โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ระบุลักษณะของวัสดุอะคูสติกที่มีผลต่อสมบัติในการดูดซับเสียง

Identification of the characteristic of acoustic raw materials with a relation to sound absorption property

ชื่อนิสิต นางสาวพิชญา ศรีจุฬางกูล

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Identification of the characteristics of acoustic raw materials with a relation to sound absorption property

โดย
นางสาวพิชญา ศรีจุฬางกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562

โครงการ ระบุลักษณะของวัสดุอะคูสติกที่มีผลต่อสมบัติในการดูดซับเสียง

โดย นางสาวพิชญา ศรีจุฬางกูล

ได้รับอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบโครงการ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราวุฒิ ตั้งพสุธาดล ประธานกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษยรัตน์ ธรรมพัฒนกิจ กรรมการ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพล อินสิน อาจารย์ที่ปรึกษา
4. นางสาววิระวรรณ บางเจริญพรพงศ์ ที่ปรึกษาโครงการร่วมพิเศษ

รายงานฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบและอนุมัติโดยหัวหน้าภาควิชาเคมี

.....	.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพล อินสิน)	(นางสาววิระวรรณ บางเจริญพรพงศ์)
อาจารย์ที่ปรึกษา	ที่ปรึกษาโครงการร่วมพิเศษ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย พาราสุข)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

วันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2562

ชื่อโครงการ ระบุลักษณะของวัสดุอะคูสติกที่มีผลต่อสมบัติการดูดซับเสียง
ชื่อนิสิตในโครงการ นางสาวพิชญา ศรีจุฬางกูล เลขประจำตัว 5933075823
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นำพล อินสิน
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

ปัญหาเสียงรบกวนเป็นปัญหาที่พบได้ทั่วไป ซึ่งปัญหาเสียงรบกวนนี้หากได้รับเสียงดังในระยะเวลานาน อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพได้ ดังนั้นอุตสา หกรรมต่าง ๆ จึงได้มีการผลิต “วัสดุอะคูสติก (acoustic materials)” เพื่อนำมาใช้ในการลดปัญหาเสียงรบกวนดังกล่าว ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่มีสมบัติในการดูดซับเสียง โดยศึกษาลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของวัตถุ เช่น ขนาดของเส้นใย และพื้นผิวของเส้นใย เพื่อหาวัสดุทางเลือกที่มีสมบัติเหมาะสมมาใช้เป็นตัวดูดซับเสียง ในงานวิจัยนี้ได้ นำวัสดุจากธรรมชาติและวัสดุสังเคราะห์ที่มีลักษณะเป็นเส้นใยมาประยุกต์เป็นแผ่นดูดซับเสียง ด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบไม่ถักทอ พร้อมกับมีการควบคุมน้ำหนักและความหนาของชิ้นงาน จากนั้นนำไปทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทดสอบสมบัติในการดูดซับเสียงในช่วงความถี่ 125 – 6300 เฮิรตซ์ผลการศึกษา พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ของเส้นใยพอลิพรอพิลีนมีค่าเท่ากับ 0.30 รองลงมาคือเส้นใยนุ่น เส้นใยวิสโคส เส้นใยพอลิเอสเทอร์ และเส้นใยแก้วซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) เป็น 0.22, 0.13, 0.10 และ 0.09 ตามลำดับ พบว่าเส้นใยวิสโคส เส้นใยพอลิเอสเทอร์และเส้นใยแก้วเป็นวัสดุสะท้อน มีค่า NRC น้อยกว่า 0.2 ส่วนเส้นใยนุ่นและเส้นใยพอลิพรอพิลีนเป็นวัสดุดูดซับเสียงที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงปานกลางเป็นผลมาจากโครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยแต่ละชนิดทั้งขนาดและพื้นผิวของเส้นใยโดยเส้นใยที่มีขนาดเล็ก และมีลักษณะพื้นผิวของเส้นใยที่ขรุขระ ทำให้มีค่าการต้านทานการไหลของอากาศมาก ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

คำสำคัญ: วัสดุอะคูสติก, ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง, ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง, ค่าการต้านทานการไหลอากาศ

Project Title Identification of the characteristic of acoustic raw materials with a relation to sound absorption property

Student Name Ms.Pitchaya Srijulangkul Student ID 5933075823

Advisor Name Assistant Professor Dr. Numpon Insin, Ph.D

Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Academic Year 2019

Abstract

Noise pollution is a problem that is usually faced in daily life. In the case of exposure to loud noise for a long time, it can affect health. Therefore, various industries have produced "acoustic materials" for reducing noise. In this research, the physical characteristics of materials relating to sound absorption properties were studied. For this study, the physical structures of the materials including size and surface character of fibers were investigated. In order to find a suitable alternative material to be used as acoustic materials. Both natural and synthetic fibers were used to produce sound absorbing sheets using a non-woven fabrics method, which could measure the weight and thickness of the sheets. The samples were studied for 2 sections: sound absorption performance and physical property. In sound absorption performance, samples were measured in the frequency range of 125 - 6300 Hz. For physical property, surface characteristic and size of fiber of the samples were identified. From the results, noise reduction coefficient (NRC) were 0.30, 0.22, 0.13, 0.10 and 0.09 for polypropylene, kapok fibers, viscose fibers, fiber glass and polyester fibers respectively. Therefore, polyester, glass fibers and viscose fibers are categorized as reflective materials (NRC less than 0.2). Moreover, polypropylene, kapok fibers are absorbing materials with moderate sound absorption (NRC between 0.2-0.4) because of their physical property, of size and surface characteristics. From physical property investigation, we can conclude that the fibers with smaller size and rougher surface exhibit more air flow resistance and sound absorption performance accordingly.

Keywords: Acoustic material, sound absorption coefficient, noise reduce coefficient, airflow resistance

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการนี้ ต้องขอขอบพระคุณ นางสาววิระวรรณ บางเจริญพรพงศ์ นางสาวภัทรา วทัญญูตา พี่เลี้ยงที่คอยช่วยสนับสนุน แนะนำ ให้คำปรึกษา สอนงาน และเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาในการฝึกงานที่บริษัท สามเอ็มประเทศไทย ลิมิเต็ด ขอบพระคุณ นายณัฐวัชร อิศรภักดี และนายบุญส่ง คงวิชัยกุล ที่คอยให้ความรู้ ช่วยฝึกสอน ฝึกอบรมการใช้เครื่องตรวจสอบ เช่น Impedance tube และ Flammability tester ให้ใช้งานได้อย่างถูกวิธี ขอบพระคุณ ดร.ศิริภรณ์ จิวพานิชย์ นางสาวปรีดารา ธรรมเศวต ที่นอกจากจะคอยช่วยให้คำแนะนำยังช่วยตรวจสอบโครงการวิจัยเล่มนี้ให้ ขอขอบคุณพี่ๆในแผนก CTC บริษัท สามเอ็มประเทศไทย ลิมิเต็ดที่คอยอยู่เคียงข้าง แนะนำ และสร้างบรรยากาศในที่ทำงานให้รู้สึกอบอุ่นและมีความสุขอยู่เสมอ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพล อินสิน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือและชี้แนะแนวทางในการจัดทำโครงการวิจัยเล่มนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนและเปิดโอกาสให้ได้เข้ามาศึกษาเล่าเรียนในที่แห่งนี้ขอขอบคุณนายธนาวิทย์ นิยมนา เพื่อนร่วมฝึกงานที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้โครงการวิจัยฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงมิได้ หากไม่ได้รับการอนุเคราะห์จากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่จัดทำโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ทำให้ผู้วิจัยได้ฝึกฝนความรู้และประสบการณ์ นับเป็นความภูมิใจที่จะติดตัวผู้วิจัยต่อไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฎ
สัญลักษณ์และความคำย่อ	ฏ
บทที่ บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ	4
บทที่ 2 การทดลอง	
2.1 รายการอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้	24
2.2 รายการสารเคมี	24
2.3 วิธีการทดลอง	24
2.3.1 การเตรียมแผ่นวัสดุดูดซับโดยการเตรียมแบบเส้นใยไม่ทักถอ	24
2.3.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัตถุดูดซับแต่ละชนิด	25
2.3.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับเสียงของวัตถุดูดซับแต่ละชนิด	26
2.3.4 ศึกษาคุณสมบัติเพิ่มเติมของวัสดุแต่ละชนิด ในแง่การนำไปใช้จริงในรถยนต์	27
บทที่ 3 ผลการดำเนินงาน	
3.1 การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด	28
3.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติในการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด	38
3.3 การศึกษาคุณสมบัติเพิ่มเติมของวัสดุแต่ละชนิดในแง่การนำไปใช้งานจริงในรถยนต์	43

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินงาน 45

เอกสารอ้างอิง 46

ภาคผนวก 48

ประวัติผู้วิจัย 53

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยนุ่น 2
ตารางที่ 1.2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยผสมชนิดต่างๆ 3
ตารางที่ 1.3 ค่าการวัดระดับเสียงจากกิจกรรมต่างๆ 8
ตารางที่ 2.1รายการอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ 25
ตารางที่ 3.1ตัวแปรควบคุมของชิ้นงาน ทั้งน้ำหนักและความหนา 29
ตารางที่ 3.2ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยนุ่น 31
ตารางที่ 3.3ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยแก้ว 32
ตารางที่ 3.4ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยวิสโคส 33
ตารางที่ 3.5ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยพอลิพรอพิลีน 34
ตารางที่ 3.6ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยพอลิเอสเทอร์ 35
ตารางที่ 3.7ค่าเฉลี่ยของสัมธิ์ประสิทธ์การดูดซับเสียงของวัสดุแต่ละชนิด 36
ตารางที่ 3.8ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ 250, 500, 1000, 2000 Hz และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) 37
ตารางที่ 3.9ผลการวัดความต้านการไหลของอากาศของวัสดุดูดซับเสียงแต่ละชนิด 38
ตารางที่ 3.10ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยแต่ละชนิด 41
ตารางที่ 3.11ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด 42

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ภาพแสดงการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง 4
รูปที่ 1.2 ภาพแสดงเส้นทางการเดินทางของเสียงผ่านกำแพง 10
รูปที่ 1.3ภาพแสดงกลไกการสลายตัวของพลังงานภายในวัสดุรูพรุน 13
รูปที่ 1.4ภาพแสดงผลนุ่น 14
รูปที่ 1.5 ภาพแสดงลักษณะของเส้นใยแก้ว 15
รูปที่ 1.6 สูตรโครงสร้างของพอลิพรอพิลีน 19
รูปที่ 1.7ภาพลักษณะของเส้นใยพอลิเอสเทอร์ 22
รูปที่ 1.8 ภาพแสดงกลไกการยึดติดเส้นใยด้วยความร้อน 24
รูปที่ 1.9ภาพแสดงกลไกการยึดติดเส้นใยด้วยเข็มปัก 24
รูปที่ 2.1 ชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วได้ความหนาที่ 9 มม. 26
รูปที่ 2.2 การจัดเครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของชิ้นงานท่อใหญ่ 27
รูปที่ 2.3 การจัดเครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของชิ้นงานท่อเล็ก 27
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยแต่ละชนิด 37
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ 250, 500, 1000, 2000 Hz ของเส้นใยแต่ละชนิด 38
รูปที่ 3.3 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงกับขนาดและความต้านทานการไหลของอากาศ 43
รูปที่ ผ1 ภาพเครื่องไฮดรอลิคเพลส เครื่องมือสำหรับการตัดชิ้นงาน 49
รูปที่ ผ2 ภาพท่ออินพิแดนซ์ เครื่องมือสำหรับใช้ทดสอบค่าการดูดซับเสียงของวัสดุ 49
รูปที่ ผ3 ภาพเครื่อง Flammability tester 50
รูปที่ ผ4 ภาพกล้องจุลทรรศน์และโปรแกรมที่ใช้ 50
รูปที่ ผ5 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการยึดติดแบบไม่ถักทอ โดยใช้เข็มปัก (Needle punch) 51
รูปที่ ผ6 ภาพตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้ว 51
รูปที่ ผ7 ภาพขั้นตอนการวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยท่ออินพิแดนซ์ 51
รูปที่ ผ8 ภาพการเตรียมแผ่นวัสดุสำหรับการทดสอบการลามไฟ 52
รูปที่ ผ9 ภาพชิ้นงานหลังจากนำไปทดสอบการลามไฟ 52

สัญลักษณ์และคำย่อ

NRC	Noise Reduce Coefficient
Hz	Hertz

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

ในปัจจุบันสังคมมีการพัฒนาและเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านธุรกิจ ด้านอุตสาหกรรมและด้านการคมนาคม ซึ่งการที่สังคมพัฒนาอย่างรวดเร็ว นั้นก็มีทั้งผลดีและผลเสียตามมา โดยเฉพาะ อย่างยิ่งผลเสียทางด้านสุขภาพที่เกิดจากปัญหามลพิษทางเสียง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ อาทิเช่น โรคนอนไม่หลับ โรคหัวใจขาดเลือดและโรคเครียด เป็นต้น [1] ดังนั้นอุตสา หกรรมต่าง ๆ จึงได้มีการผลิต "วัสดุอะคูสติก (acoustic materials)" เพื่อนำมาใช้ในการลดปัญหาเสียงรบกวน วัสดุดูดซับเสียงที่มีในปัจจุบันนั้น สามารถจำแนกเป็น 3 ประเภท ตามกลไก ของการดูดซับเสียงได้แก่วัสดุดูดซับเสียงประเภทเยื่อบาง ประเภทโพรงและประเภทรูพรุน [2] โดยวัสดุดูดซับเสียงเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ภายในรถยนต์หรือโครงสร้างบ้านเรือน อาคาร เพื่อป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกและไม่ให้เกิดเสียงสะท้อนจากภายใน ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุสามารถประเมินได้จากการตรวจวัดค่าการดูดซับเสียงของวัสดุ โดยงานวิจัยของ American National Standard[3] ในปี 2018 มีวิธีการตรวจวัดการดูดซับเสียงของวัสดุได้โดยสังเขปดังนี้

1.การตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (sound absorption coefficient)

2.การตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (noise reduce coefficient)

3.การหาค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะที่เสียงผ่านวัตถุ (transmission loss)

แม้ว่าในการศึกษาเกี่ยวกับการดูดซับเสียงของวัสดุจะได้รับความสนใจ และถูกพัฒนา มาอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ยังพบว่ามีข้อจำกัดทางด้านประสิทธิภาพของวัสดุที่นำมาใช้ดูดซับเสียงที่สามารถดูดซับเสียงได้เพียงแค่บางช่วงความถี่เท่านั้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาและศึกษาต่อไป โดยการพัฒนาหาวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสูงในทุกช่วงความถี่ ที่มีน้ำหนักเบา มีความสามารถในการต้านทาน ต่อการติดไฟ การลามไฟ มีความคงทนและทนต่อความชื้น[4]

ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาลักษณะของวัสดุที่มีสมบัติในการดูดซับเสียง โดยศึกษาลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของวัสดุที่มีผลต่อการดูดซับเสียง และหาวัสดุทางเลือกที่มีสมบัติเหมาะสม ที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการดูดซับเสียง ราคา ความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม และการนำไปใช้งานได้จริง[5]

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของวัสดุดูดซับเสียงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับเสียง

1.2.2 เพื่อทดสอบหาวัสดุที่มีสมบัติเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เข้าใจลักษณะโครงสร้างทางกายภาพและปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับเสียง

1.3.2 สามารถนำวัสดุจากธรรมชาติที่มีสมบัติเหมาะสมมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทางเลือกในการดูดซับเสียงได้

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

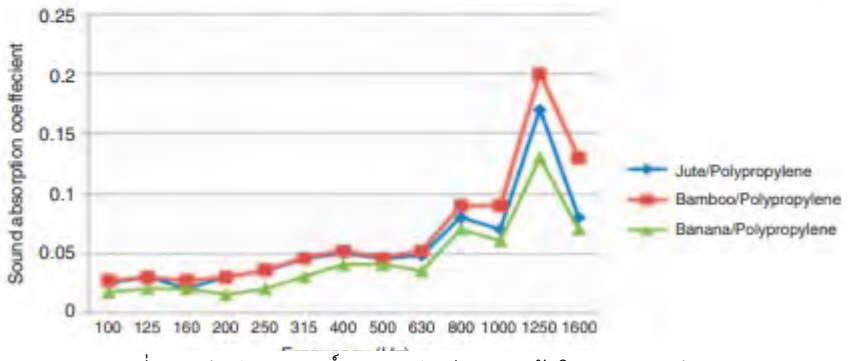
Hai-fan Xiang และคณะ (2556)[6] ได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจสอบสมบัติการดูดซับเสียงของเส้นใยนุ่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการดูดซับเสียงของเส้นใยนุ่นและจากการทดสอบเส้นใยนุ่นพบว่า เส้นใยนุ่นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15–23 ไมครอน ความหนาของผนังเส้นใย ประมาณ 0.7 ไมครอน ความยาวประมาณ 10-15 มิลลิเมตร และทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพของเส้นใย โดยการนำเส้นใยนุ่นมาส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าเส้นใยนุ่นมีลักษณะภาพตามยาวเป็นเส้นใยที่เป็นเส้นตรง ผิวเรียบ ไม่มีความหยิกงอ ส่วนลักษณะภาคตัดขวางของเส้นใยนุ่นมีลักษณะกลม และ มีรูตรงกลาง เป็นท่อกลวงตลอดความยาวเส้น จากนั้นทดสอบสมบัติการดูดซับเสียงที่ความถี่ 125-4000 เฮิรตซ์ โดยการเปรียบเทียบความหนาแน่นของเส้นใย พบว่าเส้นใยนุ่นมีสมบัติในการดูดซับเสียงและเมื่อความถี่สูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจะมีค่าสูงขึ้น ใน การเปรียบเทียบความหนาแน่นของเส้นใยไม่ถักทอพบว่า ที่ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน และมีสมบัติการดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่สูงดังแสดงในตารางที่ 1-1

Bulk density (kg/m^3)	Thickness (mm)	Sound absorption coefficient						Average sound absorption coefficient
		125 (Hz)	250 (Hz)	500 (Hz)	1000 (Hz)	2000 (Hz)	4000 (Hz)	
5	20	0.059	0.078	0.105	0.170	0.344	0.674	0.238
5	40	0.078	0.107	0.186	0.411	0.764	0.883	0.405
10	20	0.067	0.082	0.127	0.297	0.619	0.918	0.352
10	40	0.081	0.126	0.308	0.714	0.977	0.963	0.528
15	20	0.065	0.090	0.160	0.413	0.785	0.996	0.418
15	40	0.107	0.143	0.397	0.864	0.984	0.959	0.576
20	20	0.071	0.094	0.185	0.549	0.893	0.997	0.465
20	40	0.109	0.204	0.443	0.905	0.946	0.979	0.598

ตารางที่ 1.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยนุ่น

G.Thilagavathi และคณะ (2554)[7] ได้ทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาเส้นใยไม่ถักทอจากเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งสามารถนำมาใช้ลดระดับความดังของเสียงในรถยนต์ โดยการนำเส้นใยธรรมชาติ 3 ชนิดมาผสมเส้นใยพอลิพรอพิลีนที่อัตราส่วนดังนี้ เส้นใยพอลิพรอพิลีนกับเส้นใยไผ่ อัตราส่วน 50:50, เส้นใยพอลิพรอพิลีนกับเส้นใยกล้วย 50:50 และเส้นใยพอลิพรอพิลีนกับเส้นใยปอ 50:50 จากนั้นได้ทำการขึ้นรูปแผ่นเส้นใยด้วยเครื่องสางโดยการทำการเรียงชั้นแบบ Cross-Layered และทำการยึดติดหน้าแผ่นเส้นใยไม่ถักทอด้วยกระบวนการยึดติดแบบเข็มปัก (Needle punch) โดยกำหนดความลึกของการเข็มเจาะบนแผ่นเส้นใยไม่ถักทอที่ 1.5 เซนติเมตร ทำการย้ำ 2 รอบ จากนั้นทำการทดสอบการดูดซับเสียงโดยใช้ท่ออิมพิแดนซ์ในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E1050 ที่ความถี่ 100 – 1600 เฮิรตซ์

Frequency (Hz)	Target (%)	50:50 Bamboo/PP	Banana/PP	50:50 Jute/PP
800	9	9	7	8
1000	16	9	6	7
1250	–	20	13	17
1600	35	13	7	8



ตารางที่ 1.2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยผสมชนิดต่างๆ

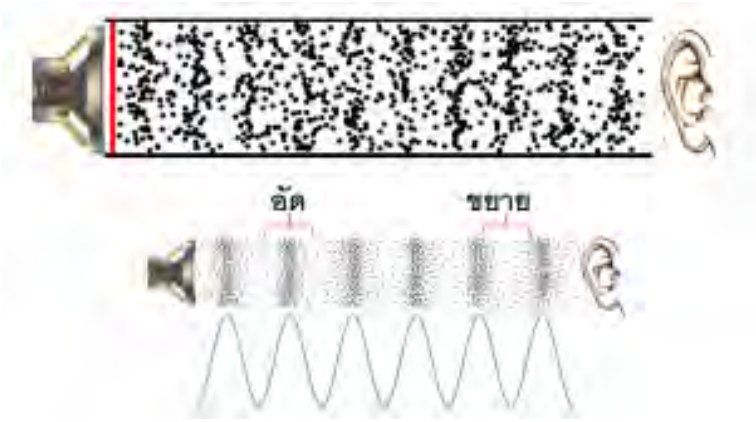
จากผลทดลองพบว่า ที่ความถี่ต่ำค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยไม่ถักทอทั้ง 3 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกันมาก จากกราฟจะเห็นว่าที่ความถี่ 800 เฮิรตซ์ พบว่าเส้นใยไม่ถักทอจากเส้นใยผสมของไผ่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสูงสุด รองลงมาคือผ้าไม่ถักทอจากเส้นใยผสมของใยปอ และสุดท้ายคือเส้นใยไม่ถักทอที่ได้จากเส้นใยผสมของใยกล้วย เมื่อทำการเพิ่มความถี่ของเสียงที่ 1000 – 1250 เฮิรตซ์ เส้นใยไม่ถักทอมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงสูงที่สุด และเมื่อเพิ่มความถี่ที่ 1600 เฮิรตซ์ เส้นใยไม่ถักทอทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว สรุปได้ว่าเส้นใยไม่ถักทอจากเส้นใยธรรมชาติผสมเส้นใยพอลิพรอพิลีนมีสมบัติในการดูดซับเสียงที่ช่วงความถี่ปานกลาง โดยที่เส้นใยไม่ถักทอจากเส้นใยไผ่ผสมเส้นใยพอลิพรอพิลีนมีสมบัติการดูดซับเสียงสูงสุดและเส้นใยไม่ถักทอจากเส้นใยกล้วยผสมเส้นใยพอลิพรอพิลีนมีสมบัติการดูดซับเสียงต่ำที่สุด

1.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

1.5.1 นิยามของเสียง

เสียง (Sound) เป็นคลื่นพลังงานชนิดหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของสสารหรือวัตถุทำให้เกิดการอัดและขยายตัวของคลื่นเสียงจนเกิดเป็นพลังงานเชิงกล สามารถส่งผ่านไปสู่สสารหรือวัตถุอื่นในรูปแบบของคลื่นการสั่นสะเทือนไม่ว่าสสารหรือวัตถุนั้นจะมีสถานะเป็นแก๊ส ของเหลว หรือของแข็งก็ตาม แต่คลื่นเสียงไม่สามารถเดินทางผ่านที่ที่เป็นสุญญากาศได้ ในกระบวนการได้ยินของมนุษย์ พลังงานสียงเดินทางสู่มนุษย์โดยอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการเดินทาง จึงทำให้มนุษย์สามารถรับรู้เสียงต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวได้

การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง



รูปที่ **1.1**แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

เมื่อวัตถุเกิดการเคลื่อนที่หรือถูกกระทำด้วยแรงจากภายนอก ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลภายในวัตถุนั้น ซึ่งส่งผลไปยังอนุภาคของอากาศหรือตัวกลางที่อยู่บริเวณโดยรอบ ก่อให้เกิดการรบกวนหรือการถ่ายโอนพลังงาน ผ่านการสั่นและการกระทบกันเป็นวงกว้างทำให้อนุภาคของอากาศเกิด *“การบีบอัด ”* (Compression) เมื่อเคลื่อนที่กระทบกัน และ *“การยืดขยาย”* (Rarefaction) เมื่อเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิม ดังนั้น คลื่นเสียง จึงเรียกว่า *“คลื่นความดัน”* (Pressure wave) เพราะอาศัยการผลักดันกันของโมเลกุลในตัวกลางในการเคลื่อนที่ ตัวกลาง (Medium) จึงกลายเป็นปัจจัยสำคัญต่อการได้ยินเสียง เพราะคลื่นเสียงเคลื่อนที่โดยอาศัยตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงานเท่านั้น ส่งผลให้ในภาวะสุญญากาศ ซึ่งเป็นพื้นที่ว่างที่ไม่มีอนุภาคตัวกลางใด ๆ คลื่นเสียงจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้

ลักษณะทางกายภาพของคลื่นเสียงสามารถอธิบายได้ 2 ลักษณะคือ

- ความเร็วเสียง (Sound Velocity)
- ความถี่เสียง (Sound Frequency)

1) ความเร็วเสียง

คลื่นเสียงจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางต่าง ๆ ในการเคลื่อนที่ได้แก่ของแข็งของเหลวและก๊าซความเร็ว ในการเคลื่อนที่ของเสียง (Sound Velocity) ในตัวกลางขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพของตัวกลางสำหรับเสียงที่เดินทางไปในตัวกลางที่เป็นอากาศความเร็วเสียงจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ

$$V = 331.4 + 0.6t$$

เมื่อ V = ความเร็วเสียงในอากาศ (เมตร/วินาที, m/s)

t = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส, °C)

คุณลักษณะความเร็วเสียงที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ของอากาศที่มีผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียงที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาส่งผลต่อปริมาณเสียงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ใกล้เคียงแหล่งกำเนิดเสียง ยกตัวอย่าง เช่น อาคารที่ตั้งอยู่ริมถนนในเวลากลางวันเสียงรบกวนจะสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของ
อาคารที่ระดับชั้นสูงขึ้นไปได้มากกว่าช่วงเวลากลางคืน

2) ความถี่เสียง

ความถี่เสียง (Sound Frequency) คือรอบการสะท้อนกลับไปมาของคลื่นเสียงในเวลา 1 วินาทีสำหรับประสาทการได้ยินของมนุษย์จะสามารถรับรู้เสียงได้ตั้งแต่ 20-20,000 รอบต่อวินาที หรือเรียกว่าเฮิรตซ์ (Hertz, Hz.) ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่กว้างมากดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับเสียงของดนตรีจึงมีการแบ่งแถบความถี่ออกเป็นช่วงโดยความถี่ต่ำสุดและสูงสุดของแต่ละช่วงจะห่างกันเป็น 2 เท่าและมีความถี่กึ่งกลาง (f_C) คือค่าของรากที่สองของผลคูณระหว่างความถี่ต่ำสุด (f_1) และความถี่สูงสุด (f_2) ของช่วงความถี่นั้นเป็นตัวแทนของแต่ละช่วงความถี่ได้แก่ 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 เฮิรตซ์เรียกว่าการแบ่งช่วงความถี่แบบ Octave Bands ในการศึกษาประสิทธิภาพเกี่ยวกับเสียงของวัสดุนั้นจะนิยมใช้การแบ่งความถี่ที่แบ่งย่อยแบบ 3 แถบเรียกว่า 1/3 Octave Bands โดยความถี่ที่ถูกนำมาทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของวัสดุมีทั้งหมด 6 ความถี่ได้แก่ 125, 250, 500, 1000, 2000 และ 4000 เฮิรตซ์[8]

สมบัติของเสียง

การสะท้อน (Reflection) คือ การเคลื่อนที่ของเสียงไปกระทบสิ่งกีดขวาง ส่งผลให้เกิดการสะท้อนกลับของเสียงที่เรียกว่า “เสียงสะท้อน” (Echo) ซึ่งโดยปกติแล้ว เสียงที่ผ่านไปยังสมองจะติดประสาทหูราว 0.1 วินาที ดังนั้นเสียงที่สะท้อนกลับมาช้ากว่า 0.1 วินาที ทำให้หูของเราสามารถแยกเสียงจริงและเสียงสะท้อนออกจากกันได้ นอกจากนี้หากมุมที่รับเสียงสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบของเสียงจะส่งผลให้เสียงสะท้อนมีระดับความดังสูงที่สุดอีกด้วย

การหักเห (Refraction) คือ การเคลื่อนที่ของเสียงผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน หรือการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีอุณหภูมิต่างกัน ส่งผลให้อัตราเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียงเปลี่ยนไป

การเลี้ยวเบน (Diffraction) คือ การเดินทางอ้อมสิ่งกีดขวางหรือเลี้ยวเบนผ่านช่องว่างต่าง ๆ ของเสียง โดยคลื่นเสียงที่มีความถี่และความยาวคลื่นมาก สามารถเดินทางอ้อมสิ่งกีดขวางได้ดีกว่าคลื่นสั้นที่มีความถี่ต่ำ

การแทรกสอด (Interference) เกิดจากการปะทะกันของคลื่นเสียงจากหลายแหล่งกำเนิด ซึ่งอาจทำให้เกิดเสียงที่ดังขึ้นหรือเบาลงกว่าเดิม หากคลื่นเสียงที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย (ไม่เกิน 7 เฮิรตซ์) เมื่อเกิดการแทรกสอดกันจะทำให้เกิดเสียงบีตส์ (Beats)

การรับรู้เสียงของมนุษย์

โดยปกติหูของมนุษย์สามารถรับรู้เสียงตั้งแต่ความถี่ 20-20,000 Hz.ที่ระดับความเข้มเสียงตั้งแต่ 10^{-12} - 1 วัตต์/ตารางเมตรและระดับความเข้มเสียงตั้งแต่ 0-140 เดซิเบลมนุษย์ตอบสนองระดับต่อความดันเสียงที่ความสัมพันธ์กับความถี่เสียงมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear) หมายความว่าที่ระดับความดันเสียงเดียวกันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความถี่หูจะรับความรู้สึกถึงระดับความดัง (Loudness Level) ที่มีหน่วยเป็นโฟน (Phon) ได้ไม่เท่ากันยกเว้นที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ระดับความดังจึงจะมีค่าเท่ากับระดับความดันเสียง (Sound Pressure level) เรียกว่าความถี่อ้างอิงหรือความถี่กลาง[9]

1.5.2 มลพิษทางเสียง

มลพิษทางเสียง (noise pollution) เสียงดัง (loud noise) หรือเสียงรบกวน (noise) หมายถึงสภาวะที่มีเสียงดังเกินปกติหรือเสียงดังต่อเนื่องยาวนานจนก่อให้เกิดความรำคาญหรือเกิดอันตรายต่อระบบการได้ยินของมนุษย์และหมายรวมถึงสภาพแวดล้อมที่มีเสียงสร้างความรบกวน ทำให้เกิดความเครียดทั้งทางร่างกายและจิตใจ ทำให้ตกใจหรือบาดหูได้เช่นเสียงดังมากเสียงต่อเนื่องยาวนานไม่จบสิ้นเป็นต้นมลพิษทางเสียงเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมของเมืองใหญ่ที่เกิดพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและวัฒนธรรม รวมถึงการเติบโตทางเศรษฐกิจไม่ว่าจะเป็นเสียงดังจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์เสียงดังจากเครื่องจักรเสียงดังจากการก่อสร้างเสียงดังจากเครื่องขยายเสียง โทรทัศน์ วิทยุ และอุปกรณ์สื่อสาร เสียงเรียกเข้าโทรศัพท์มือถือ รวมทั้งเสียงสนทนาที่ดังเกินควรและไม่ถูกกาลเทศะ

ผลกระทบจากมลพิษทางเสียง

1) การได้ยิน: การสูญเสียการได้ยิน เสียงดังรบกวน เกิดเสียงหวีดก้องในหูหรือในสมอง

2) สุขภาพกาย: ความดันโลหิตสูง ใจสั่น หัวใจเต้นเร็ว มือเท้าเย็นการไหลเวียนกระแสโลหิตบกพร่องจนถึงโรคหัวใจ

3) สุขภาพจิต: การรบกวนการพักผ่อน เกิดความเครียด และสภาวะตื่นตระหนก ซึ่งพัฒนาไปสู่อาการเจ็บป่วยเศร้าซึมและโรคจิตประสาทได้

4) สมาธิ ความคิด และการเรียนรู้: การรบกวนสมาธิ การคิดค้นวิเคราะห์ข้อมูล และการลดประสิทธิภาพการเรียนรู้ และการตั้งใจรับฟัง

5) ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการทำงาน: การรบกวนระบบและความต่อเนื่องของการทำงาน และทำให้งานล่าช้า ลดทั้งคุณภาพและปริมาณ

6) การติดต่อสื่อสาร: ขัดขวางการได้ยิน ทำให้ต้องตะโกนสื่อสารกันการสื่อสารบกพร่อง เกิดความผิดพลาดในการได้ยิน ในเด็กเล็กที่กำลังเรียนพูด จะทำให้พัฒนาการในการฟัง การพูด และการออกเสียงช้าลง ในผู้ใหญ่จะเป็นอุปสรรคต่อการรับฟังสัญญาณเตือนภัยอันอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุและอันตราย

7) การกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมก้าวร้าว: เสียงดังเร้าอารมณ์ให้สร้างความรุนแรง ทำร้ายผู้อื่น

8) การเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรม: กระตุ้นให้เกิดค่านิยมในความรุนแรงไม่เคารพสิทธิในความสงบสุขของผู้อื่น สังคมโดยรวมและการขาดมารยาทสังคมที่ดีงาม

การวัดระดับเสียงจากกิจกรรมต่างๆ มีหน่วยเป็นเดซิเบลเอ (Decibel A) มีตัวอย่างดังนี้

กิจกรรม	ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)
เสียงพูดคุย	50
รถจักรยานยนต์	85
รถยนต์	88
รถบรรทุก	96
โรงงานอุตสาหกรรม	100-120
เสียงงานก่อสร้าง	120
เครื่องบิน	130

ตารางที่ 1.3 แสดงการวัดระดับเสียงจากกิจกรรมต่างๆ

องค์การอนามัยโลก กำหนดระดับเสียงเป็นพิษหรือดังเกินไปไว้ที่ 85 เดซิเบลเอ และระดับเสียงที่บุคคลทนรับฟังได้คือ 120 เดซิเบลเอ สำหรับประเทศไทยกำหนดค่ามาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไว้ที่ 70 เดซิเบลเอ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 15 (พ.ศ.2540) เรื่องกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป[10]

1.5.3 การป้องกันเสียง

การเดินทางของเสียงรบกวนนั้นเกิดผ่านทาง 2 ด้วยกัน[11] คือ

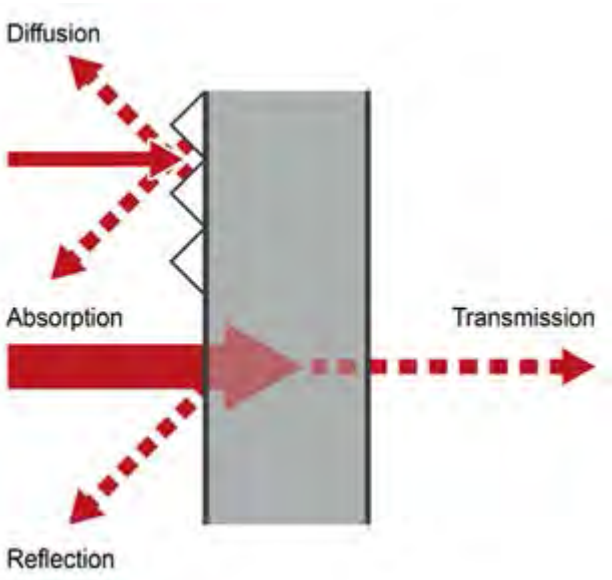
- ทางที่เสียงรบกวนเดินทางโดยตรงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้รับเสียง เรียกเสียงที่เดินทางในเส้นทางนี้ว่า เสียงที่รบกวนทางตรง (Direct Noise) หรือ เสียงที่รบกวนที่เดินทางผ่านอากาศ (Airborne Noise)
- ทางที่เสียงรบกวนเดินทางผ่านวัสดุที่เป็นของแข็ง เช่น ผ่านทางโครงสร้างต่างๆของอาคาร พื้น ท่อ ไปยังผู้รับเสียง เรียกเสียงในเส้นทางนี้ว่า เสียงรบกวนที่เดินทางผ่านโครงสร้าง (Structure borne Noise) หรือเดินทางผ่านพื้น จะเรียกเป็น Ground borne Noise

การเกิดเสียงรบกวนเกิดจากองค์ประกอบ 3 ประการที่ต้องพิจารณาวิธีการในการควบคุมและป้องกันการเกิดเสียงรบกวน[12] ดังนี้

- **การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง** การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง (Sound Source) พบได้ในระบบอุตสาหกรรมและเครื่องจักรกลการควบคุมเสียงรบกวนเป็นการควบคุมเสียงรบกวนที่เกิดจากการสั่นสะเทือนผ่านโครงสร้าง (Structure Borne Sound) โดยการปิดล้อมแหล่งกำเนิดเสียงนั้นให้ได้มากที่สุดการควบคุมที่องค์ประกอบนี้จะเกิดประสิทธิผลในการควบคุมเสียงรบกวนมากที่สุด
- **การควบคุมที่ผู้รับเสียง** ผู้รับเสียง (Sound Receiver) หมายถึงผู้ที่ต้องทำงานหรืออาศัยใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียงการควบคุมคือการป้องกันอันตรายจากเสียงรบกวนเช่นการใส่อุปกรณ์ป้องกันที่หูของผู้รับเสียงการควบคุมที่องค์ประกอบนี้จะเกิดประสิทธิผลในการควบคุมเสียงน้อยที่สุด
- **การควบคุมเส้นทางเดินของเสียง** (Sound Path) ในบางครั้งการควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียงอาจเป็นไปได้ลำบากเช่นการกันเสียงจากทางจราจรบนถนนในเมืองการควบคุมที่เส้นทางเดินของเสียงก่อนถึงผู้รับเสียงที่อาจเป็นผู้อยู่อาศัยในอาคารที่ตั้งอยู่ริมถนนสามารถควบคุมโดยการเลือกที่ตั้ง, การออกแบบสภาพแวดล้อมและการป้องกันโดยใช้สิ่งก่อสร้างหรือองค์ประกอบอาคารได้ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นการควบคุมเสียงรบกวนที่องค์ประกอบนี้เป็นหลัก

หลักการป้องกันเสียง โดยการควบคุมเส้นทางเดินของเสียง เป็นการลดพลังงานของเสียงให้เสียงสามารถผ่านตัวกลางไปได้น้อยลงหรือไม่สามารถผ่านไปได้ สามารถทำได้โดยการนำวัสดุมาทำเป็นกำแพงเพื่อกั้นการส่งผ่านของเสียงรบกวนที่มีอากาศเป็นสื่อนำ (Airborne Noise)จะพบพฤติกรรมของเสียง 3 รูปแบบได้แก่

- เสียงที่สะท้อนออกเมื่อกระทบกับโครงสร้างอาคาร (Reflected Sound)
- เสียงที่ดูดกลืนเข้าไปในโครงสร้างอาคาร (Absorbed Sound)
- เสียงที่แทรกผ่านไปยังอีกด้านของผนังอาคาร (Transmitted Sound)



รูปที่ 1.2 แสดงเส้นทางการเดินทางของเสียงผ่านกำแพง

พฤติกรรมของเสียงเมื่อกระทบผนังอาคารแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างผนังอาคารความสามารถในการดูดซับเสียงและลดระดับเสียงที่ผ่านโครงสร้างเข้ามาได้ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะถูกระบุในรูปแบบค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ที่ได้จากการทดสอบในห้องทดลองทางด้านเสียงได้แก่

1. Sound Absorption Coefficient (α) หมายถึงสัดส่วนของพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับไปเมื่อเสียงเดินทางผ่าน เทียบกับพลังเสียงจากแหล่งกำเนิด ค่าการดูดซับเสียงของทุกวัสดุจะแปรผันกับความถี่ของเสียงที่เข้าไปกระทบ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{\text{sound intensity absorbed}}{\text{sound intensity incident}}$$

ดังนั้นค่าการดูดซับเสียง (SAC) จะถูกวัดที่หลายความถี่เช่นที่ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000Hz ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ตรงกลางของเสียงที่วิ่งกระทบ

2. Noise Reduction Coefficient (NRC) เป็นตัวเลขที่จะระบุได้ถึงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ โดยที่ NRC คือค่าเฉลี่ยของ SAC ที่ถูกวัดที่ 250, 500, 1,000, 2,000 Hz

$$\text{NRC} = (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000})/4$$

โดยทั่วไปค่า NRC จะต้องมีค่ามากกว่า 0.40 ถึงจะถือว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง (acoustic) วัสดุที่มีรูพรุนฉนวนจะยอมให้คลื่นเสียงทะลุผ่านไปได้ลึกมาก ซึ่งจะเป็นที่ที่พลังงานเสียงจะเปลี่ยนเป็นความร้อนเนื่องจากความเสียดทานระหว่างช่องอากาศกับเส้นใย

3. Transmission loss (TL)

$$TL = L_1 - L_2 + 10\log S/A_2$$

เมื่อ TL คือค่าการสูญเสียพลังงานเสียงขณะส่งผ่าน, dB

L_1คือ ค่าเฉลี่ยระดับความดังเสียงในห้องกำเนิดเสียง, dB

L_2คือ ค่าเฉลี่ยระดับความดังเสียงในห้องรับเสียง, dB

S คือ พื้นที่แผ่นวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ, m^2

A_2คือ ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงของห้องรับเสียงหลังจากติดตั้งแผ่นวัสดุ,m^2

1.5.4 ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติการดูดซับเสียง

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับของวัสดุมีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัย[13]

ขนาดของเส้นใย: ทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย พื้นที่ผิวของเส้นใย และความละเอียดของเส้นใย ล้วนมีผลต่อการดูดซับ โดยเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยลดลง หรือมีพื้นที่ผิวเส้นใยมากขึ้น มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเส้นใยที่มีขนาดบางลงมีผลทำให้เส้นใยสามารถดูดซับเสียงได้ดีขึ้น ส่วนความละเอียดของเส้นใย เมื่อเส้นใยมีความละเอียดมากขึ้นมีผลทำให้ค่ สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศเพิ่มสูงขึ้น

ความต้านทานการไหลของอากาศ (Airflow Resistance): เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญมากสำหรับวัสดุดูดซับเสียงที่มีลักษณะเป็นเส้นใย การเชื่อมโยงของเส้นใย (Fiber Interlocking) ในกรณีเส้นใยไม่ถักทอมีมากขึ้น หรือเส้นใยที่มีความขรุขระมากขึ้น มีผลทำให้ค่าความต้านทานการไหลของอากาศเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแรงเสียดทานที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คลื่นเสียงเกิดการเคลื่อนที่ได้ยากขึ้น โดยปกติค่าความต้านทานการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเพิ่มสูงขึ้น แต่ถ้าค่าความต้านทานการไหลของอากาศมากกว่า 1000 Pa จะมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงลดลง เพราะการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงทะลุผ่านได้ยากขึ้น

ความเป็นรูพรุน (Porosity): สำหรับวัสดุที่ไม่มีการถักทอของเส้นใยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเพิ่มขึ้นไปตามแนวการแพร่ของเสียง รูปร่าง ขนาด และจำนวนของรูพรุนล้วนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการกระจายของเสียงเข้าไปภายในวัสดุ

ความคดเคี้ยวของรูพรุน (Tortuosity): เป็นการวัดเส้นทางในการเดินทางของเสียงในแนวตามยาวตลอดรูพรุนเปรียบเทียบกับความหนาของชิ้นงานตัวอย่าง ดังนั้นความคดเคี้ยวของรูพรุนจึงถูกใช้ในการอธิบาย อิทธิพลของโครงสร้างภายในที่มีสมบัติการดูดซับเสียง ความคดเคี้ยวของรูพรุนมีผลในการกำหนดพฤติกรรมของวัสดุดูดซับเสียงที่มีรูพรุน ณ ความถี่สูง

ความหนาของชิ้นงาน : ความหนาของชิ้นงานวัสดุที่มีรูพรุนมีผลเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อการดูดซับเสียงช่วงความถี่ต่ำ ในขณะที่ความถี่สูง ความหนาของชิ้นงานไม่มีผลกระทบต่อการดูดซับเสียง โดยเมื่อชิ้นงานมีความหนาเพิ่มขึ้น จะเป็นการเพิ่มระยะทางของโพรงที่ต่อเนื่องกัน จำนวนครั้งของการสะท้อนและการหักเหของคลื่นเสียงภายในวัสดุมากยิ่งขึ้น นั่นหมายถึงการสลายพลังงานของคลื่นเสียงภายในวัสดุรูพรุนเกิดได้มากขึ้นตามไปด้วย

การกดอัดตัวของเส้นใย (Compression): การกดอัดตัวของเส้นใยในวัสดุดูดซับเสียงที่เป็นแผ่นเส้นใยมีผลทำให้การดูดซับเสียงลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของความคดเคี้ยวของรูพรุนและความต้านทานการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ขณะที่รูพรุนและความหนาของชิ้นงานลดลง ซึ่งปัจจัยหลักที่ทำให้การดูดซับเสียงลดลงเมื่อการกดอัดตัวของเส้นใยมากขึ้น เพราะความหนาที่ลดลง

การกั้นขวางของพื้นผิว (Surface Impedance): การกั้นขวางเสียงของพื้นผิวมีมากขึ้น เมื่อความต้านทานของผิวมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณของเสียงสะท้อนที่ผิวมีมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการดูดซับเสียงลดลง นอกจากนี้การกั้นขวางเสียงยังขึ้นอยู่กับความถี่ด้วยเช่น ถ้าความถี่ของเสียงต่ำลง ความหนาของชิ้นงานผิวเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความต้านทานของผิวลดลง

ตำแหน่งของการวางวัสดุดูดซับเสียง : ตำแหน่งของการวางวัสดุดูดซับเสียงมีอิทธิพลต่อการดูดซับเสียง เช่น ในห้องสี่เหลี่ยม การวางวัสดุดูดซับเสียงควรวางในตำแหน่งใกล้ๆมุม และตามขอบของพื้นผิวห้องจะ ทำให้วัสดุดูดซับเสียงมีประสิทธิภาพมากที่สุด

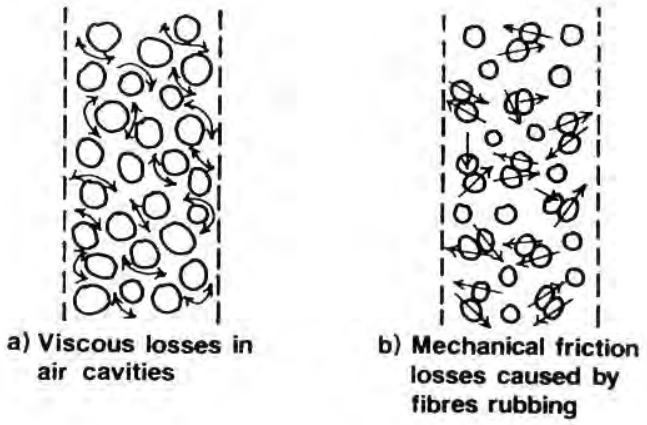
ความหนาแน่นของชิ้นงาน : วัสดุดูดซับเสียงที่มีความหนาแน่นต่ำสามารถดูดซับเสียงช่วงความถี่ต่ำ (500Hz) ได้ดีในขณะที่วัสดุดูดซับเสียงที่มีความหนาแน่นมากดูดซับเสียงช่วงความถี่สูง (2000 Hz) ได้ดี

การสร้างช่องว่างอากาศ: การสร้างช่องว่างอากาศด้านหลังวัสดุดูดซับเสียงช่วยเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ดูดซับเสียงโดยเฉพาะ ณ ช่วงความถี่ปานกลางและสูง

1.5.5 วัสดุดูดซับเสียง

วัสดุดูดซับเสียง สามารถจำแนกประเภทตามกลไกการดูดซับเสียงได้ดังต่อไปนี้[14]

- **วัสดุซับเสียงประเภทเยื่อบาง (Membrane Absorber)** เช่น แผ่นโลหะบาง ไม้อัด พลาสติก กระดาษ หรือยิปซัมบอร์ด เป็นต้น โดยวัสดุเหล่านี้ไม่สามารถยืดหยุ่นได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น จึงมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากคลื่นเสียงไปเป็นพลังงานความร้อนได้เพียงบางส่วนในช่วงความถี่ต่ำเท่านั้น ในขณะที่ช่วงความถี่สูงจะถูกสะท้อนออกจากเมมเบรนเหล่านี้
- **วัสดุซับเสียงประเภทโพรงหรือช่อง (Resonator of Cavity Absorber)** เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นโพรงหรือช่อง ในแต่ละช่องเรียกว่า Sound box ถ้าโพรงอากาศมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับความยาวของคลื่นเสียงที่มาตกกระทบบนชิ้นวัสดุ มวลของอากาศจะเกิดการสั่นให้พ้องจำเพาะเข้ากับความถี่ของเสียงนั้น ๆ ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัสดุประเภทนี้จะอยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 1000 เฮิรตซ์ ลงมา สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุดในช่วงคลื่นความถี่ 100-300 เฮิรตซ์ และประสิทธิภาพจะลดลงตามช่วงความถี่ของเสียงที่เพิ่มขึ้น
- **วัสดุซับเสียงประเภทเส้นใยหรือมีรูพรุน (Fibrous or Porous Absorber)** โดยวัสดุเหล่านี้จะมีช่องว่างอยู่ภายใน มีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าขนาดตามความยาวของคลื่นเสียงมาก จึงทำให้วัสดุเหล่านี้สามารถดูดซับเสียงได้ดี เมื่อเสียงตกกระทบบนวัสดุเหล่านี้ โมเลกุลของวัสดุและอากาศจะเกิดการสั่นตัวทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานจากการเสียดทานและความหนืด (Friction and Viscous Loss) โดยแสดงการสูญเสียพลังงาน ดังภาพ



รูปที่ 1.3แสดงกลไกการสลายตัวของพลังงานเสียงเนื่องจาก ความหนืดและแรงเสียดทาน

1.5.6 ใยนุ่น

รูปที่ 1.4 แสดงผลนุ่น

ชื่อวิทยาศาสตร์ : ***Ceiba pentandra*** **Gaertn.**
ชื่อเรียกอื่น : งิ้วน้อย งิ้วสร้อย งิ้วสาย
ชื่อวงศ์ : BOMBACACEAE

นุ่นเป็นไม้ยืนต้นสูง 10-30 เมตร ลำต้นเขียว แตกกิ่งแนวเกือบระนาบรอบลำต้น ใบ เป็นใบประกอบแบบพัด มีใบย่อย 5-11 ใบ ก้านรวมยาว 8-20 ซม. ใบย่อยรูปหอกกลับ โคนใบเรียว ปลายใบแหลมเป็นหาง ขอบใบเรียบ กว้าง 2-3 ซม. ยาว 5-12 ซม. ดอก สีขาวนวล ออกเป็นกระจุกครั้งละ 1-5 ดอก ก้านดอกยาว 2.5-4 ซม. กลีบรองดอกรูปถ้วย ปลายแยกเป็น 5 กลีบ กลีบดอกรูปไข่กลับ ยาว 2-3 ซม. เกสรผู้ 5 อัน ยาว 3-5 ซม. ผล รูปป้อมรี ปลายแหลม ขนาดกว้าง 5 ซม. ยาว 10-15 ซม. ภายในมีขนปุย สีขาวอัดแน่น เมล็ดมีจำนวนมาก สีดำ ค่อนข้างกลมผิวเกลี้ยง เมื่อฝักแก่หรือสุกก็หล่นเองและแตกออก แล้วนำปุยนุ่น แยกออกจากเมล็ด เมล็ดแยกออกจากปุยได้ง่าย นุ่นมีน้ำหนักเบา ไม่เปียกน้ำง่าย นิยมใช้เป็นวัสดุยัดหมอน ที่นอน และเครื่องเรือนอื่น ๆ เนื่องจากเส้นใยมีความเหนียวน้อย และมีเส้นใยสั้นมากไม่สามารถนำมาปั่นเป็นด้ายหรือทอผ้าได้ดี จึงไม่นิยมนำเส้นใยมาทอผ้า

ใยนุ่นมีลักษณ ะเงา เบา ยืดหยุ่น แต่เปราะง่าย สีของเส้นใยมีสีเหลืองอ่อนๆ หรือสีขาว เส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกและมีรูกลวงซึ่งภายในเส้นใยมีอากาศบรรจุอยู่เส้นใยจึงมีลักษณะเบา เซลล์ของผิวชั้นนอกและชั้นในเป็นเซลล์เดียว ผิวของเส้นใยเรียบ เส้นใยไม่มีลักษณะหยิกหรือหยักที่จะช่วยให้กลุ่มเส้นใยจับตัวกัน ส่งผลทำให้เส้นใยไม่สามารถนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้โดยตรง ซึ่งโดยปกติแล้วเส้นใยนุ่นมีขนาดเส้นใยประมาณ 10-50 ไมครอน ความยาวประมาณ 20 มิลลิเมตร[15]

1.5.7 ใยแก้ว

รูปที่ 1.5แสดงภาพเส้นใยแก้ว

ใยแก้วเป็นใยสังเคราะห์จากแร่ ผู้ที่ค้นพบคือ Edward Drummon Libbey ในปลายศตวรรษ ที่ 19 ใยแก้วมีเนื้อสวยงามไม่บางใสแต่ค่อนข้างแข็งขาดความยืดหยุ่นใยแก้วผลิตจากวัตถุดิบที่ใช้ทำแก้ว ซึ่งก็คือ ทรายซิลิกา และหินปูนผสมกับอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต และบอแรกซ์ โดยจะใช้ทรายและหินปูนเป็นหลัก นำส่วนประกอบทั้งหมด ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิ 3,000 $^{\circ}$F จะได้ลูกแก้วเล็ก ๆ เมื่อจะทำเป็นเส้นใยก็นำมาหลอมให้เหลวแล้ว อัดผ่านแว่น Spinnerette ปล่อยให้แข็งตัว ก็จะได้เส้นใยแก้วนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายและผลิตเป็นผ้าต่อไป ในช่วงแรกของการพัฒนาใยแก้วยังใช้อยู่เฉพาะในวงการฉนวนกันความร้อนเท่านั้น แต่ต่อมาได้มีการพัฒนากระบวนการผลิตโดยการดึงเส้นใยให้เป็นเส้นต่อเนื่องที่มีความแข็งแรงสูงเพื่อใช้ในการเสริมความแข็งแรงของพลาสติกประเภทเทอร์โมเซ็ท เช่น พ อลิเอสเตอร์เรซิ่นชนิดไม่อิ่มตัว ไวนิลเอสเตอร์เรซิ่น อีพอกซี่เรซิ่นและรวมไปถึงเทอร์โมพลาสติก เช่น ไนลอน พอลิพรอพิลีน พอลิคาบอร์เนต ABS PPS และชนิดอื่นๆ อีกมาก นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาต่อเนื่องให้ใช้เสริมความแข็งแรงของปูนซีเมนต์ ยิปซัม และยางมะตอยได้อีกด้วย

ส่วนผสมพื้นฐานสำหรับการผลิตใยแก้ว ได้แก่ ทราย โซดาแอช (Soda Ash) โดโลไมท (Dolomite) หินปูน (Limestone) โซเดียมซัลเฟต โซเดียมไนเตรต และแร่ธาตุที่มีส่วนผสมของโบรอนและอลูมินา กระบวนการผลิตส่วนใหญ่ใช้เศษแก้วเป็นวัตถุดิบ เศษแก้วแตกที่ได้จากขัดข้องในระหว่างการผลิตจะถูกทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วด้วยน้ำ และเพราะเศษแก้วจากกระบวนการผลิตมีส่วนผสมเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ จึงสามารถนำกลับมาหลอมใช้ใหม่ได้ทันทีพร้อมๆกับของเสียที่เป็นเศษแก้วประเภทอื่นๆ เช่น เศษ ขวดแก้ว และเศษจานแก้ว

กระบวนการผลิตใยแก้ว

กระบวนการผลิตเส้นใยแก้วมีอยู่สองแบบคือวิธีการวาดแบบแม่พิมพ์ และวิธีการวาดรูปเตาหลอม

- กระบวนการวาดรูปเคลือบฟันมีหลายขั้นตอน ประการแรกวัตถุดิบแก้วถูกละลายที่อุณหภูมิสูงเป็นทรงกลมจากนั้นทรงกลมจะถูกละลายเป็นครั้งที่สองและเส้นใยแก้วจะถูกวาดด้วยความเร็วสูง เทคโนโลยีประเภทนี้มีข้อเสียต่าง ๆ เช่น การใช้พลังงานที่สูงกระบวนการหล่อไม่เสถียรและการผลิตแรงงานต่ำและถูกกำจัดโดยผู้ผลิตไฟเบอร์กลาสรายใหญ่
- วิธีการวาดรูปเตาหลอมละลาย pyrophyllite และวัตถุดิบอื่น ๆ ลงในสารละลายแก้วในเตาเผาขจัดฟองอากาศและขนส่งฟองอากาศผ่านทางท่อระบายน้ำที่มีรูพรุน เส้นใยแก้วจะดึงด้วยความเร็วสูง เตาเผาสามารถเชื่อมต่อกับหลายร้อยตัวแยกในเวลาเดียวกันผ่านเส้นทางหลาย กระบวนการนี้ง่ายประหยัดพลังงานมีเสถียรภาพมีประสิทธิภาพสูงและมีการผลิตสูงการผลิตอัตโนมัติที่ง่ายและขนาดใหญ่กลายเป็นขั้นตอนการผลิตกระแสหลักสากลเส้นใยแก้วที่ผลิตโดยกระบวนการผลิตคิดเป็นประมาณ 90% ของการผลิตทั่วโลก

คุณสมบัติของใยแก้ว

ใยแก้วมีความเหนียว และความคงรูปสูง ไม่ดูดความชื้น ย้อมสีติดยาก ไม่ยับ ไม่ไหม้ไฟ หลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,500 $^{\circ}$F มีการโค้งงอดีแต่ไม่ทนต่อการเสียดสี เมื่อม้วน หรือพับขอบผ้าจะแตกหรือหักเมื่อได้รับการเสียดสีบ่อย ๆ เส้นใยสั้นจะใช้ประโยชน์ใน อุตสาหกรรมพลาสติกหล่อ ทำฉนวนกันไฟ เส้นใยยาวให้ผลิตผ้าเพื่องานตกแต่ง เช่น โคมไฟฟ้า ม่านทนไฟ ฉาก ผ้าคลุมโต๊ะรีดผ้า เส้นใยแก้วไม่เหมาะที่จะใช้ทำเป็นเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย เพราะจะทำให้เกิดความ ระคายเคืองต่อผิวหนัง เนื่องจากปลายเล็กๆ ของเส้นใยเป็นอันตรายต่อผิวหนัง[16]

1.5.8 วิสโคส

วิสโคสเป็นเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ที่มาจากพอลิเมอร์ธรรมชาติที่เป็นเซลลูโลสใยยาวหรือใยสั้น ซึ่งหลายคนรู้จักกันในชื่อว่าไหมเทียม ต่อมาภายหลังเรียกว่า วิสโคสหรือ เรยอน เป็นเส้นใยที่ได้มาจากเซลลูโลสดัดแปลงที่ได้รับมาจากวิธีการวิสโคสคาว่า “วิสโคส” จึงมาจากคำว่า “Viscous” ของเหลวที่มีลักษณะความหนืดสูงคล้ายน้ำผึ้งความหนาแน่นของเส้นใยวิสโคสมีค่าประมาณ 1.49 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรเป็นเส้นใยหนักพอสมควรเกือบเท่ากับเส้นใยฝ้ายและแฟลกซ์ อย่างไรก็ตามเมื่อทำให้เป็นเส้นด้ายใยยาวจะทำให้เกิดวัสดุที่ผลิตเบาขึ้น

โครงสร้างของเส้นใย

วิสโคสเป็นเส้นใยยาวหรือสั้นที่มีความละเอียดและมีรูปร่างปกติเส้นใยสั้นปกติจะผลิตมาเป็นเส้นใยที่มีรอยหยิกเพื่อที่จะทำให้เปลี่ยนแปลงลักษณะที่เป็นปกติเรียบและลื่นการทำให้มีรอยหยิกจะช่วยทำให้เส้นใยสั้นมีแรงเสียดทานภายในเส้นใยเพิ่มขึ้นทำให้เส้นใยมีการเกาะตัวระหว่างและภายหลังการปั่นด้ายปกติถ้าใช้เส้นใยสั้นจะทำให้เกิดรอยหยิกจะช่วยทำให้วัสดุเพิ่มผิวสัมผัสและมีความพองฟูเส้นใยวิสโคสจะถูกอัดผ่านแว่นกดเส้นใยโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 12-22 ไมโครเมตรขึ้นกับความต้องการที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุสิ่งทอประเภทใดจึงจำเป็นต้องทำให้อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างจะต้องมากกว่า 2,000:1 ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าเส้นใยสั้นที่สั้นกว่าจะสามารถทำให้เป็นเส้นด้ายที่เหมาะสมกับการใช้งานได้สีของเส้นใยยาวของวิสโคสที่อัดผ่านแว่นกดเส้นใยนั้นจะมีสีขาวครีมนี่เป็นเพราะเส้นใยมีลักษณะโปร่งแสงทำให้แสงบางส่วนสามารถจะผ่านเส้นใยนี้ได้ก่อนที่แสงนั้นจะถูกสะท้อนไปดังนั้นแสงบางส่วนจะเก็บไปทำให้สีที่ตาคนมองเห็นจะออกเป็นสีขาวครีม

พอลิเมอร์ของวิสโคส

เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่เป็นเซลลูโลสที่มีโครงสร้างเหมือนกับฝ้ายอย่างไรก็ตามพอลิเมอร์ของวิสโคสจะไม่มีการบิดตัวเหมือนกับพอลิเมอร์ที่มาจากฝ้ายส่วนความแตกต่างระหว่างฝ้ายและเส้นใยเซลลูโลสดัดแปลงมีดังนี้

พอลิเมอร์	จำนวนของเซลโลไบ-โอสโดยประมาณ (หน่วย)	ความยาวของพอลิเมอร์โดยประมาณ (นาโนเมตร)	ความหนาของพอลิเมอร์โดยประมาณ (นาโนเมตร)	อัตราการเกิดพอลิเมอร์ประมาณ (หน่วย)
วิสโคส	175	180	0.8	175
พอลินอสิก (โมดัล)	300	310	0.8	300
คิวปราโมเนียม (คิวโป)	250	260	0.8	250
ฝ้าย	5,000	5,000	0.8	5,000

สมบัติทางกายภาพ

ความเหนียว

เนื่องจากวิสโคสมีส่วนที่ไม่เป็นระเบียบมากเส้นใยยาวหรือเส้นใยสั้นจะอ่อนแอกว่าเส้นใยฝ้ายและมีค่าความเหนียวพอใช้เท่านั้นยิ่งพอลิเมอร์สั้นเท่าไหร่ก็จะมีการจัดเรียงตัวที่แย่มากเท่านั้นและทำให้พันธะไฮโดรเจนลดลงกว่าที่ควรจะเป็น เมื่อเปียกวิสโคสจะมีความแข็งแรงลดลง 50% เทียบกับขณะแห้งเนื่องมาจากความไม่เป็นระเบียบจานวนมากซึ่งยอมให้โมเลกุลของน้ำแทรกซึมเข้าไปอย่างง่ายดายทำให้โมเลกุลของน้ำไปผลักตัวพอลิเมอร์ออกจากกันทำให้พันธะไฮโดรเจนที่มีอยู่ขาดออกเป็นจำนวนมากพอสมควรจึงทำให้อ่อนแอเวลาเปียกน้ำ

ความยืดหยุ่นตัว

เนื่องจากวิสโคสมีผิวสัมผัสที่ไม่ดีเนื่องจากระบบพอลิเมอร์ของวิสโคสมีส่วนไม่เป็นระเบียบมาก ๆ พอลิเมอร์ไม่มีการจัดเรียงตัวตามแนวแกนที่น่าพอใจและทำให้มีพันธะไฮโดรเจนที่ไม่เพียงพอที่จะทำให้เส้นใยมีลักษณะแข็งแรงกว่าแต่มีผิวสัมผัสที่เป็นลอนมากกว่าธรรมชาติของความไม่เป็นระเบียบมาก ๆ ของวิสโคสและการมีพันธะไฮโดรเจนน้อยกว่าปกติเมื่อเทียบกับฝ้ายจะทำให้พอลิเมอร์มีแนวโน้มในการเลื่อนตัวผ่านกันเมื่อเส้นใยยาวหรือเส้นใยสั้นถูกแรงกระทำเมื่อแรงนั้นหมดไปพอลิเมอร์ไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมจึงเป็นเหตุให้วัสดุสิ่งทอที่มาจากเส้นใยวิสโคสมีลักษณะบิดเบี้ยวยืดตัวและมีรอยยับ

ความคงทนต่อความร้อน

เส้นใยวิสโคสและเซลลูโลสดัดแปลงมีค่าความคงทนต่อความร้อนใกล้เคียงกับฝ้ายแต่เส้นใยเซลลูโลสดัดแปลงนี้มีความต้านทานกับความร้อนที่ต่ำกว่าและมีการนำความร้อนที่แย่กว่าเส้นใยฝ้าย วิสโคสนั้นไม่ใช่เส้นใยเทอร์โมพลาสติกเนื่องจากเส้นใยดูดความชื้นได้อย่างรวดเร็วดังนั้นระบบพอลิเมอร์ของวิสโคสมีแนวโน้มที่จะบรรจุโมเลกุลของน้ำจำนวนมากพอสมควรซึ่งทำให้เป็นเหตุผลให้เกิดการแตกตัวของพันธะไฮโดรเจนการแตกตัวของพันธะดังกล่าวจะช่วยป้องกันมิให้เส้นใยเก็บกักความร้อนจึงไม่เกิดการ คงตัวด้วยความร้อนเหมือนเส้นใยสังเคราะห์

สมบัติทางเคมี

สมบัติทางเคมีของเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเซลลูโลสดัดแปลงมีลักษณะใกล้เคียงกันดังนั้นสมบัติใดที่มีอยู่ในเส้นใยฝ้ายที่เกี่ยวกับทางเคมีก็จะมีในวิสโคสเช่นกันอย่างไรก็ตามระบบพอลิเมอร์ที่สั้นกว่าและความไม่เป็นระเบียบของเซลลูโลสดัดแปลงจะมีผลกับความว่องไวกับสารเคมีต่างๆเช่นกรดด่างสารฟอกขาวแสงแดดและภูมิอากาศเมื่อเทียบกับเส้นใยฝ้าย เมื่อย้อมและพิมพ์เส้นใยเซลลูโลสดัดแปลงจะให้สีที่สดใสกว่าไม่ว่าจะลดความมันเงาแล้วก็ตามเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายที่ถูกเมอร์เซอร์ไรซ์เนื่องจากแสงที่ตกกระทบเส้นใยสามารถจะสะท้อนกลับได้มากกว่าเมื่อมีการลดความมันเงาแสงที่สะท้อนจะสดใสขึ้นทำให้สีสดขึ้น[17]

1.5.9 พอลิพรอพิลีน

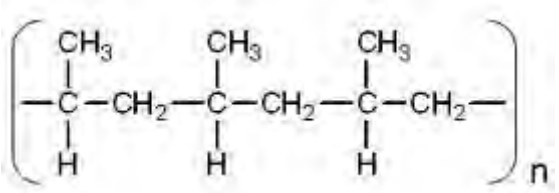
PP เป็นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นโดย Giulio Natta และนักเคมีชาวเยอรมัน Karl Rehn ในเดือนมีนาคม เมื่อ ปีค.ศ. 1954 ในประเทศสเปนโดย PP ที่สังเคราะห์ขึ้นเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบผลึกชนิด isotactic การค้นพบครั้งนี้เป็นการบุกเบิกนำไปสู่การผลิตเพื่อการค้าต่อมาในปี 1957 และ Giulio Natta และผู้ร่วมงานยังได้สังเคราะห์ PP ชนิด syndiotactic ขึ้นเป็นครั้งแรก

ข้อมูลทั่วๆ ไปเกี่ยวกับโพรพิลีน

ชื่อทางเคมี (Chemical Name) : poly(1-methylethylene)

ชื่อพ้อง (Synonyms) : polypropylene, polipropene 25 [USAN], 1-propene homopolymer

สูตรโครงสร้างทางเคมี (Chemical Structure)



สูตรเคมีคือ $(C_3H_6)_n$

รูปที่ 1,6แสดงสูตรโครงสร้างของพอลิพรอพิลีน

พอลิพรอพิลีน หรือพีพี เป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทพอลิโอเลฟิน พอลิพรอพิลีน เป็นของแข็ง ไม่มีสี มีทั้งโปร่งใสและโปร่งแสง ผิวเป็นมันเงา ทนกรด เบส และสารเคมีต่างๆ ยกเว้นไฮโดรคาร์บอนและคลอริเนเทดไฮโดรคาร์บอน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามโครงสร้างของพอลิพรอพิลีน ได้แก่ ไอโซแทกทิกพอลิพรอพิลีน ซินดิโอแทกทิกพอลิพรอพิลีน และแอแทกทิกพอลิพรอพิลีน

พอลิพรอพิลีนมีสมบัติหลายอย่าง ได้แก่ ทนแรงกระแทกสูง ทนการขีดข่วน ทนสารเคมี มีจุดอ่อนตัวสูง มีความหนาแน่นต่ำ และมีอุณหภูมิในการหลอมสูง ทำให้ใช้งานที่อุณหภูมิสูงถึง 120 ^{0}C

พอลิพรอพิลีนชนิด isotactic นิยมนำมาผลิตเป็นพลาสติกใช้อยู่โดยทั่วไป เนื่องจากโครงสร้างมีการจัดเรียงของหมู่เมธิลอยู่ด้านเดียวกันอย่างเป็น ระเบียบจึงมีความเป็นผลึกสูง ทำให้พอลิเมอร์มีความแข็ง แรง ทนทาน ตรงข้ามกับชนิด atactic ที่จะมีความเหนียวมากกว่าเนื่องจากหมู่เม ทิลมีการจัดเรียงตัวไม่เป็น

ระเบียบ (amorphous) ส่วนชนิด syndiotactic หมู่เมธิลจัดเรียงตรงข้ามกันมีความแข็งน้อยกว่า แต่จะทนทานมากกว่าชนิด isotactic

คุณสมบัติของพอลิพรอพิลีน

คุณสมบัติของพอลิพรอพิลีนมีดังนี้ คือ

- มีความแข็ง เปราะและแตกง่ายน้อยกว่า HDPE และมีความยืดหยุ่นน้อยกว่า LDPE มีผิวแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วนคงตัวไม่เสียรูปง่าย มีความทนทานมากสามารถทำเป็นบานพับในตัว

- เมื่อไม่ได้ผสมสีมีลักษณะขาวขุ่น ไม่ทึบแต่ไม่ใส ทึบแสงกว่าพอลิเอทิลีน (PE) แต่ไม่ใสเท่ากับพอลิสไตรีน (PS)

- มีน้ำหนักเบา เนื่องจากมีความหนาแน่นน้อย ในช่วง 0.855 – 0.946 g/cm^3 ด้วยเหตุนี้จึงสามารถลอยน้ำได้เช่นเดียวกันกับพอลิเอทิลีน

- มีจุดหลอมเหลวสูง 130–171 $^{\circ}$C จึงสามารถทนอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Sterilization : 100 $^{\circ}$C) ได้

- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก แม้ที่อุณหภูมิสูง

- มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี

- ทนทานต่อสารเคมีส่วนมาก ได้แก่ กรด ด่าง แอลกอฮอล์ ตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะเกิดการพองตัวอ่อนนิ่ม หรือพื้นผิวเป็นรอยได้ในสารเคมีที่มีองค์ประกอบเป็นคลอรีน หรือไฮโดรคาร์บอนทั้งชนิดอะโรมาติกและอะลิฟาติก เนื่องจากพอลิพรอพิลีนมีคุณสมบัติไม่มีขั้วสามารถดูดซึมสารที่ไม่มีขั้วได้ดี ดังนั้นจึงสามารถทนต่อสารที่มีขั้วได้ดีกว่า และพอลิพรอพิลีนจะพองตัวและสลายตัวได้ในสารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง เช่น ไอกรดไนตริก กรดซัลฟิวริกเข้มข้นและร้อน

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิพรอพิลีน

ผลิตภัณฑ์ที่พบเสมอคือ กล่อง ของเล่นเด็ก ถุงปุ๋ย ไหมเทียม พรมและแผ่นรองพรม ผ้าใบกันน้ำ เชือก สายรัดบรรจุภัณฑ์ ถุงร้อน ขวดใส่เครื่องดื่ม ซองขนม ท่อ ปลอกหุ้มสายไฟและสายเคเบิล งานเคลือบกระดาษ วัสดุอุดรอยรั่ว อุปกรณ์ภายในรถยนต์ กล่องเครื่องมือ กระเป๋า ปกแฟ้มเอกสาร กล่องและตลับเครื่องสำอาง เครื่องใช้ในครัวเรือนกล่องบรรจุอาหาร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วัสดุบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรม อุปกรณ์ทางการแพทย์ขวดใส่สารเคมี กระป๋องน้ำมันเครื่องกระสอบข้าว และถุงบรรจุปุ๋ย

พลาสติกสำหรับใช้งานในทางการแพทย์หรือในห้องปฏิบัติการส่วนมากทำจาก PP ซึ่งมีข้อดีคือทนต่อความร้อนสูง สามารถนำไปอบฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดความดัน (autoclave) เมื่อทำเป็นภาชนะบรรจุอาหาร ก็สามารถนำเข้าเครื่องล้างจานอัตโนมัติ และภาชนะบรรจุอาหารสำหรับไมโครเวฟได้

ภาชนะที่ทำจาก PP ซึ่งเป็นเทอร์โมพลาสติก ได้รับการจำแนกชนิดของพลาสติก เพื่อนำกลับไปเวียนทำใหม่ (recycle) มีสัญลักษณ์เป็นเลข 5 ซึ่งหมายถึง Resin Identification Code 5

การสลายตัวของพอลิพรอพิลีน

พอลิโพรไพลีนเกิดการสลายตัวได้ง่ายในสภาวะที่มีแรงกระแทก ความร้อน ออกซิเจน แสง UV เนื่องจากโครงสร้างมี tertiary carbon atom ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายทำให้ตัดพันธะ พอลิเมอร์สายสั้นลง และให้สารกลุ่มอัลดีไฮด์ กรดคาร์บอกซิลิก แลคโตนและเอสเทอร์ออกมาทำให้พอลิเมอร์ไม่คงทนมีรอยแตกและเหลือง

ดังนั้นเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของพอลิโพรไพลีนสำหรับการใช้งานภายนอกอาคาร อาจต้องมีการเติม carbon black เพื่อป้องกันแสง UV และสารต้านออกซิเดชันเพื่อป้องกันพอลิเมอร์สลายตัว[18]

1.5.10 พอลิเอสเทอร์

รูปที่ 1.7แสดงภาพเส้นใยพอลิเอสเทอร์

ใยพอลิเอสเตอร์ถูกค้นพบขึ้นโดย Dr. W.H. Carothers ชาวสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 ซึ่งเป็นผู้ค้นพบเส้นใยไนลอน พอลิเอสเตอร์เป็นเส้นใยที่ผลิตจากปฏิกิริยา Polymerization ของ Dihydric alcohol และ Dicarboxylic acid ดังตัวอย่างปฏิกิริยาที่เกิดจากการใช้ Ethylene glycol และ Terephthatic acid เมื่อรวมสารเคมีดังกล่าวในกระบวนการผลิต (Polymer repeat unit) ประมาณ 80-100 หน่วย จึงจะได้พอลิเอสเตอร์ที่ทำเป็นเส้นใยได้ พอลิเอสเตอร์ที่ได้จากการผลิตในชั้นต้นจะผ่านออกมาเป็นเส้น แล้วถูกตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ เมื่อต้องการทำเป็นเส้นใยก็จะต้องนำไปหลอมเหลว แล้วกดผ่านแว่น Spinnerette เส้นใยที่กดออก มากระทบอากาศก็จะแข็งตัว จากนั้นก็นำไปดึงยืดเพื่อให้เส้นใยมีความเหนียวแข็งแรง

กระบวนการผลิตเส้นใยพอลิเอสเตอร์

พอลิเอสเตอร์ที่ผลิตออกขายในตลาดปัจจุบันได้จากพอลิเมอร์ของเทเรฟทาเลต 2 ชนิด ชนิดแรกที่ใช้ผลิตพอลิเอสเตอร์ใช้ชื่อทางการค้าว่า Terylene และ Dacron จะเป็น Poly(EthyleneTerepthalate) ใช้ตัวย่อ PET และชนิดที่สองในปี พ.ศ.2501 (ค.ศ.1958) ใช้ชื่อทางการค้าว่า Kodel ซึ่งก็คือ Poly(1,4-Cyclohexylene-Dimethylene Terephthalate) ใช้ตัวย่อว่า PCDT ในกระบวนการผลิต PETเริ่มจากการนำเอทิลีนมาทำการออกซิไดส์ให้เป็นไกลคอลในลักษณะไดไฮดริกแอลกอฮอล์จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดเทเรฟทาลิกบริสุทธิ์ในหม้ออบความดันสูงภายใต้สุญญากาศโดยการเพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยาลงไป กระบวนการผลิตพอลิเมอร์จะเกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาของสารเคมีสองตัวที่กล่าวมาแล้ว พอลิเมอร์ที่เกิดมีลักษณะเป็นของเหลวที่หลอมตัวอยู่ไม่มีสีและใส จากนั้นทำให้แข็งตัวเป็นเส้นและตัดเป็นชิ้น ได้เป็นเม็ดที่เรียกว่า เม็ดชิพ (Chip) อบให้แห้งเพื่อขจัดความชื้น แล้วทำการผสมเพื่อให้มีความสม่ำเสมอในการเตรียมทำเป็นเส้นใยต่อไป

การผลิตพอลิเอสเตอร์ชนิด PET [Poly (Ethylene Terephthalate)] แต่เดิมโรงงานใช้วัตถุดิบตั้งต้นคือ ไดเมทิลเทเรฟทาเลต (Di-Methyl Terephthalate) หรือตัวย่อว่า DMT แต่จะมีข้อเสียคือไวต่อไฟและมี

ความเป็นพิษการแก้ปัญหาดังกล่าวทำได้โดยใช้กรดเทเรฟทาลิก หรือ TPA แทน DMT แต่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นบ้าง

กระบวนการผลิตพอลิเอสเตอร์ชนิด PCDT ได้จากการทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ชนิดควบแน่นระหว่างกรดเทเรฟทาลิก กับ 1,4-Cyclohexane-Dimethanol ทำให้ได้ PCDT

คุณสมบัติของใยโพลีเอสเตอร์

ด้านกายภาพ

- **รูปร่าง** เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์ ลักษณะตามยาวมีผิวเรียบสม่ำเสมอตลอดเส้น มักเห็นจุดเล็ก ๆ ในเส้นใย อันเนื่องมาจากฟิกเมนท์ที่เติมลงไปเพื่อลดความมันของเส้นใย ภาคตัดขวางกลม แต่มีบางชนิด เช่น Dacron T-62 จะมีลักษณะภาคตัดขวางเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมมน Vycron มีลักษณะเป็นวงรี และ Trevlra มีลักษณะเป็นหยักๆโดยรอบ
- **ความเหนียว** มีความเหนียวแตกต่างกันตั้งแต่ 2.5-9.5 กรัมต่อดิเนียร์ เมื่อเปียก ความเหนียวจะลดลง
- **การยืดหยุ่น** มีความยืดหยุ่นดี ไม่ยับง่าย และคงขนาดได้ดี
- **การดูดความชื้น** ดูดความชื้นได้ต่ำ ประมาณ 0.4-0.6% ที่สภาวะมาตรฐาน ย้อมสีติดยาก ถ้าต้องการให้มีช่องว่างในเนื้อผ้ามาก (Wickabillty) จะต้องผลิตให้ผ้ามีเส้นด้ายและเนื้อ ผ้าโปร่งขึ้นเพื่อให้อากาศผ่านเข้าออกได้ดีจะช่วยให้สวมใส่สบายขึ้น
- **การทนความร้อน** พอลิเอสเตอร์หลอมละลายที่อุณหภูมิ 230-290°C ความร้อนไม่ทำให้สีของเส้นใยจางลง เส้นใยที่ผ่านขบวนการทำให้อยู่ตัวด้วยความร้อน (Heat setting) จะไม่ยืด หรือหดไม่ยับ ถ้ารีดด้วยอณหภูมิต่ำกว่า Heat setting เส้นใยจะไม่เป็นอันตรายเมื่อไหม้ไฟจะเกิดควัน สีดำหลอมละลาย เถ้าสีเทาดำเป็นเม็ดกลมแข็งนี้ไม่แตก

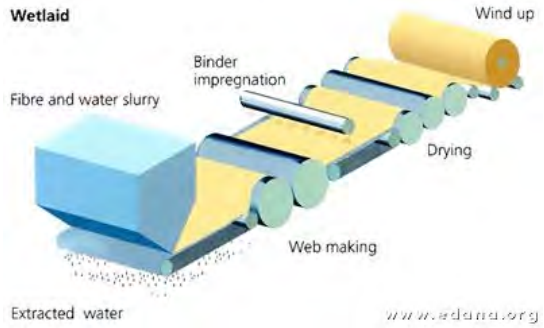
ด้านชีวภาพ

- สารฟอกขาว สบู่ ผงซักฟอก ไม่ทำให้เส้นใยเสียหาย ทนต่อแสงแดด เก็บไว้นานมอด แมลง และเชื้อราก็ไม่ทำอันตราย[19]

1.5.10 การผลิตเส้นใยไม่ถักทอ

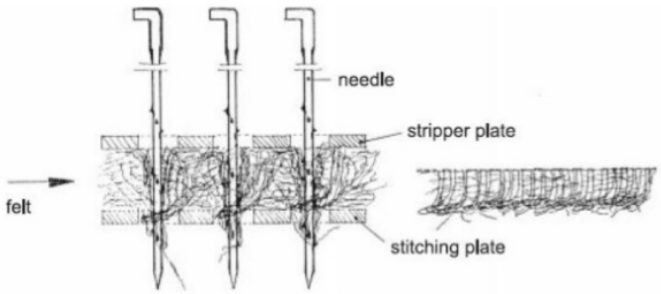
เส้นใยไม่ถักทอหรือเส้นใยนอนวูฟเวน (non-woven) นั้น คือ ผ้าที่เกิดจากการขึ้นรูปจากเส้นใยโดยตรง ซึ่งแตกต่างจากผ้าทอหรือผ้าถักโดยทั่วไปที่มีการขึ้นรูปเส้นใยด้ายก่อนแล้วจึงนำไปขึ้นรูปเป็นผ้า นอนวูฟเวนมีข้อดีคือ สามารถออกแบบให้มีลักษณะและสมบัติที่หลากหลายเพื่อให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานที่แตกต่างกันไป ซึ่งลักษณะและสมบัติที่หลากหลายของนอนวูฟเวนนั้นขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เส้นใย กระบวนการขึ้นรูปนอนวูฟเวนนั้นทำได้หลายเทคนิค

- **การเชื่อมด้วยความร้อน (Thermal bonding)** เช่น ใช้ลูกกลิ้งร้อน และลมร้อน เพื่อให้บางส่วนของเส้นใยมีการหลอม และยึดติดกันภายหลังเย็นตัวลง การใช้ลูกกลิ้งร้อนจะทำให้แผ่นนอนวูฟเวนที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นแบนที่มีความแข็งแตกต่างกัน ซึ่งจะมากน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสของลูกกลิ้งร้อนบนแผ่นนอนวูฟเวน



รูปที่ 1.8 แสดงกลไกการยึดติดเส้นใยด้วยความร้อน

- **การเชื่อมด้วยเคมี (Chemical bonding)** เช่น ใช้กาวทั้งในรูปของสารละลายกาว โฟมกาว หรือสเปรย์กาว ในการเชื่อมยึดติดเส้นใยนอนวูฟเวนที่ทำการยึดด้วยสารละลายกาว จะมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบแบนและแข็ง ในขณะที่นอนวูฟเวนที่ใช้โฟมกาวหรือสเปรย์กาวจะมีความหนาฟู มีความนุ่ม และคืนตัวได้ดี
- **การเชื่อมด้วยกระบวนการทางกล (Mechanical bonding)** เช่น การปักด้วยเข็มปัก (Needle punching) และการปักด้วยเข็มน้ำ (Hydroentanglement) เป็นต้น นอนวูฟเวนที่ใช้เทคนิคปักด้วยเข็มปักส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นหนา มีความยืดหยุ่นได้[20]



รูปที่ 1.9 แสดงกลไกการยึดติดเส้นใยด้วยเข็มปัก

บทที่ 2

การทดลอง

2.1 รายการอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้

อุปกรณ์	ยี่ห้อ
Impedance tube	Brüel & Kjær รุ่น 4231
Microscope	OLYMPUS รุ่น U-MSSP4
Air permeability tester	TEXTEST INSTUMENT รุ่น FX3300 LabAir IV
Flammability tester	FTT
Hydraulic Press Machines	MANAS Swing arm 25T
Thickness Gauge	3M Design
Needle punch	-
เครื่องชั่งไฟฟ้า	Sartorius รุ่น ED3202S-CW
เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิห้อง	HTC - 1

2.2 สารเคมีที่ใช้

เส้นใยนุ่น

เส้นใยแก้ว

เส้นใยวิสโคส

เส้นใยพอลิพรอพิลีน

เส้นใยพอลิเอสเทอร์

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 การเตรียมแผ่นวัสดุดูดซับโดยการเตรียมแบบเส้นใยไม่ถักทอ

2.3.1.1 เตรียมแม่พิมพ์รูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 และ 29 มม. โดยนำแผ่นฟองน้ำไปตัดด้วยเครื่องไฮดรอลิคเพรส (Hydraulic press Machines)

2.3.1.2 เตรียมเส้นใย โดยนำเส้นใยนุ่นที่ทำการเปิดเส้นใยเรียบร้อยแล้ว ไปชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักอยู่ในช่วง 3.20–3.45 กรัม สำหรับชิ้นงานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. และ 0.25-0.30 กรัม สำหรับชิ้นงานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 29 มม.

2.3.1.3 ขึ้นรูปแผ่นเส้นใยแบบไม่ถักทอด้วยวิธีการยึดติดเชิงกล โดยการใช้เข็ม (Needle punch) ปักย้ำลงไปที่เส้นใย และใช้ฟองน้ำเป็นฐานรอง เข็มจะทำหน้าที่เกี่ยวพาเส้นใย ทำให้เส้นใยมีความคงรูปและยึดติดกันเป็นแผ่น ใช้เข็มปักจนได้แผ่นเส้นใยที่มีขนาดตามแม่พิมพ์ และได้ความสูง 9 มม.ดังรูปที่ 2.1 ทำซ้ำทั้งหมด 3 ชิ้น

รูปที่ **2.1** รูปชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วได้ความหนา **9** มม.

2.3.1.4 ทำซ้ำข้อ 2-3 โดยเปลี่ยนวัสดุเป็นใยแก้วและเส้นใยพอลิเอสเทอร์แทน

2.3.1.5 เตรียมแผ่นเส้นใยพอลิพรอพิลีนและเส้นใยวิสโคส เนื่องจากเส้นใยทั้ง 2 เป็นวัตถุดิบที่นำมาจากกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ซึ่งเป็นเส้นใยที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปแบบไม่ถักทอเรียบร้อยแล้ว แล้วจึงนำไปตัดด้วยเครื่องไฮดรอลิคเพรสลักษณะเดียวกับข้อที่ 2.3.1.1 – 2.3.1.2

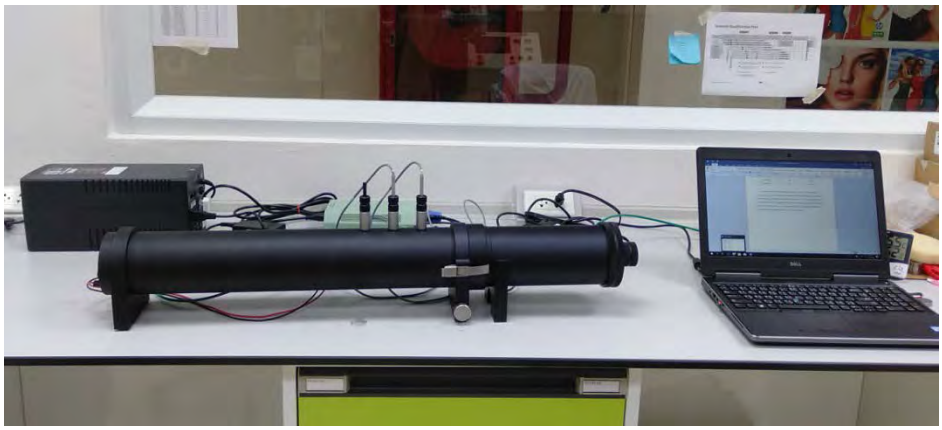
2.3.2 ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด

โดยทดสอบจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (SAC) และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC)

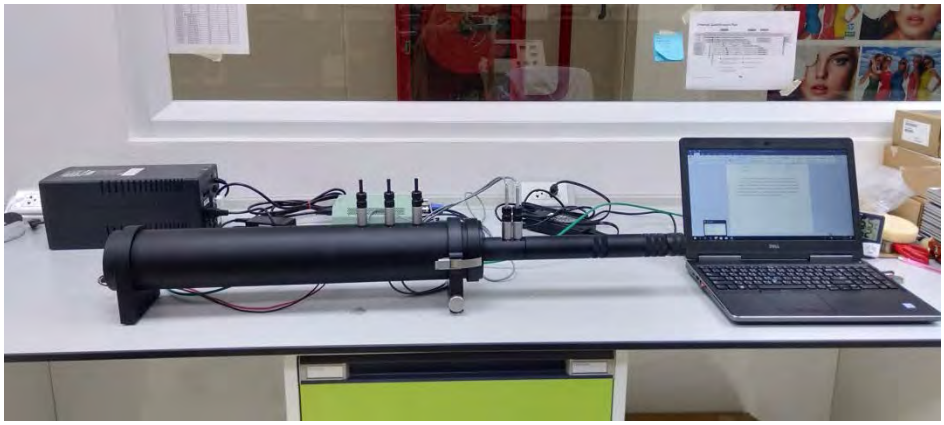
2.3.2.1 เตรียมชิ้นงานทั้ง 5 ชนิดที่เตรียมไว้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 และ 29 มม. โดยนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า และวัดความหนาของชิ้นงานด้วยเครื่อง Thickness Gauge

2.3.2.2 ทำการติดตั้งเครื่อง Impedance tube ตามมาตรฐาน ASTM E1050-10[21]

2.3.2.3 บรรจุชิ้นงานลงใน Impedance tube โดยเลือกใช้ชิ้นงานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. กับท่อใหญ่ และ 29 มม. กับท่อเล็ก ดังรูปที่ 2.2 และ 2.3 วัดชิ้นงานซ้ำทั้งหมด 3 ครั้งต่อ 1 ชิ้นงาน และหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ **2.2** แสดงภาพการจัดเครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของชิ้นงานท่อใหญ่



รูปที่ **2.3** แสดงภาพการจัดเครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของชิ้นงานท่อเล็ก

2.3.2.4 หลังจากศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงแล้ว ให้นำค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของข้อมูลที่ความถี่ 250, 500, 1000 และ 2000 เฮิรตซ์ มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC)

2.3.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด

โดยจะศึกษาโครงสร้างทางกายภาพของวัสดุดูดซับเสียงและศึกษาค่าความต้านทานการไหลของอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยที่เป็นผลมาจากชนิดของวัสดุดูดซับเสียงโดยตรง

2.3.3.1 นำวัสดุดูดซับเสียงไปศึกษาโครงสร้างทางกายภาพของวัสดุดูดซับเสียงด้วยกล้องจุลทรรศน์

2.3.3.2 เตรียมแผ่นชิ้นงานให้มีขนาด 200 x 200 มม. ตามขั้นตอนในข้อที่ 2.3.1 โดยควบคุมให้ชิ้นงานมีน้ำหนักและความหนาเท่ากัน ดังรูปที่ 2.4 จากนั้นนำไปทดสอบค่าความต้านทานความไหลของอากาศด้วยเครื่อง Air permeability tester

รูปที่ 2.3แสดงภาพชิ้นงานสำหรับใช้ตรวจสอบค่าความต้านทานการไหลของอากาศ

2.3.4 ศึกษาคุณสมบัติเพิ่มเติมของวัสดุแต่ละชนิด ในแง่การนำไปใช้จริงในรถยนต์

โดยทดสอบการลามไฟ ด้วยเครื่อง Flammability tester

2.3.4.1 ตัดชิ้นงานให้มีขนาด 100 x 356 มม. และมีความหนา13 มม.

2.3.4.2 ทดสอบการลามไฟในเครื่อง Flammability tester ยี่ห้อ FTT โดยจุดไฟที่หัว Burner โดยปรับระดับแก๊สให้เปลวไฟสูง 38 มม. ตามมาตรฐาน FMVSS 302[22] ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับทดสอบการทนต่อเปลวไฟสำหรับวัสดุที่ถูกใช้ในชิ้นส่วนของรถยนต์

2.3.4.3 นำชิ้นงานวางบน U Clamp ด้านล่าง และนำ U Clamp ประกบทับกัน ดังรูปที่ 2.5 แล้วนำเข้าตู้ทดสอบ โดยวางไว้บนรางและเลื่อนเข้าไปที่หัว Burner เริ่มจับเวลาเมื่อไฟลามมาถึงจุด A (จุดเริ่มต้น) จับเวลา 15 วินาที แล้วนำชิ้นงานออกมาก จับเวลาเมื่อไฟเดินทางมาจุด B (จุดมาตรฐานกำหนด)

2.3.4.4 คำนวณหาความเร็วในการเผาไหม้โดยใช้สูตร

$$\text{Burner Speed (mm/min)} = \frac{\text{Burn Distance (mm)}}{\text{Burn time (s)}} \times 60$$

บทที่ 3

ผลการดำเนินงาน

3.1) การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของเส้นใยแต่ละชนิด

ตารางที่ 3-1 แสดงตัวแปรควบคุมของชิ้นงาน ทั้งน้ำหนัก ความหนา และความหนาแน่นของชิ้นงาน

ชนิดเส้นใย	ชิ้นงานที่	น้ำหนักชิ้นงาน ขนาดใหญ่ (g)	น้ำหนักชิ้นงาน ขนาดเล็ก (g)	ความหนาของ ชิ้นงาน (mm)
นุ่น	1	3.20	0.26	9.00
	2	3.30	0.29	9.00
	3	3.43	0.30	9.00
	เฉลี่ย	3.31	0.28	9.00
ใยแก้ว	1	3.20	0.26	9.00
	2	3.30	0.29	9.00
	3	3.43	0.30	9.00
	เฉลี่ย	3.31	0.28	9.00
วิสโคส	1	3.20	0.27	9.00
	2	3.29	0.28	9.00
	3	3.43	0.30	9.00
	เฉลี่ย	3.20	0.28	9.00
พอลิพรอพิลีน	1	3.20	0.27	9.00
	2	3.30	0.28	9.00
	3	3.43	0.30	9.00
	เฉลี่ย	3.31	0.28	9.00
พอลิเอสเทอร์	1	3.18	0.26	9.00
	2	3.30	0.29	9.00
	3	3.44	0.30	9.00
	เฉลี่ย	3.31	0.28	9.00

การหาความหนาแน่นของชิ้นงาน

$$\text{จาก } D = \frac{M}{V}$$

โดยที่ D คือ ความหนาแน่นของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น g/cm^3

M คือ มวลของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น g

V คือ ประมาตรของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น cm^3

เนื่องจากชิ้นงานมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก

$$V = \pi r^2 h$$

โดยที่ r คือ รัศมีของชิ้นงานทรงกระบอก มีหน่วยเป็น cm

H คือ ความหนาของชิ้นงานทรงกระบอก มีหน่วยเป็น cm

เพราะฉนั้น $V_{Large} = \pi(5)^2(0.9) = 70.7$ cm^3 และ $V_{small} = \pi(1.45)^2(0.9) = 5.9$ cm^3

ความหนาแน่นของชิ้นงานชิ้นใหญ่มีค่า $D = \frac{3.31}{70.7} = 0.0468$g/cm^3

ความหนาแน่นของชิ้นงานชิ้นเล็กมีค่า $D = \frac{0.28}{5.9} = 0.0474$g/cm^3

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยนุ่น

ความถี่ (Hz)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α)									
	ชิ้นที่ 1			ชิ้นที่ 2			ชิ้นที่ 3			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
125	0.00	0.13	0.00	0.43	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
160	0.03	0.00	0.00	0.03	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
200	0.02	0.04	0.03	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.03
250	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04
315	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
400	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08
500	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.12	0.12	0.12	0.11
630	0.14	0.15	0.13	0.13	0.13	0.12	0.17	0.17	0.16	0.15
800	0.19	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.22	0.21	0.21	0.19
1000	0.25	0.26	0.23	0.24	0.23	0.21	0.28	0.27	0.28	0.25
1250	0.32	0.32	0.28	0.31	0.31	0.27	0.35	0.34	0.35	0.32
1600	0.37	0.33	0.29	0.38	0.38	0.32	0.36	0.35	0.42	0.36
2000	0.51	0.61	0.53	0.39	0.39	0.33	0.65	0.62	0.47	0.50
2500	0.73	0.76	0.73	0.70	0.68	0.65	0.79	0.77	0.75	0.73
3150	0.84	0.86	0.81	0.83	0.81	0.77	0.86	0.86	0.86	0.83
4000	0.90	0.91	0.87	0.89	0.88	0.84	0.89	0.89	0.90	0.88
5000	0.94	0.94	0.90	0.92	0.92	0.87	0.91	0.92	0.93	0.92
6300	0.95	0.95	0.90	0.93	0.92	0.87	0.92	0.94	0.93	0.92

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยแก้ว

ความถี่ (Hz)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α)									
	ชิ้นที่ 1			ชิ้นที่ 2			ชิ้นที่ 3			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
160	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
200	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
250	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
315	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
400	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
500	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
630	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
800	0.06	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07
1000	0.08	0.09	0.10	0.08	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09
1250	0.11	0.12	0.13	0.11	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12
1600	0.13	0.15	0.15	0.14	0.17	0.17	0.17	0.15	0.16	0.15
2000	0.16	0.18	0.18	0.18	0.21	0.21	0.20	0.18	0.19	0.19
2500	0.20	0.22	0.22	0.23	0.28	0.28	0.25	0.24	0.26	0.24
3150	0.27	0.30	0.30	0.32	0.38	0.38	0.35	0.34	0.37	0.33
4000	0.35	0.38	0.38	0.42	0.50	0.50	0.46	0.44	0.47	0.43
5000	0.43	0.47	0.47	0.53	0.62	0.62	0.57	0.55	0.58	0.54
6300	0.53	0.57	0.57	0.65	0.73	0.73	0.70	0.67	0.71	0.65

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยวิสโคส

ความถี่ (Hz)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α)									
	ชิ้นที่ 1			ชิ้นที่ 2			ชิ้นที่ 3			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
125	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
160	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
200	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
250	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
315	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
400	0.07	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
500	0.09	0.09	0.10	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
630	0.12	0.11	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10
800	0.14	0.13	0.15	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.12
1000	0.17	0.16	0.19	0.15	0.13	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15
1250	0.20	0.19	0.22	0.19	0.16	0.17	0.19	0.18	0.19	0.19
1600	0.24	0.21	0.25	0.24	0.20	0.20	0.24	0.22	0.23	0.23
2000	0.32	0.28	0.32	0.32	0.27	0.26	0.30	0.28	0.30	0.29
2500	0.42	0.36	0.42	0.43	0.36	0.34	0.39	0.37	0.39	0.39
3150	0.54	0.48	0.55	0.56	0.47	0.46	0.52	0.48	0.51	0.51
4000	0.68	0.61	0.68	0.71	0.60	0.59	0.64	0.59	0.63	0.64
5000	0.80	0.73	0.80	0.83	0.73	0.71	0.75	0.70	0.74	0.75
6300	0.89	0.84	0.89	0.92	0.83	0.81	0.85	0.81	0.85	0.86

ตารางที่ 3.5 แสดงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยพอลิพรอพิลีน

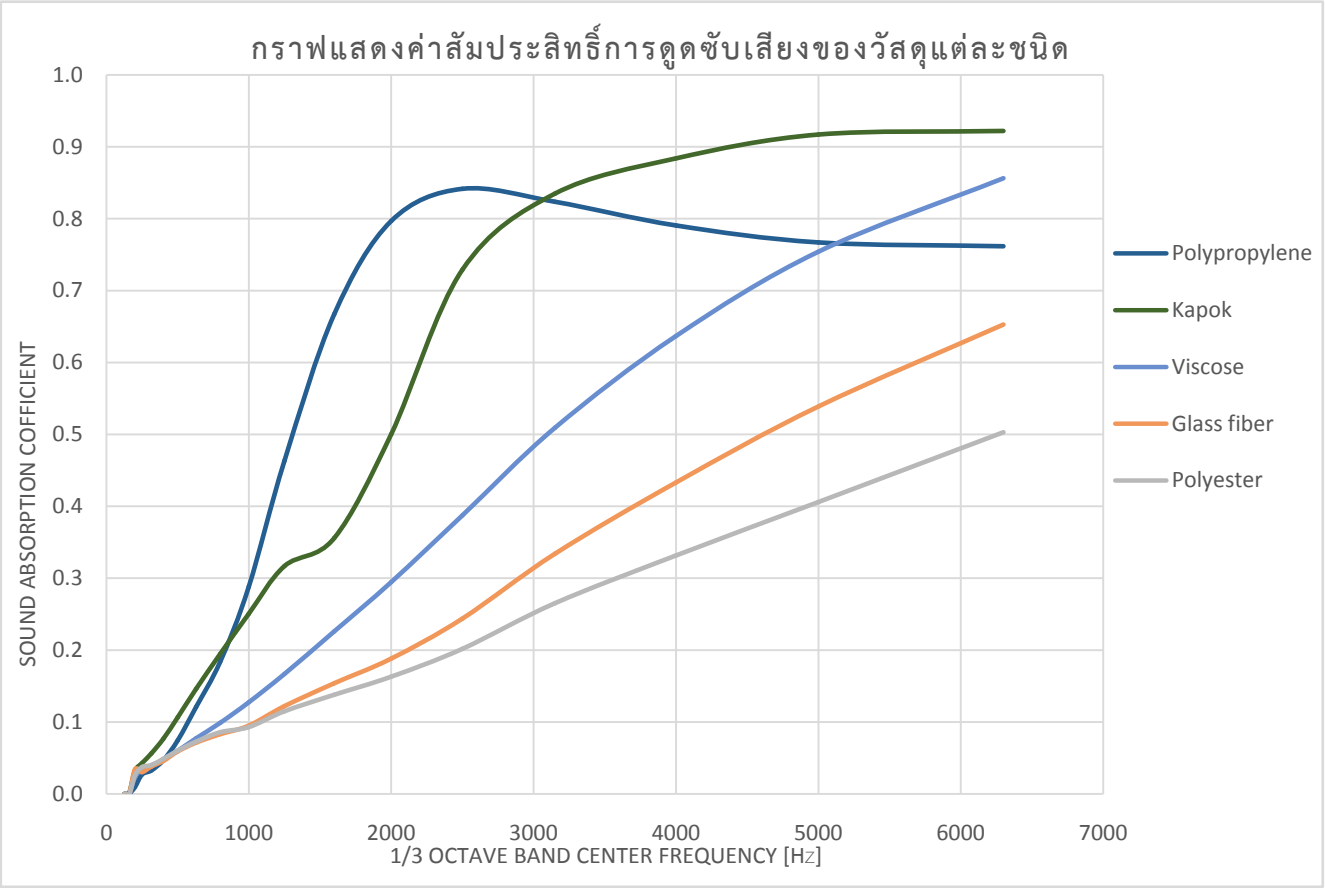
ความถี่ (Hz)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α)									
	ชิ้นที่ 1			ชิ้นที่ 2			ชิ้นที่ 3			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
160	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
200	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
250	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
315	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04
400	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
500	0.07	0.07	0.07	0.11	0.12	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09
630	0.11	0.11	0.11	0.18	0.19	0.20	0.17	0.15	0.16	0.15
800	0.19	0.20	0.19	0.30	0.33	0.35	0.30	0.25	0.27	0.26
1000	0.30	0.34	0.31	0.45	0.51	0.50	0.46	0.38	0.41	0.41
1250	0.46	0.51	0.46	0.60	0.64	0.61	0.62	0.51	0.50	0.55
1600	0.66	0.69	0.63	0.68	0.73	0.71	0.72	0.61	0.58	0.67
2000	0.81	0.80	0.79	0.83	0.84	0.84	0.80	0.75	0.70	0.80
2500	0.88	0.83	0.86	0.86	0.85	0.88	0.80	0.83	0.78	0.84
3150	0.87	0.81	0.86	0.84	0.81	0.85	0.77	0.83	0.78	0.82
4000	0.84	0.79	0.84	0.79	0.76	0.79	0.74	0.80	0.76	0.79
5000	0.81	0.78	0.81	0.76	0.72	0.75	0.74	0.79	0.74	0.77
6300	0.80	0.77	0.81	0.79	0.71	0.69	0.75	0.77	0.77	0.76

ตารางที่ 3.6 แสดงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับจากเส้นใยพอลิเอสเทอร์

ความถี่ (Hz)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α)									
	ชิ้นที่ 1			ชิ้นที่ 2			ชิ้นที่ 3			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
125	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
160	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
200	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
250	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04
315	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05
400	0.06	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06
500	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.09	0.08	0.07	0.07
630	0.09	0.09	0.09	0.07	0.07	0.07	0.10	0.09	0.08	0.08
800	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.11	0.10	0.09	0.09
1000	0.11	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.12	0.11	0.11	0.11
1250	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.14	0.13	0.13	0.12
1600	0.15	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.15	0.15	0.16	0.14
2000	0.17	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.18	0.19	0.19	0.16
2500	0.21	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.22	0.23	0.24	0.20
3150	0.28	0.26	0.26	0.22	0.23	0.23	0.28	0.30	0.32	0.26
4000	0.35	0.32	0.32	0.28	0.29	0.29	0.35	0.38	0.41	0.33
5000	0.42	0.39	0.39	0.34	0.36	0.34	0.43	0.48	0.51	0.41
6300	0.53	0.49	0.49	0.42	0.44	0.43	0.53	0.58	0.61	0.50

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุแต่ละชนิด

ความถี่ (Hz)	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α)				
	นุ่น	ใยแก้ว	วิสโคส	พอลิพรอพิลีน	พอลิเอสเทอร์
125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03
250	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04
315	0.06	0.04	0.04	0.03	0.04
400	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05
500	0.11	0.06	0.06	0.07	0.06
630	0.15	0.07	0.08	0.12	0.07
800	0.19	0.08	0.10	0.18	0.09
1000	0.25	0.10	0.13	0.29	0.09
1250	0.32	0.12	0.17	0.46	0.11
1600	0.36	0.15	0.23	0.67	0.14
2000	0.50	0.19	0.29	0.80	0.16
2500	0.73	0.24	0.39	0.84	0.20
3150	0.83	0.33	0.51	0.82	0.27
4000	0.88	0.43	0.64	0.79	0.33
5000	0.92	0.54	0.75	0.77	0.41
6300	0.92	0.65	0.86	0.76	0.50

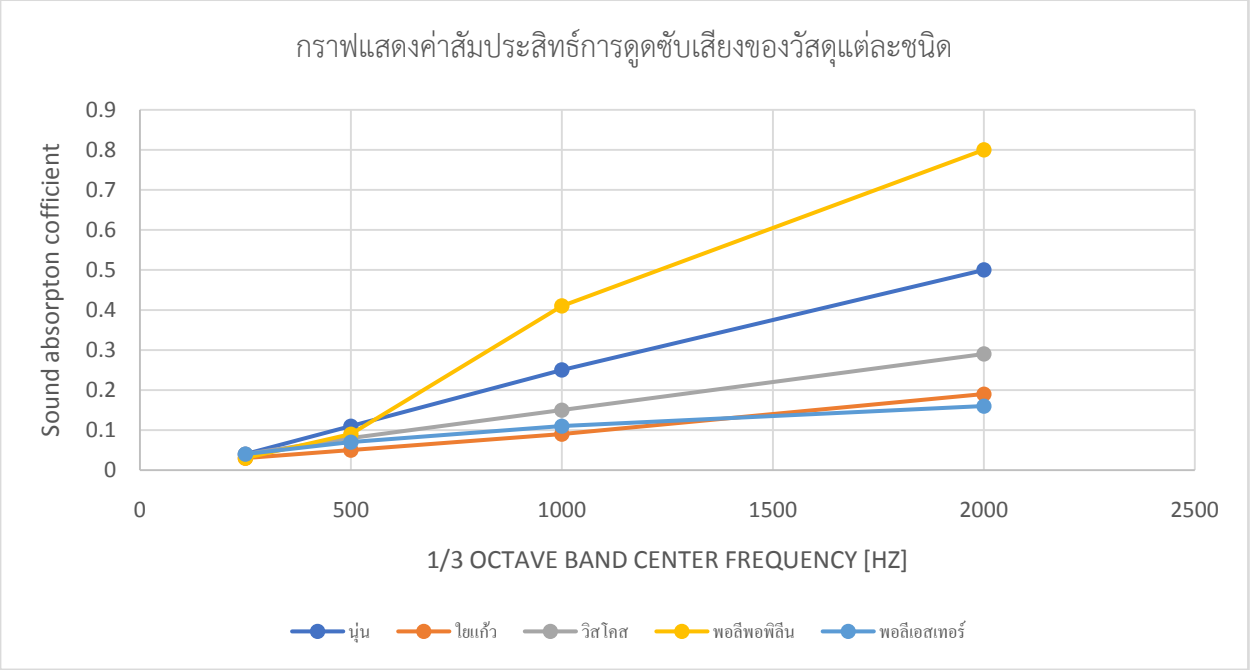


ภาพที่ 3.1 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของเส้นใยแต่ละชนิด

จากผลการศึกษาคุณสมบัติในการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียงทั้ง 5 ชนิด อันได้แก่ เส้นใยนุ่น เส้นใยแก้ว เส้นใยวิสโคส เส้นใยพอลิพรอพิลีน และเส้นใยพอลิเอสเทอร์ โดยวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ค่าความถี่ที่ต่าง ๆ ในช่วง 125 - 6300 Hz พบว่า จากภาพที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงในช่วง 125- 500 Hz หรือในช่วงความถี่ต่ำ นุ่นมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงดีที่สุด รองลงมาคือพอลิพรอพิลีน วิสโคส พอลิเอสเทอร์ และใยแก้ว ตามลำดับ แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงความถี่ 500-2000 Hz ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของพอลิพรอพิลีนจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของพอลิพรอพิลีนจะสูงที่สุด รองลงมาคือนุ่น วิสโคส ใยแก้ว และพอลิเอสเทอร์ ตามลำดับ ที่ช่วงความถี่สูง คือช่วงความถี่ 2 000 Hz ขึ้นไป พอลิพรอพิลีนจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงดีที่สุด และประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของพอลิพรอพิลีนจะมีแนวโน้มลดลงที่ช่วงความถี่ 3150 Hz เป็นต้นไป ทำให้นุ่นมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงที่หลังความถี่ 3150 Hz มากที่สุด รองลงมาคือพอลิพรอพิลีน วิสโคส ใยแก้ว พอลิเอสเทอร์ ตามลำดับ

ตารางที่ 3.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ 250, 500, 1000, 2000 Hz และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC)

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α)				NRC
	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	
นุ่น	0.04	0.11	0.25	0.50	0.22
ใยแก้ว	0.03	0.06	0.10	0,19	0.10
วิสโคส	0.03	0.06	0.13	0.29	0.13
พอลิพรอพิลีน	0.03	0.07	0.29	0.80	0.30
พอลิเอสเทอร์	0.04	0.06	0.09	0.16	0.09



ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ 250, 500, 1000, 2000 Hz ของเส้นใยแต่ละชนิด

จากการทดลองวัดค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับเสียง (SAC) ของวัสดุดูดซับทั้ง 5 ชนิด เมื่อนำมาคำนวณเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ ความถี่ 250, 500, 1000 และ 2000 Hz ดังกราฟที่ 3.2 พบว่า ที่ช่วงความถี่ปานกลาง (ประมาณ 500-1000 Hz)

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับของเส้นใยพอลิพรอพิลีนมีค่าสูงขึ้นมาก ทำให้เมื่อคำนวณ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ของเส้นใยพอลิพรอพิลีนมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.30 รองลงมาคือเส้นใยนุ่น เส้นใยวิสโคส เส้นใยแก้ว และเส้นใยพอลิเอสเทอร์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงเท่ากับ 0.22, 0.13, 0.10 และ 0.09 ตามลำดับ ซึ่งวัสดุที่มีค่า NRC อยู่ระหว่าง 0.0-0.1 จะเกิดการสะท้อนเสียง จึงจัดว่าเป็นวัสดุสะท้อน ที่ 0.2-0.3 มีประสิทธิภาพการดูดซับเสียงปานกลาง และ 0.4-1.0 มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงสูง ซึ่งจัดได้ว่าเส้นใยวิสโคส เส้นใยพอลิเอสเทอร์ และเส้นใยแก้ว ถูกจัดเป็นวัสดุที่มีสมบัติเป็น วัสดุสะท้อน ส่วนเส้นใยนุ่นและเส้นใยพอลิพรอพิลีนถูกจัดเป็นวัสดุดูดซับเสียงที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงปานกลาง

3.2) การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติในการดูดซับเสียงของเส้นใยแต่ละชนิด

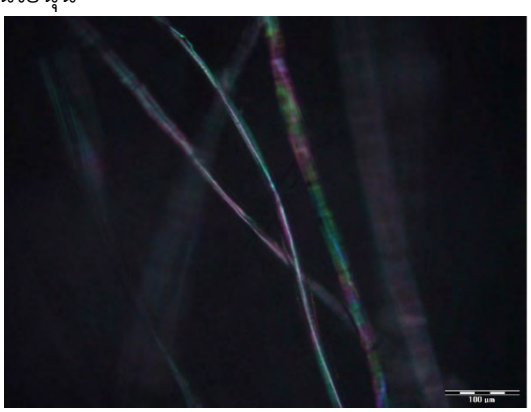
ตารางที่ 3.9 แสดงผลการวัดความต้านการไหลของอากาศของวัสดุดูดซับเสียงแต่ละชนิด

ชนิดของวัสดุดูดซับ	Air Permeability (Pa)			
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
นุ่น	111.0	107.0	104.0	107.0
ใยแก้ว	51.6	51.3	52.7	51.9
วิสโคส	92.2	92.4	92.8	92.5
พอลิพรอพิลีน	1380.0	1230.0	1240.0	1283.0
พอลิเอสเทอร์	21.7	22.0	21.8	21.8

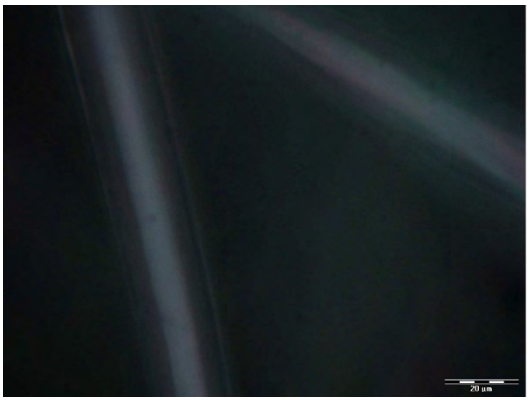
ผลจากการวัดความต้านทานการไหลของอากาศ พบว่า เส้นใยที่มีความต้านทานการไหลของอากาศมากที่สุดคือเส้นใยพอลิพ รอพิลีน รองลงมาคือ นุ่น วิสโคส ใยแก้ว และพอลิเอสเทอร์ โดยมีค่าความต้านทานการไหลของอากาศ (Airflow resistance) เท่ากับ 1283.0, 107.0, 92.5, 51.9 และ 21.8 ตามลำดับ ซึ่งค่าความต้านทานการไหลของอากาศนี้ สามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุได้ ยิ่งค่าความต้านทานการไหลของอากาศมาก จะส่งผลให้แรงเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้คลื่นเสียงเกิดการเคลื่อนที่ได้ยากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจึงเพิ่มมากขึ้น

ขนาดของเส้นใย

เส้นใยนุ่น

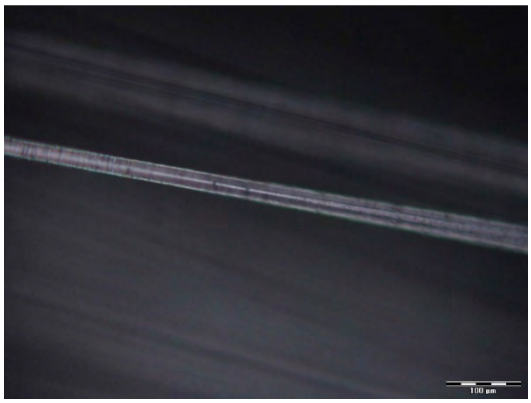


กำลังขยาย 20X

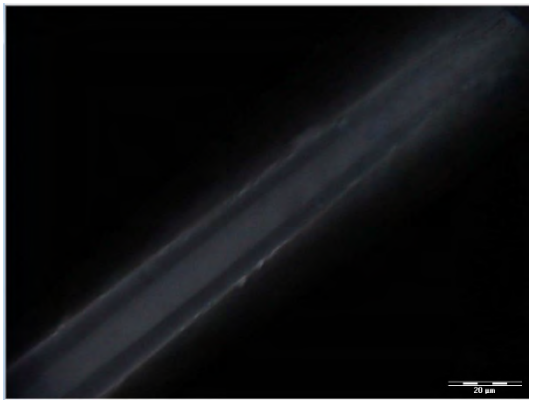


กำลังขยาย 100X

เส้นใยแก้ว

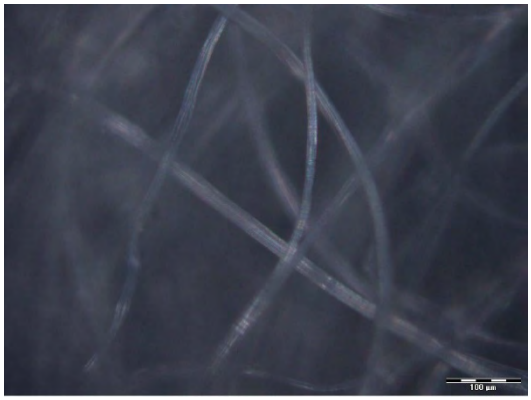


กำลังขยาย 20X

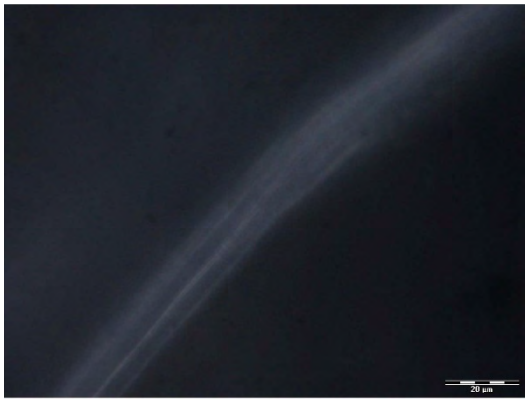


กำลังขยาย 100X

เส้นใยวิสโคส

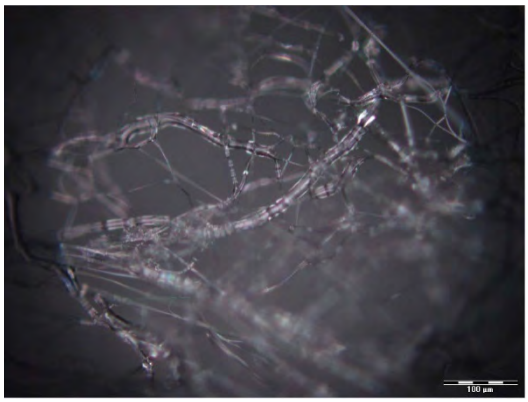


กำลังขยาย 20X

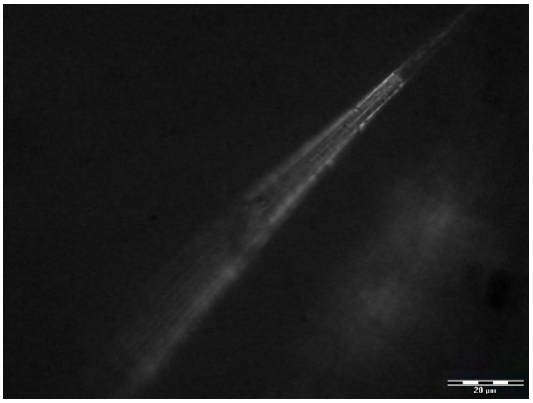


กำลังขยาย 100X

เส้นใยพอลิพรอพิลีน

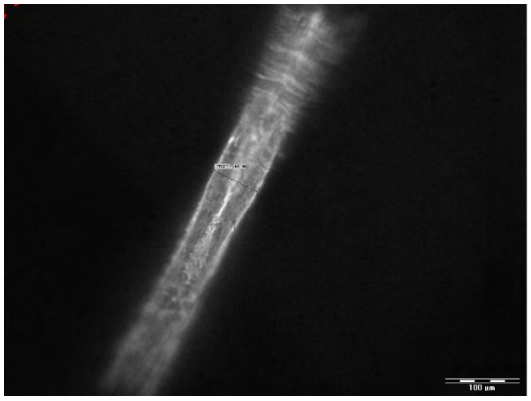


กำลังขยาย 20X

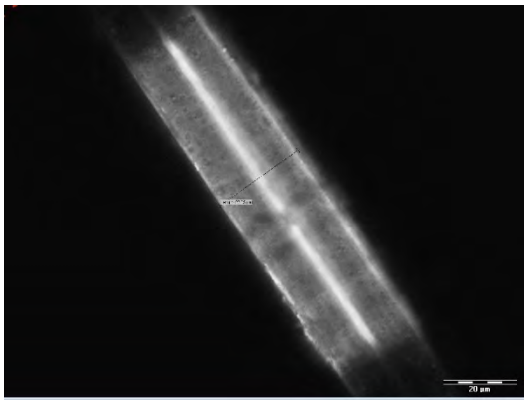


กำลังขยาย 100X

เส้นใยพอลีเอสเทอร์



กำลังขยาย 20X



กำลังขยาย 100X

ตารางที่ 3.9 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยแต่ละชนิด

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยโดยเฉลี่ย (μm)	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
นุ่น	12.5	2.36
ใยแก้ว	25.6	1.28
วิสโคส	13.6	1.54
พอลิพรอพิลีน	6.1	0.70
พอลิเอสเทอร์	28.1	1.05

ผลจากการศึกษาโครงสร้างทางกายภาพ ของวัสดุดูดซับ เสียง โดยศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยและลักษณะพื้นผิวของเส้นใย พบว่า เส้นใยนุ่น เป็นเส้นใยที่มีความคดงอ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 12.5 μm.

เส้นใยแก้ว เป็นเส้นใยตรง ขนาดใหญ่ มีความแข็งแรง เปราะง่าย มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 25.6 μm.

เส้นใยวิสโคส เป็นเส้นใยที่มีความคดงอ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 13.6 μm.

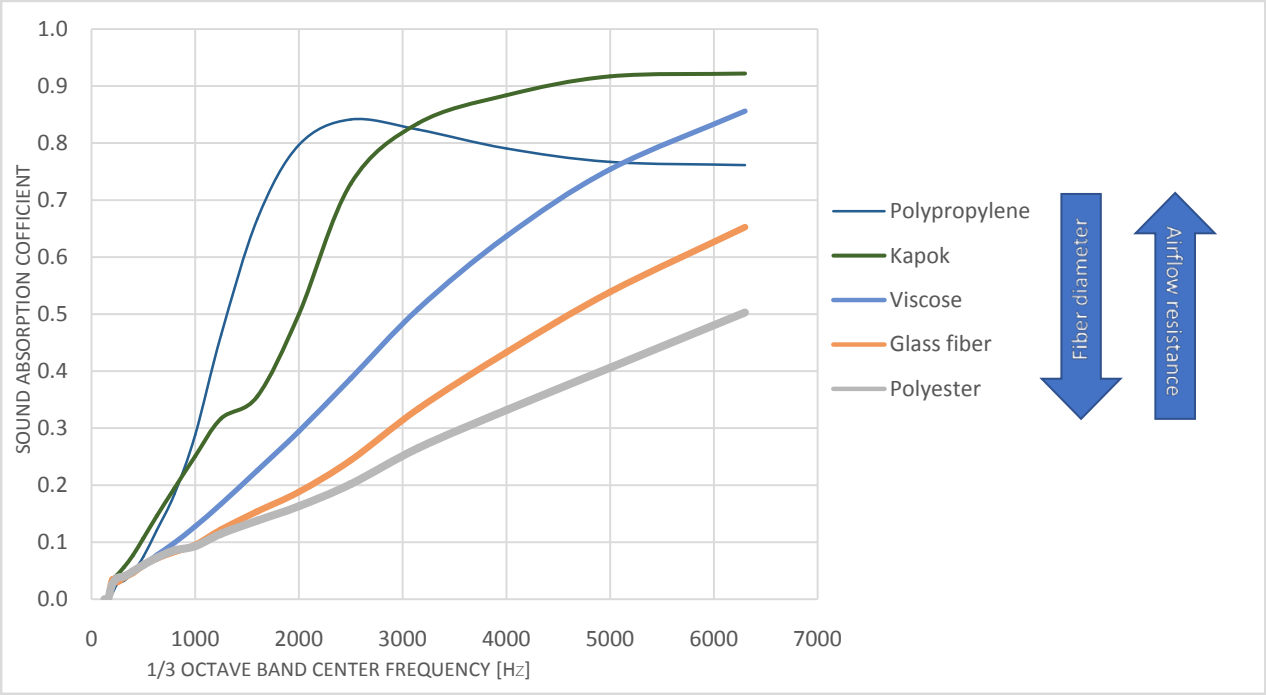
เส้นใยพอลิพ รอพิลีน เป็นเส้นใยที่มีความคดงอ มีลักษณะเป็นร่างแห เชื่อมต่อกัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 6.1 μm.

เส้นใยพอลิเอสเทอร์ เป็นเส้นใยตรง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 28.1μm.

ซึ่งวัสดุดูดซับเสียงทั้ง 5 ชนิดมีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีรูพรุน โดยพอลิพ รอพิลีนเป็นเส้นใยที่มีขนาดเล็กที่สุด รองลงมาคือนุ่น วิสโคส ใยแก้ว และพอลิเอสเทอร์ ตามลำดับ ซึ่งขนาดของเส้นใยนั้นเป็น หนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงของวัสดุ

ตารางที่ 3.10 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง	ค่าความต้านทานการไหลของอากาศ (Pa)	ขนาดเส้นใย (μm)
นุ่น	0.22	107.0	12.5
ใยแก้ว	0.10	51.9	25.6
วิสโคส	0.13	92.5	13.6
พอลีพอพิลีน	0.30	1283.0	6.1
พอลีเอสเทอร์	0.09	21.8	28.1



จากตารางสรุปผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ขนาดของเส้นใย ลักษณะพื้นผิวของเส้นใย และค่าความต้านทานการไหลของอากาศ พบว่า ปัจจัยทั้ง 3 นั้นมีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (SAC) โดยเส้นใยที่มีขนาดเล็ก จะยิ่งมีปริมาณช่องว่างโดยรวมภายในชิ้นงานมาก ดังนั้นเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบบนวัสดุเหล่านี้ โมเลกุลของอากาศจะเกิดการสั่นภายในช่องว่าง โดยมีความถี่ของการสั่นเท่ากับความถี่ของเสียงที่ตกกระทบ จากการสั่นตัวของโมเลกุลอากาศนี้ทำให้โมเลกุลของอากาศบางส่วนเกิดการเสียดสีกับผิวของเส้นใย ทำให้พลังงานของคลื่นเสียงเกิดการสูญเสียไปอยู่ในรูปของพลังงานความร้อน ดังนั้นเส้นใยที่มีขนาดเล็กสามารถดูดซับเสียงได้ดีกว่าเส้นใยขนาดใหญ่ นอกจากนี้ลักษณะพื้นผิวของเส้นใยยังส่งผลต่อสมบัติในการดูดซับเสียงคือ เมื่อเส้นใยมีลักษณะพื้นผิวที่มีความขรุขระ เส้นใยมีควาดคดงอ จะมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากทำให้คลื่นเสียงที่ตกกระทบบนผิววัสดุเกิดความเสียดทานมาก และการเดินทางของเสียงจะถูกขวางกั้นค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจึงเพิ่มสูงขึ้น

ค่าต้านทานการไหลของอากาศมาก เป็นผลมาจากการที่อากาศไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านชิ้นงานได้เนื่องจากการเกี่ยวพันของเส้นใย ยิ่งเส้นใยมีการเกี่ยวพันกันมาก อากาศจะยิ่งเดินทางผ่านได้ยากขึ้น โดยผลของความต้านทานการไหลของอากาศต่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงคือ เมื่อชิ้นงานมีความต้านทานการไหลของอากาศมาก ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจึงเพิ่มขึ้นด้วย

ปริมาณพื้นผิวของเส้นใยกับค่าความต้านทานการไหลของอากาศนั้นจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน คือเมื่อเส้นใยมีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก ค่าการต้านทานการไหลอากาศของเส้นใยจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าค่าความต้านทานการไหลอากาศมีค่าสูงมากกว่า 1000 Pa จะแสดงว่าเส้นใยมีความหนาแน่นและบีบอัดมากจนทำให้คลื่นเสียงไม่สามารถเดินทางผ่านได้ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจึงลดต่ำลง

โดยสรุปวัสดุแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการดูดซับเสียงที่ต่างกันในแต่ละช่วงความถี่ ที่ช่วงความถี่ต่ำๆ ประมาณ 125-500 Hz จะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงต่ำกว่า ที่ช่วงความถี่สูงๆ (ประมาณ 2000 Hz ขึ้นไป) เนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของวัสดุ โดยวัสดุทั้ง 5 มีลักษณะเป็นวัสดุที่มีรูพรุน จึงมีช่องว่างภายในอากาศของรูพรุน โดยคลื่นเสียงที่ความถี่ต่ำจะใช้ระยะเวลาในการสั่นตัวของโมเลกุลอากาศในแต่ละครั้งมากกว่าที่คลื่นความถี่สูง ประกอบกับคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นรูพรุนที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมาก จึงทำให้วัสดุประเภทเส้นใยสามารถดูดซับเสียงที่ความถี่สูง ๆ ได้ดีกว่าความถี่

3.3) การศึกษาคุณสมบัติเพิ่มเติมของวัสดุแต่ละชนิด ในแง่การนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมรถยนต์

ตารางที่ 3.11 แสดงผลการทดสอบการลามไฟ

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ความหนา (mm)	ผลการทดสอบ
นุ่น	13	ลามไฟ
ใยแก้ว	13	ไม่ลามไฟ
วิสโคส	13	ลามไฟ
พอลีพอพิลีน	13	ไม่ลามไฟ
พอลีเอสเทอร์	13	ไม่ลามไฟ

จากสมการ **Burner Speed (mm/min)** $= \frac{\text{Burn Distance (mm)}}{\text{Burn time (s)}} \times 60$

$B_{kapok} = \frac{25\ (\text{mm})}{6\ (\text{s})} \times 60$ **= 250 mm/min**

$B_{viscose} = \frac{25\ (\text{mm})}{9\ (\text{s})} \times 60$ **= 167 mm/min**

ผลการทดสอบการติดไฟของแผ่นวัสดุดูดซับตามมาตรฐาน FMVSS 302 โดยทดสอบด้วยเครื่อง Flammability Tester พบว่า เส้นใยแก้ว เส้นใยพอลิพรอพิลีน และเส้นใยพอลิเอสเทอร์ไม่มีสมบัติการติดไฟ เนื่องจากมีการติดไฟและดับก่อนที่จะถึงช่วงที่กำหนดในการจับเวลาการทดสอบระยะเผาไหม้มีค่าเท่ากับศูนย์ จึงถือว่าเส้นใยทั้ง 3 ชนิดนี้ไม่มีสมบัติในการลามไฟ ส่วนเส้นใยนุ่นและเส้นใยวิสโคสนั้นมีการติดไฟ โดยมีความเร็วในการลามไฟ 250 และ 167 มิลลิเมตร/นาที ตามลำดับ การที่เส้นใยทั้ง 2 ชนิดนี้ติดไฟนั้น เนื่องจากทั้งสองเป็นเส้นใยธรรมชาติโดยมีองค์ประกอบหลักคือเซลลูโลส ซึ่งมีสมบัติในการติดไฟ

ตามมาตรฐาน ASTM FMVSS302 เกี่ยวกับวัสดุที่จะนำไปใช้ในรถยนต์ ซึ่งต้องมีอัตราการลามไฟไม่เกิน 150 มิลลิเมตร/นาที แต่นุ่น และวิสโคส มีค่าความเร็วในการลามไฟสูงกว่าค่าที่กำหนด จึงให้ข้อสรุปว่าวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมยานยนต์

บทที่ 4
สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาสมบัติ ทางกายภาพของวัสดุ ดูดซับ เสียง ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ นุ่น ใยแก้ว วิสโคส พอลิพรอพิลีน และพอลิเอสเทอร์ พบว่า วัสดุทั้ง 5 ชนิดมีลักษณะเป็นเส้นใย ซึ่งเป็นวัสดุมีรูพรุน ซึ่งเมื่อศึกษาสมบัติการดูดซับเสียงของวัสดุ ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ พอลิพรอพิลีน นุ่น วิสโคส ใยแก้ว และพอลิเอสเทอร์ พบว่า วัสดุทั้ง 5 ชนิดมีค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงเป็นดังนี้ 0.30, 0.22, 0.13, 0.10 และ 0.09 ตามลำดับจึงจัดให้เส้นใยวิสโคส เส้นใยแก้ว และเส้นใยพอลิเอสเทอร์เป็นวัสดุสะท้อน ส่วนเส้นใยนุ่นและเส้นใยพอลิพรอพิลีนเป็นวัสดุดูดซับที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงปานกลาง

โดยลักษณะทางกายภาพที่มีผลต่อสมบัติในการดูดซับเสียง ได้แก่ ขนาด ลักษณะพื้นผิวของเส้นใย และค่าความต้านทานการไหลของอากาศ โดยเส้นใยที่มีขนาดเล็ก ลักษณะผิวเส้นใยขรุขระ และมีค่าความต้านทานการไหลของอากาศมาก จะมีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีกว่าเส้นใยที่มีขนาดใหญ่ ผิวเรียบ และมีค่าความต้านทานของอากาศน้อย

และเมื่อนำวัสดุดูดซับเสียงทั้ง 5 ชนิดไปทดสอบการติดไฟของแผ่นวัสดุดูดซับตามมาตรฐาน FMVSS 302 โดยทดสอบด้วยเครื่อง Flammability Tester พบว่า เส้นใยแก้ว เส้นใยพอลิพรอพิลีน เป็นเส้นใยพอลิเอสเทอร์ไม่มีสมบัติในการลามไฟ แต่เส้นใยนุ่น และเส้นใยวิสโคสนั้นมีการลามไฟ โดยมีความเร็วในการ ลามไฟ 250 และ 167 มิลลิเมตร/นาที ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเร็วในการลามไฟสูงกว่าค่าที่กำหนด จึงไม่เหมาะสมที่จะนำวัสดุที่ทำจากนุ่น และวิสโคสไปใช้งานในอุตสาหกรรมยานยนต์

ข้อเสนอแนะ

1. การขึ้นรูปชิ้นงาน ควรขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีเดียวกัน เพื่อควบคุมปัจจัยอื่นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งความหนาแน่นและการบีบอัดของเส้นใย
2. ความหลากหลายของวัสดุที่นำมาทดสอบ ควรทดลองนำวัสดุอินทรีย์ชนิดอื่นมาใช้ในการแก้ไขปัญหาเสียงรบกวน เช่น เส้นใยพอลีแลคติกแอซิก ซึ่งเป็นไบโอพลาสติก เป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้แทนเส้นใยสังเคราะห์ที่ใช้
3. ความหลากหลายของวิธีการทดลอง ควรทำการทดลองวัดสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยวิธีอื่น เช่นการทดสอบการดูดซับเสียงในห้องควบคุม ตามมาตรฐาน ASTM C423-90a
4. วิธีที่ใช้ในการขึ้นรูปชั้นงาน ควรทดลองเปลี่ยนวิธีการขึ้นรูปแผ่นชิ้นงาน จากวิธีการใช้การยึดติดแบบเชิงกล เปลี่ยนมาใช้ความร้อน หรือใช้สารเคมีเชื่อมประสานแทน
5. การทดสอบเพิ่มเติม ควรทดลองเพิ่มเติมในด้านการนำไปใช้งานได้จริงในรถยนต์ ตั้งการทดสอบความแข็งแรงของชิ้น (Tensile) การทดสอบ Fogging test, VOC และ SOCs เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] บุตรฉัตร วิริยะ , การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้ว , *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต*, **2554**, ISBN 974-533, 22-27.

[2] Sang-Kwon Lee, Gun-Hee Lee, Jiseon Back, Development of sound-quality indexes in a car cabin owing to the acoustic characteristics of absorption materials, *Applied Acoustics*, **2019**, 143, 125-140.

[3] American National Standard, Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions and Elements, *Annual Book of ASTM Standards*, **1998**, C423-90a, Volume 4.06. New York: Clearance Center.

[4] Leitao Cao, Qiuxia Fu, Yang Si, Bin Ding, Jianyoung Yu, Porous materials for sound absorption, *Composites Communications*, **2018**, 10, 25-35.

[5] A. Tiuc, M. Cretu,Sound Absorption Materials Made of Pine Sawdust, *RJAV vol VIII issue*, **2011**, 2, ISSN 1584-7284, 95-98.

[6] Hai-fan Xiang, Dong, Wang, Hui-chao Liu, Ning Zhao, Jian Xu, Investigation on sound absorption properties of kapok fibers, *Polymer Science (English Edition)*, **2012**, 521-529.

[7] G.Thilagavathi, E. Pradeep, T. Kannaian, L. Sasikala, Development of Natural Fiber Nonwovens for Application as Car Interiors for Noise Control, *Journal of Industial Tentiles*, **2010**, 267-278.

[8] การควบคุมเสียงรบกวน.สืบค้นเมื่อวันที่ 11/20/19. จากเว็ปไซต์ httpsXcqiti://www.avl.co.th/update.php.

[9] ฟิสิกส์รอบตัว ตอน ฉนวนกันเสียง. สืบค้นเมื่อวันที่ 11/20/19. จากเว็ปไซต์ http://www.scimath.org/lessonphysics/item/7309-2017-06-14-15-27-55

[10] มลพิษทางเสียง, สืบค้นเมื่อวันที่ 11/21/19, จากเว็ปไซต์ http://tcscien.com/th/?p=2150

[11] รวีณา วิทูรปกรณ์, ว่าด้วยเรื่องของเสียงรบกวน, Acat News, บทความวิชาการ, 30-35.

[12] Carl Hopkins, Sound insulation, Elsevier, Imprint: Butterworth-Heinemann, 2007, ISBN 978-0-7506-6526-1.

[13] J. Antonio, University of Coimbra, Portugal, Acoustic behavior of fibrous materials,*Woodhead Publish Limited*. 2011, 306-324

[14] วิฬารินทร์ ตั้งดี, การศึกษาสมบัติการดูดวับเสียงของผ้าไม่ทอจากเส้นใยพอลิเอสเทอร์ผสมเส้นใยนุ่น, *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต*, **2557**, 44-46.

[15] กัณหา บุญพรหมมา, 2013, นุ่นการปลูกและการจัดการ, สืบค้นเมื่อวันที่ 11/21/19, จากเว็ปไซต์ http://www.eto.ku.ac.th

[16] ใยแก้ว, สืบค้นเมื่อวันที่ 11/21/19, จากเว็ปไซต์ http://www.jn-transos.com.html?fbclid=IwAR1ts7_GrQ1vAEbU7OVcdVS4kB29uvmuZ1ELd22PQCffWsTqShHva28iSaY

[17] อภิชาติ สนธิสมบัติ, 2015, เส้นใยเรยอน, สืบค้นเมื่อวันที่ 11/22/19, จากเว็ปไซต์ http://www.ttcexpert.com/powerpoint.html

[18] Freedom Bellejoyes, 2012, Polypropylene, สืบค้นเมื่อวันที่ 11/22/19, จากเว็ปไซต์ https://arceehechan-freedom.blogspot.com/2012/10/polypropylene.

[19] SuitDD, 2016, Polyester, สืบค้นเมื่อวันที่ 11/23/19, จากเว็ปไซต์ https://www.suitdd.com/16659142/polyester

[20] จุรีรัตน์ ประสาร, นอนวูฟเวน:ผ้าไม่ถักทอ, Textile Tomorrow, 2009(56), 22-27.https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/246_21-27.pdf

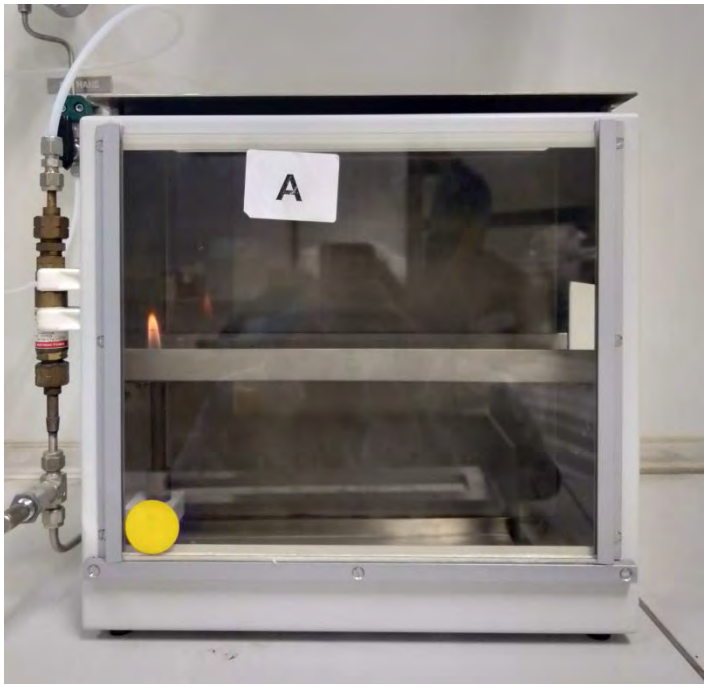
[21] Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using a Tube, Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System1, *Annual Book of ASTM Standards*, **1998**, E1050-10,New York: Clearance Center.

[22] Standard Test Method for Horizontal Burning Rate of Polymeric Materials Used in Occupant Compartments of Motor Vehicles, *Annual Book of ASTM Standards*, **1998**, D5132-04, New York: Clearance Center.

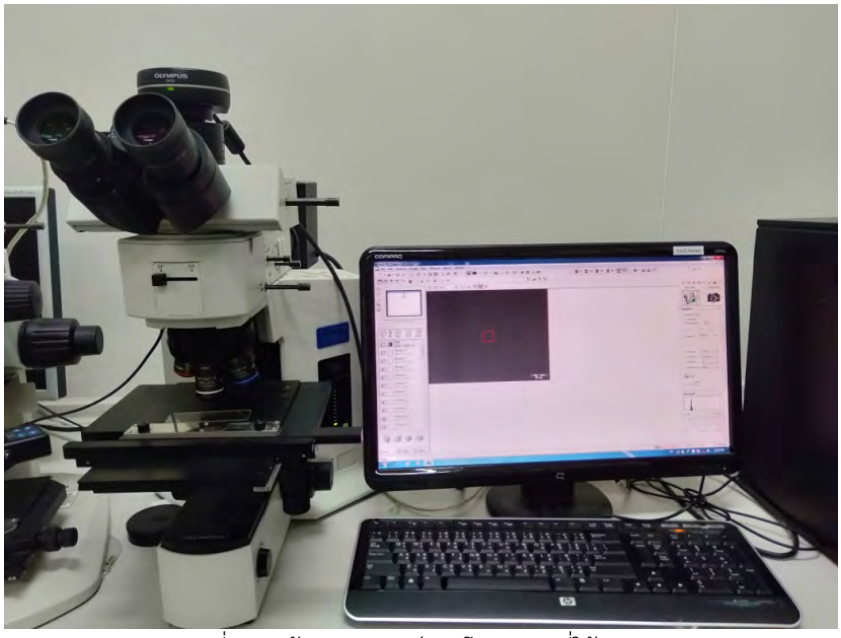
ภาคผนวก

รูปที่ ผ1ภาพเครื่องไฮดรอลิคเพรส เครื่องมือสำหรับการตัดชิ้นงาน

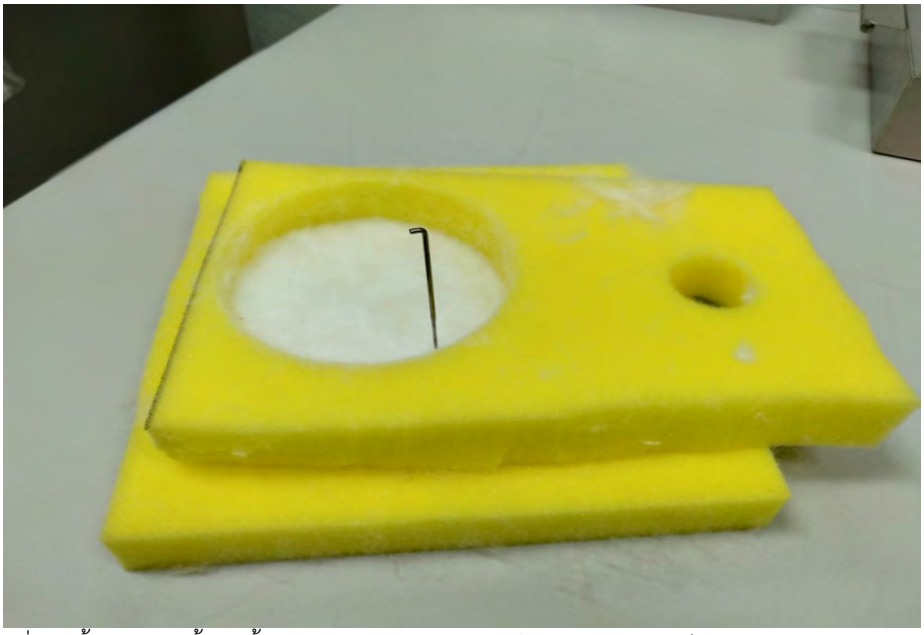
รูปที่ ผ2 ภาพท่ออินพิแดนซ์ เครื่องมือสำหรับใช้ทดสอบค่าการดูดซับเสียงของวัสดุ



รูปที่ ผ3 ภาพเครื่อง Flammability tester

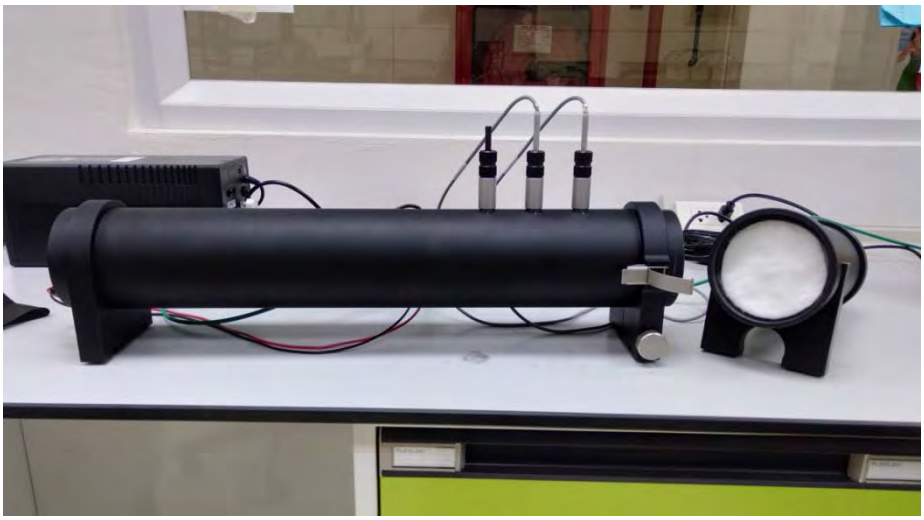


รูปที่ ผ4 กล้องจุลทรรศน์และโปรแกรมที่ใช้

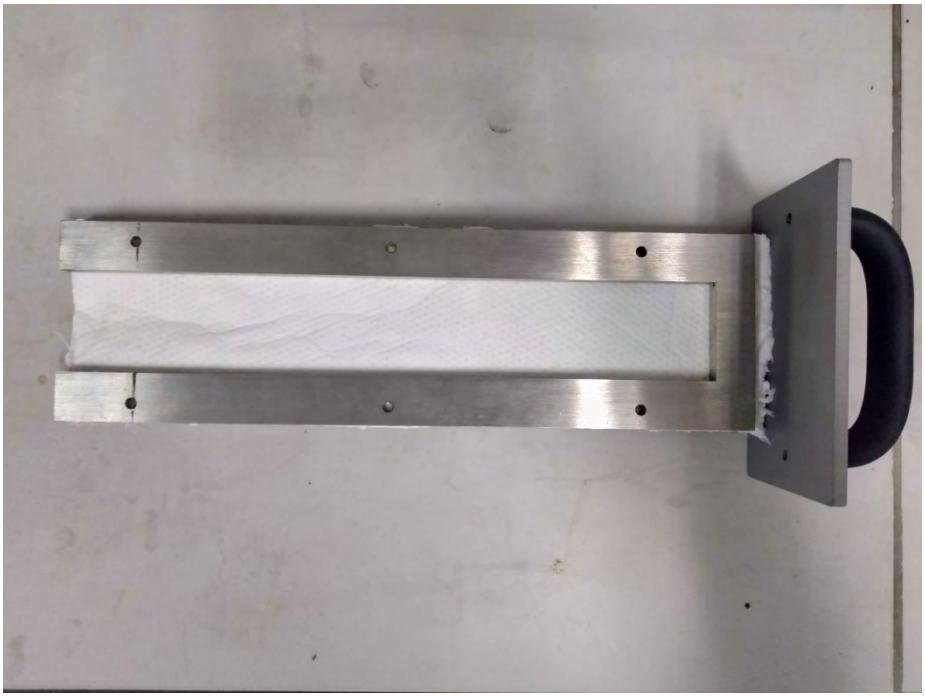


รูปที่ ผ5 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการยึดติดแบบไม่ถักทอ โดยใช้เข็มปัก (Needle punch)

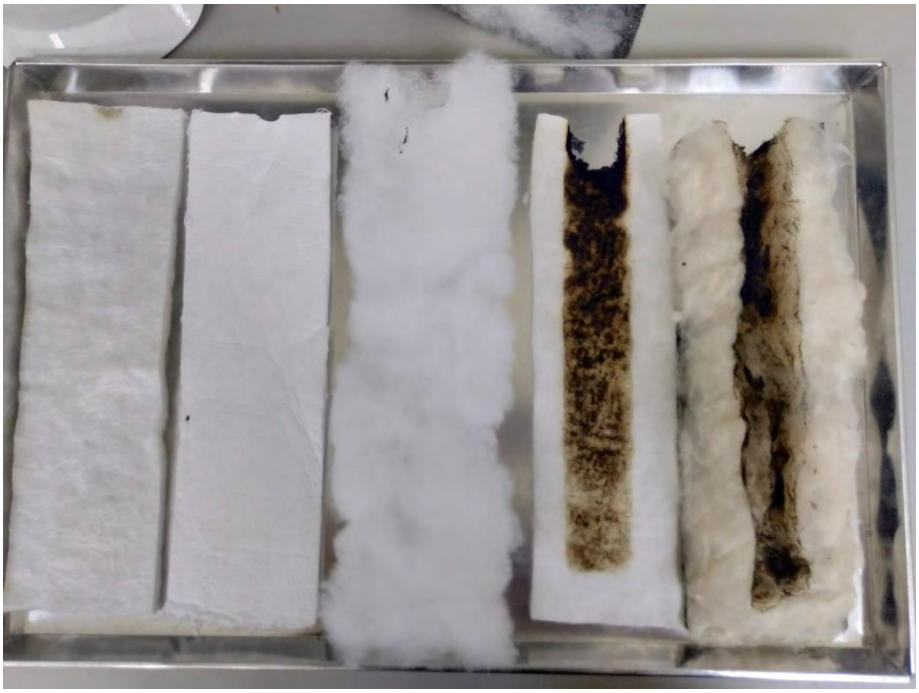
รูปที่ ผ6 ภาพตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้ว



รูปที่ ผ7 ภาพขั้นตอนการวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยท่ออินพิแดนซ์



รูปที่ ผ8 ภาพการเตรียมแผ่นวัสดุสำหรับการทดสอบการลามไฟ



รูปที่ ผ9 ภาพชิ้นงานหลังจากนำไปทดสอบการลามไฟ

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวพิชญา ศรีจุฬางกูล เกิดเมื่อวันเสาร์ที่ 20 เดือนมิถุนายน พ .ศ. 2541 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร เมื่อปีการศึกษา 2556ได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 1 จากการประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย งานศิลปหัตถกรรมครั้งที่ 63ประจำปี 2556ระดับเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร และได้เข้าศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2559 ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ บ้านเลขที่ 290/166 ถนนรามคำแหง แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10240 อีเมล pear246810@hotmail.com