้งการสะท้อนและการกระจัดกระจายมีการเลี้ยวมุมในลักษณะต่างๆ กันหากพื้นผิวที่มีพื้นหน้าขรุขระหรือมีร่องมากก็สามารถทำให้เสียงกระจัดกระจายออกไปได้มากที่สุดหากมีรูพรุน (Porous) ด้วยก็จะยิ่งสามารถดูดคลื่นเสียงในเวลาเดียวกันได้ดี



รูปที่ 2.7 การกระจัดกระจายของเสียงเมื่อกระทบกับพื้นผิวขรุขระ (Michel, 1933)

2.9 การดูดซับเสียง

อัตราที่เสียงถูกดูดซับในห้อง เช่น ห้องประชุม หรือมีโรงภาพยนตร์หรือโรงละครเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้มีเสียงหนวกหู (Noise) หรือเสียงที่ไม่พึงปรารถนาลดน้อยลงทั้งจะสามารถควบคุมการสะท้อนกลับไปกลับมา (Reverberation) ของเสียงได้ดีด้วยวัสดุที่ผลิตขึ้นเพื่อประโยชน์ในการนี้ เรียกว่า วัสดุอะคูสติกส์ (Acoustical Materials) ซึ่งอาจจะเป็นจำพวกไม้อัด หรือวัสดุอย่างอื่นก็ได้โดยเฉพาะที่มีผิวนิ่มหรือรูพรุนถ้าใช้วัสดุเหล่านี้และวางในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้วทุกๆคนในโรงภาพยนตร์หรือโรงละครย่อมจะได้ยินเสียงชัดเจนและไพเราะทั่วถึงกันหมดไม่ว่าจะนั่งอยู่ที่จุดใดของห้องก็ตาม ตัวอย่างเช่นมุมของที่อาจจะเป็นมุมอับของเสียงสถาปนิกอาจติดตั้งวัสดุบุผนังหรือเพดานที่มีการสะท้อนเสียงจากมุมอื่นมาช่วยเสริมเสียงตรงมุมอับก็ได้หรือในส่วนที่มีเสียงสะท้อนมากๆ จนฟังไม่รู้เรื่องอาจแก้ไขโดยการบุวัสดุดูดซับเสียงหรือวัสดุอะคูสติกส์ ในบริเวณนั้นๆเพราะฉะนั้นการออกแบบห้องและการบุวัสดุในแต่ละส่วนของห้องไม่จำเป็นจะต้องบุวัสดุกันเสียงทั่วทั้งห้อง

ตามปกติเสียงถูกดูดซับโดยถูกกระทำให้กลายเป็นพลังงานอย่างอื่นแล้วสุดท้ายกลายเป็นพลังงานความร้อนแต่พลังงานความร้อนเกิดขึ้นน้อยมากจนแทบจะไม่กระทบกระเทือนกับประสิทธิภาพของการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียงเช่น วัสดุที่มีรูพรุนแต่อย่างไร ตัวอย่างเช่น อาจารย์ปาฐกถาอยู่ 1 ชั่วโมง พลังงานเสียงที่แปลงออกเป็นพลังงานความร้อนทั้งชั่วโมง สามารถนำไปต้มน้ำชาถ้วยเล็กๆได้เพียงถ้วยเดียว

วัสดุต่างๆ ที่ดูดซับเสียงถ้ามีความหนาที่ถูกต้องก็อาจดูดซับเสียงได้ถึง 95% หรือเรียกว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดเสียง (Absorption Coefficient) 0.95 ถ้าความสามารถในการดูดซับเสียง 100% มีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1 ถ้า 70% มีค่าเท่ากับ 0.7 วัสดุที่จะเป็นวัสดุกันเสียงจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์มากกว่า 0.3 หรือ 30% ขึ้นไป ถ้าน้อยกว่านั้นไม่สามารถนำมาเป็นวัสดุกันเสียงได้ สัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียงนั้น สัญลักษณ์กรีก เรียก แอลฟา αคือ ความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุนั้นๆ ในความถี่ที่กำหนดให้ เช่นคลื่นเสียงกระทบวัสดุประเภทหนึ่ง เกิดการสะท้อนกลับ 45 % และถูกดูดซับเข้าไปในวัสดุนั้นถึง 55 % ค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเข้าไปในวัสดุนั้นถึง 55 % ค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียงจะเท่ากับ 0.55 (ไม่มีหน่วยวัด) ถ้าเราตะโกนในอากาศ อากาศดูดซับเสียงไป 1 หมายความว่า อากาศดูด

เสียงเราไป 100 % เพราะไม่มีเสียงสะท้อนกลับ แต่ถ้าเราตะโกนใส่ผนังที่บุด้วยกระดาษชานอ้อยเมื่อวัดการดูดซับเสียงเป็นสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 0.7 หมายความว่าผนังกระดาษชานอ้อยดูดซับเสียงเราไป 70 %

อีกประการหนึ่งเป็นเรื่องของความถี่ถ้าความถี่สูงวัสดุจะดูดซับเสียงได้มากกว่าความถี่ต่ำโดยเฉพาะวัสดุประเภทที่มีรูพรุน (Porous material) แต่ในทางกลับกันถ้าเป็นผนังจำพวกไม้อัดหรือผนังกั้นห้อง (Panel vibration) การดูดซับเสียงจะน้อยสำหรับความถี่สูง แต่จะดูดซับเสียงที่มีความถี่ต่ำได้มากกว่าการดูดซับเสียงของวัสดุสองประเภทนี้ นำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบห้องได้

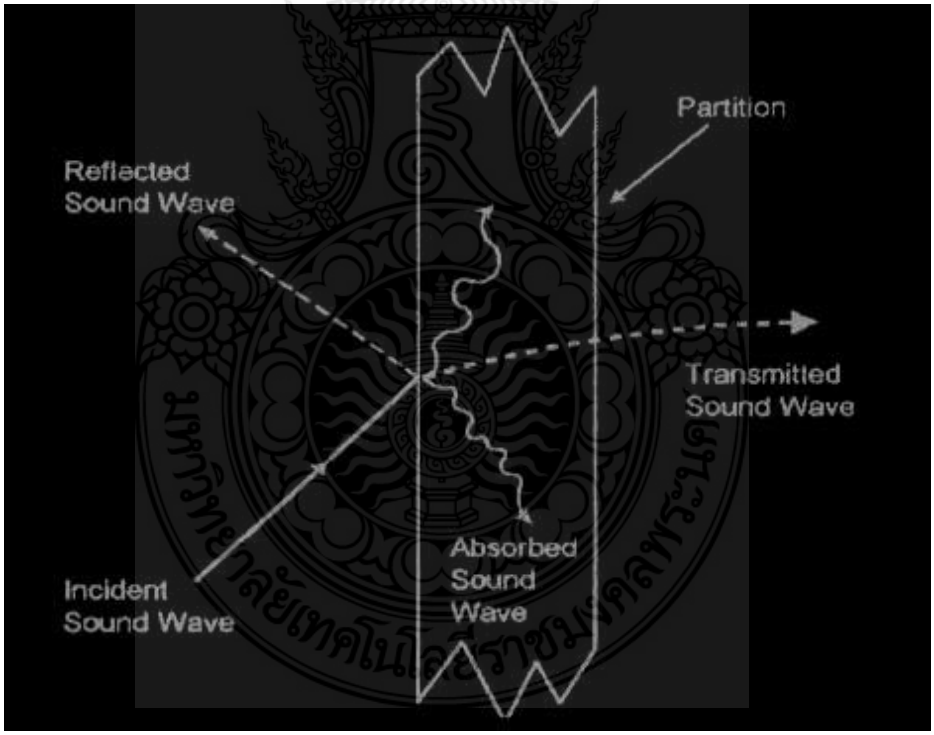
เมื่อคลื่นเสียงไปกระทบกับพื้นผิวจะเกิดปรากฏการณ์คือ ส่วนหนึ่งจะสะท้อนออก (Reflect) ส่วนหนึ่งจะแทรกผ่านผนังไปยังอากาศที่อยู่นอกผนัง (Transmit) อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับเข้าไปในผนัง (Absorb) ถ้าเสียงทั้งหมดจากต้นกำเนิดเสียงมีความเข้มเสียง I = 1 จะได้

$$r + \alpha + t = 1 \qquad (3)$$

เมื่อ r เป็นเสียงสะท้อน (reflected)

α เป็นเสียงที่ถูกดูดซับเข้าไปในผนัง (Absorb)

t เป็นเสียงที่แทรกผ่านเข้าไปยังอากาศที่อยู่นอกผนัง (Transmitted)



รูปที่ 2.8 ปรากฏการณ์ของเสียงที่กระทบ (Michel, 1933)

พลังงานที่ถูกดูดซับสามารถอธิบายได้ในรูปของสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียง (Sound Absorption Coefficient, α) ที่ได้จากห้องทดลองหรือวัสดุที่เป็นพื้นผิวของห้องค่าดูดซับเสียงเป็นค่าที่บอกถึงคุณภาพของวัสดุที่มีช่วง จาก 0 ถึง 1 ถ้าผนังไม่ดูดซับเสียงซึ่งหาได้ยากในธรรมชาติค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจะเท่ากับ 0 ถ้าผนังดูดซับเสียงไปทั้งหมดจะเท่ากับ 1

2.10 เวลาการสะท้อนกลับของเสียง

เวลาการสะท้อนกลับของเสียง (Reverberation Time,RT60) เป็นการอธิบายเสียงที่ก้องสะท้อนกลับไปกลับมา เช่น ห้องประชุมที่มีผนังแบบฉาบปูนเมื่อสร้างเสร็จและยังไม่มีการตกแต่งเสียงที่เกิดขึ้นจากต้นกำเนิดเสียงสะท้อนกลับมาหาเราในเวลาที่ยาวนานเวลาที่ยาวนานคือเวลาที่ทำให้เกิดการรบกวน เพราะฉะนั้นนอกจากการจำกัดการสะท้อนแล้วเรายังควรลดเวลาของการสะท้อนกลับให้น้อยลง จะช่วยให้การได้ยินดียิ่งขึ้นตามหลักวิชาการเรียกว่า “Reverberation Time” หรือเขียนย่อว่า RT หรือ RT60 วิธีการลดเวลาของการสะท้อนกลับให้น้อยลงวิธีหนึ่งก็คือการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนที่ดี เช่นพรมซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ที่ 0.63 ในความถี่ที่ 500 Hz แทนพื้นที่หินขัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ 0.02 (ค่าสัมประสิทธิ์ของ 0.63 คือความสามารถของวัสดุในการดูดซับเสียงได้ 63%และค่าของ 0.02 มีการดูดซับเสียงได้เพียง 2% เท่านั้น)

Reverberation Time (RT หรือ RT60) คือเวลาการสะท้อนกลับของเสียงที่คงเหลืออยู่เมื่อต้นเสียงหยุดแล้วเป็นการวัดค่าของเวลาทีเสียงสะท้อนกลับที่มีระดับเสียงลดลง 60dB เมื่อต้นเสียงหยุดแล้ว ถ้าเวลาน้อยไปจะทำให้รู้สึกว่าเสียงในห้องนั้นหายเร็วเกินไปไม่มีชีวิตชีวา หรือเสียงแห้ง(Dead Sound) โดยเฉพาะห้องเล่นดนตรีแต่ถ้าค่าของเวลามากไป ก็จะได้ยินเสียงสะท้อนมาก (Live Sound) ทำให้การสื่อสารข้อมูลผิดพลาดไปขาดความชัดเจนการหาค่า RT ตามวิธีของซาบิน (Sabine) (William and Joseph, 1998) มีดังนี้

$$RT = 0.161\ V/A \text{ (In metric Units)} \qquad (4)$$

เมื่อ RT เป็นเวลาการสะท้อนกลับของเสียง Reverberation Time (RT), Second

V เป็นปริมาตรของห้อง, m^3

A เป็นค่าการดูดซับเสียงรวมของห้อง, (Sabine, m^3)

$$A = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + S_3\alpha_3 + \ldots + S_n\alpha_n \qquad (5)$$

เมื่อ $S_{1,2,3}$ เป็นพื้นที่ผิวของห้อง, m^2

$\alpha_{1,2,3}$ เป็นสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุในห้อง

2.11 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

สัมประสิทธิ์ของการดูดเสียง (Absorption Coefficient) เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุ โดยจะมีค่าสูงสุด คือ 1 หรือ100% หรือหมายถึงวัสดุนั้นสามารถดูดซับเสียงไปได้ทั้งหมด และมีค่าต่ำสุด คือ 0 หรือ 0 หรือหมายความว่าวัสดุนั้นๆ ไม่สามารถดูดซับเสียงได้ ซึ่งวัสดุที่จะนำมาเป็นวัสดุดูดซับเสียงจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ไม่น้อยกว่า 0.3 หรือ 30% ทั้งนี้วัสดุต่างๆ ที่นิยมใช้ภายในอาคารเองก็มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถสรุปเบื้องต้นได้ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจำแนกตามประเภทของวัสดุ (William and Joseph, 1998)

Materials	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
concrete or tile	0.01	0.01	0.15	0.02	0.02	0.02
linoleum/vinyl tile on concrete	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
wood on joists	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
parquet on concrete	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
carpet on concrete	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65
carpet on foam	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73

ตารางที่ 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจำแนกตามประเภทของเบาะนั่ง (William and Joseph, 1998)

Seating Materials	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
fully occupied - fabric upholstered	0.60	0.74	0.88	0.96	0.93	0.85
occupied wooden pews	0.57	0.61	0.75	0.86	0.91	0.86
empty - fabric upholstered	0.49	0.66	0.80	0.88	0.82	0.70
empty metal/wood seats	0.15	0.19	0.22	0.39	0.38	0.30

ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจำแนกตามประเภทของผนัง (William and Joseph, 1998)

Wall Materials	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Brick: unglazed	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Brick: unglazed & painted	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Concrete block - coarse	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
Concrete block - painted	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
Curtain: 10 oz/sq yd fabric molleton	0.03	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
Curtain: 14 oz/sq yd fabric molleton	0.07	0.31	0.49	0.75	0.70	0.60
Curtain: 18 oz/sq yd fabric molleton	0.14	0.35	0.55	0.72	0.70	0.65
Fiberglass: 2" 703 no airspace	0.22	0.82	0.99	0.99	0.99	0.99
Fiberglass: spray 5"	0.05	0.15	0.45	0.70	0.80	0.80
Fiberglass: spray 1"	0.16	0.45	0.70	0.90	0.90	0.85
Fiberglass: 2" rolls	0.17	0.55	0.80	0.90	0.85	0.80
Foam: Sonex 2"	0.06	0.25	0.56	0.81	0.90	0.91
Foam: SDG 3"	0.24	0.58	0.67	0.91	0.96	0.99
Foam: SDG 4"	0.33	0.90	0.84	0.99	0.98	0.99
Foam: polyur. 1"	0.13	0.22	0.68	1.00	0.92	0.97
Foam: polyur. 1/2"	0.09	0.11	0.22	0.60	0.88	0.94
Glass: 1/4" plate large	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Glass: window	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04

ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจำแนกตามประเภทของผนัง (William and Joseph, 1998)

Wall Materials	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Plaster: smooth on tile/brick	0.013	0.015	0.02	0.03	0.04	0.05
Plaster: rough on lath	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03
Marble/Tile	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Sheetrock 1/2" 16" on center	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Wood: 3/8" plywood panel	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11

ตารางที่ 2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจำแนกตามประเภทของฝ้าเพดาน (William and Joseph, 1998)

Ceiling Materials	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Acoustic Tiles	0.05	0.22	0.52	0.56	0.45	0.32
Acoustic Ceiling Tiles	0.70	0.66	0.72	0.92	0.88	0.75
Fiberglass: 2" 703 no airspace	0.22	0.82	0.99	0.99	0.99	0.99
Fiberglass: spray 5"	0.05	0.15	0.45	0.70	0.80	0.80
Fiberglass: spray 1"	0.16	0.45	0.70	0.90	0.90	0.85
Fiberglass: 2" rolls	0.17	0.55	0.80	0.90	0.85	0.80
wood	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Foam: Sonex 2"	0.06	0.25	0.56	0.81	0.90	0.91
Foam: SDG 3"	0.24	0.58	0.67	0.91	0.96	0.99
Foam: SDG 4"	0.33	0.90	0.84	0.99	0.98	0.99
Foam: polyur. 1"	0.13	0.22	0.68	1.00	0.92	0.97
Foam: polyur. 1/2"	0.09	0.11	0.22	0.60	0.88	0.94
Plaster: smooth on tile/brick	0.013	0.015	0.02	0.03	0.04	0.05
Plaster: rough on lath	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03
Sheetrock 1/2" 16" on center	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Wood: 3/8" plywood panel	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11

ตารางที่ 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงอื่นๆ (William and Joseph, 1998)

Miscellaneous Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Water	0.008	0.008	0.013	0.015	0.020	0.025
People (adults)	0.25	0.35	0.42	0.46	0.5	0.5

จากตารางข้างบนเห็นได้ว่า นอกจากชนิดของวัสดุจะมีผลต่อการดูดซับเสียงแล้ว ความถี่ของเสียงก็มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับเสียงหรือค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเช่นเดียวกัน ดังนั้นการออกแบบแผ่นป้องกันเสียงหรือฉนวนป้องกันเสียงที่มีประสิทธิภาพจะต้องคำนึงถึงความถี่ที่ใช้งานด้วย

2.12 ฉนวนป้องกันเสียงในปัจจุบัน

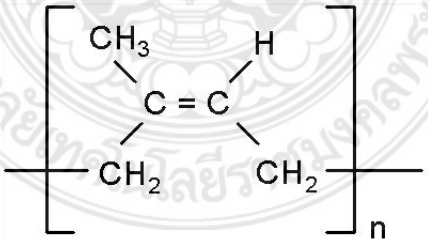
สำหรับวิธีการในการป้องกันเสียงที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ฉนวนที่ใช้หลักการดูดซับเสียง(Sound Absorption) ซึ่งเป็นการสลายพลังงานเสียงให้อยู่ในรูปของความร้อน ทั้งนี้ประสิทธิภาพของการดูดซับเสียงจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น, ความหนา, และลักษณะการติดตั้งของฉนวนโดยจะวัดค่าได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดเสียง (Absorption Coefficient, α) ในปัจจุบันฉนวนดังกล่าวนิยมใช้พลาสติกพีวีซี, ฉนวนใยหิน, ฉนวนใยแก้ว, และฟองน้ำที่ผลิตจาก Polyrethana ซึ่งส่วนใหญ่อาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ เช่น สารพิษจากสารเติมแต่ง, อนุภาคใยหินและใยแก้ว เป็นต้น

2.13 ยางและสารเสริมแรง

ยางเป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งและเป็นวัสดุที่สำคัญในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางต่างๆยางที่ได้จากต้นพืชเรียกว่า (natural rubber) และยางที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีเรียกว่ายางเทียมหรือยางสังเคราะห์ (synthetic rubber) ยางมีสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์คือความยืดหยุ่น (elasticity) เมื่อให้แรงดึงหรือกดยางยางจะยืดหรือยุบได้และสามารถกลับสู่สภาพเดิมได้เมื่อปล่อยให้ยางเป็นอิสระนักอุตสาหกรรมยาง จึงเรียกว่า อิลาสโตเมอร์ (elastomer)

2.14 โครงสร้างของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมีคือ cis-1,4-polyisoprene กล่าวคือมี isoprene (C5H8)n โดยที่ n มีค่าตั้งแต่ 15-20,000 เนื่องจากส่วนประกอบทางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้วดังนั้นยางจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเช่นเบนซีนเฮกเซนเป็นต้นโดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างมีโครงการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะโมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อถูกยืดจึงสามารถเกิดผลึก (crystallize) ได้การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (low temperature crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้นแต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นยางก็จะอ่อนลงและกลับสู่สภาพเดิมในขณะที่การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (strain induced crystallization) ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดีนั่นคือยางจะมีความทนต่อแรงดึง(tensile strength) ความทนต่อการฉีกขาด (tear resistance) และความต้านทานต่อการขัดถู (abrasion resistance) สูง



รูปที่ 2.9 สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ

2.15 รูปแบบของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงกลที่ดีเยี่ยมโดยเฉพาะความแข็งแรงและความยืดหยุ่นซึ่งยางสังเคราะห์ไม่สามารถเทียบได้ดังนั้นยางธรรมชาติจึงเป็นวัสดุที่มักได้รับการนำไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานทางวิศวกรรมเช่นยางล้อยานยนต์ยางรองคอสะพานยางรองฐานตึกยางลดการสั่นสะเทือนยางกันกระแทกท่าเรือและฝายยางเป็นต้นอย่างไรก็ตามยางธรรมชาติมีข้อเสียคือมีความหนืดและความยืดหยุ่นสูงทำให้นำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ยากเมื่อเทียบกับยางสังเคราะห์และมีสมบัติที่แปรปรวนไม่คงที่ซึ่ง

ข้อเสียเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขเพื่อให้ยางธรรมชาติสามารถแข่งขันได้อย่างต่อเนื่องกับยางสังเคราะห์ยางธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆได้แก่

1) น้ำยาง

เนื่องจากน้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางมีปริมาณน้ำมากเกินไปไม่เหมาะที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์และยังทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่งดั้งนั้นจึงจำเป็นต้องนำน้ำยางที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง(Centrifugation) เพื่อลดปริมาณน้ำในน้ำยางสดจนกระทั่งได้น้ำยางที่มีปริมาณยางแห้งขึ้นจาก 30% เป็น 60% โดยน้ำหนักเรียกน้ำยางที่ได้นี้ว่าน้ำยางข้น (concentrated latex) แต่เนื่องจากในน้ำยางมีสารอินทรีย์ต่างๆเช่นโปรตีนและฟอสโฟไลปิด (phospholipid) ผสมอยู่ในปริมาณเล็กน้อยซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถถูกย่อยสลายด้วยเชื้อจุลินทรีย์หรือเชื้อแบคทีเรียได้เป็นก๊าซชนิดต่างๆเช่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก๊าซมีเทนหรือสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบดังนั้นน้ำยางจึงสามารถบูดเน่าส่งกลิ่นเหม็นได้จึงต้องมีการเติมแอมโมเนียลงไปหรืออาจใช้แอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่นๆเพื่อช่วยรักษาสภาพของน้ำยางข้นให้เก็บไว้ได้นานน้ำยางที่ใช้แอมโมเนียอย่างเดียวจะต้องใช้แอมโมเนียที่มีความเข้มข้นสูงถึง 0.7% น้ำยางชนิดนี้จึงมีชื่อเรียกว่าHigh Ammonia Latex (HA latex) ส่วนน้ำยางที่ใช้แอมโมเนียที่มีความเข้มข้นต่ำเพียง 0.2% ก็จำเป็นต้องใช้สารเคมีอื่นๆร่วมด้วยเช่น ZnO/TMTD 0.02% หรือใช้กรดบอริค 0.2% หรือใช้ Santobrite 0.2% เป็นต้นซึ่งน้ำยางหลังเรียกว่า Low Ammonia Latex (LA latex)

2) ยางแห้ง

ยางแห้งได้จากการนำน้ำยางที่กรีดได้มาเติมกรด (นิยมใช้กรดอะซิติคกรดฟอร์มิคหรือกรดซัลฟูริค) เพื่อให้อนุภาคน้ำยางจับตัวกันเป็นของแข็งแยกตัวจากน้ำจากนั้นก็ทำการไล่ความชื้นออกจากเนื้อยางเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรายางแห้งมีหลายรูปแบบได้แก่

2.1) ยางแผ่น

ยางแผ่นได้จากการนำน้ำยางสดมาใส่ในตะกงจากนั้นจึงเติมน้ำเพื่อเจือจางน้ำยางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งเหลือเพียงประมาณ 12-18% ก่อนการทำการเติมกรดเพื่อให้ยางจับตัวกันและแยกตัวออกจากน้ำ หากทำการเจือจางมากก็จำเป็นต้องใช้กรดมากเช่นกันโดยทั่วไปอนุภาคของน้ำยางจะเริ่มจับตัวกันหลังจากที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำยางอยู่ในช่วง 5.1-4.8 เรียกจุดนี้ว่า “จุดไอโซอิเล็กทริค (isoelectric point)” หลังจากนั้นจึงนำยางที่ได้ไปรีดให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้งนำไปล้างน้ำแล้วจึงทำให้ยางแห้งซึ่งการทำให้ยางแห้งนี้อาจทำได้ 2 วิธีคือการนำยางไปตากแดดหรือผึ่งในอากาศร้อนเพื่อไล่ความชื้นยางที่ได้เรียกว่ายางแผ่นไม่รมควันและการนำยางไปอบรมควันที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 2-3 วัน (หรืออาจนานกว่านี้) ซึ่งยางที่ได้เรียกว่ายางรมควัน

2.2) ยางแท่ง

เนื่องจากยางแผ่นและยางเครฟมีการจัดชั้นด้วยสายตาให้ผลที่ไม่แน่นอนด้วยเหตุนี้อุตสาหกรรมยางส่วนใหญ่ในปัจจุบันจึงเริ่มเปลี่ยนมาใช้ยางแท่งหรือยางก้อนเป็นวัตถุดิบในการผลิตแทนทั้งนี้เนื่องจากยางแท่งเป็นยางที่มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่ายางแผ่นและยางเครฟผ่านการทดสอบและจัดชั้นเพื่อรับรองคุณภาพตามหลักวิชาการการจัดชั้นของยางแท่งจะพิจารณาจากปริมาณของสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในยางเป็นสำคัญนอกจากนั้นก็อาจพิจารณาตัวแปรอื่นๆร่วมด้วยเช่นปริมาณขี้เถ้าดัชนีความอ่อนตัวฯลฯ ปัจจุบันประเทศไทยมีมาตรฐานยางเรียกว่า Standard Thai Rubber (STR) ซึ่งแต่เดิมเรียกว่า Thai Tested Rubber (TTR) ยางแท่งเป็นยางที่ผลิตขึ้นมาโดยอาศัยหลักการคร่าวๆดังนี้คือเริ่มต้นนำน้ำยางมาผลิตเป็นก้อนเล็กๆ(เว้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 ม.ม.) เพื่อให้ง่ายต่อการชำระล้างสิ่งสกปรกออกไปด้วยน้ำและง่ายต่อการทำให้แห้งในขั้นตอนถัดไปหลังจากอบยางให้แห้งด้วยอากาศแล้วก็จะนำยางแห้งที่

เป็นก้อนเล็กๆเหล่านี้ไปอัดให้เป็นแท่งขนาดมาตรฐาน 330 × 670 × 170 ม.ม. ที่มีน้ำหนักประมาณ 33.33 กิโลกรัม

2.16 สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ

1) ความยืดหยุ่น (Elasticity) สมบัติความยืดหยุ่นเป็นลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งของยางธรรมชาติกล่าวคือยางธรรมชาติที่คงรูแล้วจะมีความยืดหยุ่นสูงเมื่อแรงภายนอกที่มากกระทำกับยางหมดไปยางจะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิมได้อย่างรวดเร็ว

2) ความเหนียวติดกัน (Tack) ยางธรรมชาติ (ในสภาพที่ยังไม่แปรรูป) มีสมบัติดีเยี่ยมในด้านความเหนียวติดกันซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกันเช่นยางล้อรถยนต์เป็นต้น

3) ความทนทางต่อแรงดึง (Tensile strength) เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีความเป็นระเบียบสูงจึงทำให้ยางธรรมชาติตกผลึกได้ง่ายเมื่อถูกยืดซึ่งผลึกที่เกิดขึ้นจะช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับยางดังนั้นยางธรรมชาติจึงมีค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงมากโดยที่ไม่ต้องใช้สารตัวเติมเสริมแรงเข้าช่วย (~20MPa) การเติมสารตัวเติมเสริมแรงลงไปก็จะช่วยให้ค่าความทนทานสูงขึ้นซึ่งสมบัตินี้จะแตกต่างจากยางสังเคราะห์ส่วนใหญ่ที่มักมีค่าความทนทานต่อแรงตึงต่ำจึงไม่สามารถนำไปใช้งานในทางวิศวกรรมได้นอกจากจะมีการเติมสารตัวเติมเสริมแรงเข้าช่วยเท่านั้น

4) ความทนทานต่อการฉีกขาด (Shear stress) เนื่องจากยางธรรมชาติสามารถตกผลึกได้เมื่อถูกยืดดังนั้นยางธรรมชาติจึงมีความทนทานต่อการฉีกขาดสูงมากทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิสูงการเติมสารตัวเติมเสริมแรงลงไปก็จะช่วยทำให้ค่าความทนทานต่อการฉีกขาดสูงขึ้น

5) สมบัติเชิงพลวัติ (Dynamic properties) ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงพลวัตที่ดียางมีการสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนต่ำในระหว่างการใช้งานนอกจากนี้ยางธรรมชาติยังมีความต้านทานต่อการล้าตัว (Fatigue resistance) ที่สูงมากอีกด้วย

6) ความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion resistance) ยางธรรมชาติมีค่าความต้านทานต่อการขัดถูสูงแต่ยังด้อยกว่ายาง SBR เล็กน้อยอย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับยางสังเคราะห์ชนิดอื่นๆพบว่ายางธรรมชาติมีค่าความต้านทางต่อการขัดถูในกลุ่มที่สูงมาก

7) ความเป็นฉนวนไฟฟ้า (Insulation) ยางธรรมชาติมีความเป็นฉนวนทางไฟฟ้าสูงมากโดยมีค่าต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Specific resistively) สูงถึง 1015 หรือ 1016 ohm.cm

8) ความทนทานต่อของเหลวและสารเคมี (Liquidmand chemical resistance) เนื่องจากองค์ประกอบของยางธรรมชาติเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้วดังนั้นยางดิบจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเช่นเบนซีนเฮกเซนและโทลูอีนเป็นต้นความสามารถในการละลายนี้จะลดลงถ้ายางเกิดการคงรูปเนื่องจาการเชื่อมโยงทางเคมีของโมเลกุลเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติในยางคงรูปจะไปขัดขวางกระบวนการละลายของยางยางคงรูปจึงเพียงแต่เกิดการบวมตัวในตัวทำละลายเหล่านี้เท่านั้นอย่างไรก็ดีการบวมตัวของยางดังกล่าวจะทำให้สมบัติเชิงกลของยางด้วยลงด้วยเหตุนี้ยางธรรมชาติจึงไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมหรือตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว

9) การเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อนโดโซนและแสงแดด (Aging properties) เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่อยู่มากทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Oxidation) โดยมีแสงแดดหรือความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังนั้นยางธรรมชาติจึงถูกออกซิไดซ์ได้ง่านนอกจากนี้ยางธรรมชาติยังไม่ทนต่อโอโซนเพราะเมื่อยางถูกยืดและได้รับโอโซนนานๆจะเกิดรอยแตกขนาดเล็กจำนวนมากที่บริเวณพื้นผิวในทิศตั้งฉากกับทิศทางการยืดตัวของยางด้วยเหตุนี้ในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์จึง

ต้องมีการเติมสารเคมีบางชนิด(สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Anti-degradant)) และไข (Wax) ลงไปเพื่อยืดอายุการใช้งานของยางธรรมชาติ

10) การหักงอที่อุณหภูมิต่ำ (Low temperature flexibility) ยางธรรมชาติยังคงรักษาสมบัติความยืดหยุ่นหรือความสามารถในการหักงอได้แม้ที่อุณหภูมิต่ำมากๆซึ่งยางที่มีสมบัตินี้ที่ดีกว่ายางธรรมชาติมีเพียง 2 ชนิดคือยางบิวตะไดอีน (BR) และยางซิลิโคน (Q)

11) Compression set ยางธรรมชาติมีค่า Compression set ค่อนข้างต่ำทั้งที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูงปานกลางอย่างไรก็ตามค่า Compression set ที่อุณหภูมิต่ำของยางที่ธรรมชาติจะสูงขึ้นเนื่องจากยางอาจเกิดการตกผลึกทำให้ความยืดหยุ่นของยางเริ่มสูญเสียไปในขณะที่ค่า Compression set ที่อุณหภูมิของยางธรรมชาติจะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากยางธรรมชาติไม่ทนต่อความร้อนยางจึงเกิดการเสื่อมสภาพซึ่งจะส่งผลทำให้สมบัติ Compression set น้อยลง

12) การกระเด้งกระดอน (Rebound resilience) ยางธรรมชาติมีสมบัติการกระเด้งกระดอนสูง (สูงกว่ายางอื่นๆทั้งหมดยกเว้นยาง BR) และในระหว่างการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างยางจะสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนน้อย (มี Hysteresis ต่ำ) ยางธรรมชาติจึงมีความร้อนสะสมต่ำเมื่อถูกใช้งานในเชิงพลวัตยางชนิดนี้จึงเหมาะในการผลิตภัณฑ์ยางที่มีขนาดใหญ่เช่นยางรถบรรทุกหรือยางล้อเครื่องบินเพราะหากใช้ยางที่มีความร้อนสะสมสูงก็อาจทำให้ยางเกิดระเบิดได้ง่าย

13) อุณหภูมิของการใช้งาน (Service temperature) ยางธรรมชาติสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -55 c จนถึง 70 c อย่างไรก็ตามหากเก็บยางไว้ที่อุณหภูมิต่ำนานๆยางอาจเกิดการตกผลึกจะทำให้ยางแข็งขึ้นและสูญเสียความยืดหยุ่นไปแต่เมื่ออุณหภูมิการใช้งานสูงเกินไปสมบัติเชิงกลต่างๆก็จะด้อยลงเนื่องจากความร้อนจะทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพในบางกรณีที่มีการออกสูตรผสมเคมียางได้อย่างเหมาะสม (มีการเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพลงไป) ยางธรรมชาติอาจสามารถนำไปใช้งานได้อย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิสูงถึง 90 c-100 c

อย่างไรก็ตามยางดิบจะมีขีดจำกัดในการใช้งานเนื่องจากสมบัติกลต่ำและลักษณะทางกายภาพไม่เสถียรขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงกล่าวคือยางจะอ่อนเยิ้มและเหนียวเหนอะเมื่อร้อนแต่จะแข็งเปราะเมื่ออุณหภูมิต่ำด้วยเหตุนี้การใช้งานจำเป็นต้องมีการผสมยางกับสารเคมีต่างๆเช่นกำมะถันผงเขม่าดำและสารตัวเร่งต่างๆหลังจากการบดผสมยางผสมหรือยางคอมพาวด์ (rubber compound) ที่ได้จะนำไปขึ้นรูปในแม่พิมพ์ภายใต้ความร้อนและความดันกระบวนการนี้เรียกว่าวัลคาไนเซชัน (vulcanization) ยางที่ผ่านการขึ้นรูปนี้เราเรียกว่า “ยางสุกหรือยางขึ้นรูป” (vulcanizate) ซึ่งสมบัติของยางคงรูปที่ได้นี้จะเสถียรไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิมากนักและสมบัติเชิงกลดีขึ้นยางธรรมชาติถูกนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางต่างๆมากมายเนื่องจาก

1) ยางธรรมชาติมีสมบัติดีเยี่ยมในด้านการทนต่อแรงดึง (tensile strength) แม้ไม่ได้เติมสารเสริมแรงและมีความยืดหยุ่นสูงมากจึงเหมาะที่จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิดเช่นถุงยางอนามัยถุงมือยางยางรัดของ

2) ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงพลวัต (dynamic properties) ที่ดีมีความยืดหยุ่น (elasticity) สูงในขณะที่มีความร้อนภายใน (hest build-up) ที่เกิดขณะใช้งานต่ำและมีสมบัติการเหนียวติดกัน (tack) ที่ดีจึงเหมาะสำหรับการผลิตยางรถบรรทุกยางล้อเครื่องบินหรือใช้ผสมกับยางสังเคราะห์ในการผลิตยางรถยนต์เป็นต้น

3) ยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) สูงทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูงจึงเหมาะสำหรับการผลิตยางกระเป๋าน้ำร้อนเพราะในการแกะชิ้นงานออกจากเบ้าในระหว่างกระบวนการผลิตจะต้องดึงชิ้นงานออกจากเบ้าพิมพ์ในขณะที่ร้อนยางที่ใช้จึงต้องมีค่าความทนต่อการฉีกขาดขณะร้อนสูง

แม้ว่ายางธรรมชาติจะมีสมบัติที่ดีเหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ยางต่างๆมากมายแต่ยางธรรมชาติก็มีข้อเสียคือการเสื่อมสภาพเร็วภายใต้แสงแดดออกซิเจนโอโซนและความร้อนเนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่ (double bond) อยู่มากทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและโอโซนโดยมีแสงแดดและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาดังนั้นเพื่อยืดอายุการใช้งานนอกจากนี้ยางธรรมชาติยังทนต่อสารละลายไม่มีขั้วน้ำมันและสารเคมีต่ำจึงไม่สามารถใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสกับสิ่งต่างๆดังกล่าว(นุชนาฎ และณพรัตน์,2545)

2.17 กระบวนการผสมยางกับสารเคมี

1) การผสมยางกับสารเคมี (Mixing) เครื่องมือที่ใช้บดผสมยางโดยทั่วไปมี 2 ระบบ คือ เครื่องบดระบบปิด (Internal mixer) เช่นเครื่องนวด (Kneader) เครื่อง Banbury เป็นต้นและเครื่องบดระบบเปิดเช่นเครื่องบดแบบ 2 ลูกกลิ้ง (Two-roil mill) เป็นต้น

รูปที่ 2.10 เครื่องบดผสมระบบเปิด (Two roll mill)

2) ขั้นตอนการบดผสม (Mixing step)ในการบดผสมยางอย่างมีประสิทธิภาพและบดยางให้มีความสม่ำเสมอในคุณภาพนั้นลำดับขั้นตอนการเติมสารเคมีต่างๆต้องเป็นไปตามขั้นตอนอย่างถูกต้องหลักการโดยทั่วไปคือหลังจากการบดยางให้นิ่มก็จะเติมสารที่บดให้กระจายในเนื้อยางได้ยากก่อนเช่นซิงค์ออกไซด์ (ZnO) กรดสเตียริค (Stearic acid) ผงเขม่าดำเพราะช่วงนี้อุณหภูมิในการบดยังต่ำและยางมีวามหนืดสูงแรงกระทำเชิงกลจึงมีมากจากนั้นจึงเติมสารตัวเติมที่ไม่เสริมแรงสารอื่นๆสารที่แนะนำให้เติมลำดับสุดท้ายคือสารตัวเร่งกำมะถันและสารป้องกันยางตาย(Scorch) ยางที่ได้หลังจากที่ผสมสารเคมีต่างๆเรียบร้อยแล้วจะเรียกว่ายางคอมพาวด์ (Rubber compound) แสดงลำดับของการบดผสมโดยทั่วไป (ธีรศักดิ์ และถิราวุธ,2551)

2.18 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

กระบวนการที่สำคัญในการผลิตยางธรรมชาติหรือพลาสติกจำพวกเทอร์โมเซททิง(แม้น, 2553) มีดังนี้

1) การฉีดเข้าในแบบ (Injection molding)

วิธีการนี้นับว่าเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ใช้ผลิตวัสดุสำเร็จรูป เครื่องที่ทันสมัยใช้ reciprocating-screw เป็นตัวพาพลาสติกที่หลอมเหลวแล้วฉีดเข้าไปในแบบในกระบวนการผลิตด้วยการฉีดพลาสติกเหลวเข้าไป

ในแบบนั้น เม็กพลาสติกจะถูกส่งลงมาจากถังใส่ (hopper) เข้าไปยังกระบอกฉีดซึ่งมีสกรูหมุนไปรอบ ๆ พร้อมกันนั้น เม็ดพลาสติกจะถูกทำให้ร้อนจนหลอมเหลว เมื่อพลาสติกเหลวที่ปลายสกรูมีมากพอ สกรูจะหยุดหมุน แต่จะทำหน้าที่เป็นตัวอัดฉีดจากช่องออกเข้าสู่แบบ ในช่วงเวลาสั้นและให้ความดันคงที่จนพลาสติกแข้งตัว สกรูจะถอยออกมา แบบที่ใช้หล่อจะมีน้ำเย็นเข้าไปหล่อ เพื่อให้พลาสติกแข็งตัวเร็วขึ้น สุดท้ายแบบจะเปิดออก พลาสติกจะหลุดออกมาจากแบบด้วยการใช้อากาศหรือสปริงดันออกมา แล้วแบบก็จะประกอบเข้าไปใหม่พร้อมที่จะอัดฉีดต่อไป(แม้น, 2553)

ข้อดีของกระบวนการผลิตโดยวิธีนี้คือ

- ชิ้นงานหรืออุปกรณ์ที่ผลิตได้จะมีคุณภาพดีและสามารถผลิตได้รวดเร็ว
- เป็นกระบวนการผลิตที่มีค่าแรงถูก
- ผิวของอุปกรณ์ที่ผลิตได้จะมีสภาพดี
- กระบวกการนี้สามารถผลิตแบบอัตโนมัติได้
- ชิ้นงานที่มีลักษณะยุ่งยากซับซ้อน สามารถผลิตได้โดยวิธีนี้

ข้อเสียของวิธีนี้คือ

- เครื่องจักรมีราคาแพงมาก จึงต้องผลิตครั้งละมากๆ
- เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีจะต้องควบคุมกระบวนการค่อนข้างใกล้ชิด

2) กระบวนการอัดรีด (Extrusion)

เป็นกระบวนการผลิตที่สำคัญอีกวิธีหนึ่ง กระบวนการนี้โดยมากใช้ผลิตพวกท่อแท่งเป็นฟิล์มและแผ่นพลาสติกหรือผลิตเป็นรูปแบบอย่างอื่น เครื่องอัดรีดอาจใช้ทำวัตถุดิบที่เป็นพลาสติกผสมให้ออกมามีรูปร่างต่าง ๆ กัน

ในกระบวนการอัดรีดพลาสติกนี้เม็ดพลาสติกจะถูกส่งเข้าไปให้ความร้อนแล้วพลาสติกที่หลอมเหลวจะถูกบังคับให้ออกไปทางท่อเปิดหรือ die ตามรูปร่างที่ต้องการด้วยสกรูหมุน พลาสติกที่ออกมาแล้วจะทำให้เย็นต่ำกว่า Tg หรือglass transition temperature เพื่อให้แน่ใจว่ารูปร่างจะคงที่ การทำให้พลาสติกเย็นลงใช้วิธีเอาลมเป่าหรือใช้ระบบน้ำเย็นหล่อก็ได้

3) กระบวนการอัดเข้ากับแบบ (compression molding)

เป็นกระบวนการอัดเข้ากับแบบ ซึ่งโดยทั่วไปตัวแบบเองจะมีการทำให้ร้อนก่อน แล้วใช้เม็ดพลาสติกใส่ลงไปในแบบ เมื่อแบบเข้าประกบกัน ความร้อนและความดันจะรักษาให้คงที่จนกว่าเม็ดพลาสติกจะเข้าเต็มแบบและทำให้แข็งตัวกระบวนการนี้เหมาะที่จะใช้กับ Thermosetting materials เพราะการทำให้แข็งตัวสำหรับ Thermosetting polymers นั้นขึ้นอยู่กับเวลาของการเกิดปฏิกิริยาและมักจะใช้เวลานานกว่ากระบวนการแบบฉีด

4) กระบวนการ Transfer molding

เป็นกระบวนการที่ใช้กับพลาสติกที่เป็น Thermosets โดยเอาวัสดุที่จะขึ้นรูปใส่ในกระบอกอัดวัสดุนั้นจะถูกเผาให้ร้อนจนเหลวแล้ววัสดุนั้นจะถูกอัดเข้าไปในแบบ วิธีการนี้ได้ดัดแปลงมาจาก compression molding

5) กระบวนการ Blow molding

กระบวนการนี้ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่กลวง โดยการเป่าพอลิเมอร์ที่ร้อนด้วยลมให้พอลิเมอร์เข้าไปติดกับแบบที่เป็น 2 ชิ้นประกบกัน โดยให้พอลิเมอร์ที่เป็นหลอด (tube หรือ parison) ทำให้ร้อนแล้วถูกดันลงมาจากด้านบนของแบบ แล้วใช้อัดอากาศเข้าไป พอลิเมอร์ที่หลอมเหลวจะกลายเป็นรูปร่างต่าง ๆ กันตามแบบที่ใช้และได้ความหนาที่ค่อนข้างสม่ำเสมอกัน วิธีการใช้ในการผลิตขวดพลาสติกหรือภาชนะบรรจุอื่น ๆ ซึ่งสามารถทำได้รวดเร็ว

6) กระบวนการ Thermoforming

เป็นกระบวนการที่ใช้พอลิเมอร์แผ่นหรือฟิล์มบาง ๆ ผลิตเป็นรูปต่าง ๆ วิธีการนี้แผ่นพอลิเมอร์จะถูกเผาจนอ่อนตัวลงและห้อยลงมาจนสัมผัสกับแบบด้วยระบบสุญญากาศ ทำให้แผ่นพอลิเมอร์ออกมามีรูปร่างตามแบบที่ใช้ บางครั้งอาจใช้แบบที่เป็นโลหะ 2 ชิ้นประกบกันก็ได้ กระบวนการนี้เหมาะที่จะนำไปใช้กับการผลิตที่มีจำนวนไม่มากนัก

7) กระบวนการรีดให้เป็นแผ่น (Calendaring)

เป็นกระบวนการทำเป็นแผ่นหรือเป็นฟิล์ม โดยใช้พลาสติกผ่านเข้าไประหว่างลูกกลิ้งที่ให้ความร้อน (heated rolls) และต่อเนื่องกัน ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งคู่สุดท้ายจะบอกความหนาของแผ่นพลาสติกนั้นกระบวนการนี้อาจนำมาใช้เป็นวิธีผสมวัสดุให้เข้ากันก็ได้ โดยทั่วไปยางแผ่นก็ใช้กระบวนการนี้ทำเช่นเดียวกัน

8) กระบวนการหล่อ (Casting)

กระบวนการนี้ใช้ในการขึ้นรูปของที่ตันหรือกลวง โดยใช้พลาสติกที่หลอมเหลวหรือจากเรซินที่ผสมตัวเร่งแล้วด้วยการเทลงไปในแบบ แล้วปล่อยให้แข็งตัวหรือให้ set ตัว (curing) สำหรับแบบควรจะต้องให้ข้างบนเปิด กระบวนการนี้ใช้กันมากในการหล่อพวกยูรีเทน และ silicone elastomers ให้เป็นแผ่นหรือเหมาะที่จะใช้ทำเครื่องร่อนแร่ หรือใช้สร้างอุปกรณ์ที่อยู่กับที่ด้วยสาร epoxy หรือ polyester resins

9) กระบวนการ Reaction Injection Molding (RIM)

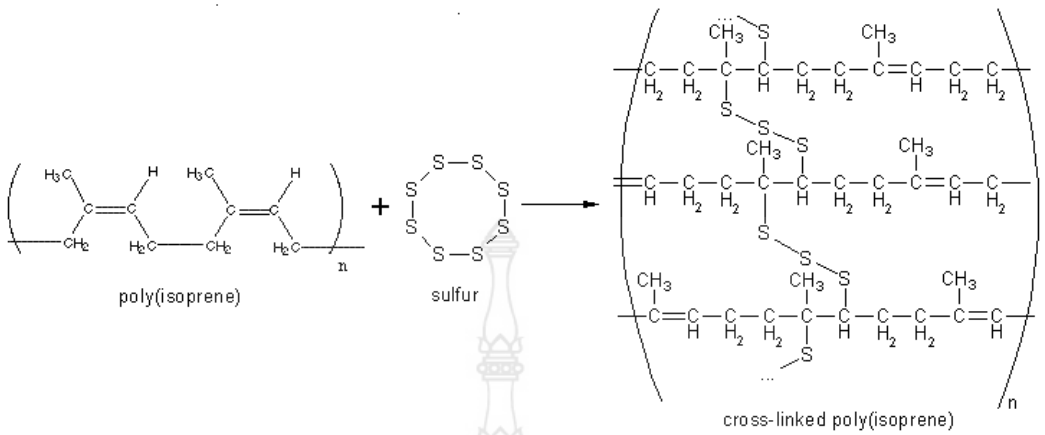
กระบวนการนี้จะใช้วิธีปั๊มพอลิเมอร์ที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเข้าไปใน mixing chamber ก่อนให้ผสมกันแล้วให้ออกไปสู่แบบหล่อที่ความดันปกติ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะก่อให้เกิดการขยายตัวเต็มแบบหล่อ ถ้ามีความร้อนเกิดขึ้นจะช่วยทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวเร็วขึ้น และอาจใช้ filler ผสมเข้าไปเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้นก็ได้ กระบวนการนี้ใช้หล่ออุปกรณ์รถยนต์ต่างๆ วัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อเป็นพอลิยูรีเทนโฟม (แม้น, 2553)

2.19 การวัลคาไนซ์ (Vulcanization)

การทำให้ยางคงรูปหรือทำให้ยางสุกคือการทำให้ยางเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงระหว่างสายโมเลกุลหรือที่เรียกกันว่าปฏิกิริยาวัลคาไนเซชัน(Vulcanization)เกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติส่งผลให้ยางเกิดการเปลี่ยนสภาพจากค่อนข้างอ่อน (มีความเป็นพลาสติกสูง) ไปเป็นยางที่มีความยืดหยุ่นดีและแข็งแรงมีสมบัติเชิงกลที่เสถียรและไม่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากนักและทำให้ยางทนต่อการเสื่อมสภาพองจากความร้อนและแสงแดดได้ดียิ่งขึ้นจึงสามารถนำยางไปใช้ได้อย่างกว้างขวางปฏิกิริยาวัลคาไนเซชันต้องอาศัยสารเคมีกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing or curing agents) และความร้อนเพื่อทำให้สารดังกล่าวสามารถเกิดปฏิกิริยาได้

- ระบบทำให้ยางคงรูปด้วยกำมะถัน (Sulphur vulcanization system) เป็นระบบที่ใช้อย่างกว้างขวางกับยางที่มีโครงสร้างทางโมเลกุลไม่อิ่มตัว (Unsaturation) ระบบจำเป็นต้องมีสารตัวกระตุ้น (activator) เช่นซิงค์ออกไซด์และกรดสเตียริคสำหรับสารตัวเร่งปฏิกิริยา (Accelerator) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาคงรูปสัดส่วนของการใช้กำมะถัน/สารตัวเร่งมีความสำคัญเพราะเป็นตัวกำหนดชนิดของพันธะเคมีที่เกิดขึ้นเช่นถ้าใช้ปริมาณกำมะถันมากและใช้สารตัวเร่งน้อยเรียกว่าระบบธรรมดาหรือ Conventional (CV system) ซึ่งจะมีพันธะเคมีแบบ Polysulphide - crosslinks และแบบ cyclic แต่ถ้าใช้ปริมาณกำมะถันน้อยและใช้สารตัวเร่งมากจะได้พันธะเคมีส่วนใหญ่เป็นแบบ monnosulphide crosslinks เรียกระบบนี้ว่าระบบประสิทธิภาพหรือ Efficient

vulcanization (EV system) โครงสร้างหลังเกิดการวัลคาไนเซชัน นอกจาก 2 ระบบดังกล่าวยังมีระบบที่เรียกว่าระบบกึ่งประสิทธิภาพ (Semi-EV system) ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่าง 2 ระบบข้างต้น



รูปที่ 2.11 กระบวนการวัลคาไนเซชัน

พันธะเคมีแบบ Polysulphide จะให้ยางที่มีสมบัติเชิงกลดีแต่ไม่ทนต่อความร้อนในขณะที่ยางที่มีพันธะแบบ Mono หรือ Disulphide จะให้สมบัติเชิงกลที่ด้อยกว่าแต่ยางจะเสถียรต่อความร้อนได้ดี

ระบบ EV ค่า X จะเท่ากับ 1 หรือ 2 (Mono or Disulphide)

ระบบ CV ค่า X จะสูงส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 3 ถึง 8 (Polysulphide)

- ระบบทำให้ยางคงรูปด้วยสารประกอบที่สลายตัวให้กำมะถัน (Sulphur donor vulcanization system)

นอกจากการใช้ธาตุกำมะถันเป็นสารคงรูปแล้สารประกอบอินทรีย์ที่สลายตัวให้กำมะถันที่อุณหภูมิการอบยางคงรูปก็สามารถใช้เป็นสารคงรูปได้สารกลุ่มนี้ได้แก่ TMTD (Tetrarnethyl thiuram disulphide) และอนุพันธ์ของ Morpholine เช่น DTDM (Dithio dimorphlione)

การใช้สารประกอบพวกนี้เป็นสารคงรูปมีข้อดีคือลดปัญหาการเกิดการบลูม (Bloom) และเนื่องจากปฏิกิริยาจะไม่เกิดจนกว่ากำมะถันจะสลายตัวออกมาดังนั้นจึงลดปัญหาการเกิดยาง Scorch สารพวกนี้ยังก่อให้เกิดพันธะเคมีแบบ Monosulphide เป็นส่วนใหญ่ทำให้ยางทนต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อนได้ดีมาก

- ระบบทำให้ยางคงรูปด้วยสารที่ไม่มีกำมะถัน (Sulphur donor vulcanization system)

1) โลหะออกไซด์เช่น ZnO ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาคงรูปของยางนีโอพรีนโดยนิยมใช้ร่วมกับ MgO เพื่อเป็นตัวจับอะตอมคลอรีนที่เกิดขึ้น

2) สารประกอบที่มีหมู่ฟังก์ชั่น 2 หมู่ (Difunctional group compound) เช่นใช้ Epoxy resin ในยางไนไตร์ลใช้ Quinine dioximes ในยางบิวไทลและใช้ Diamines ในยาง Fluoroelastomer

3) เปอร์ออกไซด์เป็นสารคงรูปที่สำคัญสำหรับยางที่มีโมเลกุลอิ่มตัว (SAturated) หรือโมเลกุลที่ไม่มีหมู่ฟังก์ชั่นที่ไวต่อปฏิกิริยาในการสร้างพันธะเคมีเชื่อมโมเลกุลเช่นยาง EMP เป็นต้นในทำนองเดียวกับเปอร์ออกไซด์ก็สามารถใช้เป็นสารคงรูปสำหรับยางที่ไม่อิ่มตัวเช่นยางธรรมชาติยาง SBR และยาง NBR ได้และจะทำให้ยางเหล่านี้ทนต่อความร้อนได้ดีสารกลุ่มนี้ไม่ได้เข้าไปเชื่อมระหว่างโมเลกุลของยางแต่จะทำให้โมเลกุลของยางเกิดเป็นเรดิเคิล (Radicals) แล้วฟอร์มพันธะเคมีแบบคาร์บอน-คาร์บอนระหว่างสารโมเลกุลของยาง

นอกจากการใช้สารเคมีดังกล่าวแล้วการฉายรังสีที่มีพลังงานสูงเช่นรังสีแกมมาก็สามารถทำให้ยางคงรูปได้เช่นกันโดยเมื่อถูกรังสีโมเลกุลของยางจะแตกตัวให้เรดิเคิลและจะทำให้เกิดการเชื่อมโยงแบบคาร์บอน-คาร์บอนทำให้ยางที่ได้มีความเสถียรต่อความร้อนมีความบริสุทธิ์สูงเพราะไม่มีสารเคมีอื่นใดเจือปนจึงเหมาะสำหรับการผลิตอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนยางที่ใช้ทางการแพทย์

2.20 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้น พบมากบริเวณริมชายฝั่งทะเล มะพร้าวเป็นพืชยืนต้น ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเอพิคาร์ป (epicarp) คือเปลือกนอก ถัดไปข้างในจะเป็นมีโซคาร์ป (mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (endocarp) หรือกะลามะพร้าว ซึ่งจะมีรูสีคล้ำอยู่ 3 รู สำหรับงอก ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไปจะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม หรือที่เรียกว่าเนื้อมะพร้าว ภายในมะพร้าวจะมีน้ำมะพร้าว ซึ่งเมื่อมะพร้าวแก่ เอนโดสเปิร์มก็จะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปหมด ขณะที่มะพร้าวยังอ่อน ชั้นเอนโดสเปิร์ม (เนื้อมะพร้าว) ภายในผลมีลักษณะบางและอ่อนนุ่ม ภายในมีน้ำมะพร้าว ซึ่งในระยะนี้เรามักสอยเอามะพร้าวลงมารับประทานน้ำและเนื้อ เมื่อมะพร้าวแก่ ซึ่งสังเกตได้จากการที่เปลือกนอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ในผลมะพร้าวอ่อนจะมีน้ำอยู่ภายใน เรียกว่าน้ำมะพร้าว ใช้เป็นเครื่องดื่มเกลือแร่ได้เนื่องจากอุดมไปด้วยโพแทสเซียม นอกจากนี้น้ำมะพร้าวยังมีคุณสมบัติปลอดเชื้อโรค และเป็นสารละลายไอโซโทนิก ซึ่งด้วยเหตุนี้จึงสามารถนำน้ำมะพร้าวไปใช้ฉีดเข้าหลอดเลือดเวน ในผู้ป่วยที่มีอาการขาดน้ำหรือปริมาณเลือดลดผิดปกติได้น้ำมะพร้าวสามารถนำไปทำวุ้นมะพร้าวได้ โดยการเจือกรดอ่อนเล็กน้อยลงในน้ำมะพร้าว เนื้อในของมะพร้าวแก่ นำไปทำกะทิได้ โดยการขูดเนื้อในเป็นเศษเล็ก ๆ แล้วบีบเอาน้ำกะทิออกกากที่เหลือจากการคั้นกะทิ ยังสามารถนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ได้ ใยมะพร้าว นำไปใช้ยัดฟูก ทำเสื่อหรือนำไปใช้ในการเกษตร

2.21 ขุยมะพร้าว

จากมะพร้าวหนึ่งผลคิดน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 1,600 กรัม เป็นกาบมะพร้าวประมาณ 830 กรัม เป็นกะลาประมาณ 120 กรัม นอกนั้นเป็นเนื้อและน้ำมะพร้าว เมื่อแยกเนื้อและน้ำมะพร้าวออกแล้วจะมีเศษเหลือทิ้งมากกว่าครึ่งซึ่งเป็นส่วนของกาบมะพร้าวและกะลามะพร้าว กะลามะพร้าวสามารถนำไปเผาเพื่อทำเป็นเชื้อเพลิง หรือนำมาเป็นวัตถุดิบในงานหัตถกรรมต่างๆ ส่วนกาบมะพร้าวจะมีการนำมาแยกเอาเส้นใย เพื่อนำไปทำเชือก หรือใช้ในอุตสาหกรรมทำที่นอน การแยกเส้นใยจากกาบมะพร้าว จะมีขุยมะพร้าวเป็นเศษเหลือประมาณ ร้อยละ 60 ของกาบมะพร้าว (Asasutjarit et al., 2007) ขุยมะพร้าว คือเปลือกมะพร้าวที่ปั่นเอาใยออก หรือปั่นให้ใยละเอียด เป็นขุยๆละเอียดประมาณเม็ดทราย แห้งสนิท (ไม่ใช่เปลือกสับ) เป็นเศษเหลือของโรงงานทำเส้นใยมะพร้าวซึ่งได้ทุบกาบมะพร้าวเพื่อนำเส้นใยไปทำเบาะนั่ง เศษเหลือเหล่านี้เป็นผงๆ ขุยมะพร้าวนี่เองก่อปัญหาให้กับโรงงานผลิตเส้นใยมะพร้าวมาก มีสมบัติเบาแต่ก็มีความคงทนถาวร ทนแดด ทนฝน เมื่อแช่น้ำจะไม่มีการอ่อนมาก ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์เมื่อเทียบกับเส้นใยมะพร้าว (FAO, 2011)

2.22 สมมติฐาน

2.22.1 ยางธรรมชาติ และขุยมะพร้าว สามารถนำมาใช้เป็นแผ่นป้องกันเสียงภายในอาคาร แล้วมีคุณภาพตามมาตรฐาน

2.22.2 แผ่นป้องกันเสียง มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลผ่านตามมาตรฐานที่เหมาะต่อการใช้งานได้

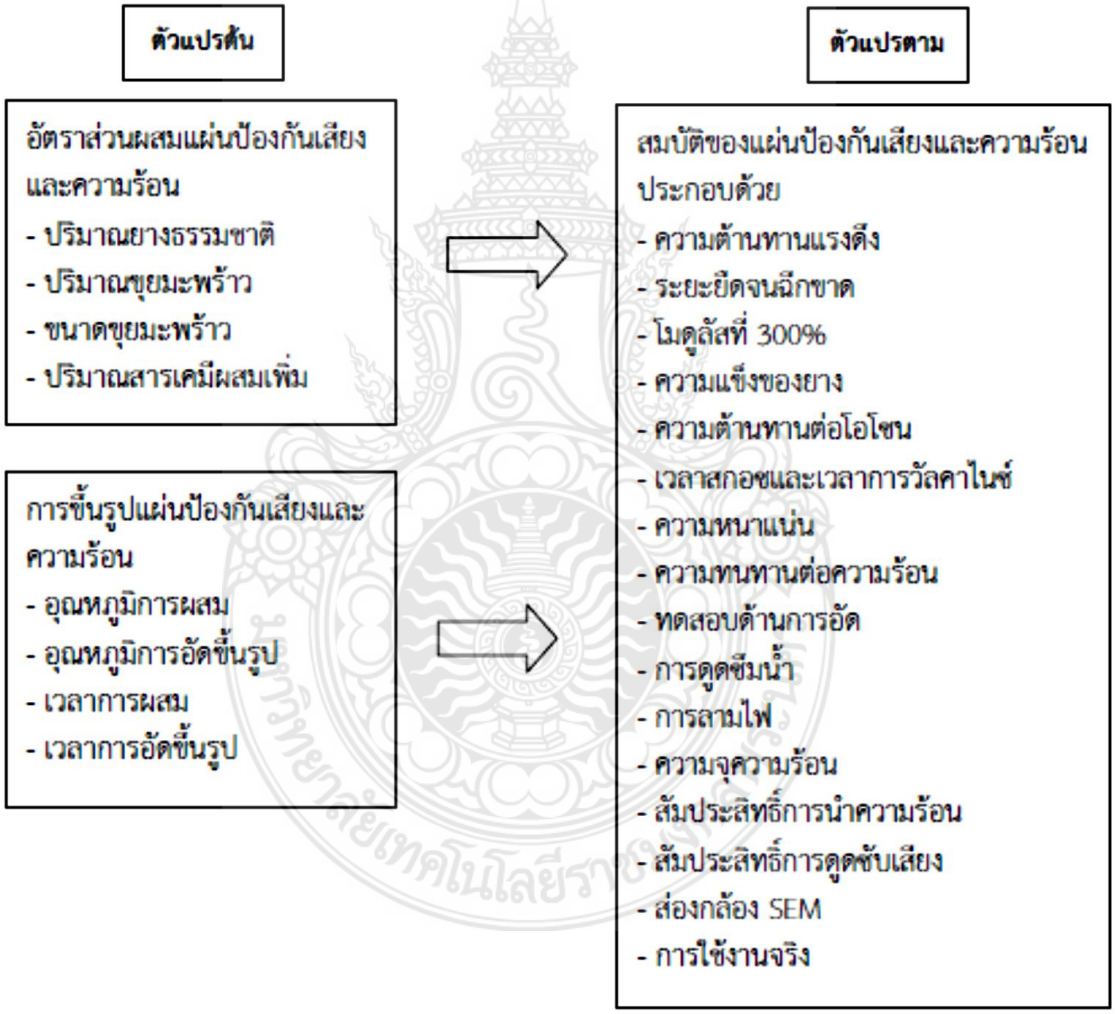
2.22.3 แผ่นผนังป้องกันเสียงที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว มีความเป็นฉนวนป้องกันเสียงที่ดีใกล้เคียงกับแผ่นป้องกันเสียงทั่วไป

2.22.4 แผ่นผนังป้องกันเสียงที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีกว่าแผ่นป้องกันเสียงทั่วไป

2.22.5 แผ่นผนังป้องกันเสียงที่มีส่วนผสมของยางธรรมชาติและขุยมะพร้าว เป็นที่สนใจของหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และประชาชนทั่วไป

2.23 กรอบแนวความคิด

กรอบแนวความคิดของโครงการการใช้ยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคารสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ ดังนี้



รูปที่ 2.12 กรอบแนวความคิดของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อน

2.24 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

การใช้ยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคาร สามารถสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ ดังนี้

บุรฉัตร วิริยะ (2544) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุซีเมนต์ เส้นใยแก้ว และวัสดุเส้นใยพืชแห้ง โดยการนำมาผลิตเป็นแผ่นดูดซับเสียงขนาด 1 ตารางเมตร วัสดุพืชแห้งที่ใช้ได้แก่ ชานอ้อยและกาบมะพร้าว โดยทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) และค่าสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน (TL) จากการศึกษาพบว่าวัสดุซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้วและวัสดุกาบมะพร้าวผสมเส้นใยแก้วมีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของระดับเสียงใกล้เคียงกัน คือมีค่าอยู่ในช่วง 0.4-0.7 ซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติดูดซับเสียงได้ดี ในขณะที่แผ่นวัสดุชานอ้อยผสมซีเมนต์มีค่าอยู่ในช่วง 0.03-0.09 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.2 จึงสามารถสรุปได้ว่าเป็นวัสดุสะท้อนเสียง

Zhao J. และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาถึงการป้องกันเสียงของแผ่นไม้อัดที่มีการเติมผงเศษยางล้อรถยนต์ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงของแผ่นไม้อัดกับแผ่นไม้อัดที่มีการเติมผงเศษยางล้อรถยนต์ จากผลการทดลองพบว่าแผ่นไม้อัดที่มีการเติมผงเศษยางล้อรถยนต์มีประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันเสียงได้มากกว่าแผ่นไม้อัดที่ไม่มีการเติมผงเศษยางล้อรถยนต์โดยประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงจะมากขึ้นเมื่อปริมาณผงเศษยางล้อรถยนต์และกาวเชื่อมประสานมากขึ้น นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาโครงสร้างของแผ่นไม้อัดที่มีการเติมผงเศษยางล้อรถยนต์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าช่องว่างบริเวณรอยต่อระหว่างอนุภาคของผงเศษยางรถยนต์กับไม้มีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง

Fatima S. และ Mohanty A.R. (2011) ทำการศึกษาการประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัสดุผสมจากปอกระเจา โดยศึกษาในในรูปแบบของปอกระเจาที่เป็นเส้นใยและทอผืน และวัสดุผสมระหว่างผืนเส้นใยปอกระเจากับยางธรรมชาติที่เกิดจากการใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นตัวประสาน จากผลการทดลองพบว่าผืนเส้นใยปอกระเจาที่ทอกันด้วยความหนาแน่นของเส้นใยต่ำจะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงได้ดีกว่าผืนเส้นใยปอกระเจาที่ทอกันอย่างหนาแน่น ผืนเส้นใยปอกรเจาที่มีการเชื่อมประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงได้ดีกว่าผืนเส้นใยปอกระเจาที่ไม่มีการเชื่อมประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติ และเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นดูดซับเสียงที่ทำจากใยแก้ว พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงใกล้เคียงกัน แต่ผืนเส้นใยปอกระเจาทั้งที่มีและไม่มีน้ำยางธรรมชาติเป็นตัวเชื่อมประสานมีความสามารถในการต้านทานการติดไฟต่ำกว่าผืนใยแก้ว

วิสุทธิ์ แก้วสกุล (2551) ได้เตรียมยางธรรมชาติเทอร์โมพลาสติกจากการเบลนด์โคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตท (EVA) กับยางธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ ยางแผ่นผึ่งแห้ง (ADS) ยางธรรมชาติมาลิเอต (MNR) ที่เตรียมโดยใช้มาลิอิกแอนไฮไดรด์ 10 phr และยางธรรมชาติอิพอกไซด์ (ENR) ที่มีหมู่อิพอกไซด์ 35 % โดยโมลจากการเตรียมโดยทำปฏิกิริยาอิพอกซิเดชันยางธรรมชาติกับกรดเปอร์ฟอร์มิกด้วยเทคนิคการเบลนด์แบบปกติและการวัลคาไนเซชันแบบไดนามิกส์โดยใช้ระบบวัลคาไนซ์ด้วยฟีนอลิกเรซินใช้เครื่องผสมแบบปิดในการเบลนด์ ที่อุณหภูมิ 140°C ความเร็วโรเตอร์ 60 รอบ/นาที การเบลนด์ ADS/EVA ใช้สารเพิ่มความเข้ากันได้ที่เตรียมจาก EVA ดัดแปลงโมเลกุลด้วยฟีนอลิกเรซิน (PhHRJ-EVA) ส่วนการเบลนด์ MNR/EVA และ ENR/EVA เป็นการเบลนด์แบบรีแอ็กทีฟโดยไม่ใช้สารเพิ่มความเข้ากันได้ ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนการเบลนด์ พบว่าพอลิเมอร์เบลนด์ทั้ง 3 ชนิดมีมอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืด ความแข็งและความต้านทานต่อตัวทำละลาย มีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มปริมาณยางธรรมชาติแต่มอดูลัสสะสม ความหนืดเชิงซ้อน และความสามารถในการคืนรูป มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ค่า tension set และ tan d มีแนวโน้มลดลง)และพบว่าสัณฐานวิทยาเป็นแบบเฟสร่วมที่อัตราส่วนการเบลนด์ 40/60, 50/50 และ 60/40 เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนเดียวกัน การเบลนด์ ENR/EVA ให้วัสดุที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ความสามารถในการคืนรูป ความต้านทานต่อตัวทำละลายและความต้านทานต่อความร้อนสูงที่สุด รองลงมาคือวัสดุที่ได้จากการเบลนด์ MNR/EVA และ ADS/EVA

ตามลำดับ ส่วนการเตรียมพอลิเมอร์เบลนด์ด้วยเทคนิควัลคาไนเซชันแบบไดนามิกส์สมบัติต่างๆ มีแนวโน้มในทำนองเดียวกันกับการเบลนด์แบบปกติแต่วัสดุจากการทำไดนามิกส์วัลคาไนเซชันมีสมบัติต่างๆ สูงกว่า นอกจากนี้พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นอนุภาคยางวัลคาไนซ์มีขนาดเล็กลงตามการเพิ่มปริมาณยาง ซึ่งวัสดุจากการเบลนด์ ENR/EVA มีขนาดอนุภาคยางเล็กที่สุดมีผลให้ได้วัสดุที่มีสมบัติต่างๆ ดีที่สุด ได้แก่ ความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการคืนรูป ความต้านทานต่อความร้อนและความต้านทานต่อตัวทำละลาย ดังนั้นวัสดุจากการเบลนด์ ENR/EVA ทั้งสองเทคนิคมีสมบัติดีที่สุด เนื่องจากมีความเข้ากันได้ดีที่สุด

ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์ (2552) ศึกษาโครงสร้างภายในของวัสดุเส้นใยจากธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศทำให้วัสดุเส้นใยจากธรรมชาติมีศักยภาพที่จะมีค่าการนำความร้อนต่ำและมีสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน การศึกษาวิจัยนี้นำวัสดุผสมที่มีเส้นใยจากธรรมชาติมาเป็นวัตถุดิบในการทำวัสดุผนัง โดยคัดเลือกเส้นใยในท้องถิ่นภายในประเทศมาศึกษาสมบัติขั้นต้นในการเตรียมเส้นใยเพื่อเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ชานอ้อย หญ้าขน ฟางข้าว กก หญ้าคา ใบสัปปะรด ใบไผ่ ขุยมะพร้าว ใบยางพารา ใบตาล ทลาย และเปลือกผลปาล์ม โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพความยาก/ง่ายในการตัด และลักษณะโครงสร้างภายในที่เหมาะสมในการทำเป็นวัสดุผนังที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การใช้ยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคาร เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลองที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 น้ำยางธรรมชาติข้นร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์ ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของน้ำยางธรรมชาติข้น ร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์

สารประกอบ	น้ำหนัก (กรัม)
60% น้ำยางข้น (Latex)	167.0
10% โปแตสเซียมไฮดรอไซด์ (Potassium hydroxide)	2.0
10% เทอริค 16 เอ 16 (Teric 16 A 16)	0.2
50% กำมะถัน (Sulfur)	1.6
50% แซดดีอีซี (ZEDC)	0.8
50% แซดเอ็มบีที (ZMBT)	0.8
50% วิงสเตย์แอล (Wingstay L)	2.0
50% ทิทาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	2.0
50% ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide)	2.0
น้ำ	170.5

รูปที่ 3.1 น้ำยางธรรมชาติข้นร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์

3.1.2 ขุยมะพร้าว และเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 3.2 และ 3.3

รูปที่ 3.2 ขุยมะพร้าวที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.72 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.3 เส้นใยมะพร้าว

3.1.3 สารเคมีเติมแต่ง ได้แก่ กำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur, ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), กรดสเตียริก (Stearic Acid), เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล (Mercapto Benzthiazole, MBT), และไดฟินิลกัวนิดีน (Diphenyl Guanidine, DPG)

3.1.4 เครื่องตีแยกเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องตีแยกเส้นใยมะพร้าว

3.1.5 เครื่องถักขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่องถักขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว

3.1.6 เครื่องพ่นน้ำยางธรรมชาติเป็นฝอย แบบสายพาน ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เครื่องพ่นน้ำยางธรรมชาติเป็นฝอย

3.1.7 เครื่องตัดแผ่นขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 เครื่องตัดแผ่นขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว

3.1.8 เครื่องอัดร้อนชิ้นงาน อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แรงดัน 150 บาร์ ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 เครื่องอัดร้อนชิ้นงาน

3.1.9 เครื่องมือชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลความละเอียด 0.05 กรัม

3.1.10 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

3.1.11 ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น

3.1.12 ชุดอุปกรณ์ทดสอบการดูดซึมน้ำ

3.1.13 ชุดอุปกรณ์ทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

3.1.14 ชุดอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง ประกอบด้วย

1) แหล่งกำเนิดเสียง ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรแกรม Sound Generator ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz) และอุปกรณ์ขยายเสียง (ลำโพง) ขนาด 3 วัตต์ จำนวน 2 ตัว มีช่วงความถี่ของเสียง 125 – 20,000 เฮิรตซ์

2) เครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT351 ความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 1.5 dB ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 เครื่องวัดระดับเสียง

3) ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร โดยเว้นช่องว่างสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุ 1 ด้าน (ใช้แผ่นยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวติดบนแผ่นคอนกรีต ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร) ส่วนอีก 5 ด้าน บุภายในด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟม หนา 12.5 เซนติเมตร รอบห้องจำลอง (Abdullah et al., 2014) ดังรูปที่ 3.10 และ 3.11

รูปที่ 3.10 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง

รูปที่ 3.11 ห้องจำลอง พร้อมแหล่งกำเนิดเสียง

3.1.15 ชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผล

3.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมของแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคาร ประกอบด้วย น้ำยางธรรมชาติข้น ร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์ ขุยมะพร้าว และเส้นใยมะพร้าว (ใช้สำหรับเป็นวัสดุรับแรงดึงหลัก) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคาร โดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ขุยมะพร้าว	เส้นใยมะพร้าว	เนื้อยางธรรมชาติ
R0.1	0.1	0.9	0.1
R0.15	0.1	0.9	0.15
R0.2	0.1	0.9	0.2
R0.25	0.1	0.9	0.25
R0.3	0.1	0.9	0.3

หมายเหตุ การคิดปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่ใส่เข้าไปในส่วนผสมให้คำนวณเพื่อหาปริมาณเนื้อยางธรรมชาติที่อยู่ภายในน้ำยางธรรมชาติ โดยมีปริมาณเนื้อยางธรรมชาติ ร้อยละ 60 ของปริมาณน้ำยางธรรมชาติ

3.3 การขึ้นรูปแผ่นป้องกันเสียง

3.3.1 ตีแยกเส้นใยมะพร้าว พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว ก่อนนำเข้าเครื่องถักเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 3.12 และ 3.13

รูปที่ 3.12 การเตรียมเส้นใยและขุยมะพร้าวสำหรับเข้าขั้นตอนการถัก

รูปที่ 3.13 การนำเข้าขุยและเส้นใยมะพร้าวเข้าเครื่องถัก

3.3.2 ปรับปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่จะฉีดพ่น โดยแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดละร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่กำหนด ดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 การเตรียมเส้นใยและขุยมะพร้าวสำหรับเข้าขั้นตอนการถัก

3.3.3 นำแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นแล้ว มาฉีดพ่นด้วยน้ำยางธรรมชาติเพื่อยึดเหนี่ยวขุยและเส้นใยมะพร้าวให้ติดกัน ดังรูปที่ 3.15 ถึง 3.20

รูปที่ 3.15 การลำเลียงแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นเข้าเครื่องฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติ

รูปที่ 3.16 การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้น

รูปที่ 3.17 การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นชุดที่ 1

รูปที่ 3.18 การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นชุดที่ 2

รูปที่ 3.19 แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติเรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 3.20 แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติอย่างต่อเนื่องด้วยสายพาน

3.3.4 ตัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดพ่นด้วยน้ำยางธรรมชาติเรียบร้อยแล้ว มาตัดให้มีขนาดตามต้องการ ดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 การตัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวให้มีขนาดตามต้องการ

3.3.5 นำแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ตัดแล้วมาซ้อนกันและนำเข้าเครื่องอัดร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แรงดัน 150 บาร์ เป็นระยะเวลา 1 นาที โดยกำหนดให้มีความหนา 5.7 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.22 ถึง 3.25

รูปที่ 3.22 การอัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวให้ติดกันตามความหนาที่ต้องการด้วยเครื่องอัดร้อน

รูปที่ 3.23 แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัดติดกันแล้ว

รูปที่ 3.24 ลักษณะผิวหน้าของแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัดติดกันแล้ว

รูปที่ 3.25 แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัดติดกัน จำนวน 3 ขนาด ประกอบด้วย 0.2 x 0.2 เมตร 0.3 x 0.3 เมตร และ 0.6 x 0.6 เมตร หนา 5.7 เซนติเมตร

3.4 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นป้องกันเสียง

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติทางการนำความร้อน และสมบัติทางการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้งนี้ การทดสอบจะใช้จำนวนตัวอย่าง 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ประกอบด้วย

3.4.1 ลักษณะทั่วไป

3.4.2 ความหนาแน่น ดังรูปที่ 3.26

รูปที่ 3.26 การชั่งน้ำหนักแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

3.4.3 การดูดซึมน้ำ ดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.27 การแช่แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติในน้ำ

3.4.4 ความต้านทานแรงดึง ดังรูปที่ 3.28 ถึง 3.30

รูปที่ 3.28 การทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์

รูปที่ 3.29 การจับยึดแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึง

รูปที่ 3.30 การดึงแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์

3.4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

3.4.6 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง ดังรูปที่ 3.31 ถึง 3.34

รูปที่ 3.31 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

รูปที่ 3.32 คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

รูปที่ 3.33 แหล่งกำเนิดเสียงและเครื่องวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องจำลอง

รูปที่ 3.34 การวัดความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงด้วยเครื่องวัดเสียง

รูปที่ 3.35 การติดตั้งแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติเพื่อวัดค่าความเข้มเสียง

รูปที่ 3.36 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยเครื่องวัดเสียง

3.4.7 การใช้งานจริง

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติทางการนำความร้อน และสมบัติทางการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไปของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.1

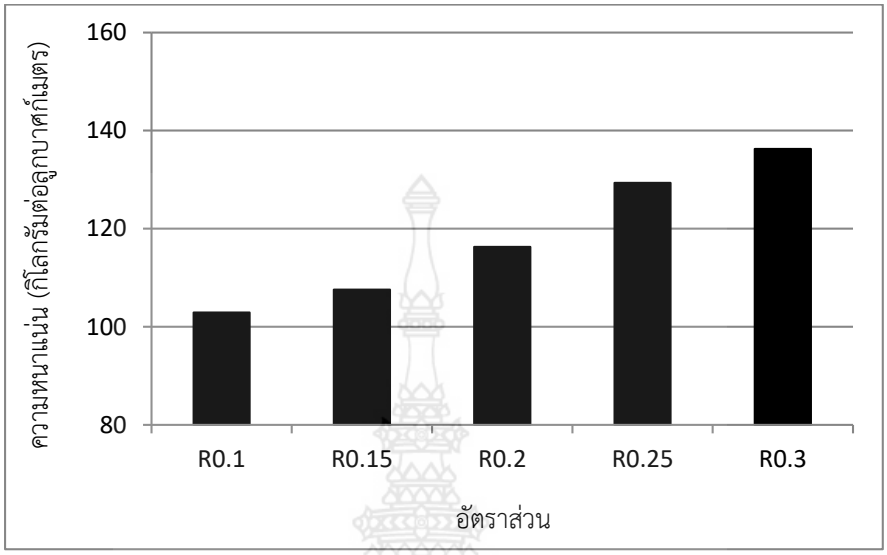
รูปที่ 4.1 ลักษณะของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ อัตราส่วน R0.1 (ซ้ายสุด) R0.15 (ซ้าย) R0.2 (กลาง) R0.25 (ขวา) และ R0.3 (ขวาสุด)

จากรูปที่ 4.1 พบว่า แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่มีปริมาณน้ำยางธรรมชาติสูง จะมีการเรียงตัวของเส้นใยที่แน่นกว่าแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่มีปริมาณน้ำยางธรรมชาติต่ำ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากการแทรกตัวภายในช่องว่างของน้ำยางธรรมชาติที่ฉีดพ่นและอัดภายในเนื้อขุยและเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 การแทรกตัวของน้ำยางธรรมชาติภายในเนื้อแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว

4.2 ความหนาแน่น

สำหรับผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.3

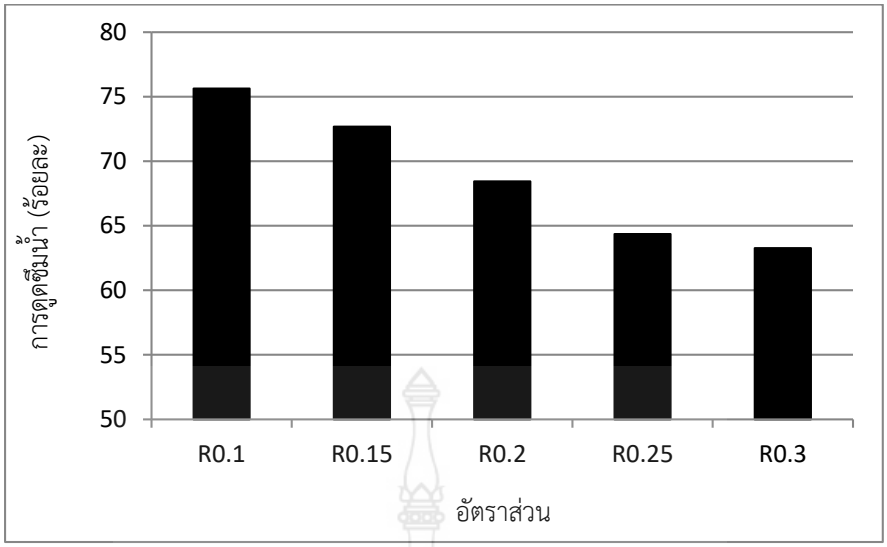


รูปที่ 4.3 ความหนาแน่นของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

รูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นผลกระทบของปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่มีต่อค่าความหนาแน่นของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ โดยแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ผสมน้ำยางธรรมชาติมากที่สุด หรืออัตราส่วน R0.3 จะมีความหนาแน่นต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน R0.25 R0.2 R0.15 และ R0.1 เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากค่าความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่มีค่าระหว่าง 920 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมากกว่าขุยและเส้นใยมะพร้าวที่มีความหนาแน่นเพียง 500 ถึง 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Barlow, 1993; Faherty et al., 1995)

4.3 การดูดซึมน้ำ

จากการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติอัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.4

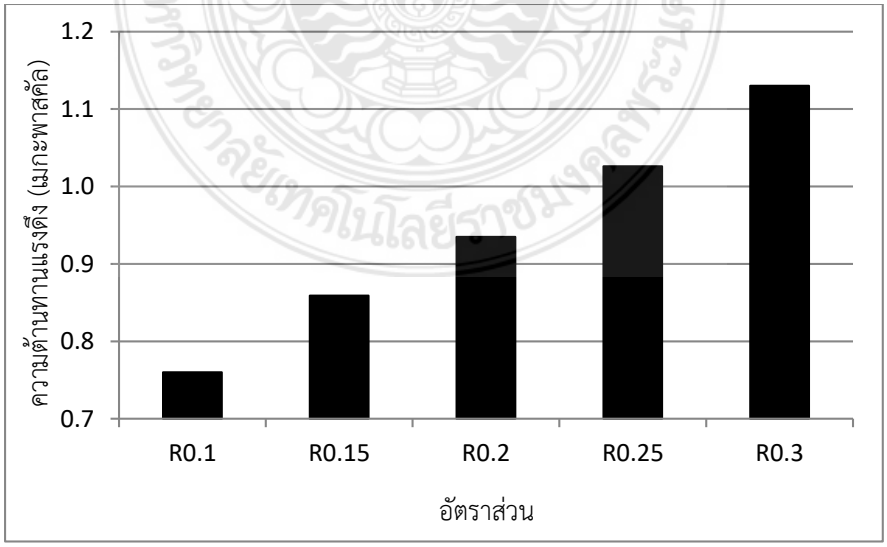


รูปที่ 4.4 การดูดซึมน้ำของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

จากผลทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติในรูปที่ 4.4 พบว่า น้ำยางธรรมชาติสามารถลดค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวได้ โดยเห็นได้จากแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ผสมน้ำยางธรรมชาติมากที่สุด หรืออัตราส่วน R0.3 มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน R0.25 R0.2 R0.15 และอัตราส่วน R0.1 เป็นอัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำสูงที่สุด ทั้งนี้ เป็นผลมาจากยางธรรมชาติที่มีความทึบน้ำ (Barlow, 1993)

4.4 ความต้านทานแรงดึง

การทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.5

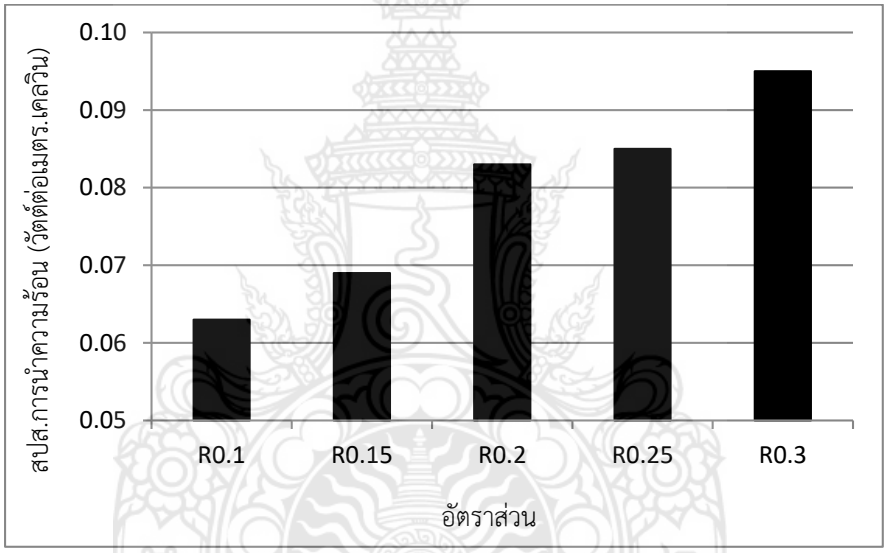


รูปที่ 4.5 ความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติในรูปที่ 4.5 พบว่า ยางธรรมชาติสามารถช่วยเสริมแรงให้กับแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวได้ โดยแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติมากที่สุด หรืออัตราส่วน R0.3 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน R0.25 R0.2 R0.15 และอัตราส่วน R0.1 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากน้ำยางธรรมชาติที่แทรกเข้าไปในช่องว่างของแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าว เป็นวัสดุจำพวกพอลิเมอร์ที่สามารถรับแรงดึงได้ดี (Bledzki and Gassan, 1999) รวมทั้งช่วยยึดเหนี่ยวขุยและเส้นใยมะพร้าวให้ติดกันเป็นแผ่นได้

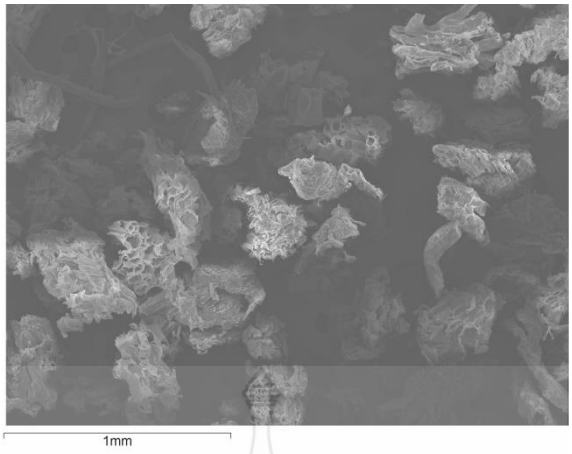
4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.6

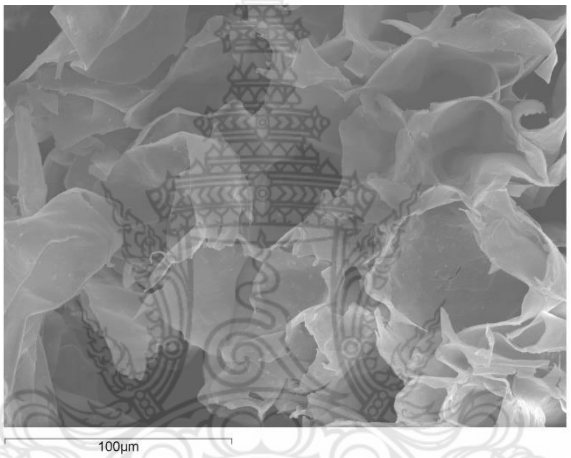


รูปที่ 4.6 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

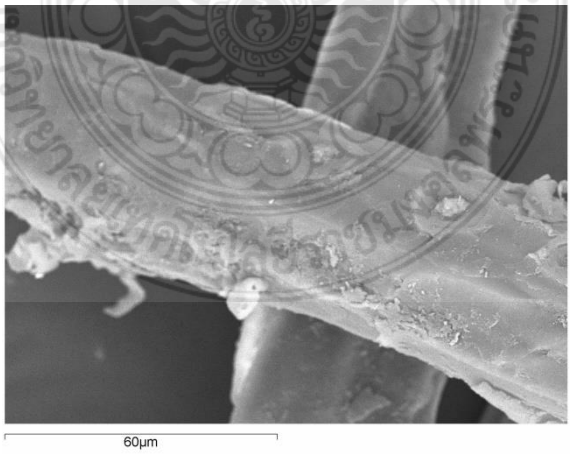
จากรูปที่ 4.6 พบว่า การผสมน้ำยางธรรมชาติลงในแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น โดยแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่มีปริมาณน้ำยางธรรมชาติมากที่สุด หรืออัตราส่วน R0.3 เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน R0.25 R0.2 R0.15 และ R0.01 เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของยางธรรมชาติ ประมาณ 0.15 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน ซึ่งสูงกว่าขุยและเส้นใยมะพร้าวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ประมาณ 0.048 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน (Clemens, 2001) ตลอดจนลักษณะของขุยมะพร้าวและใส้ใยมะพร้าวที่มีความพรุน ดังรูปที่ 4.7 ถึง 4.9



รูปที่ 4.7 ขุยมะพร้าวที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 50 เท่า



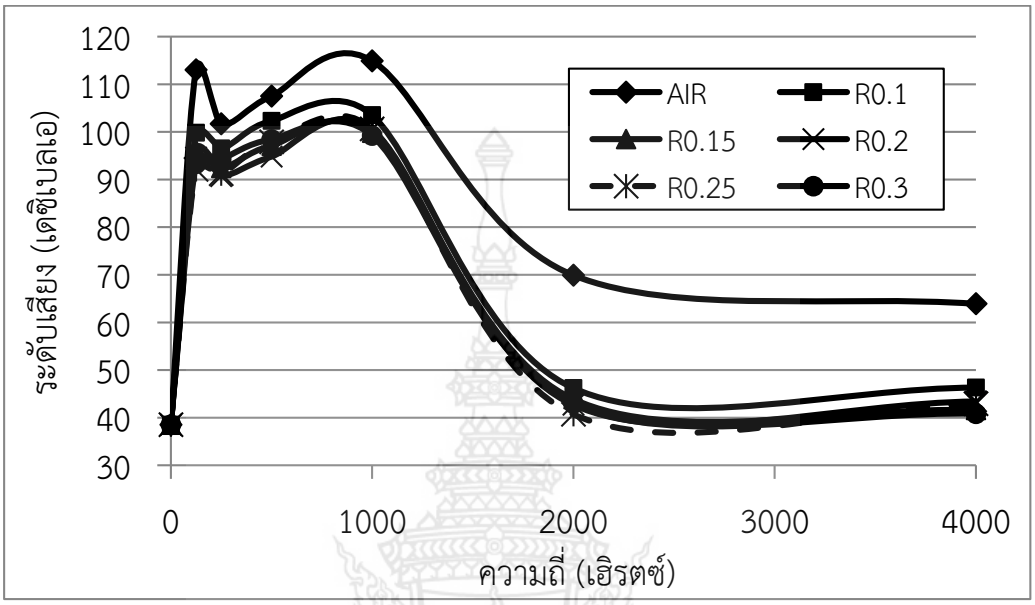
รูปที่ 4.8 ขุยมะพร้าวที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 เท่า



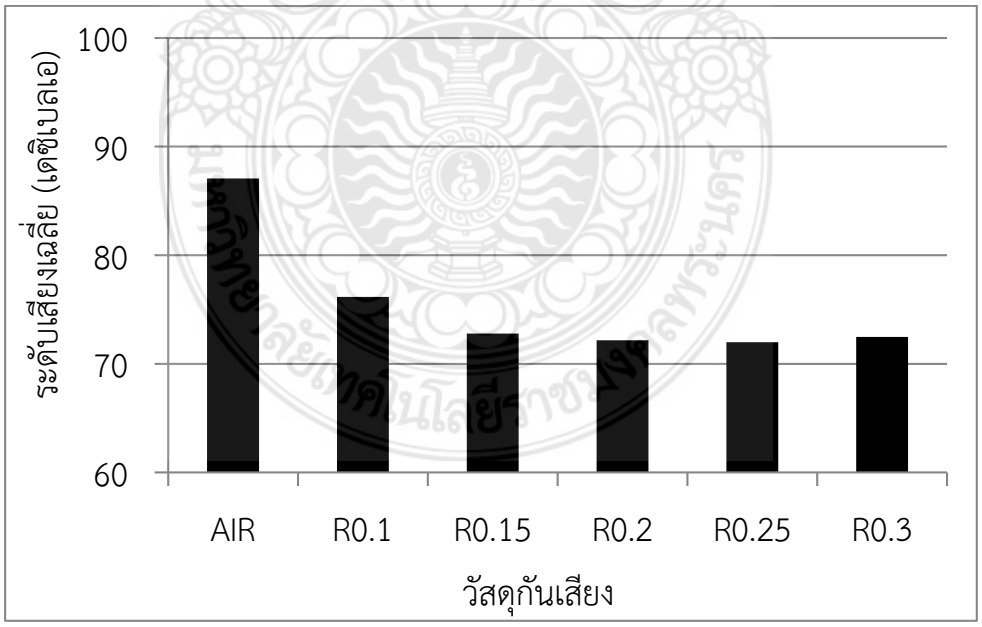
รูปที่ 4.9 เส้นใยมะพร้าวที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า

4.6 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว ทั้ง 5 อัตราส่วน จากแหล่งกำเนิดเสียงความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ สามารถสรุปได้ ดังนี้



รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ



รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงเฉลี่ยของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 พบว่า แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถป้องกันการผ่านของเสียงได้ โดยแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ผสมน้ำยางธรรมชาติในปริมาณมาก จะมีแนวโน้มของความเป็นฉนวนป้องกันเสียงที่ดีกว่าแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ผสมน้ำยางธรรมชาติในปริมาณน้อย ดังเห็นได้จากตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ระดับเสียงที่ผ่านแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ที่ความถี่ต่างๆ (เดซิเบลเอ)

อัตราส่วน	0 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
AIR	38.5	113	101.7	107.5	114.9	69.9	63.9
R0.1	38.5	99.8	96.5	102.3	103.5	46.2	46.3
R0.15	38.5	96.2	92.4	97.1	99.8	43.9	41.6
R0.2	38.5	94.6	90.7	94.8	100.5	42.7	43.4
R0.25	38.5	92.1	91.2	97.9	100.6	40.7	42.9
R0.3	38.5	93.3	94.3	98.4	99.2	42.9	40.8

ตารางที่ 4.2 ค่าประสิทธิภาพการป้องกันเสียงเฉลี่ยของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

อัตราส่วน	ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงเฉลี่ย ที่ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz) เมื่อเทียบกับอากาศ
R0.1	12.52
R0.15	16.39
R0.2	17.10
R0.2.5	17.31
R0.3	16.74

4.7 การใช้งานจริง

จากผลการทดสอบคุณสมบัติและประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ พบว่า แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ อัตราส่วน R0.15 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ผลิตเชิงพาณิชย์ เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีการใช้ปริมาณน้ำยางธรรมชาติไม่มาก ทำให้มีต้นทุนที่ไม่สูงมาก และอัตราส่วนดังกล่าวยังสามารถป้องกันเสียงได้ดีกว่าอัตราส่วน R0.1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณน้ำยางธรรมชาติน้อยที่สุดด้วย นอกจากนี้ ยังเป็นอัตราส่วนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำ ทั้งนี้ การนำแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ อัตราส่วน R0.15 มาทดสอบการใช้งานจริง เป็นการนำแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติมาติดตั้งเป็นฉนวนภายในผนังโครงคร่าวและแผ่นไม่อัด ขนาด 3 x 3 เมตร โดยแสดงให้เห็นว่า แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติดังกล่าว สามารถติดตั้งภายในผนังได้ดีเช่นเดียวกับแผ่นป้องกันเสียงทั่วไป นอกจากนี้ ยังสามารถทากาวที่พื้นผิวเพื่อติดตั้งได้อีกด้วย ดังรูปที่ 4.12 ถึง 4.16

รูปที่ 4.12 การเตรียมยิงกาวบนแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

รูปที่ 4.13 แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่มีการยิงกาวเพื่อติดตั้ง

รูปที่ 4.14 การเรียงแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติภายในผนัง

รูปที่ 4.15 ผนังที่มีการติดตั้งแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติภายในก่อนการปิดทับด้วยแผ่นไม้อัด

รูปที่ 4.16 การปิดทับผนังที่ติดตั้งแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยแผ่นไม้อัด

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การใช้ยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคาร” สามารถสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

5.1 สรุปผล

จากผลการดำเนินการพัฒนาแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถสรุปผลการดำเนินงานแบ่งตามวัตถุประสงค์ได้ ดังต่อไปนี้

5.1.1 แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถผลิต เริ่มจากการผสมขุยและเส้นใยมะพร้าวในเข้ากัน การถักแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวเบื้องต้น การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าว การตัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดน้ำยางธรรมชาติแล้ว การซ้อนทับเป็นชั้นๆ และการอัดร้อนด้วยอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แรงดัน 150 บาร์ เป็นระยะเวลา 1 นาที ได้แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่ต้องการ

5.1.2 อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ คือ อัตราส่วนขุยมะพร้าว ต่อเส้นใยมะพร้าว ต่อเนื้อยางธรรมชาติ เท่ากับ 0.1: 0.9: 0.15 โดยน้ำหนัก (อัตราส่วน R0.15) เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่ใช้น้ำยางธรรมชาติไม่มาก แต่มีคุณสมบัติด้านการป้องกันเสียงและความร้อนที่ดี

5.1.3 น้ำยางธรรมชาติที่ฉีดพ่นลงบนแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว นอกจากจะช่วยยึดติดขุยและเส้นใยมะพร้าวแล้ว ยังสามารถลดการดูดซึมน้ำ เพิ่มความต้านทานแรงดึง และเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง อย่างไรก็ตาม การฉีดน้ำยางธรรมชาติในปริมาณมาก จะส่งผลต่อความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น

5.1.4 แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถใช้งานเป็นฉนวนป้องกันเสียงและความร้อน โดยการติดตั้งในผนังโครงคร่าวได้เช่นเดียวกับแผ่นฉนวนทั่วไปในท้องตลาด รวมทั้ง ยังสามารถใช้กาวในการยึดติดพื้นผิวได้ดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรพัฒนาแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ให้สามารถทนความชื้นและทนไฟได้ เพื่อให้แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถใช้งานได้ปลอดภัยและหลากหลายมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์, 2552. เส้นใยธรรมชาติสำหรับวัสดุผนังอาคาร. คณะพลังงานและวัสดุมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธีรศักดิ์ ใจซื่อตรง และ ถิราวุธ พงศ์ประยูร,2551. การพัฒนาสมบัติของยางธรรมชาติโดยใช้ซิลิกาที่ปรับปรุงด้วยเทคแอดไมเซลลาร์พอลิเมอไรเซชันกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 18(2), 1-9.

นุชนาฎ ณ ระนอง และณพรัตน์ วิชิตชลชัย,2545. คู่มือเทคโนโลยียาง (Rubber Technology Handbook). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการยาง, 4(2). 1-8.

บุรฉัตร วิริยะ,2544.การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้ว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พรพรรณ นิธิอุทัย, 2528. สารเคมีสำหรับยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

แม้น อมรสิทธิ์, 2553. วัสดุวิศวกรรม. เอกสารประกอบการบรรยาย.

วิสุทธิ์ แก้วสกุล,2551.เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับโคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตท.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2548. ประกาศการขอรับทุนโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา. โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรมสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.), 2547. โครงการพัฒนาวัสดุมวลเบาจากเส้นใยมะพร้าว, ชุดโครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีมะพร้าว. เครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนล่างสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2010. Annual Book of ASTM Standards.Philadelphia.

Asasutjarit, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Charoenvai, S., Zeghmati, B., & Shin, U. C., 2007. Development of coconut coir-based lightweight cement board. Construction and Building Materials. 21(2), 277–288.

Barlow, Fred W., 1993. Rubber Compounding : Principles, Materials, and Techniques. 2nd Edition.

Bledzki, A.K. and Gassan, J., 1999. Composites Reinforced with Cellulose based Fibers. Progress in Polymer Science 24, pp.221-274.

Clemens J. M. Lasance, 2001. Design, Materials, Compounds, Adhesives, and Substrates [Online]. Available on: https://www.electronics-cooling.com/2001/11/ the-thermal-conductivity-of-rubbers-elastomers/#.

David M. Egan, 1988. Architectural Acoustics. New York, McGraw-Hill, Inc., p.3.

Faherty, Keith F. and Williamson, Thomas G., 1995. Wood Engineering and Construction Handbook. Second Edition. New York: McGraw-Hill, Inc.

Fatima S., and Mohanty A.R. 2011. Acoustical and Fire-Retardant properties of Jute Composite Materials. Applied Acoustics; 72. 108-114.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2011. Natural Fibers: Coir, International Year of Natural Fibers 2009. Retrieved December 1, 2011.

James Cowan, 2000. Architectural Acoustics Design Guide. New York, McGraw-Hill, p. 20.

Michel Barron, 1933. Auditorium Acoustics and Architectural Design. E&FN Spon, and imprint of Chapman & Hall, p.21.

William J. Cabanaugh and Joseph A. Wikes, 1998. Architectural Acoustics: Principles and Practice, New York, John Wiley&Sons, p.21.

Zhao J.,Wang X.-M., Chang J.M., Yao Y. and Cui Q. 2010. Sound Insulation Property of Wood-Waste Tire Rubber Composite. Composite Science and Technology ; 70. 2033-2038.

ภาคผนวก
บทความสำหรับเผยแพร่

การใช้ยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคาร

Using Natural Rubber Mixed with Coconut Coir for Casting Indoor Acoustic and Thermal Insulation Board

ปราโมทย์ วีรานุกูล [1*] อิทธิ วีรานุกูล [2] และกิตติพงษ์ สุวีโร [3]

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2] อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
[3] อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[*] E-mail: pramot.w@rmutp.ac.th

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทำการออกแบบอัตราส่วนขุยมะพร้าว ต่อเส้นใยมะพร้าว ต่อเนื้อยางธรรมชาติ จำนวน 5 อัตราส่วน เท่ากับ 0.1: 0.9: 0.1, 0.1: 0.9: 0.15, 0.1: 0.9: 0.2, 0.1: 0.9: 0.25 และ 0.1: 0.9: 0.3 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปโดยการถักขุยและเส้นใยมะพร้าว การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติ และการอัดร้อน ทดสอบคุณสมบัติ ประกอบด้วย ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ ความต้านทานแรงดึง สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง และการใช้งานจริง จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน 0.1: 0.9: 0.15 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่เหมาะสมที่สุด โดยน้ำยางธรรมชาติที่ผสมลงในแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว สามารถลดการดูดซึมน้ำ เพิ่มความต้านทานแรงดึง และเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง

คำสำคัญ: แผ่นป้องกันเสียงและความร้อน; ขุยมะพร้าว; เส้นใยมะพร้าว; น้ำยางธรรมชาติ

Abstract

This research aims to develop the coconut coir and fiber indoor acoustic and thermal insulation boards mixed with natural latex. The 5 ratios of coconut coir: coconut fiber: natural rubber were equal to 0.1: 0.9: 0.1, 0.1: 0.9: 0.15, 0.1: 0.9: 0.2, 0.1: 0.9: 0.25, and 0.1: 0.9: 0.3 by weight. The indoor acoustic and thermal insulation boards were produced by knitting the coconut coir and fiber, spraying the natural latex, and heat compressing. The properties testing of indoor acoustic and thermal insulation boards included the density test, water absorption test, tensile strength test, thermal conductivity test, sound protection efficiency test, and real usage test. From the results, 0.1: 0.9: 0.15 ratio is the most suitable ratio of coconut coir and fiber indoor acoustic and thermal insulation board mixed with natural latex. The natural latex which putted in these indoor acoustic and thermal insulation boards can reduce the water absorption, and increase tensile strength and sound protection efficiency.

Keywords: indoor acoustic and thermal insulation board; coconut coir; coconut fiber; natural latex

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน นิยมปลูกกันมากในภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ตรัง ภาคกลาง ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม นครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี ภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี จันทบุรี ระยอง ตราด ฉะเชิงเทรา พื้นที่ปลูก 2,163,439 ไร่ พื้นที่ให้ผลผลิต 1,917,287 ไร่ ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 1,947,963.59 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,016 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณที่ใช้ภายในประเทศ ประมาณ 1,080 ล้านผล การส่งออกในรูปมะพร้าวแห้ง ปริมาณ 1,566 ตัน มูลค่า 277 ล้านบาท การนำเข้าในรูปมะพร้าวแห้ง 51 ตัน มูลค่า 2.3 ล้านบาท จากการสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผลต่อคนต่อปี ใช้ผลมะพร้าวประมาณ 1,170 ล้านผล หรือประมาณ ร้อยละ 65 ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ ร้อยละ 35 ของผลผลิตทั้งหมด หรือ 630 ล้านผล ใช้ในรูปของอุตสาหกรรม หรือส่งออกต่อไป โดยที่ผลผลิตมะพร้าวแต่ละปีจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 3,200 ล้านบาท จากการที่มะพร้าวมีผลผลิตมากมายดังกล่าวในข้างต้น ทำให้มีปริมาณเปลือกมะพร้าวเหลือทิ้งในปริมาณมากตามไปด้วย (สกว. , 2547)

ขุยมะพร้าว คือ เปลือกมะพร้าวที่ปั่นเอาใยออก หรือ ปั่นให้ใยละเอียด เป็นขุยๆละเอียดประมาณเม็ดทราย แห้งสนิท (ไม่ใช่เปลือกสับ) เป็นเศษเหลือของโรงงานทำเส้นใยมะพร้าวซึ่งได้ทุบกาบมะพร้าวเพื่อนำเส้นใยไปทำเบาะนั่ง เศษเหลือเหล่านี้เป็นผง ๆ ขุยมะพร้าว เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ก่อปัญหาให้กับโรงงานมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าวอย่างมาก (Asasutjarit et al., 2007) เศษเหลือเหล่านี้เป็นผงๆ มีสมบัติเบาแต่ก็มีความคงทนถาวร ทนแดด ทนฝน เมื่อแช่น้ำจะไม่มีการอ่อนมาก ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์เมื่อเทียบกับเส้นใยมะพร้าว

ยางธรรมชาติหรือยางพารา เป็นพืชที่ประเทศไทยมีการส่งออกมากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก มีเนื้อที่ปลูกประมาณ 12.3 ล้านไร่ มีผลผลิตส่งออกปีละประมาณ 2.4 ล้านตัน มูลค่า 100,000 ล้านบาทต่อปี ส่งออกไปในรูปน้ำยางข้น (Concentrate Latex) ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoke Sheet: RSS) ยางอบแห้ง (Air Dried Sheet: ADS) และยางแท่ง (Standard Thai Rubber: STR) (สกว., 2548) การใช้ประโยชน์จากยางพาราส่วนใหญ่จะเป็นในด้านของยางรถยนต์ รถจักรยานยนต์ ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้ในอุตสาหกรรมและการแพทย์ เช่น ยางรองแท่นเครื่อง สายพานยาง ยางรัดของ สายยางทั่วไป สายน้ำเกลือ เป็นต้น แต่ด้วยปริมาณยางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในตลาดโลก ทำให้ราคายางธรรมชาติไม่มีเสถียรภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มียางธรรมชาติเป็นส่วนประกอบจึงคงมีความสำคัญ โดยเฉพาะการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการมากและสามารถจำหน่ายในราคาสูง

แผ่นดูดซับเสียงและฉนวนป้องกันความร้อน เป็นวัสดุก่อสร้างที่กำลังได้รับความนิยม และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในท้องตลาด เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันเป็นเจ้าของเครื่องเสียงกันมากขึ้น รวมทั้งสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว การพัฒนาแผ่นดูดซับเสียงที่มีสมบัติโดดเด่น จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จอย่างมาก โดยเฉพาะการแผ่นดูดซับเสียงให้สามารถดูดซับเสียงได้ในหลายช่วงความถี่ เช่น เสียงดนตรีที่มีความถี่ประมาณ 50 – 10,000 เฮิร์ทซ์ และเสียงพูดคุยที่มีความถี่ประมาณ 100 – 4,000 เฮิร์ทซ์ เป็นต้น รวมทั้งสามารถใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อน มีความแข็งแรงคงทน ดัดโค้งยึดติดกับผนังที่มีพื้นผิวลักษณะต่างๆ ได้หลากหลายรูปแบบ ผิวหน้าสวยงามเป็นธรรมชาติ เมื่อติดตั้งแล้วลดการทาสีบนผนังได้ ตลอดจนสามารถติดตั้งบนฝ้าเพดาน เพื่อลดเสียงรบกวนและความร้อนใต้หลังคา

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้งนี้ เพื่อพัฒนานวัตกรรมวัสดุป้องกันเสียงจากวัตถุดิบภายในประเทศ สามารถใช้งานได้หลากหลายและมีประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงไปพร้อมกับการลดอุณหภูมิภายในอาคารได้ ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานและส่งเสริมเศรษฐกิจของไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 น้ำยางธรรมชาติข้นร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์ ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของน้ำยางธรรมชาติข้น ร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์

สารประกอบ	น้ำหนัก (กรัม)
60% น้ำยางข้น (Latex)	167.0
10% โปแตสเซียมไฮดรอไซด์ (Potassium hydroxide)	2.0
10% เทอริค 16 เอ 16 (Teric 16 A 16)	0.2
50% กำมะถัน (Sulfur)	1.6
50% แซดดีอีซี (ZEDC)	0.8
50% แซดเอ็มบีที (ZMBT)	0.8
50% วิงสเตย์แอล (Wingstay L)	2.0
50% ทิทาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	2.0
50% ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide)	2.0
น้ำ	170.5

รูปที่ 1 น้ำยางธรรมชาติข้นร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์

2.1.2 ขุยมะพร้าว และเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 2 และ 3

รูปที่ 2 ขุยมะพร้าวที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.72 มิลลิเมตร

รูปที่ 3 เส้นใยมะพร้าว

2.1.3 สารเคมีเติมแต่ง ได้แก่ กำมะถัน ชนิด Rhombic Sulfur, ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), กรดสเตียริก (Stearic Acid), เมอร์แคบโตเบนโซไทเอซอล (Mercapto Benzthiazole, MBT), และไดฟินิลกัวนิดีน (Diphenyl Guanidine, DPG)

2.1.4 เครื่องตีแยกเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 เครื่องตีแยกเส้นใยมะพร้าว

2.1.5 เครื่องถักขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 เครื่องถักขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว

2.1.6 เครื่องพ่นน้ำยางธรรมชาติเป็นฝอย แบบสายพาน ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 เครื่องพ่นน้ำยางธรรมชาติเป็นฝอย

2.1.7 เครื่องตัดแผ่นขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 เครื่องตัดแผ่นขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว

2.1.8 เครื่องอัดร้อนชิ้นงาน อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แรงดัน 150 บาร์ ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 เครื่องอัดร้อนชิ้นงาน

2.1.9 เครื่องมือชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลความละเอียด 0.05 กรัม

2.1.10 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

2.1.11 ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น

2.1.12 ชุดอุปกรณ์ทดสอบการดูดซึมน้ำ

2.1.13 ชุดอุปกรณ์ทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

2.1.14 ชุดอุปกรณ์ทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง ประกอบด้วย

1) แหล่งกำเนิดเสียง ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรแกรม Sound Generator ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz) และอุปกรณ์ขยายเสียง (ลำโพง) ขนาด 3 วัตต์ จำนวน 2 ตัว มีช่วงความถี่ของเสียง 125 – 20,000 เฮิรตซ์

2) เครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT351 ความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 1.5 dB ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 เครื่องวัดระดับเสียง

3) ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร โดยเว้นช่องว่างสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุ 1 ด้าน (ใช้แผ่นยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวติดบนแผ่นคอนกรีต ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร) ส่วนอีก 5 ด้าน บุภายในด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟม หนา 12.5 เซนติเมตร รอบห้องจำลอง (Abdullah et al., 2014) ดังรูปที่ 10 และ 11

รูปที่ 10 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง

รูปที่ 11 ห้องจำลอง พร้อมแหล่งกำเนิดเสียง

2.1.15 ชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผล

2.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมของแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคาร ประกอบด้วย น้ำยางธรรมชาติข้น ร้อยละ 60 ชนิดพรีวัลคาไนซ์ ขุยมะพร้าว และเส้นใยมะพร้าว (ใช้สำหรับเป็นวัสดุรับแรงดึงหลัก) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของแผ่นผนังป้องกันเสียงภายในอาคาร โดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ขุยมะพร้าว	เส้นใยมะพร้าว	เนื้อยางธรรมชาติ
R0.1	0.1	0.9	0.1
R0.15	0.1	0.9	0.15
R0.2	0.1	0.9	0.2
R0.25	0.1	0.9	0.25
R0.3	0.1	0.9	0.3

หมายเหตุ การคิดปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่ใส่เข้าไปในส่วนผสมให้คำนวณเพื่อหาปริมาณเนื้อยางธรรมชาติที่อยู่ภายในน้ำยางธรรมชาติ โดยมีปริมาณเนื้อยางธรรมชาติ ร้อยละ 60 ของปริมาณน้ำยางธรรมชาติ

2.3 การขึ้นรูปแผ่นป้องกันเสียง

2.3.1 ตีแยกเส้นใยมะพร้าว พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว ก่อนนำเข้าเครื่องถักเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 12 และ 13

รูปที่ 12 การเตรียมเส้นใยและขุยมะพร้าวสำหรับเข้าขั้นตอนการถัก

รูปที่ 13 การนำเข้าขุยและเส้นใยมะพร้าวเข้าเครื่องถัก

2.3.2 ปรับปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่จะฉีดพ่น โดยแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดละร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่กำหนด ดังรูปที่ 14

รูปที่ 14 การเตรียมเส้นใยและขุยมะพร้าวสำหรับเข้าขั้นตอนการถัก

2.3.3 นำแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นแล้ว มาฉีดพ่นด้วยน้ำยางธรรมชาติเพื่อยึดเหนี่ยวขุยและเส้นใยมะพร้าวให้ติดกัน ดังรูปที่ 15 ถึง 20

รูปที่ 15 การลำเลียงแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นเข้าเครื่องฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติ

รูปที่ 16 การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้น

รูปที่ 17 การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นชุดที่ 1

รูปที่ 18 การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ถักเบื้องต้นชุดที่ 2

รูปที่ 19 แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติเรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 20 แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติอย่างต่อเนื่องด้วยสายพาน

2.3.4 ตัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดพ่นด้วยน้ำยางธรรมชาติเรียบร้อยแล้ว มาตัดให้มีขนาดตามต้องการ ดังรูปที่ 21

รูปที่ 21 การตัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวให้มีขนาดตามต้องการ

2.3.5 นำแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ตัดแล้วมาซ้อนกันและนำเข้าเครื่องอัดร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แรงดัน 150 บาร์ เป็นระยะเวลา 1 นาที โดยกำหนดให้มีความหนา 5.7 เซนติเมตร ดังรูปที่ 22 ถึง 25

รูปที่ 22 การอัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวให้ติดกันตามความหนาที่ต้องการด้วยเครื่องอัดร้อน

รูปที่ 23 แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัดติดกันแล้ว

รูปที่ 24 ลักษณะผิวหน้าของแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัดติดกันแล้ว

รูปที่ 25 แผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัดติดกัน จำนวน 3 ขนาด ประกอบด้วย 0.2 x 0.2 เมตร 0.3 x 0.3 เมตร และ 0.6 x 0.6 เมตร หนา 5.7 เซนติเมตร

2.4 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นป้องกันเสียง

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติทางการนำความร้อน และสมบัติทางการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้งนี้ การทดสอบจะใช้จำนวนตัวอย่าง 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ประกอบด้วย

2.4.1 ลักษณะทั่วไป

2.4.2 ความหนาแน่น ดังรูปที่ 26

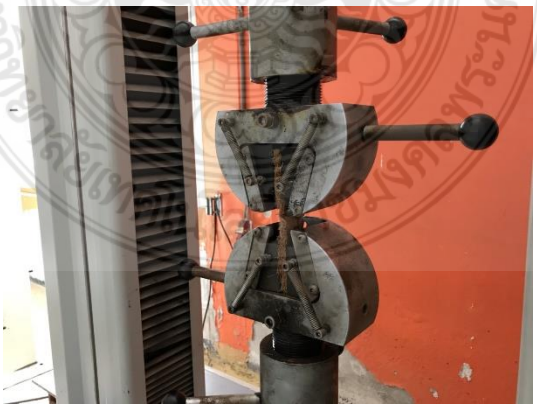
รูปที่ 26 การชั่งน้ำหนักแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

2.4.3 การดูดซึมน้ำ ดังรูปที่ 27

รูปที่ 27 การแช่แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติในน้ำ

2.4.4 ความต้านทานแรงดึง ดังรูปที่ 28 ถึง 30

รูปที่ 28 การทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์



รูปที่ 29 การจับยึดแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึง

รูปที่ 30 การดึงแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์

2.4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

2.4.6 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง ดังรูปที่ 31 ถึง 34

รูปที่ 31 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

รูปที่ 32 คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

รูปที่ 33 แหล่งกำเนิดเสียงและเครื่องวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องจำลอง

รูปที่ 34 การวัดความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงด้วยเครื่องวัดเสียง

รูปที่ 35 การติดตั้งแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ เพื่อวัดค่าความเข้มเสียง

รูปที่ 36 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยเครื่องวัดเสียง

2.4.7 การใช้งานจริง

3. ผลการดำเนินงาน

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติทางการนำความร้อน และสมบัติทางการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

3.1 ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไปของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 37

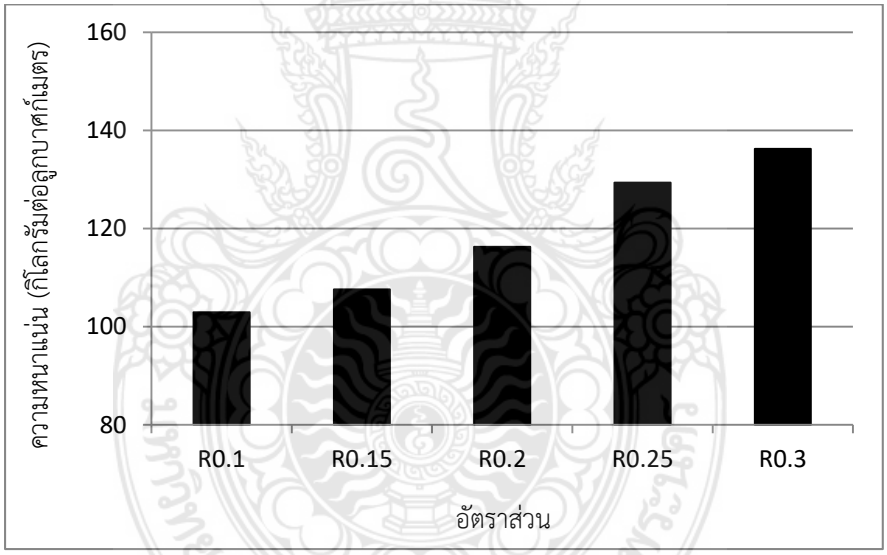
รูปที่ 37 ลักษณะของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ อัตราส่วน R0.1 (ซ้ายสุด) R0.15 (ซ้าย) R0.2 (กลาง) R0.25 (ขวา) และ R0.3 (ขวาสุด)

จากรูปที่ 37 พบว่า แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่มีปริมาณน้ำยางธรรมชาติสูง จะมีการเรียงตัวของเส้นใยที่แน่นกว่าแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่มีปริมาณน้ำยางธรรมชาติต่ำ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากการแทรกตัวภายในช่องว่างของน้ำยางธรรมชาติที่ฉีดพ่นและอัดภายในเนื้อขุยและเส้นใยมะพร้าว ดังรูปที่ 38

รูปที่ 38 การแทรกตัวของน้ำยางธรรมชาติภายในเนื้อแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว

3.2 ความหนาแน่น

สำหรับผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 39

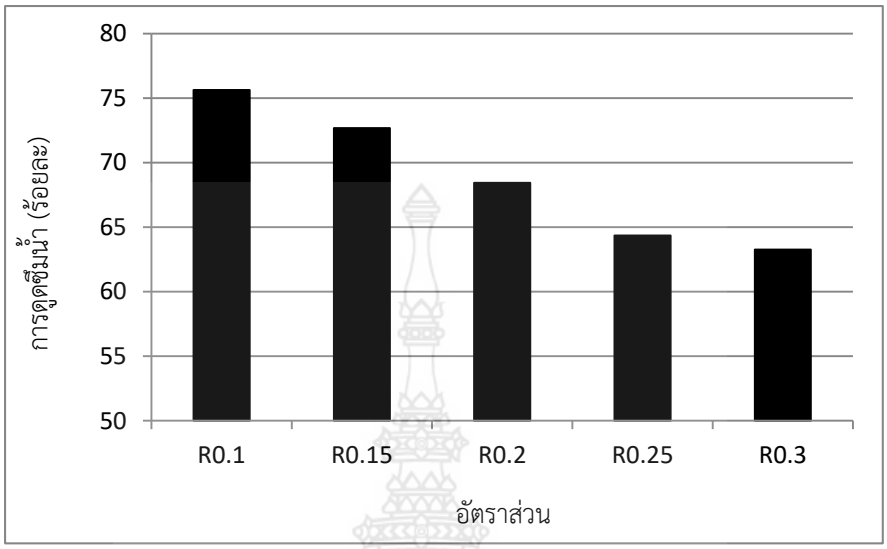


รูปที่ 39 ความหนาแน่นของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

รูปที่ 39 แสดงให้เห็นผลกระทบของปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่มีต่อค่าความหนาแน่นของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ โดยแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ผสมน้ำยางธรรมชาติมากที่สุด หรืออัตราส่วน R0.3 จะมีความหนาแน่นต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน R0.25 R0.2 R0.15 และ R0.1 เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากค่าความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่มีค่าระหว่าง 920 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมากกว่าขุยและเส้นใยมะพร้าวที่มีความหนาแน่นเพียง 500 ถึง 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Barlow, 1993; Faherty et al., 1995)

3.3 การดูดซึมน้ำ

จากการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติอัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 40

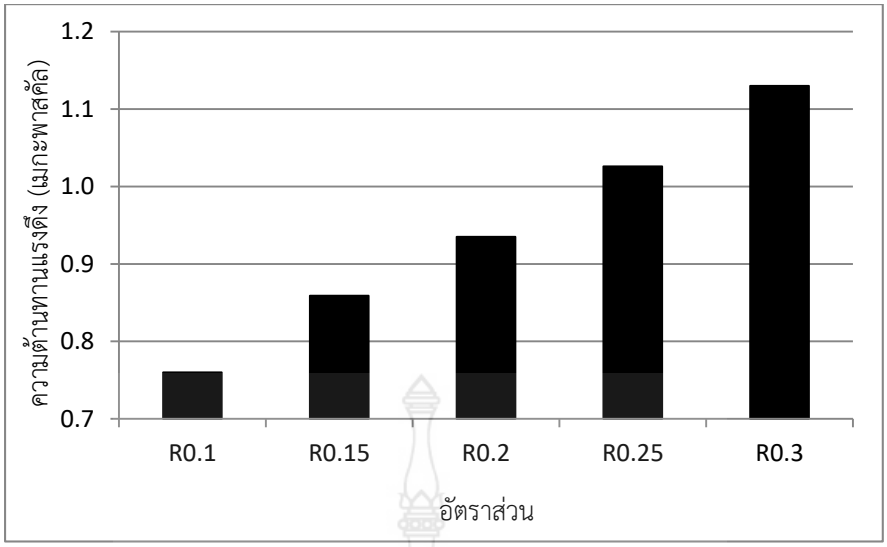


รูปที่ 40 การดูดซึมน้ำของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

จากผลทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติในรูปที่ 40 พบว่า น้ำยางธรรมชาติสามารถลดค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวได้ โดยเห็นได้จากแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ผสมน้ำยางธรรมชาติมากที่สุด หรืออัตราส่วน R0.3 มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน R0.25 R0.2 R0.15 และอัตราส่วน R0.1 เป็นอัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำสูงที่สุด ทั้งนี้ เป็นผลมาจากยางธรรมชาติที่มีความทึบน้ำ (Barlow, 1993)

3.4 ความต้านทานแรงดึง

การทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 41

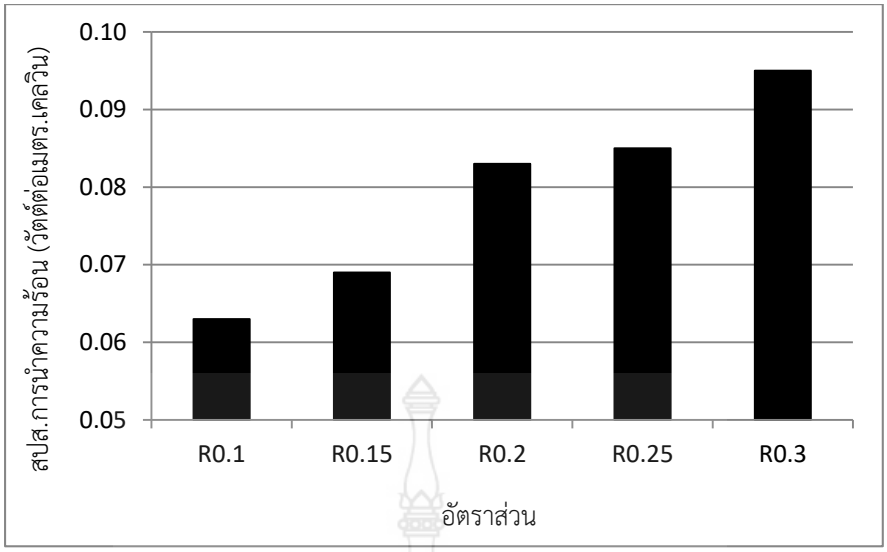


รูปที่ 41 ความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติในรูปที่ 41 พบว่า ยางธรรมชาติสามารถช่วยเสริมแรงให้กับแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวได้ โดยแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติมากที่สุด หรืออัตราส่วน R0.3 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน R0.25 R0.2 R0.15 และอัตราส่วน R0.1 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากน้ำยางธรรมชาติที่แทรกเข้าไปในช่องว่างของแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าว เป็นวัสดุจำพวกพอลิเมอร์ที่สามารถรับแรงดึงได้ดี (Bledzki and Gassan, 1999) รวมทั้งช่วยยึดเหนี่ยวขุยและเส้นใยมะพร้าวให้ติดกันเป็นแผ่นได้

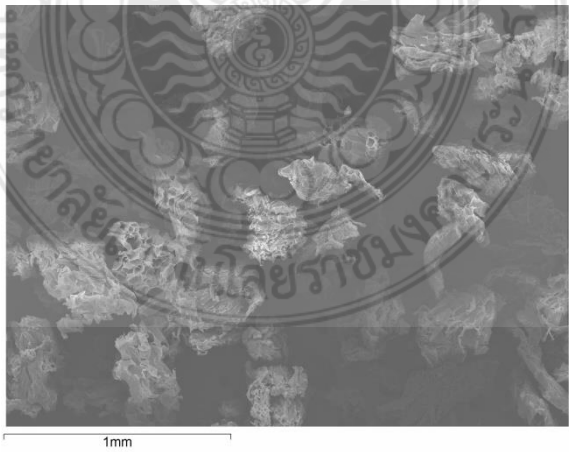
3.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 42

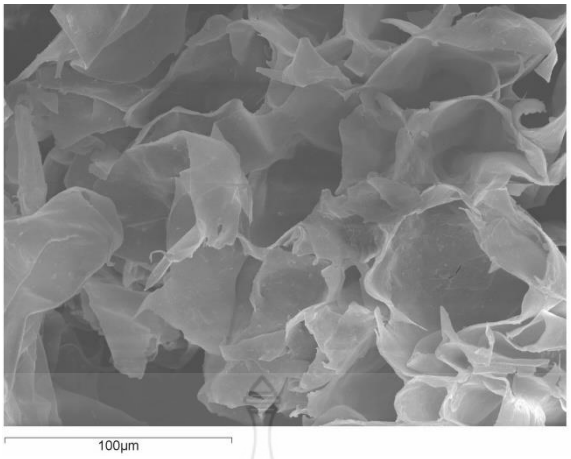


รูปที่ 42 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

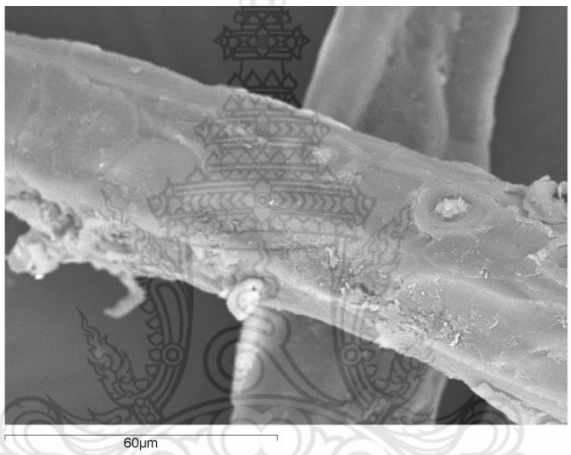
จากรูปที่ 42 พบว่า การผสมน้ำยางธรรมชาติลงในแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น โดยแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่มีปริมาณน้ำยางธรรมชาติมากที่สุด หรืออัตราส่วน R0.3 เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน R0.25 R0.2 R0.15 และ R0.01 เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของยางธรรมชาติ ประมาณ 0.15 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน ซึ่งสูงกว่าขุยและเส้นใยมะพร้าวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ประมาณ 0.048 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน (Clemens, 2001) ตลอดจนลักษณะของขุยมะพร้าวและใสใยมะพร้าวที่มีความพรุน ดังรูปที่ 43 ถึง 44



รูปที่ 43 ขุยมะพร้าวที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 50 เท่า



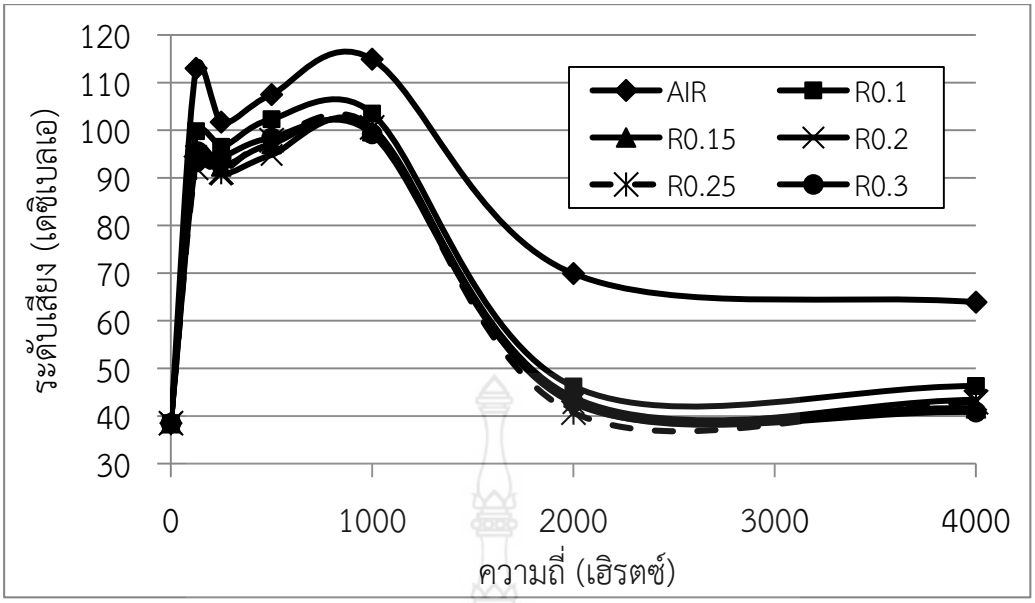
รูปที่ 44 ขุยมะพร้าวที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 เท่า



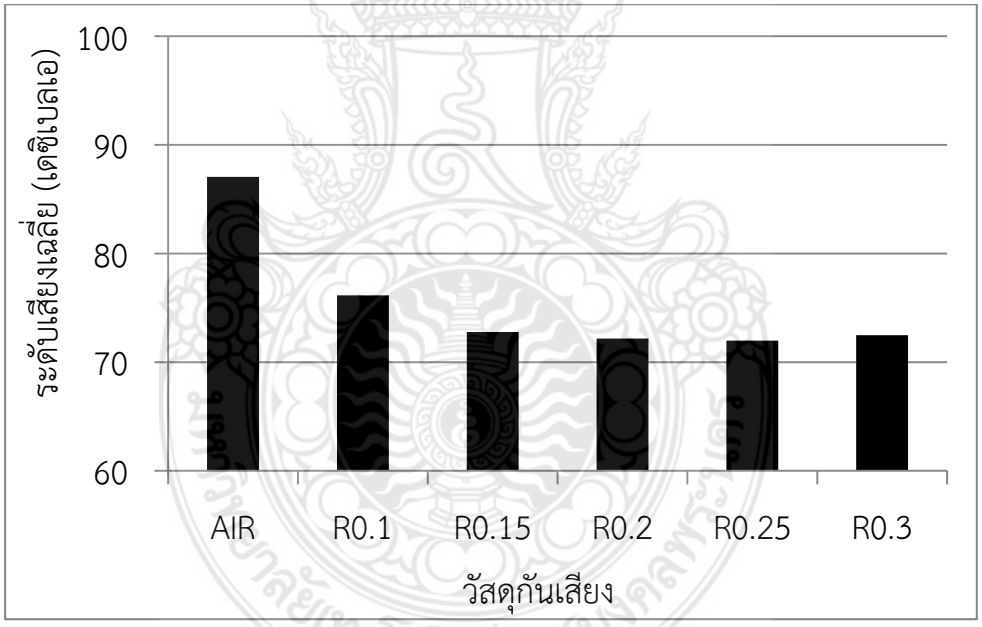
รูปที่ 45 เส้นใยมะพร้าวที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า

3.6 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว ทั้ง 5 อัตราส่วน จากแหล่งกำเนิดเสียงความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ สามารถสรุปได้ ดังนี้



รูปที่ 46 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ



รูปที่ 47 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงเฉลี่ยของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

จากรูปที่ 46 และ 47 พบว่า แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถป้องกันการผ่านของเสียงได้ โดยแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ผสมน้ำยางธรรมชาติในปริมาณมาก จะมีแนวโน้มของความเป็นฉนวนป้องกันเสียงที่ดีกว่าแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ผสมน้ำยางธรรมชาติในปริมาณน้อย ดังเห็นได้จากตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ระดับเสียงที่ผ่านแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ที่ความถี่ต่างๆ (เดซิเบลเอ)

อัตราส่วน	0 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
AIR	38.5	113	101.7	107.5	114.9	69.9	63.9
R0.1	38.5	99.8	96.5	102.3	103.5	46.2	46.3
R0.15	38.5	96.2	92.4	97.1	99.8	43.9	41.6
R0.2	38.5	94.6	90.7	94.8	100.5	42.7	43.4
R0.25	38.5	92.1	91.2	97.9	100.6	40.7	42.9
R0.3	38.5	93.3	94.3	98.4	99.2	42.9	40.8

ตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพการป้องกันเสียงเฉลี่ยของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

อัตราส่วน	ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงเฉลี่ย ที่ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz) เมื่อเทียบกับอากาศ
R0.1	12.52
R0.15	16.39
R0.2	17.10
R0.2.5	17.31
R0.3	16.74

3.7 การใช้งานจริง

จากผลการทดสอบคุณสมบัติและประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ พบว่า แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ อัตราส่วน R0.15 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ผลิตเชิงพาณิชย์ เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่มีการใช้ปริมาณน้ำยางธรรมชาติไม่มาก ทำให้มีต้นทุนที่ไม่สูงมาก และอัตราส่วนดังกล่าวยังสามารถป้องกันเสียงได้ดีกว่าอัตราส่วน R0.1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณน้ำยางธรรมชาติน้อยที่สุดด้วย นอกจากนี้ ยังเป็นอัตราส่วนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำ ทั้งนี้ การนำแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ อัตราส่วน R0.15 มาทดสอบการใช้งานจริง เป็นการนำแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติมาติดตั้งเป็นฉนวนภายในผนังโครงคร่าวและแผ่นไม่อัด ขนาด 3 x 3 เมตร โดยแสดงให้เห็นว่า แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติดังกล่าว สามารถติดตั้งภายในผนังได้ดีเช่นเดียวกับแผ่นป้องกันเสียงทั่วไป นอกจากนี้ ยังสามารถทากาวที่พื้นผิวเพื่อติดตั้งได้อีกด้วย ดังรูปที่ 48 ถึง 52

รูปที่ 48 การเตรียมยิงกาวบนแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ

รูปที่ 49 แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่มีการยิงกาวเพื่อติดตั้ง

รูปที่ 50 การเรียงแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติภายในผนัง

รูปที่ 51 ผนังที่มีการติดตั้งแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติภายในก่อนการปิดทับด้วยแผ่นไม้อัด

รูปที่ 52 การปิดทับผนังที่ติดตั้งแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติด้วยแผ่นไม้อัด

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัย “การใช้ยางธรรมชาติผสมขุยมะพร้าวสำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังป้องกันเสียงและความร้อนภายในอาคาร” สามารถสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

4.1 สรุปผล

จากผลการดำเนินการพัฒนาแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถสรุปผลการดำเนินงานแบ่งตามวัตถุประสงค์ได้ ดังต่อไปนี้

4.1.1 แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถผลิต เริ่มจากการผสมขุยและเส้นใยมะพร้าวในเข้ากัน การถักแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวเบื้องต้น การฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงบนแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าว การตัดแผ่นขุยและเส้นใยมะพร้าวที่ฉีดน้ำยางธรรมชาติแล้ว การซ้อนทับเป็นชั้นๆ และการอัดร้อนด้วยอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แรงดัน 150 บาร์ เป็นระยะเวลา 1 นาที ได้แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติที่ต้องการ

4.1.2 อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ คือ อัตราส่วนขุยมะพร้าว ต่อเส้นใยมะพร้าว ต่อเนื้อยางธรรมชาติ เท่ากับ 0.1: 0.9:

0.15 โดยน้ำหนัก (อัตราส่วน R0.15) เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่ใช้น้ำยางธรรมชาติไม่มาก แต่มีคุณสมบัติด้านการป้องกันเสียงและความร้อนที่ดี

4.1.3 น้ำยางธรรมชาติที่ฉีดพ่นลงบนแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าว นอกจากจะช่วยยึดติดขุยและเส้นใยมะพร้าวแล้ว ยังสามารถลดการดูดซึมน้ำ เพิ่มความต้านทานแรงดึง และเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง อย่างไรก็ตาม การฉีดน้ำยางธรรมชาติในปริมาณมาก จะส่งผลต่อความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น

4.1.4 แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถใช้งานเป็นฉนวนป้องกันเสียงและความร้อน โดยการติดตั้งในผนังโครงคร่าวได้เช่นเดียวกับแผ่นฉนวนทั่วไปในท้องตลาด รวมทั้ง ยังสามารถใช้กาวในการยึดติดพื้นผิวได้ดี

4.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรพัฒนาแผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ ให้สามารถทนความชื้นและทนไฟได้ เพื่อให้แผ่นป้องกันเสียงและความร้อนจากขุยและเส้นใยมะพร้าวผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถใช้งานได้ปลอดภัยและหลากหลายมากยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2561 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์, 2552. เส้นใยธรรมชาติสำหรับวัสดุผนังอาคาร. คณะพลังงานและวัสดุมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธีรศักด์ ใจซื่อตรง และ ถิราวุธ พงศ์ประยูร,2551. การพัฒนาสมบัติของยางธรรมชาติโดยใช้ซิลิกาที่ปรับปรุงด้วยเทคแอดไมเซลลาร์พอลิเมอไรเซชันกระตุ้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 18(2), 1-9.

นุชนาฎ ณ ระนอง และณพรัตน์ วิชิตชลชัย,2545. คู่มือเทคโนโลยียาง (Rubber Technology Handbook). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการยาง, 4(2). 1-8.

บุรฉัตร วิริยะ,2544.การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้ว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พรพรรณ นิธิอุทัย, 2528. สารเคมีสำหรับยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

แม้น อมรสิทธิ์, 2553. วัสดุวิศวกรรม. เอกสารประกอบการบรรยาย.

วิสุทธิ์ แก้วสกุล,2551.เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับโคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตท.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2548. ประกาศการขอรับทุนโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา. โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรมสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.), 2547. โครงการพัฒนาวัสดุมวลเบาจากเส้นใยมะพร้าว, ชุดโครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีมะพร้าว. เครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนล่างสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2010. Annual Book of ASTM Standards.Philadelphia.

Asasutjarit, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Charoenvai, S., Zeghmati, B., & Shin, U. C., 2007. Development of coconut coir-based lightweight cement board. Construction and Building Materials. 21(2), 277–288.

Barlow, Fred W., 1993. Rubber Compounding : Principles, Materials, and Techniques. 2nd Edition.

Bledzki, A.K. and Gassan, J., 1999. Composites Reinforced with Cellulose based Fibers. Progress in Polymer Science 24, pp.221-274.

Clemens J. M. Lasance, 2001. Design, Materials, Compounds, Adhesives, and Substrates [Online]. Available on: https://www.electronics-cooling.com/2001/11/ the-thermal-conductivity-of-rubbers-elastomers/#.

David M. Egan, 1988. Architectural Acoustics. New York, McGraw-Hill, Inc., p.3.

Faherty, Keith F. and Williamson, Thomas G., 1995. Wood Engineering and Construction Handbook. Second Edition. New York: McGraw-Hill, Inc.

Fatima S., and Mohanty A.R. 2011. Acoustical and Fire-Retardant properties of Jute Composite Materials. Applied Acoustics; 72. 108-114.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2011. Natural Fibers: Coir, International Year of Natural Fibers 2009. Retrieved December 1, 2011.

James Cowan, 2000. Architectural Acoustics Design Guide. New York, McGraw-Hill, p. 20.

Michel Barron, 1933. Auditorium Acoustics and Architectural Design. E&FN Spon, and imprint of Chapman & Hall, p.21.

William J. Cabanaugh and Joseph A. Wikes, 1998. Architectural Acoustics: Principles and Practice, New York, John Wiley&Sons, p.21.

Zhao J.,Wang X.-M., Chang J.M., Yao Y. and Cui Q. 2010. Sound Insulation Property of Wood-Waste Tire Rubber Composite. Composite Science and Technology ; 70. 2033-2038.