



ประสิทธิภาพของวัสดุโฟม โพลียูรีเทนเหลือใช้เพื่อดูดซับเสียงเครื่องปั๊มโลหะในโรงงานผลิต
เฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ

EFFICIENCY OF REUSE POLYURETHANE FOAM FOR ABSORBING NOISE OF PRESS
MACHINE IN A STEEL FURNITURE MANUFACTURING FACTORY,SAMUTPRAKARN
PROVINCE

อารีชา นามนต์พิมพ์

มหาวิทยาลัยบูรพา

2561

2048311787
BUU :Thesis 59920297 thesis / recv: 10072562 15:45:22 / seq: 43

59920297_2048311787

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ อารียา นามนต์พิมพ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์)
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.นันทพร ภัทรพุทธ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรพรรณ ภูษาภักดิ์ภพ)
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์)
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นันทพร ภัทรพุทธ)
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทงศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข)

คณะสาธารณสุขศาสตร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี รอดจากภัย)

วันที่ 14 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2562

ประสิทธิภาพของวัสดุโพลีเอทิลีนเทอแรตเพื่อลดซับเสียงเครื่องปั๊มโลหะในโรงงานผลิต
เฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ

อารียา นามนต์พิมพ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยบูรพา



2048311787

BUU-IThesis 59920297 thesis / recv: 10072562 15:45:22 / seq: 43

EFFICIENCY OF REUSE POLYURETHANE FOAM FOR ABSORBING NOISE OF PRESS
MACHINE IN A STEEL FURNITURE MANUFACTURING FACTORY,SAMUTPRAKARN
PROVINCE

AREEYA NAMONPIM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF SCIENCE
IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
BURAPHA UNIVERSITY

2018

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY



2048311787

BUU iThesis 59920297 thesis / recv: 10072562 15:45:22 / seq: 43

59920297: สาขาวิชา: อาชีวอนามัยและความปลอดภัย; วท.ม. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)

คำสำคัญ: วัสดุเหลือใช้ดูดซับเสียง/ ดูดซับเสียง/ สมุทรปราการ

อารียา นามนต์พิมพ์ : ประสิทธิภาพของวัสดุโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้เพื่อดูดซับเสียงเครื่องปั๊มโลหะในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ. (EFFICIENCY OF REUSE POLYURETHANE FOAM FOR ABSORBING NOISE OF PRESS MACHINE IN A STEEL FURNITURE MANUFACTURING FACTORY, SAMUTPRAKARN PROVINCE) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์, Ph.D., นันทพร ภัทรพุท, Ph.D. ปี พ.ศ. 2561.

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้การกระบวนการผลิตนำมาจัดทำเป็นฉากดูดซับเสียงที่ขนาดความหนา 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว กับกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี ประกอบด้วย กรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่องพร้อมกัน 3 ลักษณะงาน กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็ก ทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบเจาะ ทั้ง 3 เครื่อง และกรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับทั้ง 3 เครื่อง ทำการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน แบ่งเป็นเพศชาย ร้อยละ 66.7 และ เพศหญิง ร้อยละ 33.3 มีอายุเฉลี่ย 23-49 ปี และอายุงาน 8.3 ปี ระดับเสียงแผนกปั๊มอะไหล่ย่อยในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ก่อนการติดตั้งฉากดูดซับเสียงพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 82.8-92.5 เดซิเบลเอ และมีลักษณะเสียงเป็นแบบเสียงดังต่อเนื่องแต่ไม่คงที่ หลังทำการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนาขนาดต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่า กรณีที่ 1 ฉากที่ลดเสียงได้ดีที่สุดคือฉากหนา 2 นิ้ว ลดได้ 2.0-4.1 เดซิเบลเอ กรณีที่ 2 ฉากที่ลดเสียงได้ดีที่สุดคือฉากหนา 0.25 นิ้ว และ 1 นิ้ว ลดได้ 1.4-4.6 เดซิเบลเอ กรณีที่ 3 ฉากที่ลดเสียงได้ดีที่สุดคือฉากหนา 1 นิ้ว ลดได้ 2.0-4.1 เดซิเบลเอ และกรณีที่ 4 ฉากที่ลดเสียงได้ดีที่สุดคือฉากหนา 2 นิ้ว ลดได้ 1.5-3.0 เดซิเบลเอ เมื่อทำการทดสอบด้วยสถิติ Paired t-Test ในรายความถี่ของการดูดซับเสียงของขนาดความหนาที่ดูดซับเสียงได้ดีที่สุดพบว่า กรณีที่ 1 ขนาดความหนา 2 นิ้ว ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ และ 2,000 เฮิรตซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.015$ และ $p = 0.016$ ตามลำดับ) แต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ ไม่มีความแตกต่างกัน กรณีที่ 2 ที่ขนาดความหนา 0.25 นิ้ว ที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.001$ $p = 0.037$ และ $p = 0.032$ ตามลำดับ) แต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ไม่มีความแตกต่างกัน และขนาดความหนา 1 นิ้ว ที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ และ 2,000 เฮิรตซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

0.05 ($p = 0.001$ และ $p = 0.011$ ตามลำดับ) แต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ ไม่มีความแตกต่างกัน กรณีที่ 3 ที่ขนาดความหนา 1 นิ้ว ที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.001$ $p = 0.025$ และ $p = 0.038$ ตามลำดับ) แต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ไม่มีความแตกต่างกันและกรณีที่ 4 ที่ขนาดความหนา 2 นิ้ว ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.001$) แต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ ไม่มีความแตกต่าง ดังนั้น การศึกษานี้ควรมีการนำโฟม โพลียูรีเทนเหลือใช้มาจัดทำวัสดุลดเสียงร่วมกับอุปกรณ์ป้องกันเสียงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงในสถานประกอบการ



2048311787

59920297: MAJOR: OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY; M.Sc.
(OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY)

KEYWORDS: REUSE NOISE ABSORPTION/ NOISE ABSORPTION/
SAMUTPRAKARN PROVINCE

AREEYA NAMONPIM : EFFICIENCY OF REUSE POLYURETHANE FOAM
FOR ABSORBING NOISE OF PRESS MACHINE IN A STEEL FURNITURE
MANUFACTURING FACTORY, SAMUTPRAKARN PROVINCE. ADVISORY
COMMITTEE: SRIRAT LORMPHONGS, Ph.D., NANTAPORN PHATRABUDDSA, Ph.D.
2018.

This research studies the noise absorption efficiency of the polyurethane foam waste screens. Thickness noise absorbing screens is 0.25 inches, 0.5 inches, 1 inches and 2 inches, with 4 case studies in working machines. Case 1: Open all 3 pumps for 3 types of work (Cutting steel, chipping steel and lapping steel). Case 2: Open all 3 pumps for cutting steel. Case 3 Open all 3 pumps for chipping steel and Case 4: open all 3 pumps for lapping steel. The population in study consisted 66.7 percent male and 33.3 percent female, average age 23 -49 years and 8.3 years of work small part pump department, in a steel furniture factory in Samut Prakan Province. Before installing noise level of 82.8-92.5 dBA, the noise characteristics are continuous noise (Non steady state noise). After this study results that Case 1: The screens is best noise reduce is 2 inches thick, reducing to 2.0-4.1 dBA. Case 2: The screens is best noise reduce is 0.25 inches thick and 1 inches thick, reducing to 1.4-4.6 dBA. Case 3: The screens is best noise reduce is 1 inches thick, reducing to 2.0-4.1 dBA. Case 4: The screens is best noise reduce is 2 inches thick, reducing to 1.5 to 3.0 dBA. When tested with Paired t-Test statistics comparing noise frequency absorbing of best thickness results is Case 1, the thickness of 2 inches at the frequency of 500 Hz and 2,000 Hz is significantly different at the level of 0.05 ($p = 0.015$ and $p = 0.016$, respectively) but found that at frequencies 1,000 Hz and 4,000 Hz there is no different Case 2, with a thickness of 0.25 inches at the frequency of 1,000 Hz, 2,000 Hz and 4,000 Hz, is significantly different at the level of 0.05 ($p = 0.001$ $p = 0.037$ and $p = 0.032$, respectively) but found that at a frequency of 500 Hz, there is no different and the thickness of 1 inch at the frequency of 1,000 Hz and 2,000 Hz is significantly different at the level of 0.05 ($p = 0.001$ and $p = 0.011$, respectively) but found that at 500 Hz and

4,000 Hz, there is no different Case 3, with a thickness of 1 inch at the frequency of 1,000 Hz, 2,000 Hz and 4,000 Hz, is significantly different at the level of 0.05 ($p = 0.001$ $p = 0.025$ and $p = 0.038$, respectively) but found that At a frequency of 500 Hz, there is no different Case 4, at a thickness of 2 inches at a frequency of 500 Hz, was significantly different at the level of 0.05 ($p = 0.001$) but found that at 1,000 Hz, 2,000 Hz and 4,000 Hz, there is no different. Therefore, this study it recommended that polyurethane foam waste materials, reducing noise with personal protective equipment in factory.



2048311787

BTU iThesis 59920297 thesis / recv: 10072562 15:45:22 / seq: 43

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ ก็ด้วยความร่วมมือจากหลาย ๆ ท่าน ที่สนับสนุนให้ผู้วิจัยตั้งแต่เริ่มต้น
จนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีรัตน์ ล้อมพงษ์ อาจารย์ประจำภาควิชาสุขศาสตร์
อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. นันทพร ภัทรพุทท โดยท่านได้สละเวลาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็น
ประโยชน์ในการปรับปรุง ตลอดจนในการนำเสนองานวิจัยนี้ ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทนงศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข ดร. วัลลภ ใจดี และ ดร. พัทธนา
ใจดี ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้คำแนะนำ ปรึกษา ตรวจสอบ และตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจนมีความ
สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. จิตรพรรณ ภูษาภักดิ์ภพ ประธานกรรมการสอบ
วิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิดที่มีประโยชน์ในการแก้ไขข้อบกพร่อง ปรับปรุงงานวิจัยนี้จนมี
ความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกท่าน รวมถึงพนักงาน หัวหน้างาน ผู้บริหาร แผนกบีเอ็ม
โหละ บริษัทผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการที่มีส่วนร่วมในการศึกษาในครั้งนี้
นี้รวมถึงผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้กรุณาให้ความร่วมมือ และมีส่วนช่วยให้
งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกล่าวขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

อารียา นามนต์พิมพ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
ข้อจำกัดในการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก.....	8
ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
โพลีโพลียูรีเทน	24
แนวทางการออกแบบจากลดเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
การพิจารณาแหล่งกำเนิดเสียง	32

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	44
รูปแบบของการวิจัย.....	44
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	44
การออกแบบฉากและการทดลอง.....	44
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	51
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	54
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	55
การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง	59
การวิเคราะห์ข้อมูล	59
บทที่ 4 ผลการวิจัย	61
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป.....	61
ส่วนที่ 2 ข้อมูลระดับเสียง.....	62
ส่วนที่ 3 ระดับความพึงพอใจ	76
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	78
สรุปผลการวิจัย.....	78
อภิปรายผล	81
ข้อเสนอแนะ	84
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก	92
ภาคผนวก ก	93
ภาคผนวก ข	95
ภาคผนวก ค	107
ภาคผนวก ง.....	109
ภาคผนวก จ	113

ภาคผนวก ฉ123

ประวัติย่อของผู้วิจัย125

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	แหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญจะมักจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ในกิจกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน	14
ตารางที่ 2	มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน ในแต่ละวัน.....	19
ตารางที่ 3	วิธีการควบคุมเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียง ทางผ่าน และผู้สัมผัสเสียง	24
ตารางที่ 4	ค่าการลดความดังของเสียงที่ความหนาของโฟมโพลียูรีเทนต่าง ๆ	27
ตารางที่ 5	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนโฟมโพลียูรีเทน กับฉนวนใยแก้ว ฉนวนเยื่อ กระดาษ และฉนวนโพลีเอทิลีน โฟมกับความหนาแน่นมาตรฐาน	28
ตารางที่ 6	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียงที่มีใช้ในโรงงาน	36
ตารางที่ 7	การตรวจวัดระดับเสียงตามลักษณะงานกับขนาดความหนาของ โฟมโพลียูรีเทน	50
ตารางที่ 8	การเก็บข้อมูลระดับเสียงก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง	56
ตารางที่ 9	แผนดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม-เดือนพฤศจิกายน 2561	59
ตารางที่ 10	จำนวนและร้อยละของผู้ให้ข้อมูลที่ศึกษาจำแนกตามข้อมูลทั่วไป.....	61
ตารางที่ 11	ระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงานก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา ต่าง ๆ	63
ตารางที่ 12	ระดับเสียงรายความถี่ก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนาต่าง ๆ	64
ตารางที่ 13	ระดับเสียงสะสมที่บุคคลรับสัมผัสก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา ต่าง ๆ	66
ตารางที่ 14	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงรายความถี่ในพื้นที่การทำงาน	68
ตารางที่ 15	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงในพื้นที่การทำงาน	74
ตารางที่ 16	ค่าเฉลี่ยและระดับความพึงพอใจหลังใช้งานฉากดูดซับเสียงของพนักงาน	77



2048311787

BUU-IThesis 59920297 thesis / rev: 10072562 15:45:22 / seq: 43

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
ภาพที่ 2	กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก ที่มา: (บริษัทผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่ง, 2558)...9	
ภาพที่ 3	กายวิภาคศาสตร์ของหู ที่มา: (ปรียา อนุพงษ์อ้ออาจ (มปป.)).....18	
ภาพที่ 4	เครื่องวัดระดับความดังของเสียง (Sound level meter).....21	
ภาพที่ 5	เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise dosimeter).....22	
ภาพที่ 6	ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับเสียง.....26	
ภาพที่ 7	ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับความถี่ ที่มา: สราวุธ สุธรรมมาสา (2551).....28	
ภาพที่ 8	ขอบเขตการได้ยินของมนุษย์	31
ภาพที่ 9	ระยะห่างระหว่างเครื่องจักรแต่ละเครื่อง.....45	
ภาพที่ 10	ขนาดของเครื่องปั๊มโลหะมีขนาดกว้าง สูง และลึก.....45	
ภาพที่ 11	ระยะห่างจากเครื่องปั๊มโลหะกับคนที่ทำงาน	46
ภาพที่ 12	การประกอบฉากดูดซับเสียง.....47	
ภาพที่ 13	ขนาดความหนาของเศษโฟมโพลียูรีเทนที่ขนาดต่าง ๆ	48
ภาพที่ 14	ขนาดฉากดูดซับเสียง	49
ภาพที่ 15	ระยะการติดตั้งฉาก	49
ภาพที่ 16	การสร้างแผนที่เสียง (Noise contour map)	51

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อแนวโน้มอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ที่มีการขยายตัวสูงขึ้น ส่งผลให้อุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กในประเทศไทยก็มีการขยายตัวเช่นเดียวกันทำให้ผู้ผลิตต้องเตรียมความพร้อมทั้งเรื่องกำลังคน ทรัพยากรที่สนับสนุนกระบวนการผลิต กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ วัตถุดิบหลักมาจากแผ่นโลหะ โดยมีกระบวนการผลิตแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ประกอบด้วย ขั้นตอนการตัดเหล็ก ขั้นตอนการบีม พับขึ้นรูป ขั้นตอนการเชื่อมอาร์คโลหะ ขั้นตอนการพ่นสี และขั้นตอนประกอบเป็นลำดับสุดท้าย กิจกรรมต่าง ๆ ในงานล้วนทำให้เกิดเสียงดังตามแหล่งกำเนิดเสียงนั้น ๆ เสียงในสถานประกอบการสามารถเกิดขึ้นในหลายขั้นตอน เช่น ตัด บด เคาะ เจาะ กลึง (อนามัย (ธีรวิโรจน์) เทศกะทีก, 2556) เสียงจากการกระแทกทางกล เช่น การบีมโลหะเสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เสียงเป็นพลังงานกลรูปหนึ่งทำให้เป็นคลื่นเสียงส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ เกิดเป็นเสียงที่คนเราได้ยิน ซึ่งเป็นเสียงที่อยู่ในช่วงความถี่ 20-20,000 เฮิรตซ์ (สราวุธ สุธรรมมาสา, 2551) การบีมขึ้นรูปโลหะ เสียงส่วนใหญ่ที่พนักงานได้รับมาจากเครื่องที่ตั้งอยู่ใกล้ตัวพนักงานมากที่สุด หากเสียงที่เกิดขึ้นนำไปสู่เหตุเดือดร้อนรำคาญ เสียงจากงานบีมโลหะถือว่าเป็นมลพิษที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งในด้านสุขภาพจิตและสุขภาพกายค่อนข้างมาก เสียง (Noise) จัดเป็นมลพิษที่คนไม่ต้องการได้ยินอาจมีผลเสียต่อสุขภาพ (พรพิมล กองทิพย์, 2545) ซึ่งผลเสียทางด้านจิตใจ ทำให้ตกใจ รำคาญ รบกวนการพักผ่อนและการทำงาน มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานและความปลอดภัยในการทำงาน ส่วนผลเสียทางด้านร่างกายทำให้สูญเสียการได้ยินทำให้ปวดแก้วหูในกรณีได้รับเสียงดังมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เสียงที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่พนักงานต้องสัมผัสตลอดเวลาการทำงานย่อมส่งผลต่อโดยตรงต่อสมรรถภาพการได้ยินหากเสียงนั้นมีความดังเสียงที่เกินค่ามาตรฐานกำหนด หรือแม้แต่การสูญเสียการได้ยินบางความถี่เสียงที่เกิดจากการทำงานที่ตรงความถี่ของเครื่องจักรในงานที่ต้องรับสัมผัสเสียงในเครื่องบีมโลหะในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะดังอยู่ที่ 60-120 เดซิเบล โดยประมาณ (สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, 2546) เสียงจัดเป็นปัญหาที่รบกวนการทำงาน (อนามัย (ธีรวิโรจน์) เทศกะทีก, 2556) เมื่อเสียงในแผนกบีมดังจนนำไปสู่ข้อร้องเรียนในพื้นที่การทำงานแผนกบีมโลหะว่ามีระดับเสียงดังรบกวนการทำงาน เครื่องบีมโลหะเป็นเครื่องที่ส่งเสียงดังมากในขณะที่ทำงานจากสถานการณ์ในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2550 มีการเฝ้าระวังโรคประสาทหูเสื่อมจากการทำงาน



2048311787

BUU_1Thesis 59920297 thesis / rev: 10072562 15:45:22 / seq: 43

พบผู้ที่หูตึงมาก หูตึงอย่างแรง และหูหนวก ร้อยละ 5.49 14.26 และ 0.66 ตามลำดับ (สำนักโรคจาก การประกอบอาชีพ, 2550) พบว่า มีผู้ที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคประสาทหูเสื่อมจากการรับสัมผัสเสียงดัง ในสภาพการทำงานมากถึง 30 ล้านคน (National Institute Of Occupational Safety and Health [NIOSH], 2009) และความชุกจากการเกิด โรคจากการประกอบอาชีพที่รับสัมผัสเสียงสูงถึง ร้อยละ 8.3 ของประชากรกลุ่มเสียง (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2547) โดยปกติใน โรงงานป้อนขึ้นรูปโลหะมักมีเครื่องปั้นจำนวนมากทำงานในเวลาเดียวกันซึ่งส่งเสียงดัง รอบบริเวณที่ตั้งเครื่องจักรและบริเวณข้างเคียง พบข้อร้องเรียนถึงปัญหาเสียงดังในพื้นที่การทำงาน แผนกปั้นสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับระดับความดังเสียงในพื้นที่แผนกปั้นโลหะที่มีการจัดให้ เป็นพื้นที่โครงการอนุรักษ์การได้ยินภายในสถานประกอบการ ผลการดำเนินการตามโครงการ อนุรักษ์การได้ยินในการเปรียบเทียบข้อมูลของปี พ.ศ. 2561 กับปี พ.ศ. 2560 ที่ผ่านมา (โรงงานผลิต เฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ, 2561) ในพนักงานแผนกปั้นอะไหล่ย่อยพบว่า เกิดการสูญเสียการได้ยินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า อันตรายจากการสูญเสียการได้ยิน ส่วนใหญ่ไม่มีทางรักษาได้ดังนั้นมาตรการการป้องกันอันตรายจากเสียงดังโดยการแก้ไขปัญหา เสียงในพื้นที่การทำงานดังกล่าวจึงจำเป็นต้องจัดทำมาตรการหรือแนวทางในการดำเนินการแก้ไข ต่อไป การควบคุมเสียงได้ตามหลักการควบคุมอันตรายสามารถทำได้ 3 ทาง คือ ที่แหล่งกำเนิดเสียง ทางผ่านเสียง และที่ผู้รับสัมผัสเสียง การควบคุมที่แหล่งกำเนิด เช่น ปรับปรุง (Modify) ออกแบบ ใหม่ (Redesign) จัดวางที่ใหม่ (Relocate) บำรุงรักษา (Maintenance) การควบคุมที่ทางผ่านเสียง เช่น ปิดคลุม (Enclosure) ดูดซับเสียง (Absorption) ขวางกั้นเสียง (Barrier) กั้นการสั่นสะเทือน (Vibration isolation) และสุดท้ายคือ การควบคุมที่ผู้รับสัมผัส เช่น การใช้อุปกรณ์ป้องกันป้องกัน เสียง การจัดการที่ดีย่อมมองไปที่แหล่งกำเนิดถ้าสามารถแก้ไขได้แต่ในความเป็นจริงการแก้ไขที่ แหล่งกำเนิดนั้นมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงผู้ประกอบการส่วนใหญ่จึงมองที่การแก้ไขที่ทางผ่าน และที่ผู้รับสัมผัสเพื่อให้สามารถบริหารจัดการปัญหามลพิษทางเสียงที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นวัสดุดูดซับ เสียงจึงเป็นวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญมากยิ่งขึ้น เนื่องจากถูกนำมาใช้เพื่อลดปัญหา ด้านมลภาวะทางเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียง การดูดซับเสียง (Sound absorption) เป็นการทำให้ พลังงานเสียงมีแนวโน้มที่ลดน้อยลง เมื่อผ่านตัวกลางใด ๆ

ปัจจุบันสถานประกอบการในหลาย ๆ แห่งมีการใช้พบว่า มีโฟมโพลียูรีเทนมาใช้ใน กระบวนการผลิต เช่น การฉีดขึ้นรูปเบาะรองนั่งของเก้าอี้ การฉีดขึ้นรูปในผนังห้องน้ำ หรือ การนำมาใช้เป็นส่วนของผนังกันห้องเพื่อป้องกันเสียงดังระหว่างห้องพักที่ติดต่อกัน และพบว่า สถานประกอบการมีเศษ โฟม โพลียูรีเทนที่เหลือจากกระบวนการผลิตรวมทั้งต้องสูญเสีย งบประมาณในการส่งกำจัดเป็นขยะอันตรายจากกระบวนการผลิต การนำเศษโฟม โพลียูรีเทน

ที่เหลื่อใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ในเรื่องของการดูดซับเสียงตามคุณสมบัติของโฟมโพลียูรีเทนนั้น (Gao et al., 2016; Sung et al., 2016) นอกจากจะนำเศษวัสดุที่เหลื่อใช้มาทำให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของการส่งกำจัดขยะอีกประการด้วย โฟมโพลียูรีเทนสามารถนำมาใช้เป็น ฉนวนกันความร้อนและยังมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงที่นิยมใช้ตามบ้านเรือน คอนโดมิเนียม และนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อการป้องกันเสียงตามการศึกษาของ นอกจากนี้ยังพบว่า มีการนำโฟมโพลียูรีเทนมาทำเป็นผนังกันเสียงในอาคารที่ต่อชิดติดกันของ ประสิทธิภาพของ การลดเสียงขึ้นกับคุณสมบัติหลายอย่างความหนาของฉากโฟมโพลียูรีเทน ความหนาแน่นของ โฟมโพลียูรีเทน ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของโฟมโพลียูรีเทน (สราวุธ สุธรรมมาสา, 2551) นอกจากนี้ในหลาย ๆ งานวิจัยมีการชี้ให้เห็นถึงคุณสมบัติการดูดซับเสียงของโฟมโพลียูรีเทนจาก คุณสมบัติการเป็นรูพรุนของโครงสร้างภายในวัสดุ (Ibrahim & Melik, 2003; Gardner et al., 2003)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดเรื่องของการคุณสมบัติการดูดซับเสียงของโฟม โพลียูรีเทนมาเป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อจัดทำเป็นฉากป้องกันเสียง โดยทำการศึกษา การออกแบบฉากจากวัสดุโฟมโพลียูรีเทนเหลื่อใช้เพื่อดูดซับเสียงในช่วงความถี่ต่าง ๆ โดยการนำ เศษโฟมโพลียูรีเทนที่เหลื่อจากกระบวนการผลิตตู้ห้องน้ำจากผลิตภัณฑ์ภายในบริษัทของผู้วิจัย ที่ทำงานในปัจจุบันเพื่อทำฉากดูดซับเสียงจากกระบวนการปั๊มโลหะขึ้นรูปชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ เหล็กและทำการทดสอบความสามารถลดความดังเสียง และดูดซับความถี่เสียงในช่วงต่าง ๆ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

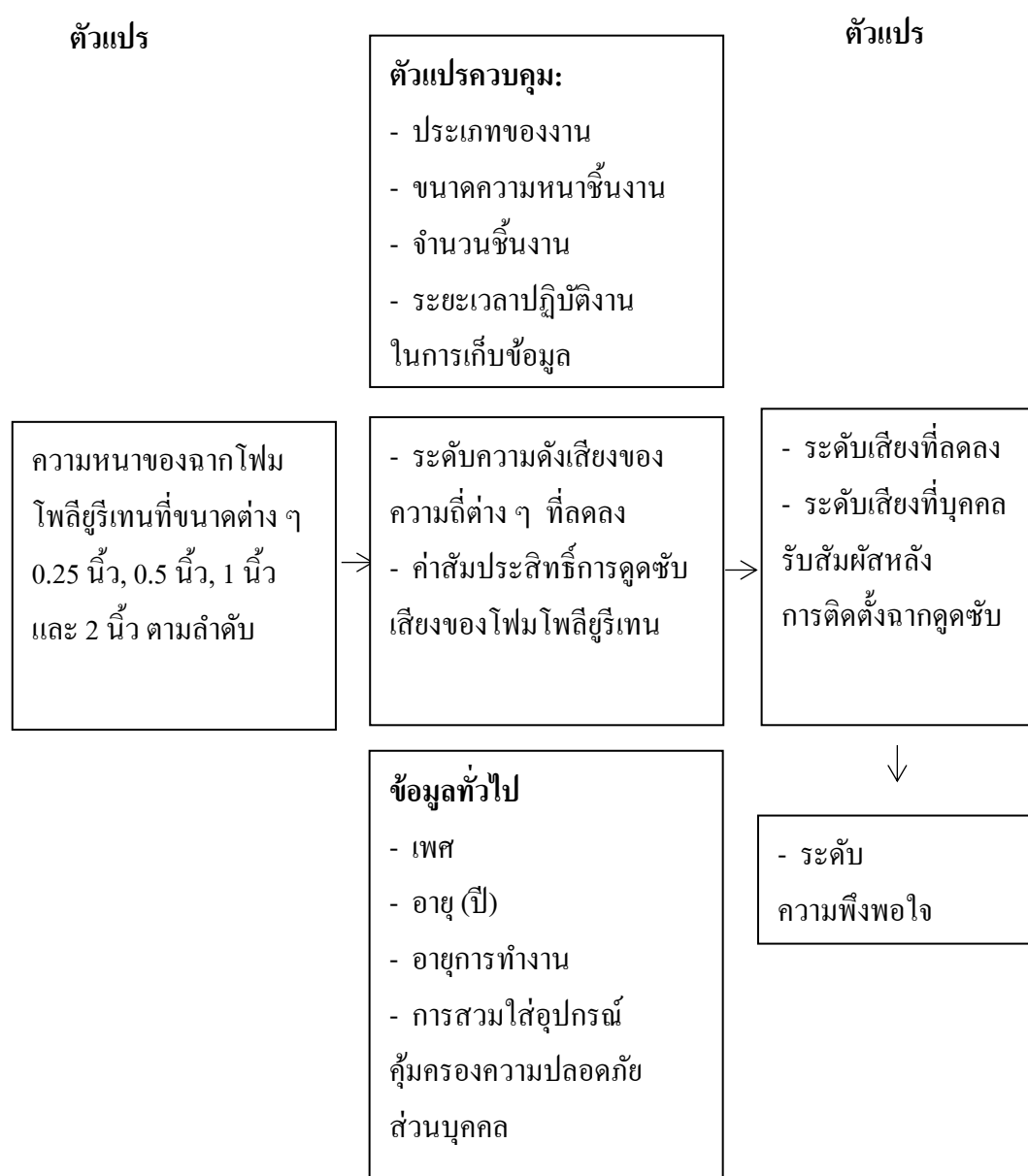
1. เพื่อศึกษาระดับเสียงแบบพื้นที่ของเครื่องปั๊มโลหะก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง
2. เพื่อศึกษาระดับเสียงแบบติดตัวบุคคลก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพความหนาของโฟมโพลียูรีเทนในการดูดซับเสียง ที่ความหนาต่าง ๆ กัน ในช่วงความถี่ต่าง ๆ ของเสียงจากการปั๊มขึ้นรูปโลหะ

สมมติฐานของการวิจัย

ฉากป้องกันเสียงที่โฟมโพลียูรีเทนจากวัสดุเหลื่อใช้ที่ความหนามากกว่าสามารถ ลดความดังเสียง และดูดซับความถี่เสียงในช่วงต่าง ๆ ได้มากกว่าโฟมโพลียูรีเทนที่ความหนา น้อยกว่า

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง กรอบแนวคิดในการวิจัย การออกแบบจากจุดสัมผัสเสียงจากเสาโคมโพลียูรีเทนเหลือใช้เพื่อลดเสียงดังในแผนกปั๊มอะไหล่ย่อยในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแหล่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. สามารถลดค่าใช้จ่ายการส่งกำจัดขยะจากเศษโฟมโพลียูรีเทนที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตและลดขยะจากเศษวัสดุเหลือใช้
2. สามารถนำเศษโฟมโพลียูรีเทนที่เหลือใช้มาสร้างประโยชน์ในเชิงการป้องกันและลดเสียงดังจากการทำงาน

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาการออกแบบจากป้องกันเสียงจากเศษโฟมโพลียูรีเทนในแผนกปั๊มอะไหล่ย่อยของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแหล่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการเท่านั้น ในระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561

ข้อจำกัดในการวิจัย

ในขั้นตอนการจัดทำภาคตัดขวางเสียงที่ความหนาต่าง ๆ ถึงแม้จะมีการใช้งานเครื่องมือวัดความหนาของวัสดุก็ตาม ขั้นตอนในกระบวนการจัดทำภาคตัดขวางเสียงยังถือว่าเป็นงานที่ทำด้วยมือ โดยไม่ได้มีระบบทางอุตสาหกรรมการผลิต จึงมีความเป็นไปได้ที่ข้อมูลก่อนนำไปทดสอบคุณสมบัติทางเสียงจะคลาดเคลื่อน ควรมีการใช้เครื่องมือที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความหนาของฉากโฟมโพลียูรีเทน หมายถึง ความหนาของโฟมโพลียูรีเทนที่ต่างกันแต่ลักษณะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงในการนำมาจัดทำฉาก โดยที่งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาโฟมโพลียูรีเทนที่ขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ตามลำดับ

วัสดุโฟมโพลียูรีเทน หมายถึง เศษโฟมโพลียูรีเทนที่เกิดจากวัสดุเหลือใช้ภายในโรงงานเท่านั้นและมีความหนาแน่น 40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของโฟมโพลียูรีเทน (α) หมายถึง การวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงหน้าและหลังฉากดูดเสียง

ภาคตัดขวางเสียง หมายถึง ฉากที่ออกแบบด้วยโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้นำมาต่อติดกันด้วยกาวลาเท็กซ์ที่ติดลงบนแผ่นไม้อัด และมีโครงเหล็กรองรับแผ่นไม้อัด



2048311787

BUU - IThesis 59920297 thesis / recv : 10072562 15:45:22 / seq : 43

ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความพึงพอใจของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องปั๊ม
โลหะหลังมีการใช้งานจากจุดซับเสียงในพื้นที่การทำงาน

เครื่องปั๊มโลหะ หมายถึง เครื่องปั๊มโลหะที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ขนาดแรงม้าของ
เครื่องจักรอยู่ที่ 60 ตัน เป็นเครื่องปั๊มที่มีกลไกการขับเคลื่อนการทำงานแบบข้อเหวี่ยง
โดยใช้แม่พิมพ์ 3 ลักษณะงาน คือ งานปั๊มตัดเหล็ก งานเจาะ และงานพับ

ประเภทของงาน หมายถึง ทำการเก็บตัวอย่างที่มีลักษณะการทำงาน 3 ลักษณะ
ในแผนกปั๊มโลหะ ประกอบด้วย งานปั๊มตัดเหล็ก งานเจาะ และงานพับ

ขนาดความหนาชิ้นงาน หมายถึง ความหนาของเหล็กที่นำมางานปั๊มขึ้นรูป งานเจาะ และ
งานตัด มีความหนาที่ 0.8 มิลลิเมตร

จำนวนชิ้นงาน หมายถึง ในการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้กำหนดให้มีการปั๊มชิ้นงานจำนวน
200 ชิ้น ต่อลักษณะงาน

ระยะเวลาปฏิบัติงานในการเก็บข้อมูล หมายถึง ระยะเวลาในการทำงาน 3 ลักษณะงานปั๊ม
ตัดเหล็ก งานเจาะ และงานพับ ที่ระยะเวลา 30 นาที ระหว่างการเก็บข้อมูล

ระดับเสียงที่ลดลง หมายถึง การตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่หลังการติดตั้งจากจุด
ซับเสียงในหน่วยเดซิเบลเอ

ระดับเสียงที่บุคคลรับสัมผัสหลังการติดตั้งจากจุดซับ หมายถึง การคำนวณระดับเสียงที่
พนักงานรับสัมผัสหลังมีการติดตั้งจากจุดซับเสียงเทียบกับเสียงระยะเวลาการทำงาน 30 นาที โดย
เสียงที่รับสัมผัสต้องนำมาลบด้วยค่าระดับเสียงที่รับสัมผัสในหูเมื่อมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน
คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

**ค่าระดับเสียงที่รับสัมผัสในหูเมื่อมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันคุ้มครองความปลอดภัย
ส่วนบุคคล** หมายถึง เสียงที่พนักงานได้รับกรณีที่มีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
ตามชนิดของผลิตภัณฑ์กับค่าการตรวจวัดระดับเสียงระยะเวลา 30 นาที

ข้อมูลทั่วไป หมายถึง ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ให้ข้อมูลที่ทำการศึกษาในแบบสอบถาม
โดยที่

เพศ หมายถึง เพศของผู้ให้ข้อมูลในการปฏิบัติงานกับเครื่องปั๊มโลหะ

อายุ (ปี) หมายถึง อายุของผู้ให้ข้อมูลที่เข้าปฏิบัติงานกับเครื่องปั๊มโลหะ

อายุการทำงาน หมายถึง อายุงานการทำงานที่ผู้ให้ข้อมูลเริ่มเข้าทำงานในแผนกปั๊มโลหะ
จนถึงปัจจุบัน

การสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล หมายถึง อุปกรณ์ป้องกันการได้
ยินชนิดปลั๊กอุดหูแบบยางที่พนักงานสวมใส่ในการเข้าปฏิบัติงานกับเครื่องปั๊มโลหะ ที่ระดับอัตรา

การลดเสียง (NRR) 24 เดซิเบล

การออกแบบการทดลอง หมายถึง ผู้วิจัยมีการออกแบบทดลองทั้งหมด 4 กรณี ได้แก่
กรณีที่ 1 หมายถึง การศึกษาระดับความดังเสียงก่อนและหลังติดตั้งฉากดูดซับเสียง
โดยที่เปิดเครื่องปั๊มโลหะทั้ง 3 เครื่อง ทำงานพร้อมกันทั้งสามลักษณะ งานปั๊มตัดเหล็ก งานเจาะ
และงานพับ ที่ระยะเวลา 30 นาที ในระหว่างการเก็บข้อมูลระดับเสียง

กรณีที่ 2 หมายถึง การศึกษาระดับความดังเสียงก่อนและหลังติดตั้งฉากดูดซับเสียงโดยที่
เปิดเครื่องปั๊มโลหะแบบตัดเหล็ก ทั้ง 3 เครื่อง ที่ระยะเวลา 30 นาที ในระหว่างการเก็บข้อมูลระดับ
เสียง

กรณีที่ 3 หมายถึง การศึกษาระดับความดังเสียงก่อนและหลังติดตั้งฉากดูดซับเสียงโดยที่
เปิดเครื่องปั๊มโลหะแบบงานเจาะ ทั้ง 3 เครื่อง ที่ระยะเวลา 30 นาที ในระหว่างการเก็บข้อมูลระดับ
เสียง

กรณีที่ 4 หมายถึง การศึกษาระดับความดังเสียงก่อนและหลังติดตั้งฉากดูดซับเสียงโดย
ที่เปิดเครื่องปั๊มโลหะแบบพับ ทั้ง 3 เครื่อง ที่ระยะเวลา 30 นาที ในระหว่างการเก็บข้อมูลระดับเสียง



2048311787

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

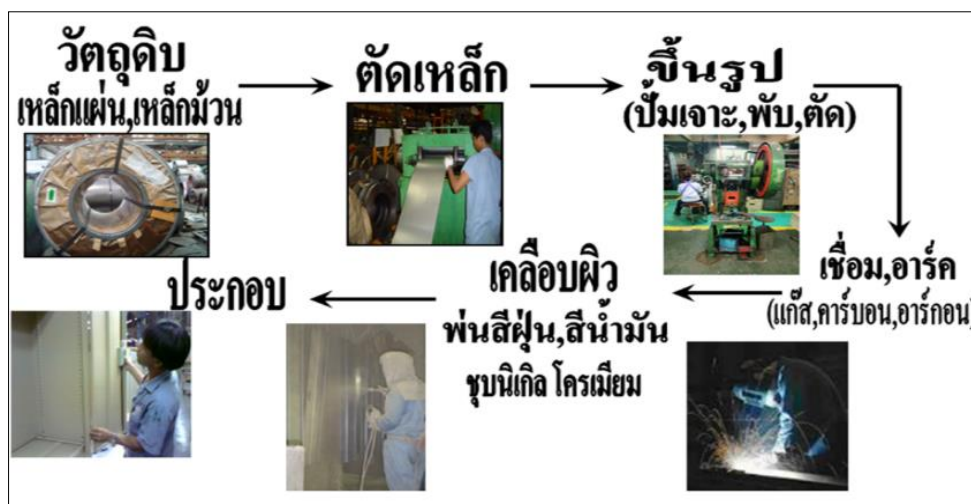
การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการออกแบบฉากจากวัสดุ โฟม โพลียูรีเทน เหลือใช้เพื่อลดซับเสียงเครื่องปั๊มโลหะในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ผู้วิจัยได้รวบรวมวรรณกรรมจากหนังสือ วิทยานิพนธ์ วารสารงานวิจัย และฐานข้อมูลออนไลน์ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีหัวข้อดังนี้

1. กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก
2. ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. โฟม โพลียูรีเทน
4. แนวคิดการออกแบบฉากลดเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์เหล็กส่วนใหญ่นิยมทำเป็นผู้เก็บเอกสาร โต๊ะทำงาน เก้าอี้ ชั้นวางของ ฯลฯ หากเป็นผู้เก็บเอกสาร และ โต๊ะทำงานมักเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในสำนักงาน แต่หากเป็นเก้าอี้และชั้นวางของมักเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ในบ้านและในห้องครัว เป็นต้น (อวายุทิไนท์, 2543) โดยกระบวนการผลิตส่วนใหญ่มีกระบวนการผลิตดังนี้ กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กประกอบด้วย ขั้นตอนการรับวัตถุดิบ ขั้นตอนการตัดเหล็ก ขั้นตอนการปั๊ม พับขึ้นรูป ขั้นตอนการเชื่อมและอาร์ค โลหะ ขั้นตอนการพ่นสี และขั้นตอนประกอบ ดังแสดงในภาพที่ 2





ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตเฟอร์ริเจอร์เหล็ก
ที่มา: บริษัทผลิตเฟอร์ริเจอร์เหล็กแห่งหนึ่ง, 2558

ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตมีการใช้แผ่นเหล็ก เครื่องจักร แม่พิมพ์ในกระบวนการ บ่มขึ้นรูปทำให้เกิดเสียงดังขึ้นในกระบวนการทำงาน เสียงจึงจัดเป็นมลพิษที่เป็นอันตรายสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญในเรื่องของการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมการทำงานให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของคนทำงานมากที่สุดเพราะจากการศึกษาการรับสัมผัสเสียงถือเป็นปัจจัยเสี่ยงในการทำงานทางกายภาพอย่างหนึ่งซึ่งพบว่า กระบวนการทำงานที่ทำให้เกิดเสียงนั้น จัดเป็นมลพิษที่คนไม่ต้องการได้ยินอาจมีผลเสียต่อสุขภาพและสมรรถภาพการได้ยิน (พรพิมล กองทิพย์, 2545) ผลการศึกษาพบว่า ความชุกของการเกิดประสาทหูเสื่อมจากการประกอบอาชีพ พบความชุกของการเกิดประสาทหูเสื่อมจากการประกอบอาชีพที่ระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง จากระดับความดันเสียงที่สัมผัส (ชิตยา รัชย์สร และคณะ, 2547) ซึ่งการบ่มขึ้นรูปเป็นอีกหนึ่งกระบวนการผลิตที่ทำให้เกิดเสียงโดยมีลักษณะสำคัญต่าง ๆ ในการเกิดเสียงดังนี้

กระบวนการบ่มขึ้นรูปโลหะ ตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร บันจัน และหม้อน้ำ พ.ศ. 2552 (กระทรวงแรงงาน, 2552) ได้กล่าวถึงลักษณะของ “เครื่องบ่มโลหะ หมายความว่า เครื่องจักรที่ใช้สำหรับการบ่ม ตัด อัด เถือน หรือขึ้นรูปชิ้นส่วน โลหะหรือวัสดุอื่น” กรรมวิธีที่ใช้ในงานบ่มขึ้นรูปโลหะแผ่นมีหลายกรรมวิธี แต่สามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีพื้นฐานหลักคือ

1. การตัดเฉือน (Shearing) ซึ่งแบ่งเป็นการป้อนเจาะ (Blaking) และการตัดเจาะรู (Piercing)

2. การดัด (Bending) หรือการขึ้นรูป (Forming)

3. การลากขึ้นรูป (Drawing) นอกจากนี้ยังมีกรรมวิธีดั้งเดิมอื่น ๆ เช่น การป้อนนูน (Embossing) การป้อนจม (Coining) การบีบอัด (Swaging) การฝานขอบ (Shaving) และการตัดขอบ (Trimming) การผลิตชิ้นงานโลหะแผ่นจะต้องใช้หลายกรรมวิธีเพื่อให้ออกมาเป็น 1 ชิ้นงาน จะมีทั้งส่วนที่ทำการป้อนขึ้นส่วนอะไหล่ย่อยโดยจะใช้เครื่องจักรขนาดเล็กกำลังไม่เกิน 5-10 ตัน หากป้อนชิ้นงานที่ขนาดใหญ่ขึ้นก็จะใช้เครื่องจักรที่มีกำลังสูงตั้งแต่ 10 ตันขึ้นไป ขึ้นกับประเภทและชนิดของชิ้นงาน จากการศึกษาของ Ismaila และ Odusote (2014) เสียงกระแทกในเครื่องจักรขนาด 200 ตัน และการเกิดเสียงถี่ ๆ แตกต่างกันไปถึง 30 เดซิเบล (Ismaila & Odusote, 2014) ดังนั้นเสียงจึงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่ต้องนำมาซึ่งการสร้างความตระหนักและการบริหารจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยในการทำงานต่อไปเสียงจากงานป้อนโลหะในโรงงานอุตสาหกรรมป้อนขึ้นรูปด้วยเครื่องป้อนโลหะ สามารถแบ่งเครื่องป้อนโลหะได้หลายลักษณะ (โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ, 2561) ดังนี้

1. แบ่งตามกลไกขับเคลื่อนของเครื่องป้อนโลหะ เช่น เครื่องป้อนโลหะแบบข้อเหวี่ยง (Crank press), Knuckle joint press, เครื่องป้อนโลหะแบบข้อต่อ (Link press), Hydraulic press, Screw press เป็นต้น
2. แบ่งตามลักษณะ โครงสร้างเครื่องได้เป็น เครื่องป้อนโลหะที่มีโครงสร้างรูปตัวซี (C-Frame press) และเครื่องป้อนโลหะที่มีโครงสร้างแบบปิดหรือโครงสร้างรูปตัวโอ (O-Frame press)
3. แบ่งตามแหล่งกำเนิดพลังงานได้เป็น เครื่องป้อนโลหะแบบไฮดรอลิก (Hydraulic press) และเครื่องป้อนโลหะแบบใช้กลไกทางกล (Mechanical press)
4. แบ่งตามจังหวะการทำงาน (Number of action) เช่น เครื่องป้อนโลหะแบบจังหวะเดียว (Single action) 2 จังหวะ (Double action) 3 จังหวะ (Triple action) แต่ละจังหวะจะนับตามจำนวนแรมที่มี เครื่องป้อนโลหะที่มี 2 แรม ก็จัดเป็นเครื่องในกลุ่มการทำงาน 2 จังหวะ
5. แบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ เช่น เครื่องป้อนโลหะในแนวตั้ง (Vertical) เครื่องป้อนโลหะในแนวนอน (Horizontal) เครื่องป้อนโลหะชนิดปรับมุมเอียง (Oblique)

โดยเครื่องป้อนโลหะในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กเป็นชนิดแบบข้อเหวี่ยง (Crank press) มีโครงสร้างเครื่องรูปตัวซี (C-frame press) และเครื่องป้อนโลหะที่มีโครงสร้างแบบปิดหรือโครงสร้างรูปตัวเอช (H-Frame press) ซึ่งมีให้เลือกกว่าจะเอาแบบ Single crank หรือ Double crank

โดยมีโครงสร้างเครื่องที่แข็งแรง ทนทาน ทำจากเหล็กหล่อทั้งตัวเครื่อง ระบบสั่งการด้วยมือ ทำงานด้วยระบบเพลาค้อเหวียงธรรมดาจึงทำให้เกิดเสียงดังแทนแม่พิมพ์บนเคลื่อนลงมากระทบกับแม่พิมพ์ด้านล่าง กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ นั่นคือเสียงที่เกิดจากกระบวนการผลิตไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมตามแหล่งกำเนิดเสียง เสียงสามารถเกิดขึ้นในหลายขั้นตอน ตัด บด เคาะ เจาะ กลึง (อนามัย (ธีรวิโรจน์) เทศกะทีก, 2556) พบว่าแหล่งกำเนิดเสียงสำคัญที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในการทำงาน และกิจกรรมต่าง ๆ ของวัน คืองานบ่มโลหะ เป็นอีกหนึ่งงานที่ถือได้ว่าเป็นงานที่เกิดเสียงดังและสามารถพิจารณาความดังของเสียงนั้นเป็นมลพิษทางเสียง (กรมควบคุมมลพิษ, 2544, พรพิมล กองทิพย์, 2545 และพจมาน ทำจิ้น, มปป.)

เสียงจากงานบ่มเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กนั้นไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เมื่อการนำเอาชิ้นงานน้อยใหญ่เข้าเครื่องบ่มโลหะเกิดการกระทบและเกิดเสียงดังโดยทั่วไปแล้วเสียงจากบ่มนั้นเกิดจากปัญหาของระบบไฮดรอลิกและระบบทางกล เช่น จากความไม่สม่ำเสมอของแรงดัน ปัญหาชิ้นส่วนทางกล ความไม่สมดุล และโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าบ่มทำงานในสถานะที่ไม่เหมาะสม เช่น ทำงานในความเร็วและแรงดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ หรืออุณหภูมิที่สูงกว่า 49 องศาเซลเซียส อาจทำให้เกิดเสียงดังมากขึ้นได้ เสียงเกิดจากการบ่มจะมี 2 ลักษณะคือเป็นเสียงที่ไม่ต่อเนื่องและกระจายอยู่ในช่วงความถี่ที่กว้าง โดยทั่วไปบ่มขนาดใหญ่จะเกิดเสียงดังกว่าบ่มขนาดเล็ก (ปิยะรัตน์ ปรีย์มาโนช, 2547) สถานประกอบการต้องพิจารณาถึงความสำคัญในการบริหารจัดการเพื่อให้เหมาะสมกับเสียงที่เกิดใน โรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายเสียง คือ พลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เกิดการถ่ายทอดพลังงานผ่านตัวกลางนั้น ๆ ไม่ว่าจะเป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ส่งผลให้เกิดความดันที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวกลางอากาศ และทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในรูปของคลื่น ที่เราเรียกกันว่าคลื่นเสียง (พิรัชญา มุสิกะพงษ์, 2556) เสียงโดยทั่วไป (Sound) แล้วนอกจากนี้ยังมีเสียงรบกวนหรือเสียงที่ไม่พึงประสงค์ (Noise) เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของเสียงเราสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

คุณสมบัติของเสียง เสียงจะประกอบไปด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ (พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ, 2553) ดังนี้

คลื่นเสียง เป็นคลื่นที่มีรูปแบบเฉพาะตัว มีความยืดหยุ่น คลื่นเสียงจะเกิดขึ้นเฉพาะในตัวกลางที่มีมวล มีความเฉื่อย และมีความยืดหยุ่น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางของอากาศได้เพราะมีทั้งความเฉื่อยและความยืดหยุ่น

ความถี่ คือ จำนวนครั้งต่อวินาทีที่เสียงเคลื่อนที่จากจุดกำเนิดแล้วกลับมาที่จุดสมดุลแล้วเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ไปครบ 1 รอบ ความถี่มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือ เฮิรตซ์ (Cycle/sec, Hz)

ความยาวคลื่น เป็นระยะที่วัดระหว่างจุด 2 จุด ในสองช่วงของคลื่น หรือ ระยะที่คลื่นเสียงเดินทางครบหนึ่งรอบ จะใช้แทนด้วย (Lamda, λ) แปลว่า ความยาวคลื่น

ความเร็วเสียง มีสูตรมาจาก ความเร็วของเสียง = (ความถี่ของเสียง) x (ความคลื่นเสียง)

$$\text{โดยที่} \quad C = f \lambda$$

เมื่อ C คือ ความเร็วของเสียง

f คือ ความเร็วของเสียง

λ คือ ความยาวคลื่นเสียง (หน่วยฟุต หรือ เมตร)

ความดันเสียง (Sound pressure) ได้มาจากกำลังสองของความดันเสียงที่แต่ละช่วงเวลามา รวมกันแล้วหารด้วยเวลา ทำให้ค่าความดันเสียง Root-mean-Square (rms) คือ ค่า Square root ของค่าความดันเสียงเฉลี่ยในช่วงเวลานั้น เป็นตัวชี้ที่มีวัดประโยชน์ ใช้แสดงขนาดของความดันเสียงมีหน่วยเป็น Micropascals (μ Pa), Newtons per square (N/ m²), Microbars (μ bar), Dyness per square centimeter (d/cm²) หน่วยต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ d/cm}^2 = 0.1 \text{ N/ m}^2 = 0.1 \mu\text{Pa}$$

มนุษย์มักวัดความดันเสียงในรูปของความเข้มของเสียง (Sound intensity) และระดับความเข้มเสียง (Sound intensity level) มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m²) โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{ความเข้มเสียง} = \frac{\text{กำลังเสียงของแหล่งกำเนิด}}{\text{พื้นที่ผิวทรงกลมที่คลื่นเสียงตกตั้งฉาก}}$$

$$I = \frac{P}{A}, \quad I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

เมื่อ I = ความเข้มเสียง หน่วย วัตต์/ตารางเมตร

P = กำลังเสียง หน่วย วัตต์

A = พื้นที่ผิวทรงกลมรองรับเสียงหน่วย ตารางเมตร

R = ระยะห่างจากแหล่งกำเนิด หน่วย เมตร

เนื่องจากผลการทดสอบพบว่า มนุษย์จะได้ยินเสียงที่ความเข้มต่ำสุดที่วัดต่อตารางเมตร และความเข้มสูงสุดที่สามารถทนฟังได้ที่ 1 วัดต่อตารางเมตร ดังนั้นถ้าจะทำการตรวจวัดความเข้มของเสียงก็คงไม่สะดวกที่จะวัดในลักษณะเช่นนี้ ในทางปฏิบัติจึงวัดความเข้มของเสียงในรูปของระดับความเข้มเสียง โดยใช้ความเข้มของเสียงต่ำสุดที่ได้ยินเป็นความเข้มของเสียงอ้างอิง และระดับความเข้มของเสียงที่วัดออกมาจะเป็นหน่วย เดซิเบล (Decibel, dB) โดยมีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

เมื่อ β = ระดับความเข้มของเสียง หน่วย เดซิเบล

I = ความเข้มของเสียง

I_0 = วัดต่อตารางเมตร

ดังนั้น เมื่อทำการคำนวณจากสูตรจะพบว่า เสียงต่ำสุดที่มนุษย์ได้ยิน คือ 0 เดซิเบล นอกจากเสียงที่วัดออกมาในรูปของความเข้มเสียง สามารถจำแนกเสียงตามลักษณะการเกิดของเสียงในการแบ่งประเภทเสียงออกเป็นได้ (พิรัชญา มุสิกะพงษ์, 2556) ดังนี้

1. เสียงดังต่อเนื่อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทย่อย คือ ดังต่อเนื่องแบบคงที่ เป็นเสียงที่มีระดับเสียงเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 3 เดซิเบล ได้แก่ เสียงเครื่องทอผ้า เสียงเครื่องจักร เสียงพัดลม เสียงเครื่องยนต์ เป็นต้น และเสียงดังต่อเนื่องที่ไม่คงที่ เป็นเสียงดังต่อเนื่องที่มีระดับเสียงเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 10 เดซิเบล ได้แก่ เสียงเลี้ยววงเดือน กบไสไม้ไฟฟ้า เสียงไซเรน เป็นต้น

2. เสียงดังเป็นช่วง ๆ เป็นเสียงที่ดังไม่ต่อเนื่อง มีความดังหือมากกว่าเป็นระยะ ๆ กลับไปมา ควรจะมีช่วงความถี่ในการเกิดครั้งละมากกว่า 1 วินาที ได้แก่ เสียงจากเครื่องอัดลม เสียงการจราจร เสียงเครื่องบินที่บินผ่านไปมา เป็นต้น

3. เสียงกระทบหรือเสียงกระแทก คนงานไม่ได้รับเสียงกระทบที่มีความดันเสียงมากกว่า 140 เดซิเบล ลักษณะของเสียงของเสียงคือเป็นเสียงดังที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดอย่างรวดเร็วในเวลาสั้นกว่า 1 วินาที ระยะเวลาในการเกิดควรมีน้อยกว่า 0.5 วินาทีต่อครั้งและไม่ควรเกิดซ้ำกันมากกว่า 1 ครั้งต่อวินาที เสียงกระทบหรือเสียงกระแทกถือเป็นเสียงที่อันตรายมาก โดยต้องได้รับการประเมินค่ายอมรับได้ในการรับสัมผัส

นอกจากนี้ยังมีหน่วยสากลที่ใช้วัดความดังเสียง คือ หน่วยเดซิเบล (dB) ไม่มีเครื่องมือชนิดใดสามารถแยกประเภทของเสียงได้ มีเพียงมนุษย์เท่านั้นที่สามารถจำแนกตามการรับรู้ (พิรัชญา มุสิกะพงษ์, 2556) ตามแหล่งกำเนิดเสียง เสียงในสถานประกอบการสามารถเกิดขึ้น

ในหลายขั้นตอน ตัด บด เคาะ เจาะ กลึง (อนามัย (ธีรวิโรจน์) เทศกะทีก, 2556) พบว่า แหล่งกำเนิดเสียงสำคัญที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในการทำงาน และกิจกรรมต่าง ๆ ของวัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญจะมักจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ในกิจกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน

ระดับเสียง (dB(A))	แหล่งกำเนิดเสียง	อันตรายต่อสุขภาพ
30	เสียงกระซิบ	ไม่มีอันตราย
50	เสียงพิมพ์ดีด	ก่อความรำคาญทางอารมณ์
60	เสียงสนทนาทั่วไป	ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์
70	เครื่องจักรในโรงงาน อุตสาหกรรมระดับปกติ	อาจก่อให้เกิดความดันในร่างกายความเครียด ระยะยาว
80	เสียงดังจราจรตามปกติ	อันตรายต่อระบบประสาท ประสาทหูเสื่อมเร็ว
90	เครื่องจักรที่มีความเร็วรอบ สูง	อาจหูหนวกเมื่อสูงอายุ
100	เสียงชุด เจาะดิน, ถนน	อันตรายต่อประสาทหูและและเกิดความเครียด ในร่างกาย
120	เสียงกระทบของโลหะและ เครื่องปั๊มโลหะ	อันตรายมากต่อประสาท เครียดและกลายเป็นคน โมโหง่าย นำมาซึ่งโรคความดัน
140	เสียงเครื่องบิน	อันตรายต่อระบบไหลเวียนของโลหิต อันตราย ต่อระบบประสาทของการได้ยิน
> 140 ขึ้นไป	เสียงปืน เสียงระเบิด	อันตรายโยยับปล้นต่อระบบประสาทของ การเห็นและการได้ยินหัวใจเต้นเร็ว เกิด ความเครียด และความดันสูงในร่างกาย อาจเกิดอาการประสาทหลอนตามมา

ที่มา: สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, 2546

โดยทิศทางเคลื่อนที่ของเสียงนั้นสามารถแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการกระจาย (พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ, 2553) ดังนี้

การสะท้อนของเสียงเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงกระทบกับผิวที่เป็นของแข็งหรือผิวเรียบ โดยที่คลื่นเสียงที่สะท้อนจากพื้นที่ผิวจะทำมุมตั้งฉากกับคลื่นเสียงที่ตกกระทบหรือมุมตกเท่ากับมุมสะท้อน เสียงมีการสะท้อนเหมือนกับคลื่น เป็นไปตามกฎการสะท้อน โดยที่เมื่อเสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากจะมีการสะท้อนของคลื่นเสียงเกิดขึ้นซึ่งเฟสจะเปลี่ยนไป 180 องศา แต่ถ้าเสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีการสะท้อนเพียงบางส่วนซึ่ง การสะท้อนนี้คลื่นเสียงจะมีเฟสเท่าเดิม

การหักเห หมายถึง การที่คลื่นเสียงเกิดการเบี่ยงเบนเมื่อคลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง จากกฎทางฟิสิกส์ของ Snell กล่าวว่า เสียงจะเปลี่ยนทิศทางเมื่อเดินทางไปสู่ตัวกลางที่ทำให้เสียงมีความเร็วแตกต่างกัน ซึ่งตัวกลางอาจจะเป็นตัวกลางชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และ กระแสลม

การเบี่ยงเบน เป็นปรากฏการณ์ของคลื่นเสียงเบี่ยงเบนรอบกำแพงหรือผนังกัน โดยจะเกิดขึ้นเมื่อความยาวคลื่นเสียงที่เกิดขึ้นบนกำแพงหรือผนังกันนั้นมีขนาดเท่ากับ หรือใหญ่กว่า ความกว้างของกำแพงหรือสิ่งกั้นนั้น ๆ ปรากฏการณ์นี้ทำให้ผู้รับเสียงได้รับเสียงน้อยลงจากการกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดกับผู้รับเสียงการกระจายของเสียงต่อการแพร่กระจายของเสียงไปอย่างเท่าเทียมกัน โดยเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงสะท้อนไปยังพื้นผิวที่มีลักษณะโค้งหรือมีพื้นผิวไม่เรียบ การกระจายของเสียงในลักษณะนี้เป็นที่ต้องการของการออกแบบโรงละคร สถานที่จัดคอนเสิร์ต และห้องอัดเสียง

อันตรายของเสียง แบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

อันตรายของเสียงต่อระบบการได้ยินนั้นส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญ (Bluyssen, 2010) ระดับความดังเสียงที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้คือ 0-130 เดซิเบล อยู่ในช่วงความถี่ 20-20,000 เฮิรตซ์ แต่ความถี่ที่มนุษย์จะรับรู้ได้ในช่วง 1-125 เฮิรตซ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ซึ่งไม่มนุษย์สามารถรับเสียงที่ไม่อันตรายได้คือ 55-60 เดซิเบล (Bronzaft & Hagler, 2010) โดยช่วงความถี่ที่หูได้ยินชัดเจนที่สุดคือ 1,000-4,000 เฮิรตซ์ และสามารถรับเสียงได้ดีที่สุดคือ 3,000-4,000 เฮิรตซ์ และช่วงดังกล่าวมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการสูญเสียการได้ยิน (Goelzer et al., 2001) หูเรานั้นสามารถรับฟังเสียงได้ตั้งแต่ความถี่ 20 เฮิรตซ์ ถึง 20,000 เฮิรตซ์ แต่ช่วงความถี่ของเสียงที่มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากคือ ช่วงความถี่ของเสียงพูด หรือความถี่ 500-3,000 เฮิรตซ์ นอกจากนี้หูยังมีความสามารถและความอดทนในการรับฟังเสียงในขอบเขตจำกัด หากเสียงเบาเกินไปก็จะไม่ได้ยิน แต่ถ้าเสียงดังเกินไปก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อหู หรือมีอาการปวดหู สำหรับผู้ที่

ต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงดังมาก ๆ โดยเฉพาะผู้ที่ทำงานในอุตสาหกรรมที่มีเสียงดัง เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานปิ้งโลหะ (ศูนย์วิเคราะห์สุขภาพฯ, มปป.) ส่วนใหญ่เป็นอันตรายที่เกิดขึ้นกับหูชั้นในที่ อวัยวะรับเสียงซึ่งเป็นอวัยวะที่ละเอียดอ่อนและเปราะบางมาก โดยจะมีการเคลื่อนไหว สั่นสะเทือน อยู่ตลอดเวลาที่ได้ยินเสียง เสียงยิ่งดังมากก็จะยิ่งทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของอวัยวะรับเสียงมากขึ้น เป็นเหตุให้เกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ หรือเกิดการทำลายเซลล์ประสาททำให้เกิดอาการหูตึง หูอื้อ หูน้ำหนวกได้ (อนามัย (ศิริวิโรจน์) เทศกะทิก, 2556) นอกจากนี้ สถานการณ์ในประเทศไทยมีอุบัติการณ์การเกิดโรคหูเสื่อมจากเสียงดังเพิ่มขึ้น (อถิติทธ์ รัตนารักษ์และคณะ, 2560) ข้อมูลจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ในปี 2556 พบว่า มีผู้ป่วยจำนวน 2,695 ราย และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2557-2559 จำนวน 3,674 ราย 24,690 และ 56,055 ราย ตามลำดับ(สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2559) การสูญเสียการได้ยินแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะที่ปรากฏในประเทศไทย (เกษม จันทรแก้ว, 2541) ได้แก่

1. การสูญเสียการได้ยินแบบชั่วคราว (Temporary hearing loss) เกิดขึ้นเมื่อหูได้รับเสียงดังสม่ำเสมอและต่อเนื่องกัน ที่มีระดับความเข้มสูงถึงระดับอันตราย 100 เดซิเบล หรือสูงกว่า ความถี่ของเสียงที่พบว่า ก่อให้เกิดการสูญเสียการได้ยินเพียงชั่วคราวเป็นส่วนใหญ่ คือ ที่ความถี่ 4,000 และ 6,000 เฮิรตซ์ นอกจากนี้ระยะเวลาในการรับเสียงจะต้องนานพอควร โดยอาการหูตึงหรือหูอื้อชั่วคราวสามารถกลับเป็นปกติได้หลังจากพัก 2-3 ชั่วโมง หรือในวันหลังจากได้ออกจากบริเวณที่มีเสียงดัง (อนามัย (ศิริวิโรจน์) เทศกะทิก, 2556; สำนักโรคจากการประกอบ, 2547)

2. การสูญเสียการได้ยินแบบถาวร (Permanent hearing loss) เกิดขึ้นเมื่อหูได้รับเสียงที่มีความเข้มสูงมากเป็นประจำ และเป็นระยะเวลานานหลาย ๆ ปีโดยการสูญเสียการได้ยินแบบถาวรนี้ไม่มีโอกาสกลับคืนสู่สภาพการได้ยินเป็นปกติได้ และไม่มีทางรักษาให้หายได้เลย ช่วงความถี่ที่ทำให้เกิดการสูญเสียการได้ยินแบบถาวรอยู่ระหว่าง 3,000-6,000 เฮิรตซ์ และส่วนใหญ่จะพบ ที่ความถี่ 4,000 เฮิรตซ์ ที่ระดับความเข้ม 65 เดซิเบลหรือสูงกว่า (อนามัย (ศิริวิโรจน์) เทศกะทิก, 2556)

อันตรายของเสียงต่อสุขภาพทั่วไป นอกจากเสียงดังจะกระทบต่อการบาดเจ็บของหูเฉียบพลัน และรบกวนการทำงานแล้ว เสียงดังยังมีผลเสียต่อสุขภาพอนามัยอื่น ๆ ได้ด้วย เช่น การทำหน้าที่ผิดปกติของระบบประสาท ระบบการไหลเวียนโลหิต นอกจากนั้นเสียงดังยังมีผลกระตุ้นให้เกิดการเกร็งกล้ามเนื้อ ความดันโลหิตสูง เป็นต้น (อนามัย (ศิริวิโรจน์) เทศกะทิก, 2556) จากบทความทางวิชาการของปารยะ อาศนะเสน ภาควิชาโสต นาสิก ลาริงซ์วิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล ผู้สัมผัสเสียงดังส่งผลต่อความดันโลหิตที่สูง และความดันโลหิตที่สูงขึ้นอาจมีผลต่อผู้ป่วยที่มีปัญหาหูอื้อ เสียงดังในหู โดยจะทำให้เส้นเลือดหดตัว ทำให้เลือดไปเลี้ยงประสาทหู และอวัยวะทรงตัวได้น้อย ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการได้ยิน (ปารยะ อาศนะเสน,

2553) ผลกระทบของเสียงทางด้านอื่น ๆ เช่น รบกวนการนอนหลับ สร้างความรำคาญ (Annoyance) รบกวนการทำงานและลดประสิทธิภาพของการทำงาน รบกวนการติดต่อสื่อสารและอื่น ๆ

ดังรายงานผลของเสียงรบกวนที่มีต่อการทำงาน ดังนี้

1. เสียงที่มีระดับตั้งแต่ 90 เดซิเบลเอ ขึ้นไปจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงาน
2. ระดับเสียงที่เปลี่ยนค่าอย่างรวดเร็วจะรบกวนการทำงานตามลักษณะของ

การเปลี่ยนแปลง

3. เสียงรบกวนจะไม่ทำให้อัตราเร็วในการทำงานลดลง แต่จะทำให้ขาดความถูกต้อง

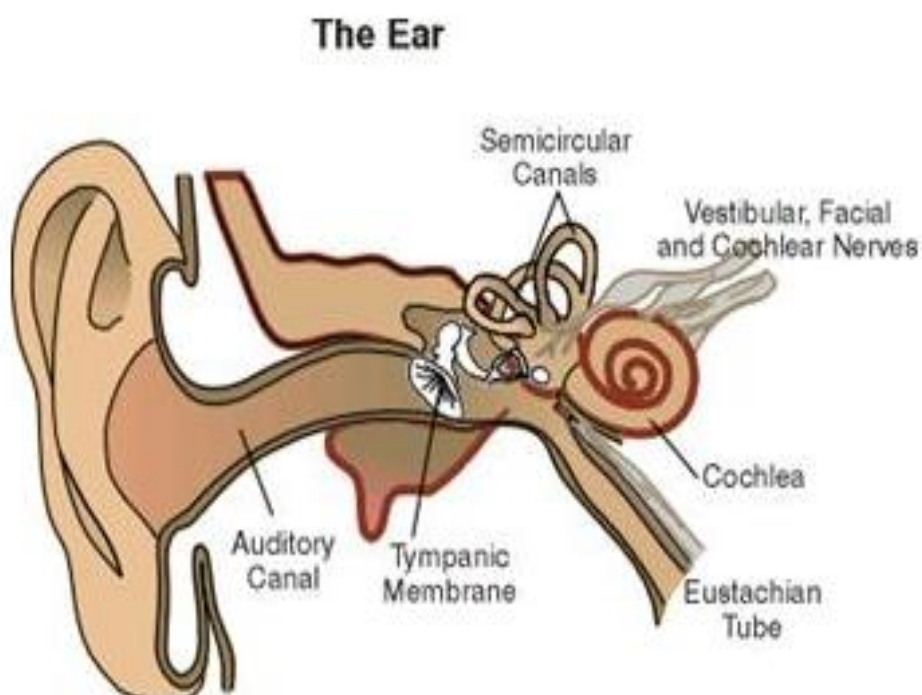
แม่นยำ

4. การอ่านหนังสือจะอ่านจำนวนหน้าได้มากขึ้น แต่ความเข้าใจและการจับใจ

ความจะน้อยลง

พบว่า เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงจะเดินทางด้วย 3 เส้นทาง โดยแบ่งเป็นเส้นทางโดยตรง จากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้รับสัมผัสเสียงโดยผ่านทางอากาศ เส้นทางที่เสียงเดินทางผ่าน โครงสร้างต่าง ๆ เช่น พื้น ท่อ ไปยังผู้รับสัมผัสเสียงในเส้นทางนี้ว่า Structure-bone noise และ เส้นทางที่มาจากการสะท้อนของเสียงที่ผนังพื้น เพดาน แล้วเดินทางผ่านอากาศไปยังผู้รับสัมผัส เสียง เรียกเสียงในเส้นทางนี้ว่า เสียงสะท้อน มนุษย์สามารถได้ยินเสียงผ่านกลไกทางธรรมชาติของ ร่างกาย ดังภาพที่ 3 หูเป็นอวัยวะของร่างกายที่ใช้รับเสียง แบ่งออกได้ 3 ส่วน (ปรีชา อนุพงษ์อาจ, มปป.) ได้แก่ หูส่วนนอก หูส่วนกลางและหูส่วนใน ส่วนแรกจะเรียกว่าหูส่วนนอก ประกอบด้วย ใบหู ช่องหูหรือรูหู (Auditory canal) และเยื่อแก้วหู (Tympanic membrane) โดยใบหูจะทำหน้าที่ ในการรับเสียง สำหรับในสัตว์บางชนิด หูส่วนนี้จะมีความใหญ่เพื่อใช้หาทิศทางของแหล่งกำเนิด เสียง ส่วนช่องหูมีลักษณะเป็นท่อยาว ดังนั้นความดันของเสียงตอนปลายท่อด้านในที่ปิดอยู่จึงมี มากกว่าปากท่อด้านนอก ความดันที่เพิ่มขึ้นนี้จะเกิดเมื่อความยาวของ คลื่นเสียงยาวกว่าความยาวท่อ 4 เท่า คือ ความดังเมื่อผ่านช่องหูจะเพิ่มขึ้น 12 เดซิเบล ในช่วงความถี่ 2,400-4,000 เฮิรตซ์ แต่ถ้า ความยาวคลื่นต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้ ความดังเมื่อผ่านช่องหูจะเพิ่มเพียง 5 เดซิเบล ในช่วงความถี่ 2,000-6,000 เฮิรตซ์ช่องหูทำหน้าที่ในการกำทอนเสียง (Resonance) ซึ่งสั้นด้วยความถี่ประมาณ 3000 เฮิรตซ์ แล้วส่งไปยังเยื่อแก้วหู นอกจากนี้แล้ว ช่องหูยังช่วย ในการควบคุมอุณหภูมิและ ความชื้นให้มีค่าคงที่ และยังเป็นเครื่องป้องกันอันตรายให้แก่หูอีกด้วย เยื่อแก้วหูเป็นส่วนกั้น ระหว่างหูชั้นนอกกับหูชั้นกลาง โดยแยกอากาศในช่องหูชั้นนอกไม่ให้ติดต่อกับหูชั้นกลาง เยื่อแก้ว หูทำหน้าที่เป็นเครื่องรับความดันเสียง ส่วนถัดมาหูส่วนกลางทำหน้าที่ปรับคลื่นเสียงเพื่อให้เข้าไป กระตุ้นหูชั้นใน โดยการเปลี่ยนพลังงานเสียงจากอากาศให้ผ่าน ช่องหูชั้นกลาง เข้าไป เป็น การสั่นสะเทือนของของเหลว ภายในหูชั้นกลางประกอบด้วยกระดูกสามชิ้น (Ossicles) คือ กระดูก

รูปน้อน กระดูกรูปทั่ง และกระดูกรูปโกลนซึ่งยึดกันอย่างสมดุลด้วยระบบคานาคิดคานงัด (Lever system) ตรงบริเวณปลายกระดูกรูป โกลนจะติดต่อกับ หน้าต่างรูปไข่ กระดูกทั้งสามทำหน้าที่ เปลี่ยนคลื่นเสียงที่มากระทบแก้วหูให้เป็นคลื่นของเหลวขึ้นในหูส่วนใน หูส่วนกลางนี้ติดต่อกับ โพรงอากาศผ่านหลอดยูสเตเชียน (Eustachian) ปกติช่องนี้จะปิด แต่ในขณะที่เคี้ยวหรือกลืนอาหาร ท่อนี้จะเปิด อากาศภายในหู ส่วนกลาง จึงสามารถติดต่อกับภายนอกได้ เป็นการปรับความดัน 2 ด้านของเยื่อแก้วหูให้เท่ากัน ทำให้การได้ยินดีขึ้นและส่วนสุดท้ายหูส่วนในประกอบด้วยหลอด ครึ่งวงกลม 3 หลอด (Semicircular canals) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการสมดุลของร่างกาย และกระดูก รูปหอย (Cochlea) ซึ่งเป็นช่องมีลักษณะคล้ายหอยโข่ง ภายในบรรจุของเหลวมีเยื่อบาซิลาร์ (Basilar) ซึ่งอยู่เกือบตลอดความยาว ยกเว้นปลายสุด ตรงปากทางเข้าเป็นช่องเปิดรูปไข่และวงกลม ตลอดความยาวของเยื่อบาซิลาร์มีปลายประสาทที่ไวต่อเสียงที่มี ความถี่ต่ำ ๆ กันเรียงรายอยู่ ปลาย ประสาทที่อยู่กันก่อนไปทางช่องเปิดรูปไข่จะไวต่อเสียงที่มีความถี่สูง ส่วนปลายประสาทที่อยู่ลึก เข้าไปข้างในจะไวต่อเสียงที่มีความถี่ต่ำ



ภาพที่ 3 กายวิภาคศาสตร์ของหู
ที่มา: ปรีชา อนุพงษ์อ้อจ (มปป.)

ตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้
ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวันของไทยให้กำหนดค่ามาตรฐานการทำงาน
เกี่ยวกับเสียงไว้ (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2561) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน

ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (TWA) ไม่เกิน (เดซิเบลเอ)	ระยะเวลาการทำงานที่ได้รับเสียงต่อวัน	
	ชั่วโมง	นาที
82	16	-
83	12	42
84	10	5
85	8	-
86	6	21
87	5	2
88	4	-
89	3	11
90	2	31
91	2	-
92	1	35
93	1	16
94	1	-
95	-	48
96	-	38
97	-	30
98	-	24
99	-	19
100	-	15
101	-	12
102	-	9
103	-	7.5

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (TWA) ไม่เกิน (เดซิเบลเอ)	ระยะเวลาการทำงานที่ได้รับเสียงต่อวัน	
	ชั่วโมง	นาที
104	-	6
105	-	5
106	-	4
107	-	3
108	-	2.5
109	-	2
110	-	1.5
111	-	1

ที่มา: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2561)

โดยในกฎหมายฉบับนี้ได้มีหมายเหตุระบุถึงการรับเสียงและระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงานไว้ว่า ระยะเวลาการทำงานที่ได้รับเสียงและระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (TWA) ให้ใช้ค่ามาตรฐานที่กำหนดในตารางข้างต้นเป็นลำดับแรก หากไม่มีค่ามาตรฐานที่กำหนดตรงตามตารางให้คำนวณจากสูตร ดังนี้

$$T = \frac{8}{2^{(L-85)/3}}$$

เมื่อ T คือ เวลาการทำงานที่ยอมให้ได้รับเสียง (ชั่วโมง)

L คือ ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)

ในกรณีที่ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (TWA) ที่ได้จากการคำนวณมีเศษทศนิยมให้ตัดเศษทศนิยมทิ้ง อย่างไรก็ดี ปัจจุบันมีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถวัดระดับเสียงเพื่อให้ความใกล้เคียงกับที่หูของมนุษย์สัมผัสเพื่อใช้งานในเชิงของการป้องกันปัญหาสุขภาพที่เกิดการทำงานสัมผัสเสียง จากการศึกษาของดวงเดือน ฤทธิเดช และคณะ (2560) ได้กล่าวถึงการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอาจต้องมีโปรแกรมในการให้ความรู้กับพนักงานถึง

อันตรายของเสียงที่เสี่ยงต่อภาวะการเกิดการสูญเสียการได้ยินในอนาคตหากสัมผัสเสียงดังเกิน 85 เดซิเบลเอ ตลอดระยะเวลาการทำงาน หากพนักงานไม่ให้ความร่วมมือในการป้องกันก็มีโอกาสเกิดการสูญเสียการได้ยินมากกว่าคนปกติถึงแม้ว่าสถานประกอบการจะจัดให้มีโครงการอนุรักษ์การได้ยินแต่ปัญหาที่พบคือลูกจ้างไม่ได้ให้ความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรม (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2551; 2553) จากการศึกษาอนวัช ชื่นม่วง (2558) การลดการสัมผัสเสียงดังของพนักงานแบบมีส่วนร่วมในสถานประกอบการ คิสโก้เทคโนโลยีและบริเวณโดยรอบในพื้นที่ถนนข้าวสาร เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research) ร่วมหามาตรการในการลดการสัมผัสเสียงดังผลการวิจัยพบว่า ระดับเสียงก่อนกิจกรรมปรับปรุงแก้ไขมีค่าระดับเสียงเฉลี่ย 8 ชั่วโมง (LAeq) อยู่ระหว่าง 90.7-98.7 dB(A) ปริมาณเสียงสะสมที่พนักงานได้รับสัมผัสตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง ตำแหน่ง บาร์เทนเดอร์และเสิร์ฟ จำนวนทั้งหมด 18 คน พบว่า มีค่าเฉลี่ย (TWA) อยู่ระหว่าง 89.4-107.2 dB(A) เทียบ % Dose มีค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ 92.9-767.2 สถานบันเทิงได้เลือกใช้นโยบายการควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง โดย ลดระดับเสียงจากเครื่องขยายเสียง หยุดการเปิดเพลง ในช่วงที่ยังไม่มีลูกค้า จัดระบบการหมุนเวียนให้พนักงานมีช่วงพักการสัมผัสเสียงในห้องเงียบและพนักงานใส่ที่อุดหูขณะปฏิบัติงาน สถานการณ์ระดับเสียงหลังการจัดกิจกรรมปรับปรุงแก้ไขพบว่ามีค่า ระดับเสียงเฉลี่ย 8 ชั่วโมง (LAeq) อยู่ระหว่าง 87.2-94.3 dB(A) ปริมาณเสียงสะสมที่พนักงานได้รับสัมผัสตลอดเวลา การทำงาน 8 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย (TWA) อยู่ระหว่าง 85.0-96.8 dB(A) โดยปกติจะมีเครื่องมือที่ใช้วัดความดังเสียง ดังนี้

เครื่องมือวัดระดับเสียง

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดเสียงมีหลายชนิด ควรเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับลักษณะเสียงที่ต้องการประเมิน (พิรัชญา มุสิกะพงษ์, 2556) ดังนี้

1. เครื่องวัดระดับความดังของเสียง (Sound level meter)



ภาพที่ 4 เครื่องวัดระดับความดังของเสียง (Sound level meter)

เป็นเครื่องมือในการวัดระดับเสียง สามารถวัดระดับเสียง ได้ตั้งแต่ 40-140 เดซิเบล โดยทั่วไปผู้ผลิตจะผลิตเครื่องวัดเสียงที่สามารถวัดระดับเสียงได้ 3 ข่ายถ่วงน้ำหนัก (Weighting networks) คือ A,B และ C ข่ายที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ ข่าย A เพราะเป็นข่ายตอบสนองต่อเสียง คล้ายคลึงกับหูคนมากที่สุด หน่วยวัดของเสียงที่วัดด้วยข่าย A คือ เดซิเบลเอ dB(A)

2. เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise dosimeter)



ภาพที่ 5 เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise dosimeter)

เป็นเครื่องมือที่ถูกออกแบบมาอำนวยความสะดวกในการประเมินการสัมผัสเสียงที่มีระดับความดังเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ตลอดระยะเวลาการทำงาน โดยเครื่องวัดชนิดนี้ จะทำการบันทึก ระดับเสียง ระยะเวลาที่ได้สัมผัสที่ระดับความดังต่าง ๆ ตลอดเวลาที่พนักงานได้รับ พร้อมคำนวณ ปริมาณเสียงสะสมที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ (ค่า D มีหน่วยเป็นร้อยละ) และหรือค่าเฉลี่ยของระดับ ความดังตลอดเวลา ที่เครื่องวัดนี้ทำงานเครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม ต้องมีคุณลักษณะสอดคล้องกับ มาตรฐาน IEC 61252 หรือเทียบเท่า หรือดีกว่า

แนวทางการป้องกันเสียง การพิจารณาการควบคุมเสียงมักพิจารณาตามลำดับความสำคัญ ในการแก้ไข 3 จุด คือ ที่แหล่งกำเนิด ทางผ่านของเสียง และตัวผู้รับเสียง (ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และคณะ, 2541; สราวุธ สุธรรมมาสา, 2551; Kunz, 2011) ดังนี้

แหล่งกำเนิดเสียง ในแง่หลักการแล้ว การควบคุมเสียงที่ดีที่สุด ยกเว้นการซื้อเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ใหม่ที่ไม่ทำให้เกิดเสียงดังเวลาใช้งาน คือการควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง จึงเป็นเรื่อง สำคัญที่ต้องชี้บ่งให้ได้ว่าเสียงที่จะทำการควบคุมนั้นมีต้นกำเนิดมาจากที่ใด

แหล่งกำเนิดเสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ เกิดเป็นเสียงที่คนเราได้ยิน ซึ่งเป็นเสียงที่อยู่ในช่วงความถี่ 20-20,000 เฮิรตซ์ ขอให้พิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้ที่จะเป็นแหล่งหรือต้นกำเนิดเสียง

1. พื้นผิวที่สั่นสะเทือน เช่น แผงหรือแผ่น (Panel) ไม่ว่าจะเป็นไม้หรือโลหะก็ตาม
2. การกระทบทางกล (Mechanical impact) เช่น การป้อนโลหะ
3. การเคลื่อนไหวหรือการสั่นของก๊าซ (Pulsating gas flows) เช่น กรณีของก๊าซที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ (Reciprocating engines)

4. การอัดและการขยายตัวของตัวกลางที่อยู่รอบ ๆ ที่เกิดจากการทำงาน เช่น การทำงานของฟันเกียร์การหมุนของใบมีดผ่านวัตถุที่อยู่กับที่

5. การไหลของอากาศรอบ ๆ สิ่งกีดขวางหรือบนพื้นผิวต่าง ๆ เช่น อากาศที่ไหลผ่านลูกกรงตาข่าย โครงครอบ หรือกรณีปีกเครื่องบิน

ทางผ่านเสียง เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงจะเดินทางด้วย 3 เส้นทาง ดังนี้

1. เส้นทางโดยตรงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้สัมผัสเสียงเรียกเสียงที่เดินทางในเส้นทางนี้ว่าเสียงตรง (Direct noise) หรือเสียงผ่านอากาศ (Airborne noise)
 2. เส้นทางที่เสียงเดินทางผ่านโครงสร้างต่าง ๆ เช่น พื้น ท่อ ไปยังผู้สัมผัสเสียง เรียกเสียงในเส้นทางนี้ว่า Structure-borne noise หรือถ้าเป็นการเดินทางทางพื้น จะเรียกเป็น Ground borne noise
 3. เส้นทางที่มาจากสะท้อนของเสียงที่ผนัง พื้น เพดาน แล้วเดินทางผ่านอากาศไปยังผู้สัมผัสเสียง เรียกเสียงในเส้นทางนี้ว่า เสียงสะท้อน (Reverberant or reflected noise)
- ผู้สัมผัสเสียง ในส่วนของตัวผู้ปฏิบัติงานอาจจะจัดที่ทำงานใหม่ หรือด้วยวิธีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียง (Hearing protector)

โดยส่วนใหญ่ในลำดับแรกของการพิจารณาเรื่องการควบคุมเสียง จะพิจารณาว่าจะสามารถควบคุมเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงได้หรือไม่ ถ้าได้ได้ด้วยวิธีใด หากพบว่า การควบคุมเสียงที่แหล่งกำเนิดสามารถลดระดับเสียงลงมาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแล้ว ก็อาจไม่จำเป็นต้องทำการควบคุมเสียงที่จุดอื่น แต่หากพบว่า ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ก็มาถึงลำดับถัดไปที่จะพิจารณาว่าจะทำการควบคุมเสียงที่ทางผ่านของเสียงได้อย่างไร ในลำดับนี้จะต้องทำการชี้แจงเส้นทางเดินของเสียงว่ามีกี่เส้นทาง แล้วจึงพิจารณาว่าในแต่ละเส้นทางนั้นจะทำการควบคุมเสียงด้วยวิธีใดดีถึงจะได้ผล และลำดับสุดท้าย หากพบว่า ระดับเสียงยังไม่อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ก็จะพิจารณาทำการควบคุมเสียงที่ผู้สัมผัสเสียงต่อไป สำหรับวิธีการควบคุมเสียง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 วิธีการควบคุมเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียง ทางผ่าน และผู้สัมผัสเสียง

จุดที่จะทำการควบคุมเสียง	วิธีการควบคุมเสียง
แหล่งกำเนิดเสียง	ปรับปรุง (Modify) ออกแบบใหม่ (Redesign) จัดวางที่ใหม่ (Relocate) บำรุงรักษา (Maintenance)
ทางผ่านของเสียง	ปิดคลุม (Enclosure) ดูดซับเสียง (Absorption) ขวางกั้นเสียง (Barrier) กั้นการสั่นสะเทือน (Vibration isolation)
ผู้สัมผัสเสียง	ปิดคลุม ดูดซับเสียง จัดที่ทำงานใหม่ สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียง (Hearing protector)

ที่มา: สราวุธ สุธรรมมาสา (2551)

โฟมโพลียูรีเทน

โฟมโพลียูรีเทนเกิดการสังเคราะห์ของสาร โพลีออล 2 ส่วนคือ โพลีเอสเตอร์พอลิออล และโพลีอีเทอร์พอลิออลกับสารไอโซไซยานาตร่วมกับน้ำยาที่ช่วยให้โฟมฟูตัว โดยการทำปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้เกิดรูพรุน (Duquesne et al., 2001) สามารถแบ่ง โฟม โพลียูรีเทนออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. โฟมโพลียูรีเทนชนิดหืดหยุ่น ลักษณะโครงสร้างจะเป็นเซลล์เปิด ความหนาแน่นขึ้นกับสารฟูที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับไอโซไซยานาต โฟมชนิดนี้มีความอ่อนนุ่ม สามารถรับแรงกระแทกได้ดี และทนต่อการกดอัด
2. โฟมโพลียูรีเทนชนิดแข็ง โฟมชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นเซลล์ปิด มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งนิยมประยุกต์ใช้ในงานด้าน โครงสร้าง เช่น การบุผนังหรือปูหลังคาภายใน

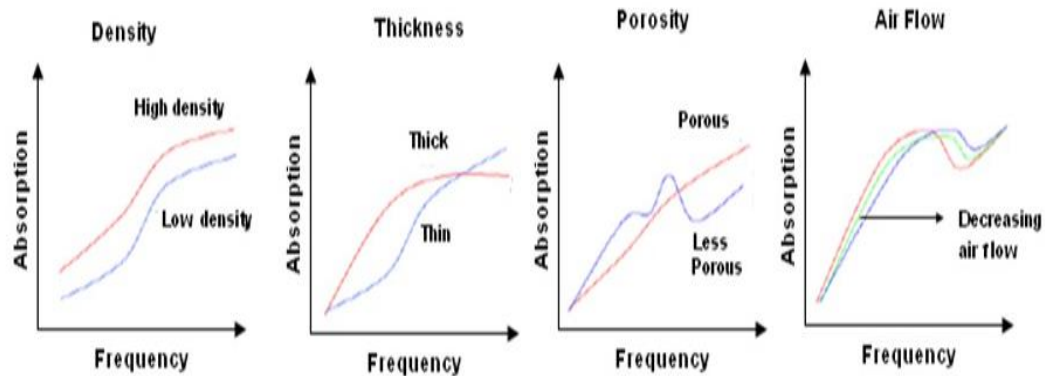
จากคุณสมบัติและลักษณะเด่นของโฟมโพลียูรีเทนทั้ง 2 ประเภทนั้นมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม โฟมโพลียูรีเทน (กุลธิดา เจริญสวัสดิ์, 2555) คือ ในหนึ่งวัสดุที่มีความหลากหลายมากที่สุดในปัจจุบันที่มีการใช้งานในหลายผลิตภัณฑ์ไม่ว่าจะเป็นโฟมนี้มในเฟอร์นิเจอร์จนถึงเป็นฉนวนแข็งในผนัง หลังคา หรือเป็นวัสดุเทอร์โมพลาสติกในอุปกรณ์เครื่องมือแพทย์ เป็นยางรองเท้า ใช้เป็นวัสดุเคลือบผิว ใช้เป็นกาว ใช้ซีล เป็นพื้นยางสังเคราะห์ และวัสดุตกแต่งภายในรถยนต์ (Lee et al., 2002; Albert et al., 2008)

โฟมโพลียูรีเทน เป็นพอลิเมอร์อินทรีย์ที่ถูกคิดค้นขึ้นในประเทศเยอรมันในปี ค.ศ. 1960 มีคุณสมบัติกึ่งกลางระหว่างยางและพลาสติก ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นคือ เป็นฉนวนกันความร้อน ดูดซับเสียง คงทนต่อสภาพแวดล้อม ทนน้ำมัน ยืดหยุ่นตามการออกแบบการผลิต (บริษัท พี. ยู. โฟม อินซูเลชัน แอนด์ เทคคิง จำกัด, มปป.; กุลธิดา เจริญสวัสดิ์, 2555)

กระบวนการผลิตโพลียูรีเทนมักมีการใช้สารพองตัวร่วมในการทำปฏิกิริยา ระหว่างพอลิออล และไดไอโซไซยานต โดยจะเกิดการขยายตัว 20-100 เท่า (Abdessalam et al., 2017) เกิดเป็นวัสดุ ที่มีลักษณะ โครงสร้างเซลล์มีทั้งชนิด ที่เป็นเซลล์ปิด (Closed cells) เซลล์เปิด (Open cells) โฟมชนิดเซลล์ปิด จะยอมให้อากาศซึมผ่านได้น้อยกว่าเซลล์แบบเปิด ดังนั้นกรณี ที่เลือกใช้โฟมแข็ง แบบเซลล์เปิด จึงต้องมีการใช้แผ่น Vapor barrier ร่วมด้วย สำหรับงานด้าน ฉนวนความร้อน มักจะเลือกโฟมโพลียูรีเทน ชนิดที่มีเซลล์ปิดสูงมากกว่าร้อยละ 90 เพื่อ ประสิทธิภาพ การเป็นฉนวน ความร้อนของวัสดุ คุณสมบัติป้องกันเสียงของโฟมโพลียูรีเทน (ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีพีเออร์ กรุ๊ป, มปป.) ฉนวนกันความร้อน โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane foam) หรือพียูโฟม (P.U. Foam) นอกจากจะนิยมนำมาใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อนภายในอาคาร สิ่งก่อสร้างและเก็บความเย็นในอุตสาหกรรมเก็บความเย็นทั่ว ๆ ไปแล้ว ยังสามารถนำฉนวนกัน ความร้อนประเภทนี้มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในเรื่องของการป้องกันเสียง กลายเป็นฉนวน ป้องกันเสียงหรือ โฟมกันเสียงนั่นเอง ซึ่งโฟมกันความร้อนหรือฉนวนกันความร้อนประเภทนี้ เป็นฉนวนที่ช่วยลดเสียงดังหรือเป็นฉนวนกันเสียงสามารถกันเสียงเข้า-ออก (Noise inhibiting) มีโครงสร้างของเนื้อ โฟมแบบเซลล์ปิด จึงสามารถกันเสียงหรือบล็อกเสียงได้ดี สามารถป้องกัน เสียงรบกวน หรือเสียงทะลุทะลวง ผ่านจากภายในอาคารสู่ภายนอก หรือจากภายนอกเข้าสู่ภายใน อาคาร ได้เป็นอย่างดี หรือ ปัญหาเสียงดังเนื่องจากฝนตกจากหลังคาที่มุงด้วยสังกะสีหรือเหล็ก เมทัลชีทหรือกันเสียงงานห้องสตูดิโอ สถานบันเทิงต่าง ๆ ผับ บาร์ ร้านอาหาร ฯลฯ

ฉนวนกันความร้อนโฟมโพลียูรีเทนหรือพียูโฟมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์เป็น ฉนวนกันเสียงหรือฉนวนป้องกันเสียงหรือ โฟมกันเสียงได้อย่างลงตัว คุณสมบัติการดูดซับเสียง เกิดขึ้นเมื่อเสียงชนกับพื้นผิว เศษส่วนของเสียงถูกดูดซับและเสียงส่วนที่เหลือสะท้อนกลับ

สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงขึ้นกับ 2 ปัจจัย คือ ทางกายภาพ เช่น รูปร่างลักษณะ ความพรุน ความหนาแน่น การดูดซับเสียงเพิ่มมากขึ้นเมื่อความหนาแน่น ความหนา ความพรุนและการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น (Saetung et al., 2010) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับเสียง

ที่มา: Algaily and Puttajukr (2014)

ในการนำฉนวนกันความร้อนไปประยุกต์เป็นฉนวนป้องกันเสียงหรือ โฟมกันเสียงนั้น ต้องพิจารณาถึงการนำไปใช้ว่า ใช้ฉนวนป้องกันเสียงด้านผิวนอกหรือฉนวนป้องกันเสียงดังจากภายในอาคาร เพราะ โฟมกันเสียงหรือฉนวนป้องกันเสียงประเภทนี้จะต้องได้ความหนาของเนื้อฉนวนชั้น โฟมที่มากพอจึงจะสามารถเป็นฉนวนกันเสียงหรือฉนวนป้องกันเสียง โฟมกันเสียงดังได้ การกำหนดความหนาของชั้น โฟมที่จะใช้พ่นป้องกันเสียงนั้นอยู่ที่ระดับเสียงดังเท่าไร ก็เดซิเบลในการลดเสียงที่ต้องการ ถ้าเสียงดังมากก็จำเป็นจะต้องใช้ โฟมกันเสียงหรือกำหนดความหนาของ โฟมกันเสียงเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้ลดเสียงดังตามที่ต้องการได้และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์และได้ผลลัพธ์แก้ปัญหาตามที่เรต้องการ ถ้าหาก โฟมกันเสียงภายในอาคารฉนวนกันเสียงหรือฉนวนป้องกันเสียงจะทำหน้าที่เก็บเสียงดังหรือลดทอนเสียงดังไม่ให้เล็ดลอดออกไปด้านนอกหรือออกไปได้น้อยที่สุด นี่คือการนำฉนวนกันความร้อน โฟมโพลียูรีเทนหรือพียูโฟมไปประยุกต์ใช้งาน ในการทำเป็นฉนวนป้องกันเสียงหรือฉนวนเก็บเสียงหรือ โฟมกันเสียง

ฉนวนกันความร้อน โฟมโพลียูรีเทนหรือ โฟมกันเสียง นอกจากจะป้องกันเสียงไม่ให้ออกนอกอาคารแล้ว ยังสามารถจัดการกับเสียงจากภายนอกหรือข้างนอกอาคารไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร

ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การจะป้องกันเสียงดังได้มากน้อยนั้น ยังขึ้นอยู่กับขนาดของการโฟมกันเสียงอีกด้วย ฉนวนป้องกันเสียงที่ฉีดป้องกันเสียงต้องได้ขนาดของความหนาพอสมควร กล่าวคือต้องฉนวนป้องกันเสียงหรือโฟมกันเสียงต้องมีขนาดของความหนาของโฟมตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไป การติดตั้งฉนวนป้องกันเสียงหรือโฟมกันเสียงประเภทนี้ต้องทำรอบตัวอาคาร เพื่อประสิทธิภาพในการลดเสียงดังไม่ให้เข้าหรือออกจากอาคารตามที่ต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าการลดความดังของเสียงที่ความหนาของโฟมโพลียูรีเทนต่าง ๆ

ความหนาของ P.U. Foam (หน่วย มม.)	ความดังของเสียงที่ลดได้ (หน่วย:เดซิเบล)
17	24
25	35
30	42
35	50

ที่มา: Schwartz and Gohmann (1962)

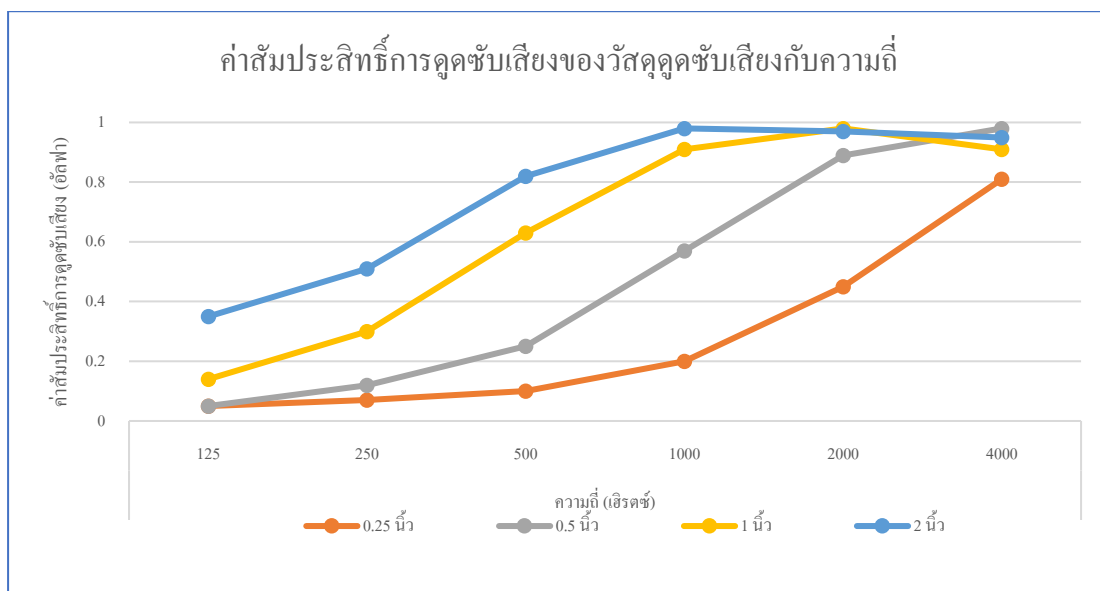
คุณสมบัติของโฟมโพลียูรีเทนแบบ Open cells จะมีค่าความหนาแน่น 35-40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ มีคุณสมบัติดูดซับเสียงได้ดีมาก สะท้อนเสียงได้ดี เนื้อโฟมแข็งสามารถรับแรงกดได้ถึง 2,100 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ผลจากการศึกษาของสมศักดิ์ ธรรมเวชวิธิ์ ทำการพ่นโพลียูรีเทนโฟม (Rigid polyurethane foams) ได้หลังคาโดยใช้ความหนาแน่น 40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 5.08 เซนติเมตร แล้วทำการตีฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 0.9 เซนติเมตร สามารถลดความดังของเสียงลงได้ 35-40 เดซิเบล (สมศักดิ์ ธรรมเวชวิธิ์, 2549) นอกจากนี้ยังพบว่า หากมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติการลดเสียงหรือเสียงทะลุทะลวงของฉนวนโฟมโพลียูรีเทน กับฉนวนใยแก้ว ฉนวนเยื่อกระดาษ และฉนวนโพลีเอทิลีน โฟม ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน ถือว่ามีประสิทธิภาพสูง การลดเสียงได้เป็นอย่างดีที่ความหนาแน่นมาตรฐานของแต่ละผลิตภัณฑ์ (บริษัท เอส พี อินชูลเซชั่น, 2009) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของฉนวนโฟมโพลียูรีเทน กับฉนวนใยแก้ว ฉนวนเยื่อกระดาษ และฉนวนโพลีเอทิลีน โฟมกับความหนาแน่นมาตรฐาน

คุณสมบัติของวัสดุ	ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน	ฉนวนใยแก้ว	ฉนวนเยื่อกระดาษ	ฉนวนโพลีเอทิลีนโฟม
1. ความหนาแน่นมาตรฐาน	35-40 กก./ลบ.ม	48 กก./ลบ.ม	51 กก./ลบ.ม	41-50 กก./ลบ.ม
2. ลดเสียงดังหรือเสียงทะลุทะลวง	ลดเสียงได้เป็นอย่างดี	ลดเสียงได้พอใช้	น้อยมากเพราะโครงสร้างเยื่อกระดาษเป็นเซลล์เปิด	ลดเสียงได้น้อยเพราะบาง 2-5 มม. เท่านั้น

ที่มา: บริษัท พี.ยู. โฟม อินชูลेशन แอนด์ เทคนอลยี จำกัด (มปป.)

หากพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของโฟมโพลียูรีเทนก็เป็นที่น่าสนใจเพราะมีค่าการดูดซับเสียงตั้งแต่ความถี่ต่ำไปจนความถี่สูงขึ้นเมื่อพิจารณาจากความหนาของวัสดุ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงกับความถี่

ที่มา: สราวุธ สุธรรมมาสา (2551)

แนวทางการออกแบบฉากลดเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมคุณภาพเสียงภายในอาคารต้องมีความรู้ความเข้าใจเรื่องคุณสมบัติและพฤติกรรมของเสียง ซึ่งรวมถึงคุณสมบัติทางเสียงของวัสดุประกอบอาคารต่าง ๆ ในงานด้านสถาปัตยกรรมคุณสมบัติที่ควรคำนึงประกอบไปด้วยค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (Sound transmission loss, STL) ชั้นการสูญเสียการส่งผ่านเสียง (Sound transmission class, STC) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound absorption coefficient, α) และค่าดูดซับเสียง (Noise reduction coefficient, NRC) (หาญพารณ สามัคคีธรรม, 2558) หลักการป้องกันเสียง เป็นการลดการส่งผ่านของพลังงานเสียงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง สามารถออกแบบผนังกันการส่งผ่านเสียงที่มีอากาศเป็นสื่อ นำโดยพิจารณาความสามารถของวัสดุหรือระบบที่กั้นหรือลดการส่งผ่านของเสียงจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง จะถูกวัดโดย Sound transmission loss (STL) ที่สูงกว่านั้นหมายความว่าสามารถลดเสียงได้มากกว่า และค่า STL จะถูกวัดที่หลายความถี่และถูกรายงานเป็นเดซิเบล ยิ่งค่ามากแสดงว่าสามารถกั้นเสียงได้ดียิ่งขึ้น (วิจิต วรรณเลิศลักษณ์, 2560) การดูดซับเสียง คือ การควบคุมเสียงสะท้อน (Sound absorption) โดยวัสดุประสงค์ของวัสดุดูดซับเสียงคือการป้องกันเสียงที่ไปกระทบกับฝ้า เพดาน ผนัง วัสดุทุกชนิดสามารถดูดซับเสียงได้ในระดับที่แตกต่างกันไป เมื่อคลื่นเสียงวิ่งกระทบวัสดุ จะมีบางส่วนของพลังงานเสียงถูกดูดซับและที่เหลือจะสะท้อนออกไป และเสียงที่สะท้อนออกไปนั้นจะมีพลังงานน้อยกว่าแหล่งกำเนิดเสียงเสมอ และพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับเข้าไปจะถูกแปรเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่น โดยทั่วไปจะเป็นความร้อน และจำนวนพลังงานที่ถูกดูดซับเข้าไปจะถูกแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Sound absorption coefficient) คือ ค่าที่แสดงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ ถ้าหากใช้วัสดุที่ดูดซับเสียงไม่ดีจะทำให้เกิดเสียงก้องภายในห้องนั้น ๆ ได้ สามารถพิจารณาค่าต่าง ๆ ได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1. Sound absorption coefficient (SAC) หมายถึง สัดส่วนของพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับไปเมื่อชนกระทบ เทียบกับพลังเสียงจากแหล่งกำเนิด ยกตัวอย่าง เช่น มีวัสดุหนึ่งมีค่า SAC 0.85 นั่นก็หมายความว่าพลังเสียงร้อยละ 85 ได้ถูกดูดซับไว้เมื่อเคลื่อนที่ไปชนกับวัสดุนี้ และร้อยละ 15 ของพลังงานที่เทียบกับแหล่งกำเนิดจะสะท้อนออกมา ค่าการดูดซับเสียงของทุกวัสดุจะแปรผันกับความถี่ของเสียงที่เข้าไปกระทบ ดังนั้นค่าการดูดซับเสียง SAC จะถูกวัดที่หลายความถี่คือ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ ความถี่เหล่านี้เป็นความถี่ตรงกลางของเสียงที่วิ่งกระทบน้อยมากที่จะมีการใช้ค่า SAC ของเสียงในช่วงความถี่เดียวในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม หรือระบุว่าวัสดุใด ๆ มีค่า SAC เป็นเท่าไร ในการออกแบบสถาปัตยกรรมค่า SAC จะเป็นค่าดูดซับเสียงที่ความถี่ที่เจาะจงเท่านั้น

2. Noise reduction coefficient (NRC) เป็นตัวเลขที่จะระบุได้ถึงความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุ โดยที่ NRC คือค่าเฉลี่ยของ SAC ที่ถูกวัดที่ 250, 500, 1,000, 2,000 เฮิรตซ์ และพิเศษให้อยู่ที่ 0.05 โดยทั่วไปค่า NRC จะต้องมีค่ามากกว่า 0.40 ถึงจะถือว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง (Acoustic) วัสดุที่มีรูพรุน ฉนวนจะยอมให้คลื่นเสียงทะลุผ่านไปได้น้อยมาก ซึ่งจะเป็นที่ที่พลังงานเสียงจะเปลี่ยนเป็นความร้อนเนื่องจาก ความเสียดทานระหว่างช่องอากาศกับเส้นใยวัสดุ ประเภทนี้สามารถมีค่า NRC ได้มากถึง 0.95-1.00 ขึ้นอยู่กับความหนาของฉนวน (วิทิต วรรณเลิศลักษณ์, 2560) สถาปนิกและผู้ออกแบบส่วนใหญ่จะเลือกวัสดุ โดยดูที่ค่า NRC เป็นหลัก ส่วนวัสดุ Acoustician จะดูที่ค่า SAC เป็นหลักและเรียกวัสดุที่ผลิตขึ้นเพื่อประโยชน์นี้ว่าวัสดุอะคูสติคส์ (Acoustical materials) ซึ่งอาจจะเป็นจำพวกไม้อัด หรือวัสดุอย่างอื่นก็ได้ โดยเฉพาะที่มีผิวนุ่มหรือรูพรุน (Maria & James, 2011) วัสดุต่าง ๆ ที่ดูดซับเสียงถ้ามีความหนาที่ถูกต้องก็อาจดูดซับเสียงได้ถึงร้อยละ 95 หรือเรียกว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียง (Absorption coefficient) 0.95 ถ้าความสามารถในการดูดซับเสียง ร้อยละ 100 มีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1 ถ้าร้อยละ 70 มีค่าเท่ากับ 0.7 วัสดุที่จะเป็นวัสดุกันเสียงจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์มากกว่า 0.3 หรือ ร้อยละ 30 ขึ้นไป ถ้าน้อยกว่านั้น ไม่สามารถนำมาเป็นวัสดุกันเสียงได้ สัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียงนั้น สัญลักษณ์ เรียก แอลฟา α คือความสามารถในการดูดซับเสียงของวัสดุนั้น ๆ ในความถี่ที่กำหนดให้ เช่น คลื่นเสียงกระทบวัสดุประเภทหนึ่ง เกิดการสะท้อนกลับ ร้อยละ 45 และถูกดูดซับเข้าไปในวัสดุนั้นถึง ร้อยละ 55 ค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเข้าไปในวัสดุนั้นถึง ร้อยละ 55 ค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียง จะเท่ากับ 0.55 (ไม่มีหน่วยวัด) เป็นต้น เมื่อคลื่นเสียงไปกระทบกับพื้นผิวจะเกิดปรากฏการณ์คือ ส่วนหนึ่งจะสะท้อนออก (Reflect) ส่วนหนึ่งจะแทรกผ่านผนังไปยังอากาศที่อยู่นอกผนัง (Transmit) อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับเข้าไปในผนัง (Absorb) ถ้าเสียงทั้งหมดจากต้นกำเนิดเสียง มีความเข้มเสียงเท่ากับ 1 จะได้

$$r + \alpha + t = 1$$

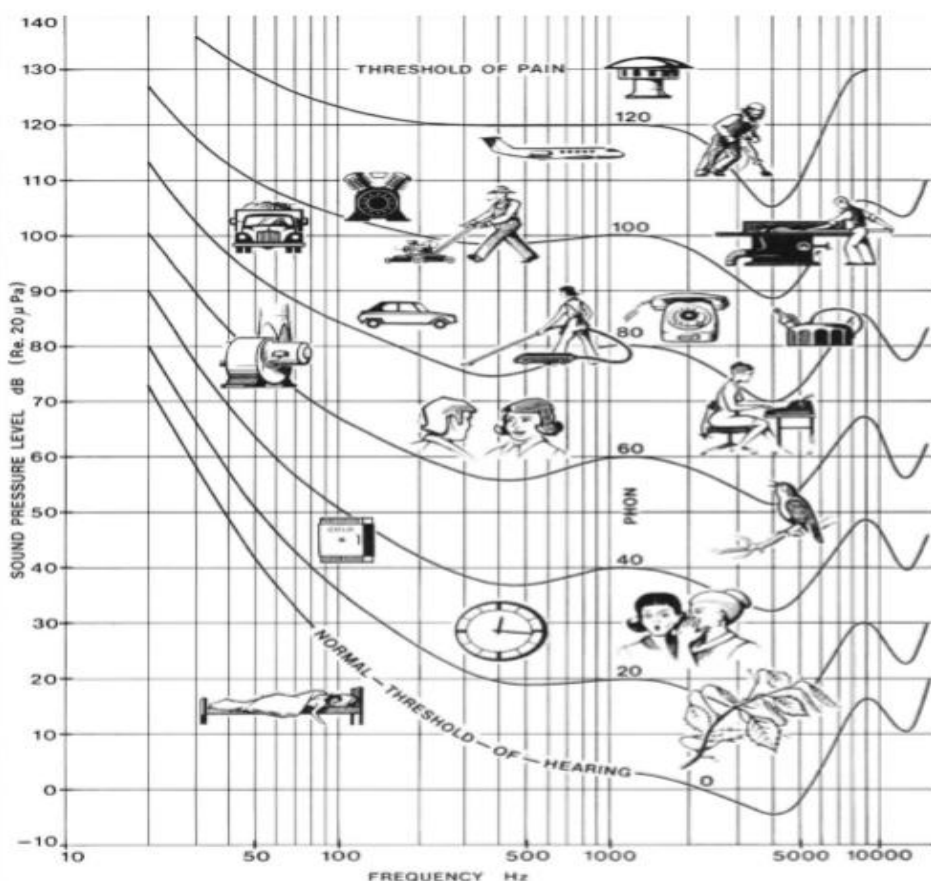
เมื่อ r คือ เสียงสะท้อน (reflected)

α คือ เสียงที่ถูกดูดซับเข้าไปในผนัง (Absorb)

t คือ เสียงที่แทรกผ่านเข้าไปยังอากาศที่อยู่นอกผนัง (Transmitted)

พลังงานที่ถูกดูดซับสามารถอธิบายได้ในรูปของสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียง (Sound absorption coefficient, α) ที่ได้จากห้องทดลองหรือวัสดุที่เป็นพื้นผิวของห้อง ค่าดูดซับเสียงเป็น

ค่าที่บอกถึงคุณภาพของวัสดุที่มีช่วง จาก 0 ถึง 1 ถ้าผนังไม่ดูดซับเสียงซึ่งหาได้ยากในธรรมชาติ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจะเท่ากับ 0 ถ้าผนังดูดซับเสียงไปทั้งหมด เช่น ช่องเปิด จะเท่ากับ 1 จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับวัสดุกันเสียงพบว่า วัสดุที่นิยมมีหลากหลายประเภท เช่น ฉนวนโฟม โพลียูรีเทน ฉนวนโฟม โพลีเอสเตอร์รีน ฉนวนใยหิน ฉนวนใยแก้ว โดยการใช้งานส่วนใหญ่จะนำมาใช้ในส่วนของผนัง (Osmani & Pappu, 2010) นอกจากนี้แล้วยังพบว่า มีการนำเอาวัสดุทางเลือกอื่นมาใช้กันเสียงซึ่งมาจากเส้นใยพืช เส้นใยจากการนำวัสดุสิ่งทอ ปอ ฟางข้าว และไม้ฝอยต่าง ๆ มาจัดทำ (Pedroso et al., 2017) มักพบว่า วัสดุกันเสียงประเภท โฟมนั้นมักจะมีเส้นใย (Fibrous) และวัสดุประกอบ (Composites materials) ภายในมีรูพรุน ซึ่งจะส่งผลให้ดูดซับเสียงได้ดี (Zeng et al., 2017) หากจะทำการศึกษาลดเสียงให้มีประสิทธิภาพนั้นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานการได้ยินของมนุษย์ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ขอบเขตการได้ยินของมนุษย์
ที่มา: ปริมาณ พุทธศาสตร์, 2561 อ้างถึงใน Bruel and Kjaer (1978)

การพิจารณาแหล่งกำเนิดเสียง

สราวุธ สุธรรมมาสา (2551) กล่าวถึงการพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมที่จะทำการควบคุมเสียง นำเสนอวิธีเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมที่จะทำการควบคุมเสียง ในกรณีที่มีเครื่องจักรหลายเครื่องที่ต่างก็มีเสียงดังและติดตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่เดียวกัน มีความจำเป็นที่จะต้องทำการพิจารณาเพื่อตัดสินใจว่าจะต้องทำการควบคุมเสียงทุกเครื่องหรือไม่ หรือสามารถเลือกควบคุมที่เครื่องจักรเครื่องใด เมื่อทำการควบคุมแล้วจะทำให้ผลรวมของเสียง ณ บริเวณนั้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้ เพื่อจะเข้าใจได้ว่าการพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมที่จะทำการควบคุมเสียงเป็นเรื่องสำคัญ และทำให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน

กำหนดให้ทำการวัดเสียง ณ ตำแหน่งที่ที่ผู้ปฏิบัติงานทำงาน ผลการวัดเสียงจากเครื่องจักรจำนวน 3 เครื่อง พบว่า มีความดัง ดังนี้

1. กรณีเปิดเครื่องจักรพร้อมกันทั้ง 3 เครื่อง เสียงดังเท่ากับ 92 เดซิเบล
2. กรณีปิดเฉพาะเครื่องจักร ก เสียงดังเท่ากับ 92 เดซิเบล
3. กรณีปิดเฉพาะเครื่องจักร ข เสียงดังเท่ากับ 89 เดซิเบล
4. กรณีปิดเฉพาะเครื่องจักร ค เสียงดังเท่ากับ 88 เดซิเบล

ผลการตรวจวัด แสดงว่า

1. เครื่องจักร ก ไม่ได้เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญ เพราะเมื่อปิดเครื่องจักร ก แล้วระดับเสียงยังคงดังเท่าเดิม (เท่ากับเมื่อเปิดทั้ง 3 เครื่องพร้อมกัน) แสดงว่าเครื่องจักร ก ทำให้เกิดเสียงดังต่ำกว่า 82 เดซิเบล ดังนั้น ถ้าลงทุนทำการควบคุมเสียงที่เครื่องจักร ก ก็จะสิ้นเปลืองโดยไม่เกิดผล
2. ในกรณีปิดเฉพาะเครื่องจักร ข หรือ ค ก็ตาม พบว่า เครื่องจักรทั้งสองเป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความสำคัญ เพราะเมื่อปิดเฉพาะเครื่องจักร ข ผลรวมของเสียงจะลดลงเป็น 89 เดซิเบล แสดงว่าเครื่องจักร ค ทำให้เกิดเสียง 89 เดซิเบล และเมื่อปิดเฉพาะเครื่องจักร ค ผลรวมของเสียงลดลงเหลือ 88 เดซิเบล แสดงว่าเครื่องจักร ข ทำให้เกิดเสียง 88 เดซิเบล ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้ต่ำกว่าเมื่อเปิดเครื่องจักรทั้งหมดพร้อมกัน แสดงว่าเครื่องจักร ข และ ค มีความสำคัญ

การพิจารณาประเภทของวัสดุลดเสียง

วัสดุลดเสียงที่พบมีการใช้งานในปัจจุบันนั้นพบว่า มีหลากหลายประเภทซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ตามต้องการในการใช้โดยสามารถจำแนกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ (สราวุธ สุธรรมมาสา, 2551) ดังนี้

แผ่นกันเสียง ถือว่าเป็นวัสดุที่นำมากันไม่ให้เสียงผ่านไปได้ จึงต้องมีสมบัติในเรื่องความหนาแน่นสูง ไม่มีรูพรุน กลไกการทำงานคือ สะท้อนเสียงกลับไปตามมุมตกกระทบของเสียง

พลังงานเสียงที่ส่งผ่านลดลงไปจะวัดเป็นค่า Transmission loss (TL) หรือในทางปฏิบัตินิยมวัดเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการส่งผ่าน ค่าสัมประสิทธิ์นี้จะแปรผกผันกับค่า Transmission loss แผ่นกั้นเสียงใดมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านดังกล่าวเท่ากับศูนย์ หมายความว่าแผ่นกั้นเสียงนั้นสามารถกั้นเสียงหรือสะท้อนเสียงได้ดีที่สุดในทางทฤษฎีแผ่นกั้นเสียงที่ดีต้องมีเนื้อแน่น ไม่มีรูพรุน ไม่มีรอยแตก รอยแยก รู ฯลฯ ฉะนั้นจะเกิดผลที่เรียกว่า Flanking path effect วิธีการคำนวณค่า TL เริ่มแรกต้องคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของส่วนที่เป็นผนัง หน้าต่าง (ถ้ามี) และประตู (ถ้ามี) แล้วคำนวณเป็นค่ารวม จากนั้นจึงนำไปคำนวณค่า Transmission loss (TL) ต่อไป การป้องกันเสียงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของอากาศและความหนาแน่นของวัสดุนั้น (ปรีชา รังสิรักษ์, 2541)

การออกแบบควบคุมเสียงรบกวน โดยการขวางกั้นเสียง เช่น การควบคุมเสียงรบกวนระหว่างห้องประชุม ที่สามารถแบ่งแยก-รวมห้องได้ เรามักพบวิธีการออกแบบด้วยการใช้ฉากกั้นเสียงหรือแผ่นกั้นเสียง (Barrier) ประสิทธิภาพการกั้นเสียงของแผ่นกั้นเสียงดังกล่าวจะลดลงมากน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบคำนวณค่าทางตามมาตรฐานด้านอะคูสติกส์ ซึ่งระบุค่าเป็น STC อย่างไรก็ดี หากเกิดช่อง รู รอยแยก หรือรอยแตกขึ้นที่แผ่นกั้น ก็จะไม่ได้ออกแบบตามที่คำนวณออกแบบไว้ เพราะเสียงรบกวนจะเล็ดลอดผ่านรอยแยก หรือช่องว่างดังกล่าว ที่เรียกกันว่า Flanking paths และเสียงที่เดินทางตาม โครงสร้าง (Structure-borne noise) ซึ่งหมายถึงว่าแม้จะลงทุนแผ่นกั้นเสียงเพื่อกั้นเสียงรบกวนแล้ว แต่ก็ยังไม่ได้ผลตามที่ออกแบบไว้นั้นเอง Flanking path เป็นเส้นทางเดินของเสียงที่เคลื่อนที่จากด้านหนึ่งของแผ่นกั้นเสียงไปยังอีกด้านหนึ่งของฉากหรือแผ่นกั้นเสียงนั้น ผ่านทางรอยแตก ตลอดจนช่อง รู รอยแยกต่าง ๆ แต่ไม่ได้ผ่านวัสดุของแผ่นกั้นเสียงนั้น ๆ ไปโดยตรง Flanking path ยังหมายรวมถึงเส้นทางที่เสียง เคลื่อนที่ผ่าน โครงสร้างอาคาร ไปยังบริเวณ Flanking effect คือผลที่เกิดขึ้นในเชิงการลดประสิทธิภาพของแผ่นกั้นเสียง อันเนื่องมาจากเกิดรอยแตก รอยแยก หรือรูขึ้นในแผ่นกั้นเสียงทำให้เสียงสามารถเล็ดลอดผ่านออกไปได้ ยังมีรอยแยกมากหรือช่องว่างต่าง ๆ มาก ก็ยิ่งลดประสิทธิภาพของแผ่นกั้นเสียงรบกวนนั้นมากตามมาเช่นกัน

วัสดุดูดซับเสียง เป็นวัสดุที่จะเปลี่ยนพลังงานของเสียงที่มากกระทบให้เป็นพลังงานความร้อน ส่งผลให้ระดับเสียงสะท้อนกลับลดลง วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสูงจะถือว่ามีความสมบัติในการดูดซับได้ดี

ไซเรนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ลดเสียงรบกวนจากระบบปรับอากาศ ท่อไอเสียรถยนต์ หรือคอมเพรสเซอร์ ความสามารถในการลดเสียง เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงค่า Impedance และมีการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงควบคู่ไปด้วย ไซเรนเซอร์มี 2 ชนิด คือ ชนิด Dissipative silencers ซึ่งทำงานโดยการสลายพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานความร้อน มีการใช้วัสดุดูดซับเสียงและการทำช่องเล็ก ๆ หรือการกระจายเสียงด้วย อีกชนิดคือ Reactive silencers ซึ่งทำงานด้วยการเปลี่ยนแปลง

พื้นที่หน้าตัด ทำให้ค่า Impedance เปลี่ยนแปลงไปด้วย

การลดเสียงรบกวนจากการสั่นสะเทือน คือวัสดุที่สามารถลดเสียงรบกวนอันเนื่องจากการติดตั้งไว้กับแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนที่สั่นสะเทือน หรือเสียงรบกวนที่เดินทางมาโดยโครงสร้างของอาคาร (Structure borne noise) เมื่อการสั่นสะเทือนลดลง ส่งผลทำให้ระดับเสียงรบกวนลดลงด้วย เนื่องมาจากการสั่นสะเทือนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงทำให้เกิดเสียงดังขึ้น การใช้วัสดุลดการสั่นสะเทือนมา ติดกับส่วนที่สั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียงก็จะช่วยลดเสียงรบกวนที่จะเกิดขึ้น วัสดุที่นำมาใช้นี้มี 2 ชนิด ดังนี้

1. ชนิดเนื้อวัสดุเป็นวัสดุเนื้อเดียวกันทั้งหมด (Homogeneous damping) วัสดุนี้นี้จะมีเพียงชั้นเดียว (Single-layer) และถูกปิดคลุม หรือพันด้วยวัสดุที่มีค่า High-loss ปิดทับไว้ วัสดุที่มีค่า High-loss นี้ส่วนใหญ่ จะเป็นวัสดุจำพวกแอสฟัลติก (Asphaltic) หรือพลาสติก

2. ชนิด Constrained-layer damping วัสดุนี้นี้ประกอบด้วย ชั้นในที่มีความยืดหยุ่น (Viscoelastic) ส่วนชั้นนอก (Outer retaining layers) ที่ให้แข็งแรงไม่หนา เช่น อลูมิเนียม หรือเหล็ก

คุณสมบัติของวัสดุดูดซับเสียง

การดูดซับเสียง (Sound absorption) เป็นการทำให้พลังงานเสียงมีแนวโน้มที่ลดน้อยลงเมื่อผ่านตัวกลางใด ๆ ซึ่งก็คือ เมื่อคลื่นเสียงสัมผัสกับพื้นผิวของวัสดุ เสียงส่วนหนึ่งถูกสะท้อน ส่วนหนึ่งถูกส่งผ่านออกไป และส่วนที่เหลือถูกดูดซับโดยตัวของวัสดุนั้นเอง ดังนั้นวัสดุดูดซับเสียงจึงเป็นวัสดุที่ช่วยลดพลังงานของคลื่นเสียงที่ตกกระทบทำให้แอมพลิจูดของเสียงสะท้อนลดลง วัสดุที่สามารถดูดซับเสียงได้โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibrous) หรือรูพรุน (Porous) ตัวอย่างวัสดุดังกล่าว (Zeng et al., 2017) เช่น เส้นใยแก้ว ใยหิน และวัสดุโฟม เป็นต้น ในส่วนของโฟม โพลียูรีเทนนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง (Absorptive material) ทำหน้าที่ควบคุมเสียงด้วยการเปลี่ยนพลังงานเสียงที่ตกกระทบให้เป็นความร้อน ด้วย 2 กลไกสำคัญ คือ Viscous-flow losses และ Internal friction คุณภาพการดูดซับเสียงของวัสดุแต่ละชนิดนั้นแปรผันตามความถี่ของเสียง ประเภทของการดูดซับเสียงแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังนี้ (ปรีชา รังสิริรักษ์, 2541)

1. แผ่นดูดซับที่โปร่งเบาเหมือนฟองน้ำ (Porous) เหมาะสำหรับเสียงที่มีความถี่สูงๆ

2. แผ่นดูดซับที่เป็นเยื่อแผ่น (Membrane) เหมาะสำหรับเสียงที่มีความถี่ต่ำ

3. ตัวดูดซับเสียงกำทอน (Resonant) สามารถปรับขนาดให้เหมาะกับช่วงความถี่ของเสียงได้ สามารถดูดซับความถี่เสียงคลื่นแคบ

4. แผ่นดูดซับเสียงที่ปรูเป็นรู เป็นส่วนประกอบของตัวดูดกลืนเสียงกำทอน

สัมประสิทธิ์การดูดซับ

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความต้านทานและความดูดซับเสียงของวัสดุ ค่าสัมประสิทธิ์

การดูดซับเสียงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง (ปิยพงษ์ ชำนาญไพโร และ สิทธิโชค ศรีภักดี, 2548) เช่น ความหนาแน่นของวัสดุ ช่องว่างภายในวัสดุ ลักษณะของผิวของวัสดุ และความหนาของวัสดุ เมื่อกล่าวถึงการซับเสียงว่าดีหรือไม่ดี โดยทั่วไปจะหมายถึงสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficient) และใช้สัญลักษณ์ตามอักษรกรีกว่า α (แอลฟา) มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การดูดซับ} = \frac{\text{พลังงานเสียงที่ถูกดูดซับ}}{\text{พลังงานเสียงที่ตกกระทบวัสดุดูดซับ}}$$

$$\text{หรือ} \quad \alpha = \frac{li - lr}{li}$$

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 และจะแตกต่างกันตามความถี่ดังที่กล่าวมาข้างต้น ค่า α ที่เท่ากับ 0 จะมีความหมายว่า วัสดุดูดซับเสียงนั้นไม่สามารถดูดซับเสียงได้เลย เสียงจะสะท้อนกลับทั้งหมด (วัสดุดูดซับนี้จึงไม่เหมาะจะนำมาใช้ดูดซับเสียง แต่เหมาะจะนำไปใช้ทำเป็นแผ่นกั้นเสียงเพื่อให้เกิดการสะท้อนเสียงกลับไปที่หมด) และค่า α ที่เท่ากับ 1 จะมีความหมายในทางตรงกันข้ามกับที่กล่าวมาข้างต้น กล่าวคือ วัสดุดูดซับนี้จะมีประสิทธิภาพดูดซับเสียงได้ทั้งหมด ไม่มีเสียงสะท้อนกลับเลย ในความเป็นจริงแล้วไม่มีวัสดุใดที่มีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 และวัสดุใดที่มีค่า α น้อยกว่า 0.15 จะถือว่าเป็นวัสดุสะท้อนเสียง ถ้ามากกว่า 0.4 ขึ้นไปจะถือเป็นวัสดุดูดซับเสียง เมื่อจะเลือกใช้จึงควรเลือกวัสดุดูดซับเสียงที่มีค่า α สูง ๆ ในช่วงความถี่ที่สนใจจะทำการควบคุม (ปิยะรัตน์ ปรีย์มาโนช, 2547) โดยวัสดุที่มีการใช้งานเป็นวัสดุดูดซับมีค่าการดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียงที่มีใช้ในโรงงาน

วัสดุ	ความถี่ (เฮิรตซ์)					
	125	250	500	1K	2K	4K
ไฟเบอร์กลาส (ชนิด 4 ปอนด์/ลบ.ฟ. และมีผนัง						
แข็งรองรับ)						
- หน้า 1 นิ้ว	0.07	0.23	0.48	0.83	0.88	0.80
- หน้า 2 นิ้ว	0.20	0.55	0.89	0.97	0.83	0.79
โฟมโพลียูรีเทน (ชนิด Open cell)						
- หน้า ¼ นิ้ว	0.05	0.07	0.10	0.20	0.45	0.81
- หน้า ½ นิ้ว	0.05	0.12	0.25	0.57	0.89	0.98
- หน้า 1 นิ้ว	0.14	0.30	0.63	0.91	0.98	0.91
- หน้า 2 นิ้ว	0.35	0.51	0.82	0.98	0.97	0.95
Hairfelt						
- หน้า ½ นิ้ว	0.05	0.07	0.29	0.63	0.83	0.87
- หน้า 1 นิ้ว	0.06	0.31	0.80	0.88	0.87	0.87

ที่มา: สราวุธ สุธรรมมาสา (2551)

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าค่า α จะสูงในช่วงความถี่สูง และควรทราบว่าการวัดได้ในห้องปฏิบัติการจะมาจากการมีวัสดุแข็งรองรับด้านหน้าและด้านหลัง โดยทั่วไปถ้าไม่ระบุอะไรไว้จะหมายถึงมีแผ่นรองรับด้านหลัง

การคำนวณการดูดซับเสียง

เมื่อมีความต้องการลดเสียงสะท้อนภายในห้องทำงานด้วยการใช้วัสดุดูดซับเสียง สามารถจะคำนวณการดูดซับเสียงทั้งหมด (Total absorption) (ราฟิง มังกละสวัสดิ์, 2555) ได้จากสูตร

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

เมื่อ	A	คือ ผลรวมของการดูดซับเสียง หน่วย sabin
	α_n	คือ สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง
	S_n	คือ พื้นที่ผิว

เมื่อกำหนดค่า A ได้แล้ว จึงนำมาคำนวณว่าระดับเสียงสะท้อน (Reverberant field noise reduction: NR) จะลดลงไปเท่าใดด้วยสูตร (ราฟิง มั่งกละสวัสดิ์, 2555) ต่อไปนี้

$$NR = 10 \log (A_2/A_1)$$

เมื่อ	NR	คือ ระดับเสียงสะท้อนที่ลดลง หน่วย dB
	A_1	คือ ผลรวมของการดูดซับเสียงภายในห้องก่อนติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงหน่วย sabins
	A_2	คือ ผลรวมของการดูดซับเสียงภายในห้องหลังติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงหน่วย sabins

โดยทั่วไป การติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงสามารถลดเสียงได้ประมาณ 12–15 เดซิเบลเอ แต่ที่พบว่า สามารถลดได้จริง ๆ จะอยู่ในช่วงประมาณ 6–8 เดซิเบลเอ (สราวุธ สุธรรมมาสา, 2551) นอกจากนี้จากการศึกษาของมิ่ง โลกิจแสงทองและพงษ์ศักดิ์ คำมูล ทำการวิจัยในเรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุโดยใช้ท่อแบบคลื่นยื่น กล่าวว่าวัสดุประเภท อิฐมี ความสามารถในการดูดซับเสียงดีที่สุด เนื่องจากมีรูพรุนมาก ซึ่งตรงตามหลักการของการดูดซับเสียง และจะดูดซับเสียงได้ดีเมื่อความถี่สูงขึ้น โดยค่าการดูดซับเสียงเพิ่มขึ้นเกือบเป็นเส้นตรงที่ความถี่เดียวกัน ยิ่งความหนาความสามารถในการซับเสียงก็มากขึ้นไปด้วย (มิ่ง โลกิจแสงทอง และ พงษ์ศักดิ์ คำมูล, 2550) วัสดุดูดซับเสียง เป็นวัสดุที่เปลี่ยนพลังงานของเสียงที่มาตกกระทบให้เป็นพลังงานความร้อน ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสูงจะถือว่ามีสมบัติในการดูดซับได้ดี วัสดุดูดซับเสียง ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีหลายลักษณะ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะ (วิฑิต วรรณเลิศลักษณ์, 2560) คือ

1. วัสดุดูดซับเสียงที่โปร่งเบาเป็นฝอยเป็นรูพรุน เช่น ฉนวนเยื่อกระดาษเซลลูโลส ฉนวนใยหิน ฉนวนใยแก้ว ฉนวนโฟม โพลียูรีเทนประเภทต่าง ๆ คุณสมบัติก็แตกต่างกันไป ตามความแข็งแรง ความหนาแน่น และการใช้งาน เหมาะสำหรับเสียงที่มีความถี่สูง

2. วัสดุดูดซับเสียงที่มีผิวปรุเป็นรู แผ่นดูดซับเสียงยิบยับบอร์คที่มีรู แผ่นชานอ้อย แผ่นไม้กอร์ก สำหรับเพิ่มพื้นที่ผิวในการรับเสียง
3. วัสดุดูดซับเสียงที่เป็นเยื่อแผ่น ผงที่มีหลายชั้นกระจกสองชั้น หรือการติดผ้าผ่านให้กับผนัง/ช่องเปิดสำหรับเสียงที่มีความถี่ต่ำ
4. วัสดุดูดซับเสียงที่พื้นผิวมาก ที่ช่วยลดเสียงสะท้อน ผงที่มีการออกแบบ เป็นช่อง ๆ รูปแบบต่าง ๆ ซึ่งลักษณะการใช้งานก็แตกต่างกันไปตามการใช้งาน อาจมีหลายลักษณะประกอบกันไปเพื่อประสิทธิภาพการควบคุมเสียงที่เหมาะสม หรือจะใช้วัสดุที่มีพื้นผิวมากประกอบด้วยวัสดุที่เป็นรูพรุน

วัสดุดูดซับเสียงลักษณะต่าง ๆ ในการเลือกใช้วัสดุเหล่านี้ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน นอกจากจะต้องคำนึงถึงการดูดซับเสียงสะท้อน ป้องกันเสียงไม่ให้ทะลุผ่าน ยังคงต้องควบคุมให้เสียงกระจายไปในทิศทางที่เหมาะสมกับการใช้งานอีกด้วย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดูดซับเสียงของวัสดุ มีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัย (อมรา อมรแก้ว และคณะ, 2557) ประกอบด้วย

1. ขนาดของเส้นใย ทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย พื้นที่ผิวของเส้นใย และความละเอียดของเส้นใยล้วนมีผลต่อการดูดซับ โดยเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยลดลง หรือมีพื้นที่ผิวเส้นใยมากขึ้น มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเส้นใยที่มีขนาดบางลงมีผลทำให้เส้นใยสามารถดูดซับเสียงได้ดีขึ้น ส่วนความละเอียดของเส้นใย เมื่อเส้นใยมีความละเอียดมากขึ้นมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศเพิ่มสูงขึ้น

2. ความต้านทานการไหลของอากาศ (Airflow resistance) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญมากสำหรับวัสดุดูดซับเสียงที่มีลักษณะเป็นเส้นใย การเชื่อมโยงของเส้นใย (Fiber interlocking) ในกรณีเส้นใยที่ไม่ได้ถักทอมีมากขึ้น หรือเส้นใยที่มีความขรุขระมากขึ้น มีผลทำให้ค่าความต้านทานการไหลของอากาศเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแรงเสียดทานที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คลื่นเสียงเกิดการเคลื่อนที่ได้ยากขึ้น โดยปกติค่าความต้านทานการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเพิ่มสูงขึ้น แต่ถ้าค่าความต้านทานการไหลของอากาศ มากกว่า 1,000 จะมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงลดลง เพราะการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงทะลุผ่านได้ยากขึ้น

3. ความเป็นรูพรุน (Porosity) สำหรับวัสดุที่ไม่มีการถักทอของเส้นใยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเพิ่มขึ้นไปตามแนวการแพร่ของเสียง รูปร่าง ขนาด และจำนวนของรูพรุนล้วนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการกระจายของเสียงเข้าไปภายในวัสดุ (Maria & James, 2011)

4. ความคดเคี้ยวของรูพรุน (Tortuosity) เป็นการวัดเส้นทางในการเดินทางของเสียงในแนวตามยาวตลอดรูพรุนเปรียบเทียบกับความหนาของชิ้นงานตัวอย่าง ดังนั้นความคดเคี้ยวของรูพรุนจึงถูกใช้ในการอธิบายอิทธิพลของโครงสร้างภายในที่มีสมบัติการดูดซับเสียง ความคดเคี้ยวของรูพรุนมีผลในการกำหนดพฤติกรรมของวัสดุดูดซับเสียงที่มีรูพรุน ณ ความถี่สูง

5. ความหนาของชิ้นงาน ความหนาของชิ้นงานวัสดุที่มีรูพรุนมีผลเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อการดูดซับเสียงช่วงความถี่ต่ำ ในขณะที่ความถี่สูง ความหนาของชิ้นงานไม่มีผลกระทบต่อ การดูดซับเสียง

6. การกดอัดตัวของเส้นใย (Compression) การกดอัดตัวของเส้นใยในวัสดุดูดซับเสียงที่เป็นแผ่นเส้นใยมีผลทำให้การดูดซับเสียงลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของความคดเคี้ยวของรูพรุน และความต้านทานการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ขณะที่รูพรุนและความหนาของชิ้นงานลดลง ซึ่งปัจจัยหลักที่ทำให้การดูดซับเสียงลดลง เมื่อการกดอัดตัวของเส้นใยมากขึ้น เพราะความหนาที่ลดลง

7. การกั้นขวางของพื้นผิว (Surface impedance) การกั้นขวางเสียงของพื้นผิวมีมากขึ้นเมื่อความต้านทานของผิวมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณของเสียงสะท้อนที่ผิวมีมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการดูดซับเสียงลดลง นอกจากนี้การกั้นขวางเสียงยังขึ้นอยู่กับความถี่ด้วย เช่น ถ้าความถี่ของเสียงต่ำลงความหนาของชิ้นงานผิวเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความต้านทานของผิวลดลง

8. ตำแหน่งของการวางวัสดุดูดซับเสียง ตำแหน่งของการวางวัสดุดูดซับเสียงมีอิทธิพลต่อการดูดซับเสียงเช่น ในห้องสี่เหลี่ยม การวางวัสดุดูดซับเสียงควรวางในตำแหน่งใกล้ ๆ มุม และตามขอบของพื้นผิวห้องจะทำให้วัสดุดูดซับเสียงมีประสิทธิภาพมากที่สุด

9. ความหนาแน่นของชิ้นงาน วัสดุดูดซับเสียงที่มีความหนาแน่นต่ำสามารถดูดซับเสียงช่วงความถี่ต่ำ 500 เฮิร์ตซ์ได้ดี (บุรฉัตร วิริยะ, 2551) ในขณะที่วัสดุดูดซับเสียงที่มีความหนาแน่นมากดูดซับเสียงช่วงความถี่สูง 2000 เฮิร์ตซ์ได้ดี

10. การสร้างช่องว่างอากาศ การสร้างช่องว่างอากาศด้านหลังวัสดุดูดซับเสียงช่วยเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ดูดซับเสียง โดยเฉพาะ ณ ช่วงความถี่ปานกลางและสูง

ประสิทธิภาพของการกั้นเสียง

การลดเสียงดังโดยโดยใช้ผนังกั้นเสียง ประสิทธิภาพของการกั้นจะดีหรือไม่ขึ้นกับความสามารถของการลดเสียงดังตามปัจจัยดังต่อไปนี้ (ปิยะรัตน์ ปรีขมาโนช, 2547)

1. ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผนังกั้นเสียง ยิ่งผนังกั้นใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียงเท่าใด ก็จะทำให้เกิดประสิทธิภาพการลดเสียงมากขึ้น
2. ระยะระหว่างผนังกั้นเสียงกับผู้รับเสียง ถ้าผนังกั้นเสียงยังอยู่ใกล้กับผู้รับเสียงเท่าใด ก็จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการลดเสียงมากขึ้น
3. ความยาวและความสูงของผนังกั้นเสียง ความสูงของผนังกั้นเสียงถ้ายิ่งสูงยิ่งลดได้ดี แต่ความสูงของผนังกั้นเสียงจะมีข้อจำกัดในความสูงระดับหนึ่งซึ่งจะไม่ทำให้ระดับเสียงลดลงเมื่อผนังกั้นสูงขึ้นไปและไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของการลดเสียง ส่วนความยาวของผนังกั้นเสียงนั้นควรมีความยาวมากกว่าความสูง 5 เท่า

ผนังกั้นเสียงจะส่งผ่านหรือดูดซับเสียงได้มากน้อยเพียงใดซึ่งค่าการสูญเสียการส่งผ่านซึ่งขึ้นกับความหนาแน่น น้ำหนัก และความถี่ของแหล่งกำเนิด การส่งผ่านเสียงไม่ใช่เกิดแค่ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียง ค่าการดูดซับเสียงของวัสดุแต่ละประเภทจะแปรผันกับความถี่ของเสียงที่เข้าไป กระทั่งวัสดุที่มีรูพรุนจะดูดซับเสียงที่ความถี่สูงได้มากกว่าความถี่ต่ำ แต่ในทางกลับกันถ้าเป็นวัสดุที่แข็งเช่นจำพวกไม้อัด การดูดซับเสียงสำหรับวัตถุประเภทนี้จะดูดซับที่ความถี่ต่ำได้ดีกว่า

การเลือกใช้ประเภทวัสดุดูดกลืนเสียง

1. Reflective type คือ การเลือกใช้วัสดุที่ช่วยในการสะท้อนของเสียงให้กลับไปยังแหล่งกำเนิดเสียง โดยไม่ได้คำนึงถึงค่าการดูดกลืนเสียงของวัสดุมากนัก โดยจะเน้นที่รูปร่างของตัววัสดุ (Shape) หรือค่าการสะท้อนเสียงของวัสดุที่จะช่วยในการสะท้อนเสียง โดยกำหนดรูปแบบออกเป็น 2 อย่างคือ แบบโปร่งแสง (Transparent) กับแบบไม่โปร่งแสง (Non-transparent) ซึ่งจะช่วยในการออกแบบให้วัสดุป้องกันเสียงมีความหลากหลายในเรื่องของรูปร่างมากกว่า
2. Absorptive type คือ การเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการดูดกลืนเสียงที่สูง ซึ่งดูจากคุณสมบัติของวัสดุเอง โดยความหนาของวัสดุชนิดเดียวกันยิ่งมากก็จะช่วยให้เสียงส่งผ่านไปได้น้อย ส่วนใหญ่ถ้าเป็นวัสดุดูดกลืนเสียงที่เป็นฉนวนจะนิยมใช้ความหนาที่ 2 นิ้ว
3. Earth landscape mound and retraining structure type คือ การออกแบบทางผังรวมเพื่อช่วยในการลดระดับเสียงดังที่กล่าวมาข้างต้น เช่น การปลูกต้นไม้แต่ไม่ได้มากนัก จึงมีการคิดค้นวิธีปลูกเป็นเนินดินเพื่อบดบังเสียงและช่วยให้ตัวดินดูดกลืนเสียง ก็จะช่วยให้ได้มากแต่ก็มีข้อจำกัดหลายอย่างในเรื่องของพื้นที่ที่ต้องการขนาดใหญ่เพื่อทำวิธีนี้

4. Mixed type หรือ Combination barrier คือ การรวมทั้ง 3 แนวทางเข้าด้วยกันเพื่อปรับใช้ให้เข้ากับสภาพแวดล้อม และให้เกิดประโยชน์ในหลายๆด้าน นอกจากการป้องกันเสียงเพียงอย่างเดียว เช่น การใช้ต้นไม้ช่วยยั้รรมเงา ลดมลภาวะทางฝุ่น และคาร์บอนมอนอกไซด์ และประโยชน์ในพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ทางเดินที่มีร่มเงา หรือสามารถให้คนเดินผ่านไปมาได้ไม่ใช่เป็นแต่กำแพงอย่างเดียว

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของชุกเกียรติ สอดศรี (2557) การลดเสียงรบกวนแวดล้อมในห้อง ด้วยวิธีการควบคุมแบบแพสซีฟที่ แหล่งกำเนิดเสียงทำการทดสอบประสิทธิภาพจะกระทำในห้องไร้เสียง สะท้อนโดยใช้สมมุติฐานให้ท่อลดทอนเสียงมีคุณสมบัติ เป็นระบบเชิงเส้น และวัดการตอบสนองความถี่ของ ระบบท่อลดทอนเสียงรบกวนทั้งสามแบบด้วยการสร้างสัญญาณสปีชีส์ จากคอมพิวเตอร์ผ่านลำโพงป้อนเป็น สัญญาณอินพุทให้กับท่อ และใช้ไมโครโฟนชนิด คอนเดนเซอร์วัดเสียงที่ออกจากท่อและประมวลผลใน โดเมนความถี่ ท่อที่มีประสิทธิภาพ ในการลดทอนเสียง จะต้องมึขนาดของการตอบสนองความถี่ที่มีค่าต่ำ ในช่วงแถบความถี่ที่กว้าง ผลการทดสอบพบว่า ท่อเสียงชนิด Three duct muffler ที่มีไฟเบอร์กลาสอยู่ภายใน มีประสิทธิภาพ ที่ดีและเหมาะสมกับการใช้ลดทอนพลังงานเสียงจากช่องระบายอากาศ ซึ่ง หลังจากติดตั้งกล่องเก็บเสียงและท่อลดทอนเสียง รบกวนพบว่า ระดับเสียงรบกวนภายในห้องลดลงมาก ถึง 10 เดซิเบลเอ โดยทุกตำแหน่งในห้องมีระดับความดันเสียงต่ำกว่า 48 เดซิเบลเอ โดยการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดทอนเสียงรบกวนไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดเสียง

การเลือกใช้ประเภทของวัสดุดูดกลืนเสียงขึ้นอยู่กับสถานที่ที่ต้องการติดตั้ง ถ้าในบริเวณชานเมืองที่มีถนนขนาดใหญ่หรือถนนทางด่วนก็สามารถเลือกใช้วัสดุดูดกลืนเสียงในประเภท กำแพงป้องกันเสียงได้ ซึ่งตัวกำแพงป้องกันเสียงจะวางไว้ที่ทางเท้าแนวเดียวกับถนนแต่การที่จะใช้ กำแพงป้องกันเสียงในเมืองที่มีพื้นที่จำกัดนั้นจะเกิดผลเสียต่อทัศนียภาพ และการมองเห็น อีกทั้งยัง ทำให้พื้นที่มีการสะสมของมลพิษทางอากาศเพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการประยุกต์ใช้วัสดุดูดกลืนเสียงในแบบต่าง ๆ เช่น การนำวัสดุดูดกลืนเสียงไปติดตั้งที่ระเบียงหรือทำเป็นระเบียงของอาคารแถวที่อยู่ในบริเวณนั้น การเลือกใช้วัสดุดูดกลืนเสียงแบบแขวนไว้กับคาน (หากพื้นที่นั้นมีคาน) ก็จะช่วยส่งผลดีทั้งในด้านทัศนียภาพ และการบรรเทามลภาวะทางเสียงที่เกิดขึ้นจากการจราจร การนำเศษวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้งานให้เกิดประโยชน์ลดค่าใช้จ่ายในเรื่องการส่งกำจัดเป็นอีกทางเลือกที่มีการนำมาใช้ในการลดขยะเศษ โฟม โพลียูรีเทน พบบงานวิจัยในเรื่อง การออกแบบของกัญณี ญาณะชัย (2551) ได้คิดค้นผนังดูดกลืนเสียงจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ที่เรียกว่า ฟิวโฟม หนึ่งชิ้นมีขนาด เท่ากับ 12 x 42 x 25 เซนติเมตร ความหนาแน่น 21 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นำไปติดบนแผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 2.54 เซนติเมตร

ความหนาแน่น 34.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่หุ้มด้วยผ้าดิบ ลักษณะเด่นของงานประดิษฐ์นี้เป็นงานสร้างขึ้นจากเศษวัสดุเหลือใช้ประเภทฟองน้ำนำมาอัดประกอบเป็นแผง โดยลักษณะการมัดดังกล่าวได้สร้างรูปกรวยมากมายที่ผิวหน้าวัสดุ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการดูดคลื่นเสียง ซึ่งเกิดจากการตัดโค้งเป็นลอน สามารถลดความดังของเสียงที่เกิดจากเสียงก้อง ช่วยควบคุมเสียงที่มีความถี่ต่ำสามารถลดเสียงได้มากที่สุดที่ 4.2 เดซิเบล (กัญจน์ ญาณะชัย, 2551) ตามการศึกษาของปรมาภรณ์ พูนสวัสดิ์ (2561) ทำการศึกษาวัสดุพอลิเมอร์ชนิดโพลีเอทิลีน หรือฉนวนยางดำ เพื่อใช้งานเป็นฉนวนกันเสียงสำหรับแผ่นเหล็กมุงหลังคา วิธีการศึกษาด้วยการเปรียบเทียบคุณสมบัติในการกันเสียงของฉนวนยางดำหนา 25 มิลลิเมตร กับฉนวนโพลียูรีเทน หนา 25 มิลลิเมตรและฉนวนพอลิเอทิลีน (PE) หนา 5 มิลลิเมตร โดยมีรูปแบบการติดตั้งที่เหมือนกันคือวางพาดยาวบนกล่องทดสอบขนาด กว้าง 0.70 เมตร ยาว 0.84 เมตร สูง 0.55 เมตร ภายในกล่องบุด้วย ฉนวนใยแก้วหนา 6 นิ้ว เพื่อลดเสียงสะท้อนภายในกล่อง ผลการศึกษาพบว่า ฉนวนพอลิเอทิลีน มีค่าเฉลี่ยความดันเสียง 89.7 เดซิเบลเอ และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงที่ดี ในช่วงคลื่นความถี่ของเสียงที่ต่ำ คือ 31.5-80 เฮิรตซ์ ฉนวนยางดำ (EM) มีค่าเฉลี่ยความดันเสียง 84.35 เดซิเบลเอ และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงที่ดี ในช่วงคลื่นความถี่ของเสียงที่สูง คือ 800-16000 เฮิรตซ์ และฉนวนโฟม โพลียูรีเทนมีค่าเฉลี่ย ความดันเสียง 97.9 เดซิเบลเอ และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันเสียงได้ดีแต่ยังน้อยกว่าการติดตั้งฉนวนพอลิเอทิลีน และฉนวน ยางดำ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ฉนวนยางดำมีคุณสมบัติที่ดีในการลดเสียงเมื่อเปรียบเทียบกับฉนวน โฟม โพลียูรีเทน และฉนวนพอลิเอทิลีน โดยเฉพาะเสียงในย่านความถี่สูงที่เสียงต่อการสูญเสียการได้ยิน (ปรมาภรณ์ พูนสวัสดิ์, 2561) นอกจากนี้ยังมีงานของวรสันต์และคณะ (วรสันต์ บูรณากาญจน์ และคณะ, 2557) ที่ทำการใช้วัสดุดูดซับเสียงในสนามยิงปืน ที่ขนาด 4 x 4 ตารางเมตรเป็นขนาดแนะนำสามารถลดเสียงดังได้ 2 ถึง 10 เดซิเบล และการใช้วัสดุซับดังกล่าวต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ป้องกันเสียงขณะมาใช้สนามยิงปืนจะช่วยป้องกันได้อีกระดับหนึ่ง

จากผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาทดลองการลดความดังเสียงในพื้นที่ต่าง ๆ ไว้ เช่น งานของวิจัยของจากผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาทดลองการลดความดังเสียงในพื้นที่ต่าง ๆ ไว้ เช่น งานของวิจัยของรุ่งโรจน์ พูลพานิชอุปถัมภ์ และเจตวิทย์ ภักซ์พันธ์ (2556) การศึกษาวิธีลดเสียงดังจากการปล่อยไอน้ำกลับตัวออกจากระบบไอน้ำ ทำการศึกษาวิธีการลดเสียงที่ความถี่ต่ำ ด้วยการทำให้เสียงสะท้อนกลับไปมา ซึ่งเสียงมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่น และประสิทธิภาพการลดเสียงต้องมีความยาวคลื่นใหญ่กว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์ดูดซับเสียงประเภทไซเลนเซอร์นี้มีความสามารถลดเสียงได้ที่ 15.5 เดซิเบลเอ

เมื่อปี พ.ศ. 2550 กมล กาญจนรุจิ และคณะ (2550) การวิจัยใช้โฟมที่ความหนา 1 นิ้วจะสามารถป้องกันเสียงได้ดีกว่าโฟมที่ความหนา 2 นิ้ว 3 นิ้ว โฟมเม็ดและฉนวนใยแก้วมีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองนำโฟมชนิดโพลีสไตรีน ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุน มีน้ำหนักเบา และราคาถูก มาใช้ร่วมกับผนังยิปซัมบอร์ดเพื่อลดการรบกวนของเสียง พบว่า (กมล กาญจนรุจิ และคณะ, 2550)

ต่อมาในปี พ.ศ. 2553 มิ่งานของภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และคณะ เกียรติก้องมณี (2553) ทำการออกแบบและการประยุกต์ใช้วัสดุดูดซับเสียงเพื่อลดมลพิษทางเสียงจากการจราจรในสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส วิธีการในการศึกษานี้สามารถลดระดับความดันเสียงได้ 4.3 dB(A)

พบผลการศึกษาของเกศ ศรีวัฒนพล และคณะ (2550) ว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกที่ความหนาและความหนาแน่นต่าง ๆ จะ เปลี่ยนไปตามความถี่เหมือนกันทั้งหมด โดยมีค่าสูงสุดที่ความถี่ 500 Hz และ ต่ำสุดที่ 1,000 Hz หากพิจารณา ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงพบว่าเมื่อวัสดุดูดกลืนเสียงหนาขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยและแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกกที่สร้างขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ แตกต่างกัน แต่สามารถดูดกลืนเสียงที่ความถี่ 500 Hz ได้สูงสุดในทุกตัวแปรที่ทำการศึกษา (เกศ ศรีวัฒนพล และคณะ, 2550) การศึกษาของชูเกียรติ สอดศรี (2557) งานวิจัยนี้ศึกษาและออกแบบวิธีการควบคุมเสียงรบกวนในห้องที่เกิดจากตู้แร็คของสวิตช์ฮับซึ่งกำเนิดเสียงดังต่อเนื่องตลอดเวลา สร้างความรำคาญและเป็นอุปสรรคต่อประสิทธิภาพของผู้ปฏิบัติงานภายในห้องผลการทดสอบพบว่า ท่อเก็บ เสียงชนิด Three duct muffler ที่มีไฟเบอร์กลาสอยู่ภายใน มีประสิทธิภาพที่ดีและเหมาะสมกับการใช้ลดทอนพลังงานเสียงจากช่องระบายอากาศ ซึ่ง หลังจากติดตั้งกล่องเก็บเสียงและท่อลดทอนเสียง รบกวนพบว่า ระดับเสียงรบกวนภายในห้องลดลงมาก ถึง 10 dB(A) บุรฉัตร วิริยะ (2551) ทำการศึกษาวัสดุป้องกันเสียงจากการนำวัสดุชนบัตรผสมสารบิทูเมนพบว่าสามารถดูดซับเสียงในช่วงความถี่ 400-1,000 เฮิรตซ์ ซึ่งสารดังกล่าวเหมาะสมในการนำไปดูดซับเสียงที่เกิดจากการจราจร

ปัญจรัตน์ โจลานันท์ และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาแผ่นกั้นเสียง สามารถลดเสียงได้ 7.2-8.0 เดซิเบลเอ หลังการติดตั้งมากได้ทำการวัดผลความพึงพอใจของพนักงานหลังจากติดตั้งมากดูดซับเสียงในพื้นที่ พบว่า อยู่ที่ระดับความพึงพอใจปานกลาง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบฉากลดและดูดซับเสียงของแผ่นกั้นอะไหล่อย่อยในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ โดยได้กำหนดการทำการศึกษาวาดังนี้

รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) แบบกลุ่มเดียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาวัดดูดซับเสียงจากโคมโพลียูรีเทนเพื่อเป็นฉากดูดซับเสียงของแผ่นกั้นอะไหล่อย่อยที่จะช่วยลดการสัมผัสเสียงของพนักงานที่ทำงานในพื้นที่ โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ โดยระยะเวลาในการเก็บข้อมูลอยู่ระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้เป็นเครื่องปั๊มโลหะในแผ่นกั้นอะไหล่อย่อยในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ จำนวนทั้งหมด 3 เครื่อง ขนาด 60 แรงม้า จำนวน 1 วงจร การผลิตของชิ้นส่วนอะไหล่อย่อย คือ งานปั๊มตัดเหล็ก งานเจาะ และงานพับ และผู้ให้ข้อมูลคือพนักงานที่ปฏิบัติงานในแผ่นนี้ จำนวน 3 คน

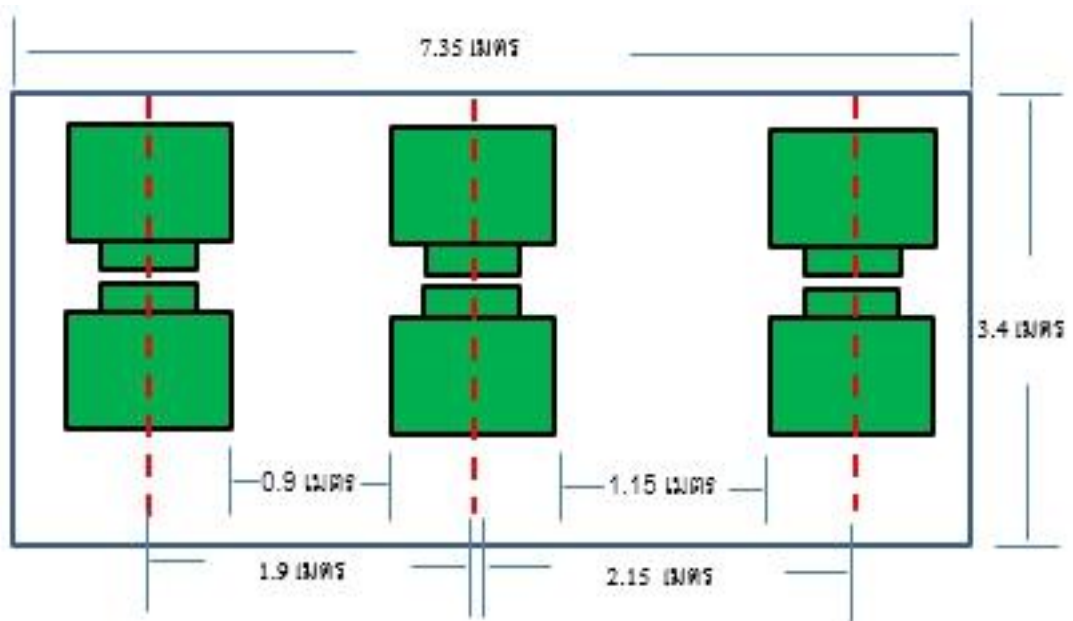
การออกแบบฉากและการทดลอง

1. ตำรวจพื้นที่และลักษณะงาน

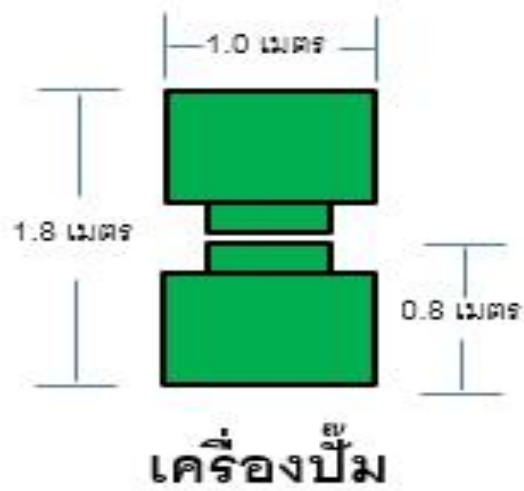
ในพื้นที่การทำงานที่แผ่นกั้นอะไหล่อย่อยประกอบด้วย 3 ลักษณะงาน ประกอบด้วยงานปั๊มตัดเหล็ก งานเจาะ และงานพับ พนักงานในพื้นที่สามารถทำงานได้ทั้ง 3 ลักษณะงาน โดยพื้นที่ดังกล่าวมีขนาดพื้นที่ภายในแผ่นอยู่ที่ 7.35 x 3.4 เมตร ระยะห่างระหว่างเครื่องจักรแต่ละเครื่องไม่เท่ากัน โดยมีระยะห่างดังภาพที่ 9 ขนาดของเครื่องปั๊มโลหะมีขนาดกว้าง สูง และลึกดังภาพที่ 10 และระยะห่างจากเครื่องปั๊มโลหะกับคนที่ทำงานในพื้นที่โดยมีดังภาพที่ 11



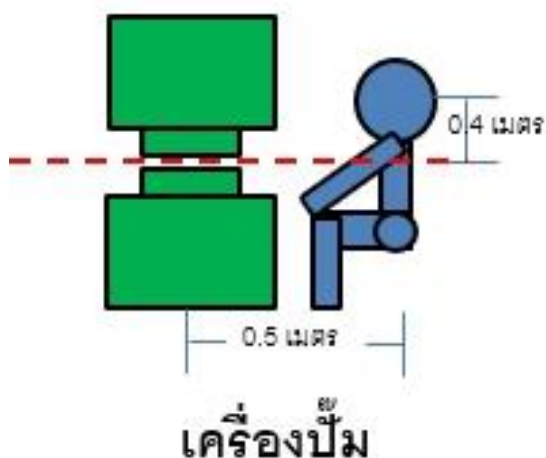
2048311787



ภาพที่ 9 ระยะห่างระหว่างเครื่องจักรแต่ละเครื่อง



ภาพที่ 10 ขนาดของเครื่องปั๊มโลหะมีขนาดกว้าง สูง และลึก



ภาพที่ 11 ระยะห่างจากเครื่องป้อนโลหะกับคนที่ทำงาน

2. ตรวจวัดระดับเสียงในพื้นที่ก่อนการติดตั้งฉากดูดซับเสียง แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

2.1 การวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ ดังนี้

ในพื้นที่การทำงานแผนกป้อนอะไหล่ย่อย ตามลักษณะงาน แบ่งเป็น งานป้อนตัดเหล็ก งานเจาะ และงานพับ ทำการวัดซ้ำทั้งหมด 3 รอบ ทั้ง 4 กรณี

2.1.1 กรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้ง 3 ลักษณะพร้อมกัน

2.1.2 กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องป้อนงานป้อนตัดเหล็กทั้ง 3 เครื่อง

2.1.3 กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องป้อนเจาะชิ้นงานทั้ง 3 เครื่อง

2.1.4 กรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องป้อนพับ ทั้ง 3 เครื่อง

โดยทำการวัดระดับเสียงเฉลี่ยอยู่ในรัศมีไม่เกิน 30 เซนติเมตร จากหูของผู้ปฏิบัติงานที่กำลังปฏิบัติงาน ณ จุดนั้น และหันไมโครโฟนไปที่แหล่งกำเนิดเสียง ที่จำนวนชิ้นงาน 200 ชิ้น ขนาดเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร ระยะเวลา 30 นาที

2.2 การวัดระดับเสียงสะสมที่รับสัมผัสในระยะเวลาการทำงานก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง ที่จำนวนชิ้นงาน 200 ชิ้น ขนาดเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร ระยะเวลา 30 นาที ของทั้ง 3 ลักษณะงานแบ่งเป็น งานป้อนตัดเหล็ก งานเจาะ และงานพับ ทำการวัดซ้ำทั้งหมด 3 รอบ ทั้ง 4 กรณี

2.3 การคำนวณค่าระดับเสียงที่รับสัมผัสในหูเมื่อมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันคุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล เพื่อให้ทราบค่าเสียงที่รับสัมผัสที่แท้จริง

3. การออกแบบฉากดูดซับเสียง

3.1 วัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบ

3.1.1 โฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้ชนิดเซลล์เปิดที่มีความหนาแน่น 40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรความหนา 0.25 นิ้ว 0.50 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว จำนวนอย่างละ 3 ฉาก ตามลำดับ

3.1.2 ไม้อัด ความหนา 10 มิลลิเมตร ขนาด 2 x 2.4 เมตร จำนวน 12 แผ่น

3.1.3 กาวลาเท็ก จำนวน 10 ลิตร

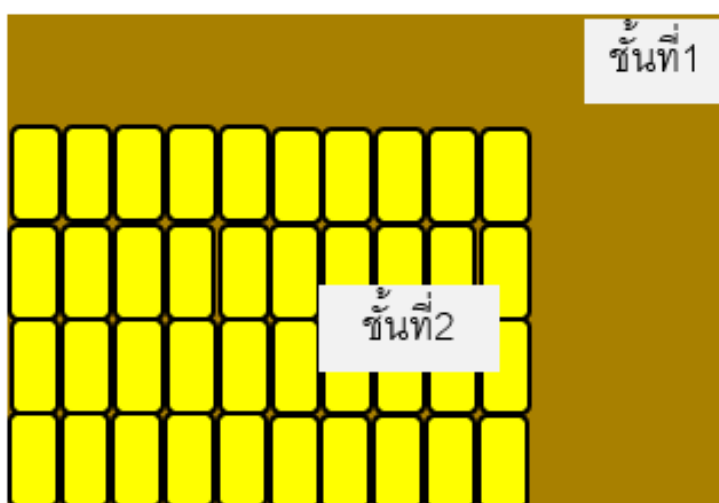
3.1.4 คัตเตอร์

3.1.5 ไม้บรรทัด

3.1.6 ปากกา ขางลบและดินสอ

3.1.7 โครงเหล็กกล่อง

นำแผ่นแผ่นวัสดุโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้มาต่อประกอบเป็นฉากดูดซับเสียงโดยนำมาติดกันเป็นแพให้เต็มแผ่นไม้อัดด้วยกาวลาเท็กหลังจากนั้นนำไปยิงประกบกับ โครงเหล็กกล่อง ดังภาพที่ 12-13



ภาพที่ 12 การประกอบฉากดูดซับเสียง



ภาพที่ 13 ขนาดความหนาของเศษ โฟม โพลีเอทิลีนที่ขนาดต่าง ๆ

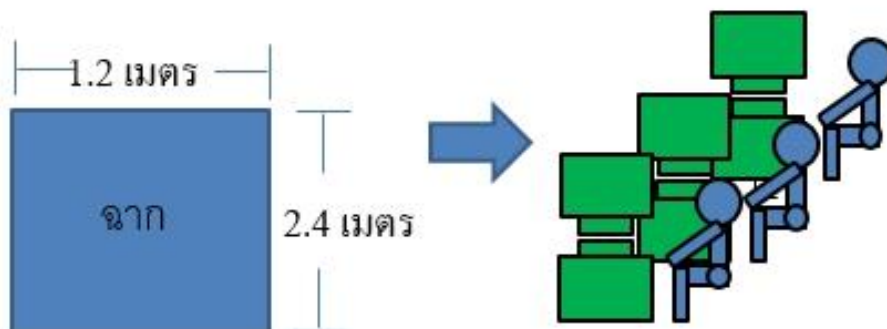
3.2 ขนาดของฉากดูดซับเสียง โดยมีการคำนวณขนาดฉาก ดังนี้

3.2.1 ความกว้างของฉาก ความกว้างของฉากกำหนดให้มีค่ามากกว่าความสูงอย่างน้อย 5 เท่า (ปิยะรัตน์ ปรีชญานิช, 2547) ซึ่งความกว้างที่ 5 เท่าไม่สามารถจัดทำได้ในพื้นที่การทำงานเนื่องจากความไม่สะดวกในการติดตั้ง พื้นที่การทำงานกว้างไม่พอกับฉากที่คำนวณได้ และกีดขวางพื้นที่การทำงาน ผู้วิจัยจึงปรับขนาดความกว้างของฉากที่ระยะห่างจากจุดกึ่งกลาง 1 เมตรจากจุดกำเนิดเสียง โดยคำนวณจากคุณสมบัติของคลื่นเสียงจากช่วงความยาวคลื่นที่ครอบคลุมช่วงการศึกษา จากสูตร ดังนี้

$$\lambda = c/f$$

เมื่อ λ คือ ความยาวคลื่นของเสียง หน่วยเมตร
 c คือ ความเร็วเสียงในการเดินทางผ่านตัวกลางใด ๆ หน่วย เมตรต่อวินาที
 f คือ ความถี่เสียง หน่วยเฮิรตซ์

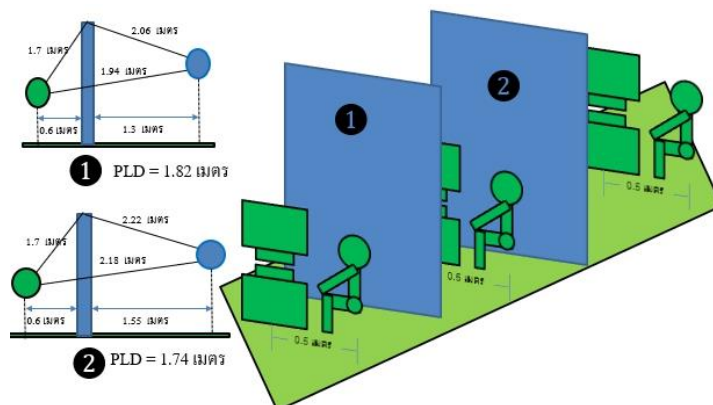
3.2.2 ความสูงของฉากกั้นเสียง โดยความสูงของฉากกำหนดให้มีค่ามากกว่าจุดกำเนิดเสียงอย่างน้อย 3 เท่า (บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2558) เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงสูงจากพื้นเป็นระยะ 0.8 เมตร ดังนั้นความสูงของฉากคือ 2.4 เมตร ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ขนาดฉากดูดซับเสียง

4. ตำแหน่งการวางฉากดูดซับเสียง

การติดตั้งฉากดูดซับเสียงของเครื่องปั๊มโลหะที่ระยะ 10 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถดูดซับและกั้นความยาวคลื่นเสียงในช่วงที่ทำการศึกษาในช่วง 500-6,000 เฮิรตซ์ ให้มากที่สุดตามที่ปิยะรัตน์ ปรีรัมย์โนช ได้อธิบายไว้ใน การประเมินการลดเสียงของผนังกั้นเสียงจากค่า Path length difference (PLD) ยิ่งผนังกั้นเสียงกั้นแหล่งกำเนิดมากเท่าใดก็จะมีประสิทธิภาพดีกว่าผนังที่กั้นไกลแหล่งกำเนิดเสียงมากกว่า (ปิยะรัตน์ ปรีรัมย์โนช, 2547) โดยทำการคำนวณระยะติดตั้งฉาก ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ระยะการติดตั้งฉาก

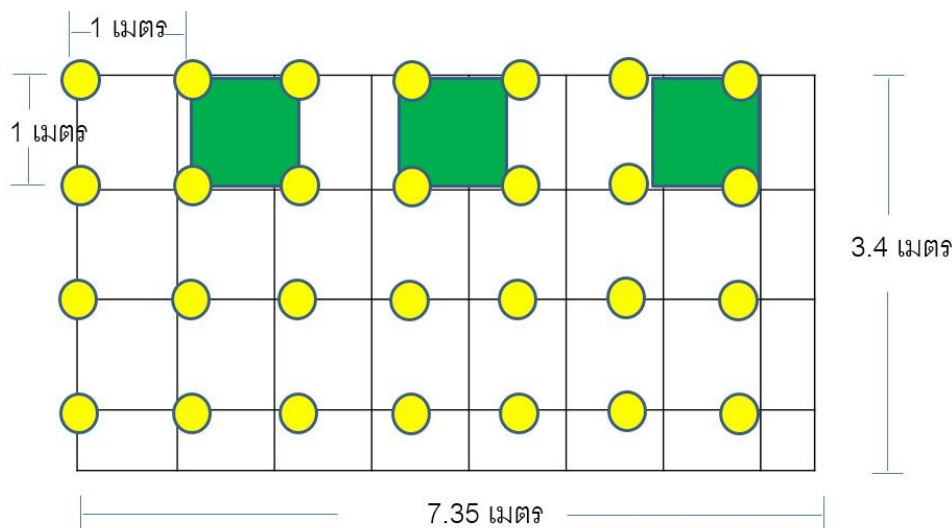
5. ตรวจวัดระดับเสียงในพื้นที่หลังการติดตั้งฉาก

หลังทำการติดตั้งดูดซับเสียง ผู้วิจัยจะทำการทดลองทดสอบหาประสิทธิภาพของการลดเสียงของฉากที่ความหนาต่าง ๆ ตามลักษณะงานประกอบด้วยงานบีมตัดเหล็ก งานเจาะ และงานพับ โดยแบ่งการทดลองตามประเภทของลักษณะงาน ทำการวัดซ้ำทั้งหมด 3 รอบ ทั้ง 4 กรณี ระยะเวลาต่อรอบครั้งละ 30 นาที ที่จำนวนชิ้นงาน 200 ชิ้น เหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การตรวจวัดระดับเสียงตามลักษณะงานกับขนาดความหนาของโพนโพลียูรีเทน

ครั้งที่	ขนาดความหนา โพนโพลียูรีเทน	ลักษณะงาน	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 2	เครื่องที่ 3
กรณีที่ 1	0.25 นิ้ว	บีม เจาะ ตัด	เปิด	เปิด	เปิด
	0.50 นิ้ว	บีม เจาะ ตัด	เปิด	เปิด	เปิด
	1 นิ้ว	บีม เจาะ ตัด	เปิด	เปิด	เปิด
	2 นิ้ว	บีม เจาะ ตัด	เปิด	เปิด	เปิด
กรณีที่ 2	0.25 นิ้ว	บีมตัดเหล็ก	เปิด	เปิด	เปิด
	0.50 นิ้ว	บีมตัดเหล็ก	เปิด	เปิด	เปิด
	1 นิ้ว	บีมตัดเหล็ก	เปิด	เปิด	เปิด
	2 นิ้ว	บีมตัดเหล็ก	เปิด	เปิด	เปิด
กรณีที่ 3	0.25 นิ้ว	เจาะชิ้นงาน	เปิด	เปิด	เปิด
	0.50 นิ้ว	เจาะชิ้นงาน	เปิด	เปิด	เปิด
	1 นิ้ว	เจาะชิ้นงาน	เปิด	เปิด	เปิด
	2 นิ้ว	เจาะชิ้นงาน	เปิด	เปิด	เปิด
กรณีที่ 4	0.25 นิ้ว	บีมพับขึ้นรูป	เปิด	เปิด	เปิด
	0.50 นิ้ว	บีมพับขึ้นรูป	เปิด	เปิด	เปิด
	1 นิ้ว	บีมพับขึ้นรูป	เปิด	เปิด	เปิด
	2 นิ้ว	บีมพับขึ้นรูป	เปิด	เปิด	เปิด

6. ทำการสร้างแผนที่เสียง (Noise contour map) ก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง ขนาด 1 x 1 เมตรจากแหล่งกำเนิดเสียง ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 การสร้างแผนที่เสียง (Noise contour map)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 อย่าง ดังนี้

1. แบบสอบถาม (Questionnaires) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมจากหนังสือ วิทยานิพนธ์ งานวิจัย ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้แบบสอบถามความพึงพอใจของพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องปั๊มโลหะต่อการออกแบบฉากกั้นและดูดซับเสียงในพื้นที่การทำงาน ประกอบไปด้วยข้อคำถาม โดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะในการสอบถาม ดังนี้

ด้านความพึงพอใจต่อฉากดูดซับเสียง

- การออกแบบฉากดูดซับเสียงสะดวกกับพื้นที่การทำงานของท่าน
- การออกแบบฉากดูดซับเสียงเหมาะสมกับพื้นที่การทำงานของท่าน
- ท่านพึงพอใจต่อการใช้งานฉากดูดซับเสียงนี้
- ในภาพรวมท่านมีความพึงพอใจต่อฉากดูดซับเสียงในพื้นที่การทำงานของท่าน

ด้านความพึงพอใจต่อความปลอดภัยในการใช้งาน

- ฉากดูดซับเสียงติดตั้งมั่นคงไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุในพื้นที่

- การจัดวางฉากดูดซับเสียงไม่กีดขวางการต่อการทำงาน
- ฉากดูดซับเสียงมีความแข็งแรงทนทานไม่ก่อให้เกิดอันตรายอื่น ๆ ตามมา

ด้านความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าในการใช้งาน

- สามารถใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้นำมาทำฉากดูดซับเสียง
- ฉากดูดซับเสียงนี้สามารถลดปริมาณขยะจากกระบวนการผลิตได้
- ฉากดูดซับเสียงนี้สามารถลดต้นทุนการส่งจำกัดขยะจากกระบวนการผลิตได้

มีเกณฑ์การให้คะแนน

พอใจมาก	3 คะแนน
พอใจปานกลาง	2 คะแนน
พอใจน้อย	1 คะแนน

ผู้ทำวิจัยกำหนดการแปลผลแบบสอบถามโดยรวมใช้ค่าคะแนนรวมที่มีค่าตั้งแต่ 10-30 โดยใช้วิธีการหาอันตรายภาคชั้น (บุญใจ ศรีสถิตยัณรากร, 2550) ดังนี้

$$= \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับ}}$$

$$= \frac{30 - 10}{3} = 10$$

เกณฑ์การแปลความหมาย

- ช่วงคะแนน 1-10 หมายถึง พอใจน้อย
- ช่วงคะแนน 11-20 หมายถึง พอใจปานกลาง
- ช่วงคะแนน 21-30 หมายถึง พอใจมาก

2. เครื่องวัดระดับความดังเสียง เครื่องวัดระดับความดังของเสียง (Sound level meter) สามารถวัดระดับเสียงได้ตั้งแต่ 40-140 เดซิเบล โดยทั่วไปผู้ผลิตจะผลิตเครื่องวัดเสียงที่สามารถวัดระดับเสียงได้ 3 ข่ายถ่วงน้ำหนัก (Weighting networks) คือ A, B และ C ข่ายที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ ข่าย A เพราะเป็นข่ายตอบสนองต่อเสียงคล้ายคลึงกับหูคนมากที่สุด หน่วยวัดของเสียงที่วัดด้วยข่าย A คือ เดซิเบลเอ dB(A) ทำการวัดระดับเสียงเฉลี่ยแบบแยกความถี่ 500 1,000

2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ ที่ระยะห่างจากหูของผู้รับสัมผัสในรัศมี 30 เซนติเมตร (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2550)

3. เครื่องวัดระดับเสียงสะสม (Noise dosimeter) อธิบายวัตถุประสงค์ ข้อควรปฏิบัติและข้อห้ามต่าง ๆ ให้ผู้ที่จะถูกติดตั้งเครื่องเข้าใจ ก่อนติดตั้งต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีข้อมูลเดิมตกค้างอยู่ ติดเครื่องเข้ากับเข็มขัดหรือกระเป๋าเสื้อของพนักงานตามเหมาะสมและไม่สร้างความรำคาญกับการทำงาน ส่วนไมโครโฟนนั้นให้ติดบนบ่าหรือปกเสื้อในตำแหน่งที่จะไม่เกิดเสียงสะท้อนจากตัวผู้ปฏิบัติงานที่ระยะห่างจากหูของผู้รับสัมผัสในรัศมี 30 เซนติเมตรและต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าติดไมโครโฟนมั่นคงดีแล้ว ไม่หลุดขณะใช้งาน การใช้เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise dosimeter) ใช้เพื่อวัดปริมาณเสียงสะสมที่ผู้ปฏิบัติงานรับสัมผัสตลอดระยะเวลาการทำงาน มีขั้นตอนดังนี้

3.1 ทำการตั้งค่าต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1 ตั้งค่า Threshold level ที่ 80 dB(A)

3.1.2 ตั้งค่า Criteria level ที่ 85 dB(A)

3.1.3 อัตราที่พลังงานเสียงเพิ่มเป็นสองเท่า (Energy exchange rate) ที่ 3

3.2 นำเครื่องวัดปริมาณเสียงสะสมติดที่เข็มขัดหรือกระเป๋าของผู้ปฏิบัติงาน และติดตั้งไมโครโฟนไว้ที่บ่าหรือปกเสื้อของผู้ปฏิบัติงานไม่ให้หลุดหรือแกว่ง โดยมีรัศมีไม่เกิน 30 เซนติเมตร จากหูของผู้ปฏิบัติงาน

3.3 อธิบายข้อปฏิบัติและข้อห้ามต่าง ๆ ให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจ เช่น ไม่พูดหรือส่งเสียงใส่ไมโครโฟน และทำการเปิดเครื่องเพื่อเริ่มบันทึกค่าระดับเสียง

3.4 อ่านค่าปริมาณเสียงสะสมที่ตรวจวัดได้ (Dose) แล้วนำไปคำนวณหาค่า TWA จากสูตร $TWA\ 8\ hours = 16.61 \log (D/100) + 85$

4. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) ใช้วัดอุณหภูมิเพื่อคำนวณความเร็วเสียงในอากาศ เพื่อใช้หาความยาวคลื่นในช่วงที่มีการนำอากาศดูดซับเสียงมาใช้งาน

5. ตลับเมตร (Measuring tape) ใช้วัดระยะ ขนาด สัดส่วนของเครื่องจักร พื้นที่ และระยะคนทำงานกับเครื่องจักรในการออกแบบฉาก

6. เครื่องมือสอบเทียบเสียง (Acoustic calibrator) ใช้สอบเทียบระดับเสียงก่อนการเก็บตัวอย่างเสียงในพื้นที่

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ความตรงของเนื้อหา (Content validity) มีการกรรนำแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป และส่วนที่ 2 ความพึงพอใจหลังการติดตั้งจากจุดสัมผัสเสียงไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญ 3 ท่าน (รายละเอียดภาคผนวก ข) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และเชิงโครงสร้างของเครื่องมือวิจัยความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผู้ทรงคุณวุฒิลงความเห็นและให้คะแนนเป็นรายชื่อในประเด็นที่ใช้ถาม แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index:-IOC) ระหว่างข้อคำถามกับตัวแปรดังนี้

- +1 คือ ข้อคำถามนั้นตรงหรือสอดคล้องกับตัวแปร/ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้จริง (เห็นด้วย)
- 0 คือ ข้อคำถามนั้นไม่แน่ใจหรือไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าตรงหรือสอดคล้องกับตัวแปร/ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้จริง (ไม่แน่ใจ)
- 1 คือ ข้อคำถามนั้นไม่ตรงหรือไม่สอดคล้องกับตัวแปร/ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้จริง (ไม่เห็นด้วย)

โดยค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้มีค่าระหว่าง 0.6-1.00 ซึ่งแสดงว่าข้อคำถามหรือประเด็นที่จะทำการรวบรวมข้อมูลมีความตรง มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้ (สุวรรณีย์ ศิริโกภาภิรมย์, 2546)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง

R คือ คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

สรุปการประเมินคุณภาพเครื่องมืองานวิจัย เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง แบบสอบถาม ความพึงพอใจหลังการใช้งานจากจุดสัมผัสเสียง ผลการพิจารณามีค่าอยู่ในช่วง 0.6-1.00 ในทุกรายข้อ

2. การสอบเทียบเครื่องมือมาตรฐาน

2.1 เครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound level meter) จำนวน 1 เครื่อง ได้รับ การรับรองการสอบเทียบมาตรฐาน สอบเทียบเมื่อวันที่ 18-19 ตุลาคม พ.ศ. 2560 โดย สถาบันวิจัย

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) หมายเลขใบสอบเทียบมาตรฐาน 14/1060 และจำนวน 1 เครื่อง สอบเทียบกับเครื่องสอบเทียบเสียง หมายเลข 10817 ที่ระดับการใช้งานในพื้นที่ (รายละเอียดภาคผนวก ข)

2.2 เครื่องวัดระดับเสียงสะสม (Noise dosimeter) จำนวน 2 เครื่อง ได้รับการรับรองการสอบเทียบมาตรฐาน สอบเทียบเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2561 โดย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) หมายเลขใบสอบเทียบมาตรฐาน 46/0561 และ 47/0561 และจำนวน 1 เครื่อง สอบเทียบกับเครื่องสอบเทียบเสียง หมายเลข QIE010068 ที่ระดับการใช้งานในพื้นที่ (รายละเอียดภาคผนวก ข)

2.3 ตลับเมตร (Measuring tape) จำนวน 1 เครื่อง ได้รับการรับรองการสอบเทียบมาตรฐาน สอบเทียบเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 โดย บริษัท ยูนิคิเซอร์วิสเซอเซีย จำกัด หมายเลขใบสอบเทียบมาตรฐาน 0200/2561 (รายละเอียดภาคผนวก ข)

2.4 เครื่องมือสอบเทียบเสียง (Acoustic calibrator) จำนวน 2 เครื่อง ได้รับการรับรองการสอบเทียบมาตรฐาน สอบเทียบเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2560 และ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2560 โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) หมายเลขใบสอบเทียบมาตรฐาน 10/1060 และ 13/1060 (รายละเอียดภาคผนวก ข)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขั้นตอนในการออกแบบฉากดูดซับเสียง
2. ขั้นตอนการตรวจวัดระดับเสียงในพื้นที่ จากกรณีศึกษาทั้งหมด 4 กรณี ในทุก ๆ กรณีนั้น จะทำการตรวจวัดความดังเสียง จำนวน 28 จุด ตามการแบ่งกริพื้นที่แบบ 1 x 1 ตารางเมตร ในการตรวจวัดต่อ 1 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที โดยแบ่งการตรวจวัดระดับเสียงก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง พร้อมทั้งทำการสร้างแผนที่เสียง (Noise contour map) ก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง ใช้เครื่องวัดระดับเสียง (Sound level meter) โดยตั้งเครื่องอยู่ในระดับหูของพนักงาน ในบริเวณที่มีเสียงดังใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดเสียงที่พนักงานกำลังปฏิบัติงาน และใช้วิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดเสียงสะสม (Noise dosimeter) แบบติดตัวบุคคลให้บุคคลให้กับพนักงานที่ได้รับสัมผัสเสียง โดยให้ตัวเครื่องมือติดที่ขอบกางเกงของผู้ปฏิบัติงานและไมโครโฟนติดที่ปกเสื้อบริเวณระดับหูของพนักงานที่กำลังปฏิบัติงาน รัศมีไม่เกิน 30 เซนติเมตร ทำการบันทึกผลโดยการเก็บข้อมูลเสียงในครั้งนี้นำการเก็บตัวอย่างวันที่ไม่มีฝนตก ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเก็บข้อมูลระดับเสียงก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง

วัน/เดือน/ปี	การดำเนินการ
13 ตุลาคม 2561	ก่อนการติดตั้งฉาก ทำการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ ทั้ง 4 กรณี พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือวัดเสียงสะสมแบบติดตัวบุคคล รอบที่ 1
20 ตุลาคม 2561	ก่อนการติดตั้งฉาก ทำการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ ทั้ง 4 กรณี พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือวัดเสียงสะสมแบบติดตัวบุคคล รอบที่ 2
27 ตุลาคม 2561	ก่อนการติดตั้งฉาก ทำการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ ทั้ง 4 กรณี พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือวัดเสียงสะสมแบบติดตัวบุคคล รอบที่ 3
10 พฤศจิกายน 2561	หลังการติดตั้งฉาก ทำการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ ทั้ง 4 กรณี พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือวัดเสียงสะสมแบบติดตัวบุคคล รอบที่ 1
17 พฤศจิกายน 2561	หลังการติดตั้งฉาก ทำการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ ทั้ง 4 กรณี พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือวัดเสียงสะสมแบบติดตัวบุคคล รอบที่ 2
24 พฤศจิกายน 2561	หลังการติดตั้งฉาก ทำการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ ทั้ง 4 กรณี พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือวัดเสียงสะสมแบบติดตัวบุคคล รอบที่ 3

3. การคำนวณค่าต่าง ๆ ในสมการ ดังนี้

3.1 การรวมเสียง เนื่องจากหน่วยวัดความดังเสียงนั้นเป็นลอการิทึมต้องนำมาคำนวณจากสูตร (Picard & Helsen, 2018) ดังนี้

$$L_s = 10 \log (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + 10^{L_3/10} + \dots)$$

เมื่อ L_s คือ ผลรวมของเสียงหน่วยเดซิเบล

L_n คือ ค่าของเสียงที่นำ ณ จุดที่นำมารวม หน่วยเดซิเบล

3.2 การคำนวณเพื่อปรับอัตราการลดเสียงของอุปกรณ์ เนื่องจากอัตราการลดเสียงชนิด NRR (Noise reduction rating) มีจุดอ่อนหลายประการ ได้แก่ ผู้ทดสอบเป็นผู้สวมใส่อุปกรณ์ให้แก่ผู้ถูกทดสอบ และเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดังนั้น จึงคลาดเคลื่อนไปจากค่าการลดเสียงของอุปกรณ์เมื่อสวมใส่ในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง จึงให้ปรับค่าลดทอนเสียงของอุปกรณ์ก่อนนำมาคำนวณระดับเสียงหน่วยเดซิเบลเอที่ผ่านเข้าไปในหูเมื่อสวมใส่อุปกรณ์ปกป้อง

การได้ยิน (L'_{Ax}) ด้วยการคำนวณ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2555) ดังนี้

1. ครอบคลุมเสียง จำนวนจากสูตรต่อไปนี้

$$NRR_{\text{ปรับ}} = NRR_{\text{ผู้ผลิต}} - 25\% NRR_{\text{ผู้ผลิต}} = 0.75 NRR_{\text{ผู้ผลิต}}$$

2. ปลั๊กอุดหูลดเสียงชนิดที่สามารถปรับตัวให้แนบกระชับหู จำนวนจากสูตรต่อไปนี้

$$NRR_{\text{ปรับ}} = NRR_{\text{ผู้ผลิต}} - 50\% NRR_{\text{ผู้ผลิต}} = 0.50 NRR_{\text{ผู้ผลิต}}$$

3. ปลั๊กอุดหูลดเสียงชนิดที่สามารถปรับตัวให้แนบกระชับหู จำนวนจากสูตรต่อไปนี้

$$NRR_{\text{ปรับ}} = NRR_{\text{ผู้ผลิต}} - 70\% NRR_{\text{ผู้ผลิต}} = 0.30 NRR_{\text{ผู้ผลิต}}$$

เมื่อ $NRR_{\text{ปรับ}}$ คือ อัตราการลดทอนเสียงซึ่งจะนำไปคำนวณ L'_{Ax}
 $NRR_{\text{ผู้ผลิต}}$ คือ อัตราการลดเสียงที่ผู้ผลิตระบุบนบรรจุภัณฑ์

3.3 ระดับเสียงที่ผ่านเข้าไปในหูเมื่ออุปกรณ์การปกป้องการได้ยิน (Effective A-weighting sound pressure level, L'_{Ax}) คือ ค่าระดับเสียงเดซิเบลเอในหู (L'_{Ax}) เมื่อสวมใส่อุปกรณ์ปกป้องการได้ยิน สำหรับสมรรถนะ (x) และสถานการณ์เสียงที่ระบุ จากสมการ

$$L'_{Ax} = dB(A) - (NRR - 7)$$

เมื่อ L'_{Ax} คือ ค่าระดับเสียงเดซิเบลเอในหู เมื่อสวมใส่อุปกรณ์ปกป้องการได้ยิน
 NRR คือ อัตราการลดเสียง (Noise Reduction Rating, NRR) หมายถึงอัตราการลดเสียงของอุปกรณ์ปกป้องการได้ยินคำนวณจากระดับเสียงที่อุปกรณ์ปกป้องการได้ยินลดทอนลง

ซึ่งทดสอบโดยผู้ทำการทดสอบเป็นผู้สวมใส่อุปกรณ์ปกป้อง
การได้ยินกับผู้ถูกทดสอบ

ตัวอย่าง การคำนวณเสียงระดับเสียงภายใต้อุปกรณ์ปกป้องการได้ยิน ($L'_{A92.5}$) เมื่อปรับ
อัตราการลดเสียงสำหรับค่า NRR จากสูตรข้างต้น ค่าระดับเสียงเดซิเบลเอในหู เมื่อสวมใส่อุปกรณ์
ปกป้องการได้ยิน ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{NRR}_{\text{ปรับ}} &= \text{NRR}_{\text{ผู้ผลิต}} - 70\% \text{NRR}_{\text{ผู้ผลิต}} \\ &= 24 - 0.7(24) = 7.2 \text{ dB} \\ L'_{A92.5} &= \text{dB(A)} - (\text{NRR} - 7) \\ &= 92.5 \text{ dB(A)} - 7.2 = 85.3 \text{ dB(A)} \end{aligned}$$

จากการคำนวณค่า NRR ของพนักงาน แผนกปั๊มในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กที่มี
การใช้งานปลั๊กอุดหูลดเสียง กรณีที่อุปกรณ์เป็นชนิดอื่น ๆ มี NRR ที่ 24 เดซิเบล ผลจากการคำนวณ
ปรับค่า NRR พบว่า ระดับเสียงที่ลดได้ขณะใส่อุปกรณ์อยู่ที่ 7.2 เดซิเบล และระดับเสียงภายใต้
อุปกรณ์ปกป้องการได้ยิน ($L'_{A92.5}$) อยู่ที่ 85.3 เดซิเบลเอ

4. ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1 ดำเนินการนำหนังสือแจ้งขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลจาก คณะสาธารณสุข
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์ และรายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บข้อมูล

4.2 ผู้วิจัยเข้าพบผู้จัดการโรงงานเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง
โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับกรเก็บข้อมูล ขออนุญาตเก็บข้อมูล พร้อมแจ้งกำหนดการ วัน เวลา
สถานที่ ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยดำเนินการจัดประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์ข้อมูลแก่
กลุ่มตัวอย่างพร้อมลงลายมือชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

4.3 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการตรวจวัดระดับเสียงก่อนและหลัง
ติดตั้งฉากดูดซับเสียงรวมทั้งตรวจวัดระดับเสียงสะสมที่พนักงานรับสัมผัสและเก็บข้อมูล
แบบสอบถามความพึงพอใจหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง

4.4 เปรียบเทียบระดับเสียงก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง พร้อมทั้งวิเคราะห์
ผลความพึงพอใจต่อฉากดูดซับเสียง พร้อมบันทึกและอภิปรายผลการวิจัยในลำดับถัดไป

4.5 บันทึกผลและทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการติดตั้งฉากดูดซับเสียงและนำไป
อภิปรายผลการวิจัยต่อไป

5. แผนการดำเนินการ ดังตารางที่ 9 ดังนี้

ตารางที่ 9 แผนดำเนินการ ระหว่างเดือนตุลาคม-เดือนพฤศจิกายน 2561

สัปดาห์ที่	กิจกรรม
1	-ตรวจวัดระดับเสียงในพื้นที่ก่อนการติดตั้งฉากดูดซับเสียง
2	- จัดทำฉากแต่ละขนาดที่ทำการออกแบบไว้
3-6	- ตรวจวัดระดับเสียงในพื้นที่หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง - เก็บแบบสอบถามความพึงพอใจหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง
7-8	-สรุปผลการดำเนินงาน

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะยื่นขอพิจารณาจริยธรรม จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ก่อนทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้ได้รับรหัสโครงการวิจัย IRB 012/2561 เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2561 ก่อนทำการเก็บตัวอย่างโดยผู้วิจัยได้เข้าไปชี้แจงวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลให้กลุ่มตัวอย่าง เข้าใจถึงการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่างและการเคารพสิทธิ์ส่วนบุคคลในการเข้าร่วมการวิจัยและการถอนตัวระหว่างการทำวิจัย ซึ่งจะไม่ส่งผลหรือเกิดความเสียหายใด ๆ ต่อกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลที่ได้จากการทำวิจัยในครั้งนี้จะปกปิดเป็นความลับ การนำเสนอข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจะนำเสนอในภาพรวม ไม่มีการระบุชื่อของผู้ให้ข้อมูล หน่วยงาน และกลุ่มตัวอย่างทุกคนที่ยินดีเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยได้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างโดยสมัครใจ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป มีการนำเสนอข้อมูลเชิงสถิติ 3 แบบดังนี้

1. วิเคราะห์สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง และความพึงพอใจหลังการติดตั้งฉากดูดซับด้วยสถิติเชิงพรรณนาแบบค่าเฉลี่ย
2. วิเคราะห์ความหนาของฉากลดเสียงตามความถี่ต่าง ๆ ที่เสียงลดลงในการติดตั้งฉากดูดซับเสียงระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง โดยใช้ Paired t-Test

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบความหนากับเสียงที่รับสัมผัสที่เข้าไปในหูในการติดตั้งจาก
คู่มือระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงโดยใช้ One-way Anova

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาที่นำโพลีโพลียูรีเทนเหลือใช้ที่มีความหนาขนาดต่าง ๆ นำมาจัดทำจากคูดซับเสียง โดยทำการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงานก่อนและหลังการติดตั้งจากคูดซับเสียง วัดระดับเสียงแบบแยกความถี่ 1/1 รวมทั้งทำการวัดระดับเสียงสะสมที่บุคคลรับสัมผัสระยะเวลาการทำงาน และความพึงพอใจหลังการใช้งาน โดยสามารถแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลระดับเสียง

ส่วนที่ 3 ระดับความพึงพอใจ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ผลการศึกษานี้มีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 3 คน พบว่า เป็นเพศชาย ร้อยละ 66.7 และเพศหญิงร้อยละ 33.3 และมีอายุ 35 ปี 23 ปี และ 49 ปี ตามลำดับ อายุงานในแผนก 5 ปี 2 ปี และ 20 ปี ร้อยละ 33.3, 33.3, 33.3 ตามลำดับ ประชากรทั้งหมดเป็นพนักงานระดับปฏิบัติการที่ทำงานกับเครื่องจักร นอกจากนี้ยังพบว่า ประชากรที่ศึกษาส่วนใหญ่ทำงานมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงชนิดปลั๊กอุดหูเป็นบางเวลา ร้อยละ 66.7 ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 จำนวนและร้อยละของผู้ให้ข้อมูลที่ศึกษาจำแนกตามข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (n = 3)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	2	66.7
หญิง	1	33.3



ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (n = 3)	ร้อยละ
อายุ (ปี)		
20-29	1	33.3
30-39	1	33.3
40-49	1	33.3
ตำแหน่งงาน		
พนักงาน	1	33.3
พนักงาน	1	33.3
พนักงาน	1	33.3
อายุงาน (ปี)		
1-3	1	33.3
4-6	1	33.3
6 ปีขึ้นไป	1	33.3
ขณะทำงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงชนิด		
ปลั๊กอุดหู		
1. ตลอดระยะเวลาการทำงาน	1	33.3
2. ใสบางเวลา	2	66.7

ส่วนที่ 2 ข้อมูลระดับเสียง

จากผลการศึกษาในครั้งทำการเก็บตัวอย่าง 2 รูปแบบ รูปแบบแรกเป็นตัวอย่างเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงานทั้งแบบก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง ซึ่งแบ่งการวัดระดับเสียงออกเป็นระดับเสียงเฉลี่ย และระดับเสียงแยกรายความถี่แบบ 1/1 ที่ความถี่เสียง 500 1,000 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ และการเก็บตัวอย่างเสียงสะสมที่บุคคลรับสัมผัสก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง ดังนี้

ระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงานก่อนและหลังติดตั้งฉากดูดซับเสียง

จากการดำเนินการแบ่งพื้นที่ออกเป็นตาราง 1 x 1 เมตร เพื่อให้ได้จุดตรวจวัดที่มีการกระจายของค่าเฉลี่ยเสียงในพื้นที่ โดยทำการตรวจวัดจำนวน 28 จุด ของการเก็บข้อมูล (รายละเอียดตามภาคผนวก จ) ในกรณีศึกษาทั้งหมด 4 กรณี กรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่อง

พร้อมกัน 3 ลักษณะงาน กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็ก ทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบเจาะทั้ง 3 เครื่อง และกรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับทั้ง 3 เครื่อง ระยะเวลา 30 นาทีต่อ 1 ครั้ง ทำการวัดระดับเสียงซ้ำทั้งหมด 3 รอบ พบว่า ระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ก่อนและหลังการทำงาน ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงานก่อนและหลังการติดฉากดูดซับเสียงที่ความหนาต่าง ๆ

การตรวจวัด	ระดับความดังเสียงก่อนการติดตั้งฉาก (เดซิเบลเอ)	ระดับความดังเสียงหลังการติดตั้งฉาก (เดซิเบลเอ)			
		0.25 นิ้ว	0.5 นิ้ว	1 นิ้ว	2 นิ้ว
กรณีที่ 1	87.9-92.5	85.9-90.5	85.4-90.0	84.4-89.0	83.8-88.4
กรณีที่ 2	85.8-92.0	84.3-89.6	83.8-89.1	84.4-89.0	82.1-87.4
กรณีที่ 3	83.7-88.5	81.7-86.5	81.2-86.0	84.4-83.6	79.6-84.4
กรณีที่ 4	82.8-85.6	81.3-84.1	80.8-83.6	79.8-82.6	81.2-88.6

จากตารางที่ 11 พบว่า ผลการตรวจวัดเสียงในพื้นที่การทำงานทั้งก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง โดยก่อนการติดตั้งฉากดูดซับเสียงพบว่า มีระดับเสียงกรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่องพร้อมกัน 3 ลักษณะงาน อยู่ในช่วง 87.9-92.5 เดซิเบลเอ กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็ก ทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบเจาะทั้ง 3 เครื่อง และกรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับทั้ง 3 เครื่อง อยู่ในช่วง 82.5-85.6 เดซิเบลเอ หลังทำการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนาขนาดต่าง ๆ ที่ 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ในพื้นที่การทำงาน โดยทำการศึกษาทั้ง 4 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 พบว่า เสียงลดลงอยู่ในช่วง 2.0-4.1 เดซิเบลเอ กรณีที่ 2 เสียงลดลงอยู่ในช่วง 1.4-4.6 เดซิเบลเอ กรณีที่ 3 เสียงลดลงอยู่ในช่วง 2.0-4.1 เดซิเบลเอ และกรณีที่ 4 เสียงลดลงอยู่ในช่วง 1.5-3.0 เดซิเบลเอ

ระดับเสียงรายความถี่ก่อนและหลังการติดฉากดูดซับเสียงที่ความหนาต่าง ๆ

จากผลการตรวจวัดแยกรายความถี่ในพื้นที่การทำงานทั้งก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง โดยก่อนการติดตั้งฉากดูดซับเสียงพบว่า มีระดับเสียง ทั้ง 4 กรณี กรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่องพร้อมกัน 3 ลักษณะงาน กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็ก ทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบเจาะทั้ง 3 เครื่อง และกรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับทั้ง 3 เครื่อง พบว่า กรณีที่ 1 ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ฉากที่สามารถลดระดับเสียงได้ดีที่สุดคือที่ขนาด

1 นิ้ว สามารถลดลงได้ 3.6 เดซิเบลเอ ที่ 1,000 เฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ จากที่ความหนา 2 นิ้วสามารถลดเสียงได้ 4.1 เดซิเบลเอ 3.5 เดซิเบลเอ และ 4.4 เดซิเบลเอ ตามลำดับ กรณีที่ 2 พบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ จากที่สามารถลดระดับเสียงได้ดีที่สุดคือที่ขนาด 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว สามารถลดลงได้ 4.6 เดซิเบลเอ ที่ 1,000 เฮิรตซ์ จากที่สามารถลดเสียงได้ดีที่สุดคือ จากที่ความหนา 1 นิ้ว ลดได้ 3 เดซิเบลเอ ที่ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ จากที่ความหนา 2 นิ้วสามารถลดเสียงได้ 3.6 เดซิเบลเอ และ 6.9 เดซิเบลเอ ตามลำดับ กรณีที่ 3 พบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ จากที่สามารถลดระดับเสียงได้ดีที่สุดคือที่ขนาด 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว สามารถลดลงได้ 4.7 เดซิเบลเอ ที่ 1,000 เฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ จากที่ความหนา 2 นิ้วสามารถลดเสียงได้ 5.1 เดซิเบลเอ 2.9 เดซิเบลเอ และ 5.2 เดซิเบลเอ ตามลำดับ และกรณีที่ 4 พบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ จากที่สามารถลดระดับเสียงได้ดีที่สุดคือที่ขนาด 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว สามารถลดลงได้ 3.6 เดซิเบลเอ ที่ 1,000 เฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ จากที่ความหนา 2 นิ้วสามารถลดเสียงได้ 3.2 เดซิเบลเอ 6.3 เดซิเบลเอ และ 2.4 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ระดับเสียงรายความถี่ก่อนและหลังการติดฉากดูดซับเสียงที่ความหนาต่าง ๆ

รายความถี่	ระดับความดังเสียงก่อนการติดตั้งฉาก (เดซิเบลเอ)				ระดับความดังเสียงหลังการติดตั้งฉาก (เดซิเบลเอ)			
	0.5 kHz	1kHz	2kHz	4kHz	0.5 kHz	1kHz	2 kHz	4 kHz
	กรณีที่ 1							
0.25 นิ้ว	89.8	90.9	90.4	89.6	88.5	88.3	88.0	88.4
0.5 นิ้ว	89.8	90.9	90.4	89.6	87.8	88.1	87.6	88.2
1 นิ้ว	89.8	90.9	90.4	89.6	86.2	86.9	87.0	87.0
2 นิ้ว	89.8	90.9	90.4	89.6	86.4	86.8	86.8	85.3
กรณีที่ 2								
0.25 นิ้ว	88.9	87.9	87.9	90.3	86.3	85.0	85.6	87.6
0.5 นิ้ว	88.9	87.9	87.9	90.3	86.1	85.3	85.8	86.9
1 นิ้ว	88.9	87.9	87.9	90.3	84.4	84.9	84.7	85.4
2 นิ้ว	88.9	87.9	87.9	90.3	84.4	85.0	84.3	83.4

ตารางที่ 12 (ต่อ)

รายการ ความถี่	ระดับความดังเสียงก่อนการติดตั้งฉาก (เดซิเบลเอ)				ระดับความดังเสียงหลังการติดตั้งฉาก (เดซิเบลเอ)			
	0.5 kHz	1kHz	2kHz	4kHz	0.5 kHz	1kHz	2 kHz	4 kHz
	กรณีที่ 3							
0.25 นิ้ว	87.1	87.6	85.4	86.7	85.0	85.1	84.1	84.3
0.5 นิ้ว	87.1	87.6	85.4	86.7	84.6	84.6	82.8	84.3
1 นิ้ว	87.1	87.6	85.4	86.7	82.4	82.6	82.6	83.1
2 นิ้ว	87.1	87.6	85.4	86.7	82.4	82.5	82.5	81.6
กรณีที่ 4								
0.25 นิ้ว	81.2	80.6	83.4	80.0	79.4	78.6	79.8	79.4
0.5 นิ้ว	81.2	80.6	83.4	80.0	79.1	78.1	79.3	79.2
1 นิ้ว	81.2	80.6	83.4	80.0	77.6	77.6	78.1	78.5
2 นิ้ว	81.2	80.6	83.4	80.0	77.6	77.4	77.1	77.6

ระดับเสียงสะสมที่บุคคลรับสัมผัสก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา

ต่าง ๆ

ผลการตรวจวัดเสียงสะสมที่บุคคลรับสัมผัสในพื้นที่การทำงานทั้งก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง โดยก่อนการติดตั้งฉากดูดซับเสียงพบว่า มีระดับเสียง ทั้ง 4 กรณี กรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่องพร้อมกัน 3 ลักษณะงาน กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็ก ทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบเจาะทั้ง 3 เครื่อง และกรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับทั้ง 3 เครื่อง พบว่า กรณีที่ 1 เสียงก่อนการติดตั้งฉากที่พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 รับสัมผัสที่ระดับความดัง 92.5 เดซิเบลเอ 91.7 เดซิเบลเอ และ 91.3 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงจากที่สามารถลดเสียงได้คืออยู่ที่ความหนา 1 นิ้ว สามารถลดระดับเสียงสะสมที่รับสัมผัสได้มากถึง 7.1 เดซิเบลเอ 6.3 เดซิเบลเอ และ 6.1 เดซิเบลเอ ต่อวันตามลำดับ กรณีที่ 2 เสียงก่อนการติดตั้งฉากที่พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 รับสัมผัสที่ระดับความดัง 91 เดซิเบลเอ 90.5 เดซิเบลเอ และ 90.2 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงจากที่สามารถลดเสียงได้คืออยู่ที่ความหนา 1 นิ้ว ลดได้มากถึง 7.4 เดซิเบลเอ 7 เดซิเบลเอ และ 6.7 เดซิเบลเอ ตามลำดับ กรณีที่ 3 เสียงก่อนการติดตั้งฉากที่พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3

รับสัมผัสที่ระดับความดัง 87.6 เดซิเบลเอ 86.3 เดซิเบลเอ และ 84.6 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงมากที่สามารถลดเสียงได้คืออยู่ที่ความหนา 1 นิ้ว สามารถลดระดับเสียงสะสมที่รับสัมผัสได้มากถึง 8 เดซิเบลเอ 5.6 เดซิเบลเอ และ 4.4 เดซิเบลเอ ต่อวันตามลำดับ และกรณีที่ 4 เสียงก่อนการติดตั้งฉากที่พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 รับสัมผัสที่ระดับความดัง 82.8 เดซิเบลเอ 81.9 เดซิเบลเอ และ 84.2 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง พนักงานที่ 1 และคนที่ 3 ฉากที่สามารถลดระดับเสียงสะสมในการรับสัมผัสได้คืออยู่ที่ความหนา 2 นิ้ว ลดได้มากถึง 4.4 เดซิเบลเอต่อวัน ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ระดับเสียงสะสมที่บุคคลรับสัมผัสก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนาต่าง ๆ

จุดตรวจ	ระดับความดังเสียงก่อนการติดตั้งฉาก (เดซิเบลเอ)	ระดับความดังเสียงหลังการติดตั้งฉาก (เดซิเบลเอ)			
		0.25 นิ้ว	0.5 นิ้ว	1 นิ้ว	2 นิ้ว
กรณีที่ 1					
พนักงานคนที่ 1	92.5	90.3	88.9	85.4	88.4
พนักงานคนที่ 2	91.7	90.2	88.8	85.4	88.2
พนักงานคนที่ 3	91.3	90.2	88.4	85.2	88.2
กรณีที่ 2					
พนักงานคนที่ 1	91.0	89.9	88.6	83.6	86.8
พนักงานคนที่ 2	90.5	87.4	86.9	83.5	86.7
พนักงานคนที่ 3	90.2	87.5	87.6	83.5	86.6
กรณีที่ 3					
พนักงานคนที่ 1	87.6	85.4	84.5	79.6	83.7
พนักงานคนที่ 2	86.3	85.5	83.3	80.7	82.9
พนักงานคนที่ 3	84.6	84.6	83.7	80.2	83.7
กรณีที่ 4					
พนักงานคนที่ 1	82.8	80.6	79.4	81.4	78.4
พนักงานคนที่ 2	81.9	80.2	79.9	81.3	80.8
พนักงานคนที่ 3	84.2	82.3	79.9	81.5	79.8

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงรบกวนในพื้นที่การทำงาน

จากการทดสอบทางสถิติ Pair t-Test โดยพบว่า ฉากที่มีความหนาต่าง ๆ กันนั้นดูดซับเสียงต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่องพร้อมกัน 3 ลักษณะงาน กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็กทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบเจาะทั้ง 3 เครื่อง และกรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับทั้ง 3 เครื่อง โดยที่ กรณีที่ 1 พบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.041$, $p = 0.018$ และ $p = 0.015$ ตามลำดับ) สำหรับความถี่ 2,000 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.038$, $p = 0.021$, $p = 0.031$ และ $p = 0.016$ ตามลำดับ) แต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ ทุกขนาดความหนาไม่มีความแตกต่างกัน และกรณีที่ 2 พบว่า ที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.001$, $p = 0.023$, $p = 0.001$ และ $p = 0.004$ ตามลำดับ) ที่ความถี่ 2,000 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.037$, $p = 0.011$ และ $p = 0.018$ ตามลำดับ) ที่ความถี่ 4,000 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.032$, $p = 0.035$ และ $p = 0.02$ ตามลำดับ) แต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ทุกขนาดความหนาไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ ความหนา 0.5 นิ้ว และ 1 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกันเช่นกัน กรณีที่ 3 พบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว และ 0.5 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.001$ และ $p = 0.009$ ตามลำดับ) ที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.006$, $p = 0.003$, $p = 0.001$ และ $p = 0.002$ ตามลำดับ) ที่ความถี่ 2,000 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.025$ และ $p = 0.024$ ตามลำดับ) ที่ความถี่ 4,000 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.038$ และ $p = 0.017$ ตามลำดับ) แต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ขนาดความหนา 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ ความหนา 0.25 นิ้ว และ 0.5 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกันเช่นกัน และกรณีที่ 4 พบว่า ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.003$, $p = 0.002$ $p = 0.001$ และ $p = 0.001$ ตามลำดับ) ความถี่ 2,000 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว และ 1 นิ้ว

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.008$, $p = 0.014$ และ $p = 0.001$ ตามลำดับ) ความถี่ 4,000 เฮิร์ตซ์ ความหนา 1 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.007$) แต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 1,000 เฮิร์ตซ์ ทุกขนาดความหนาไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า 2,000 เฮิร์ตซ์ ความหนาขนาด 2 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกัน และ 4,000 เฮิร์ตซ์ ขนาดความหนา 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว และ 2 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกันเช่นกัน ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงรบกวนในพื้นี่การทำงาน

ราย ความถี่	ความหนาขนาด ต่าง ๆ	N	Mean	Std. Devition	t	p-value	
กรณีที่ 1							
500 Hz	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	85.000	0.7211	2.250	0.153
		หลัง	3	83.667	0.5774		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	85.000	0.7211	4.804	0.041*
		หลัง	3	83.000	0.0000		
	1 นิ้ว	ก่อน	3	85.000	0.7211	7.366	0.018*
		หลัง	3	81.433	0.2887		
2 นิ้ว	ก่อน	3	85.000	0.7211	8.167	0.015*	
	หลัง	3	81.600	0.0000			
1,000 Hz	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	85.567	2.6951	1.328	0.315
		หลัง	3	83.500	0.0000		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	85.567	2.6951	1.437	0.287
		หลัง	3	83.300	0.1732		
	1 นิ้ว	ก่อน	3	85.567	2.6951	2.228	0.156
		หลัง	3	82.100	0.0000		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ราย ความถี่	ความหนาขนาด ต่างๆ	N	Mean	Std. Devition	t	p-value	
2,000 Hz	2 นิ้ว	ก่อน	3	85.567	2.6951	2.292	0.149
		หลัง	3	82.000	0.0000		
	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	85.533	0.8083	5.000	0.038*
		หลัง	3	83.200	0.0000		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	85.533	0.8083	6.740	0.021*
		หลัง	3	82.800	0.3464		
4,000 Hz	1 นิ้ว	ก่อน	3	85.533	0.8083	5.551	0.031*
		หลัง	3	82.167	0.5132		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	85.533	0.8083	7.930	0.016*
		หลัง	3	82.067	0.1155		
	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	84.533	2.1779	0.742	0.535
		หลัง	3	83.600	0.0000		
0.5 นิ้ว	ก่อน	3	84.533	2.1779	1.064	0.399	
	หลัง	3	83.400	0.3464			
กรณีสี่ที่ 2	1 นิ้ว	ก่อน	3	84.533	2.1779	1.970	0.188
		หลัง	3	82.233	0.2309		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	84.533	2.1779	3.208	0.085
		หลัง	3	80.500	0.0000		
500 Hz	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	83.733	2.3094	0.055	0.961
		หลัง	3	83.667	0.5774		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	83.733	2.3094	1.756	0.221
		หลัง	3	81.300	0.1732		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ราย ความถี่	ความหนาขนาด ต่างๆ	N	Mean	Std. Devition	t	p-value	
1,000 Hz	1 นิ้ว	ก่อน	3	83.733	2.3094	3.100	0.090
		หลัง	3	79.600	0.0000		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	83.733	2.3094	1.600	0.251
		หลัง	3	81.600	0.0000		
	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	83.100	0.1732	29.000	0.001*
		หลัง	3	80.200	0.0000		
0.5 นิ้ว	ก่อน	3	83.100	0.1732	6.531	0.023*	
	หลัง	3	80.533	0.5774			
2,000 Hz	1 นิ้ว	ก่อน	3	83.100	0.1732	33.639	0.001*
		หลัง	3	80.133	0.1155		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	82.833	0.3055	14.930	0.004*
		หลัง	3	80.200	0.0000		
	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	83.033	0.8386	5.047	0.037*
		หลัง	3	80.833	0.2887		
0.5 นิ้ว	ก่อน	3	83.033	0.8386	4.199	0.052	
	หลัง	3	81.000	0.0000			
4,000 Hz	1 นิ้ว	ก่อน	3	83.033	0.8386	9.644	0.011*
		หลัง	3	79.967	0.2887		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	83.033	0.8386	7.297	0.018*
		หลัง	3	79.500	0.0000		
	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	85.533	0.4041	5.473	0.032*
		หลัง	3	82.833	0.5774		
0.5 นิ้ว	ก่อน	3	85.533	0.4041	5.200	0.035*	
	หลัง	3	82.067	0.7506			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 14 (ต่อ)

รายการ ความถี่	ความหนาขนาด ต่างๆ	N	Mean	Std. Devition	t	p-value	
	1 นิ้ว	ก่อน	3	81.867	1.1547	1.900	0.198
		หลัง	3	80.600	0.0000		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	85.533	0.4041	23.402	0.002*
		หลัง	3	78.600	0.1732		
กรณีที่ 3							
500 Hz	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	82.300	0.0000	61.000	<0.001*
		หลัง	3	80.267	0.0577		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	82.300	0.0000	10.571	0.009*
		หลัง	3	79.833	0.4041		
	1 นิ้ว	ก่อน	3	82.300 ^a	0.0000	-	-
		หลัง	3	77.600 ^a	0.0000		
2 นิ้ว	ก่อน	3	82.300 ^a	0.0000	-	-	
	หลัง	3	77.600 ^a	0.0000			
1,000 Hz	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	82.833	0.3055	12.500	0.006*
		หลัง	3	80.333	0.2309		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	82.833	0.3055	17.197	0.003*
		หลัง	3	79.800	0.0000		
	1 นิ้ว	ก่อน	3	82.833	0.3055	28.158	0.001*
		หลัง	3	77.867	0.1155		
2 นิ้ว	ก่อน	3	82.833	0.3055	23.485	0.002*	
	หลัง	3	77.700	0.1732			
2,000 Hz	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	80.633	0.7506	1.754	0.222
		หลัง	3	79.733	0.2309		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	80.633	0.7506	1.783	0.217
		หลัง	3	79.267	0.5774		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ราย ความถี่	ความหนาขนาด ต่างๆ	N	Mean	Std. Devition	t	p-value	
4,000 Hz	1 นิ้ว	ก่อน	3	80.633	0.7506	6.145	0.025*
		หลัง	3	78.067	0.0577		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	80.633	0.7506	6.318	0.024*
		หลัง	3	77.800	0.2000		
	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	81.867	1.1547	3.550	0.071
		หลัง	3	79.500	0.0000		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	81.867	1.1547	3.550	0.071
		หลัง	3	79.500	0.0000		
	1 นิ้ว	ก่อน	3	81.867	1.1547	4.983	0.038*
		หลัง	3	78.367	0.1155		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	81.867	1.1547	7.600	0.017*
		หลัง	3	76.800	0.0000		
กรณีที่ 4							
500 Hz	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	76.400	0.1732	18.000	0.003*
		หลัง	3	74.600	0.0000		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	76.400	0.1732	23.056	0.002*
		หลัง	3	74.367	0.1155		
	1 นิ้ว	ก่อน	3	76.400	0.1732	36.000	0.001*
		หลัง	3	72.800	0.0000		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	76.400	0.1732	36.000	0.001*
		หลัง	3	72.800	0.0000		
1,000 Hz	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	75.800 ^a	0.0000	-	-
		หลัง	3	73.800 ^a	0.0000		
	0.5 นิ้ว	ก่อน	3	75.800 ^a	0.0000	-	-
		หลัง	3	73.300 ^a	0.0000		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ราย ความถี่	ความหนาขนาด ต่างๆ	N	Mean	Std. Devition	t	p-value	
2,000 Hz	1 นิ้ว	ก่อน	3	75.800 ^a	0.0000	-	-
		หลัง	3	72.800 ^a	0.0000		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	75.800 ^a	0.0000	-	-
		หลัง	3	72.600 ^a	0.0000		
	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	78.600	0.0000	10.900	0.008*
		หลัง	3	74.967	0.5774		
0.5 นิ้ว	ก่อน	3	78.600	0.0000	8.312	0.014*	
	หลัง	3	74.500	0.8544			
4,000 Hz	1 นิ้ว	ก่อน	3	78.600	0.0000	39.500	0.001*
		หลัง	3	73.333	0.2309		
	2 นิ้ว	ก่อน	3	78.600 ^a	0.0000	-	-
		หลัง	3	72.300 ^a	0.0000		
	0.25 นิ้ว	ก่อน	3	75.200	0.3464	3.000	0.095
		หลัง	3	74.600	0.0000		
0.5 นิ้ว	ก่อน	3	75.200	0.3464	2.667	0.117	
	หลัง	3	74.400	0.1732			
1 นิ้ว	ก่อน	3	75.200	0.3464	11.500	0.007*	
	หลัง	3	73.667	0.5033			
2 นิ้ว	ก่อน	3	75.200 ^a	0.3464	-	-	
	หลัง	3	72.800 ^a	0.3464			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดเสียงในพื้นที่การทำงาน

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดเสียงในพื้นที่การทำงาน โดยการใช้ฉาก
ดูดซับเสียงที่ความหนาต่าง ๆ ด้วยการทดสอบทางสถิติ One-way Anova กรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักร
ทั้งสามเครื่องพร้อมกัน กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็ก กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊ม

แบบเจาะ และกรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับ ผลการศึกษาพบว่า มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ของผลการตรวจวัดระดับเสียงก่อนและหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ขนาดโพลี โพลียูรีเทนเหลือใช้ กรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่องพร้อมกันที่ความหนา 2 นิ้ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($p < 0.001$) กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็ก ที่ความหนา 0.25 นิ้ว ที่ความหนา 0.5 นิ้ว และที่ความหนา 1 นิ้ว ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($p < 0.001$, $p < 0.001$ และ $p < 0.001$ ตามลำดับ) กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบเจาะ ที่ความหนา 1 นิ้ว ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($p < 0.001$) และกรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับ ที่ความหนา 2 นิ้ว ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($p < 0.001$) ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงในพื้นที่การทำงาน

คู่เปรียบเทียบ	ความแปรปรวน	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
กรณีที่ 1						
0.25 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	52.589	19	2.768		
	ภายในกลุ่ม	0.000	8	0.000		
	ทั้งหมด	52.589	27			
0.5 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	52.589	19	2.768		
	ภายในกลุ่ม	0.000	8	0.000		
	ทั้งหมด	52.589	27			
1 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	52.589	19	2.768		
	ภายในกลุ่ม	0.000	8	0.000		
	ทั้งหมด	52.589	27			
2 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	52.427	19	2.759	39143.602	< 0.001**
	ภายในกลุ่ม	0.001	8	0.000		
	ทั้งหมด	52.428	27			

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 15 (ต่อ)

คู่เปรียบเทียบ	ความแปรปรวน	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
กรณีที่ 2						
0.25 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	105.079	16	6.567	4.770E+29	< 0.001**
	ภายในกลุ่ม	0.000	11	0.000		
	ทั้งหมด	105.079	27			
0.5 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	105.079	16	6.567	4.770E+29	< 0.001**
	ภายในกลุ่ม	0.000	11	0.000		
	ทั้งหมด	105.079	27			
1 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	105.079	16	3.165	17.893	< 0.001**
	ภายในกลุ่ม	0.000	11	0.177		
	ทั้งหมด	105.079	27			
2 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	105.079	16	6.567		
	ภายในกลุ่ม	0.000	11	0.000		
	ทั้งหมด	105.079	27			
กรณีที่ 3						
0.25 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	77.734	20	3.887		
	ภายในกลุ่ม	0.000	7	0.000		
	ทั้งหมด	77.734	27			
0.5 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	77.734	20	3.887		
	ภายในกลุ่ม	0.000	7	0.000		
	ทั้งหมด	77.734	27			
1 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	51.502	20	2.575	16.586	< 0.001**
	ภายในกลุ่ม	1.087	7	0.155		
	ทั้งหมด	52.589	27			

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 15 (ต่อ)

คู่เปรียบเทียบ	ความแปรปรวน	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
2 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	77.734	20	3.887		
	ภายในกลุ่ม	0.000	7	0.000		
	ทั้งหมด	77.734	27			
<hr/>						
กรณีที่ 4						
0.25 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	29.292	17			
	ภายในกลุ่ม	0.000	10			
	ทั้งหมด	29.292	27			
0.5 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	29.292	17			
	ภายในกลุ่ม	0.000	10			
	ทั้งหมด	29.292	27			
	ภายในกลุ่ม	0.000	10			
2 นิ้ว	ระหว่างกลุ่ม	68.640	17	4.038	21.550	< 0.001**
	ภายในกลุ่ม	1.874	10	0.187		
	ทั้งหมด	70.513	27			

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ส่วนที่ 3 ระดับความพึงพอใจ

จากผลวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อการติดตั้งฉากในพื้นที่การ 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความพึงพอใจต่อการดูดซับเสียง ด้านความพึงพอใจต่อการใช้งาน และด้านความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าในการใช้งาน ซึ่งพบว่า ด้านที่พนักงานมีความพึงพอใจมากที่สุดความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าในการใช้งาน เท่ากับ 2.6 ร้อยละ 88.9 รองลงมาคือด้านความพึงพอใจต่อความปลอดภัยในการใช้งาน เท่ากับ 2.2 ร้อยละ 74.1 และสุดท้ายคือ ความพึงพอใจต่อฉากดูดซับเสียง เท่ากับ 1.9 ร้อยละ 63.9 ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยและระดับความพึงพอใจหลังใช้งานฉากดูดซับเสียงของพนักงาน

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	SD	ร้อยละ	ระดับความพึงพอใจ
ด้านความพึงพอใจต่อฉากดูดซับเสียง	1.92	0.144	63.9	ปานกลาง
1. การออกแบบฉากดูดซับเสียงสะดวกกับพื้นที่การทำงานของท่าน	1.67	0.577	55.7	ปานกลาง
2. การออกแบบฉากดูดซับเสียงเหมาะสมกับพื้นที่การทำงานของท่าน	1.67	0.577	57.7	ปานกลาง
3. ท่านพึงพอใจต่อการใช้งานฉากดูดซับเสียงนี้	2.33	0.577	77.7	มาก
ความพึงพอใจต่อความปลอดภัยในการใช้งาน	2.22	0.385	74.1	มาก
5. ฉากดูดซับเสียงติดตั้งมั่นคงไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุในพื้นที่	2.67	0.577	89.0	มาก
6. การจัดวางฉากดูดซับเสียงไม่กีดขวางการต่อการทำงาน	2.67	0.577	89.0	มาก
7. ฉากดูดซับเสียงมีความแข็งแรงทนทานไม่ก่อให้เกิดอันตรายอื่น ๆ ตามมา	1.33	.577	44.3	น้อย
ความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าในการใช้งาน	2.67	0.333	88.9	มาก
8. สามารถใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้นำมาทำฉากดูดซับเสียง	3.00	0.000	100.0	มาก
9. ฉากดูดซับเสียงนี้สามารถลดปริมาณขยะจากกระบวนการผลิตได้	2.67	0.577	89.0	มาก
10. ฉากดูดซับเสียงนี้สามารถลดต้นทุนการส่งกำจัดขยะจากกระบวนการผลิตได้	2.33	0.577	77.7	มาก

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาที่นำโพลีโพลียูรีเทนเหลือใช้ที่มีความหนาขนาดต่าง ๆ . นำมาจัดทำจากคูดซับเสียง โดยทำการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงานก่อนและหลัง การติดตั้งจากคูดซับเสียง วัดระดับเสียงแบบแยกความถี่ 1/1 และทำการวัดระดับเสียงสะสม ที่บุคคลรับสัมผัสระยะเวลาการทำงาน พร้อมทั้งการวัดความพึงพอใจต่อการใช้งาน สามารถสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

ส่วนที่ 1 สรุปผลการวิจัย

ส่วนที่ 2 อภิปรายผล

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไป

จากผลการศึกษาพบว่า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 66.7 และเพศหญิง ร้อยละ 33.3 และมีอายุ 35 ปี 23 ปี และ 49 ปี ร้อยละ 33.3, 33.3, 33.3 ตามลำดับ อายุงานในแผนก 5 ปี 2 ปี และ 20 ปี ร้อยละ 33.3, 33.3, 33.3 ตามลำดับ ประชากรทั้งหมดเป็นพนักงานระดับ ปฏิบัติการที่ทำงานกับเครื่องจักร นอกจากนี้ยังพบว่า ประชากรที่ศึกษาส่วนใหญ่ทำงาน มีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงชนิดปลั๊กอุดหูเป็นบางเวลา ร้อยละ 66.7

คุณสมบัติในการดูดซับเสียงของวัสดุโพลีโพลียูรีเทนเหลือใช้

ผลการศึกษาทั้ง 4 กรณี ประกอบด้วยกรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่องพร้อมกัน 3 ลักษณะงาน กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็ก ทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่อง ปั๊มแบบเจาะทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับทั้ง 3 เครื่อง ดังนี้

กรณีที่ 1 ระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงาน อยู่ในช่วง 87.9-92.5 เดซิเบลเอ หลังการติดตั้งจากคูดซับเสียง พบว่า ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ระดับเสียง ลดลง 2.0-2.0 เดซิเบลเอ 2.5-2.5 เดซิเบลเอ 3.5-3.5 เดซิเบลเอ และ 4.1-4.1 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งจากคูดซับเสียงจากที่สามารถลดเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ได้คืออยู่ที่ความหนา 2 นิ้ว และระดับเสียงสะสมก่อนการติดตั้งจากที่พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 รับสัมผัสที่ระดับ ความดัง 92.5 เดซิเบลเอ 91.7 เดซิเบลเอ และ 91.3 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ระดับเสียงสะสมหลัง

การติดตั้งฉาก ที่ความหนา 0.25 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 2.2 เดซิเบลเอ 1.1 เดซิเบลเอ และ 1.1 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ที่ความหนา 0.5 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 3.6 เดซิเบลเอ 2.9 เดซิเบลเอ และ 2.9 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ที่ความหนา 1 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 7.1 เดซิเบลเอ 6.3 เดซิเบลเอ และ 6.1 เดซิเบลเอ ตามลำดับ และที่ความหนา 2 พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 4.1 เดซิเบลเอ 3.5 เดซิเบลเอ และ 3.1 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงจากที่สามารถลดเสียงสะสมได้คืออยู่ที่ความหนา 1 นิ้ว

กรณีที่ 2 ระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงาน อยู่ในช่วง 85.8-92.0 เดซิเบลเอ หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงพบว่า ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ระดับเสียงลดลง 1.5-2.4 เดซิเบลเอ 2.0-2.9 เดซิเบลเอ 1.4-3.0 เดซิเบลเอ และ 3.7-4.6 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงจากที่สามารถลดเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ได้คืออยู่ที่ความหนา 2 นิ้ว และระดับเสียงสะสมก่อนการติดตั้งฉากที่พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 รับสัมผัสที่ระดับความดัง 91 เดซิเบลเอ 90.5 เดซิเบลเอ และ 90.2 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ระดับเสียงสะสมหลังการติดตั้งฉาก ที่ความหนา 0.25 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 1.1 เดซิเบลเอ 3.1 เดซิเบลเอ และ 2.7 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ที่ความหนา 0.5 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 2.4 เดซิเบลเอ 3.6 เดซิเบลเอ และ 2.6 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ที่ความหนา 1 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 7.4 เดซิเบลเอ 7.0 เดซิเบลเอ และ 6.7 เดซิเบลเอ ตามลำดับ และที่ความหนา 2 พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 4.2 เดซิเบลเอ 3.8 เดซิเบลเอ และ 3.6 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงจากที่สามารถลดเสียงสะสมได้คืออยู่ที่ความหนา 1 นิ้ว

กรณีที่ 3 ระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงาน อยู่ในช่วง 83.7-88.5 เดซิเบลเอ หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงพบว่า ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ระดับเสียงลดลง 2.0-2.0 เดซิเบลเอ 2.5-2.5 เดซิเบลเอ 1.3-4.0 เดซิเบลเอ และ 4.1-4.1 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงจากที่สามารถลดเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ได้คืออยู่ที่ความหนา 2 นิ้ว และระดับเสียงสะสมก่อนการติดตั้งฉากที่พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 รับสัมผัสที่ระดับความดัง 87.6 เดซิเบลเอ 86.3 เดซิเบลเอ และ 84.6 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ระดับเสียงสะสมหลังการติดตั้งฉาก ที่ความหนา 0.25 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 2.2 เดซิเบลเอ 0.8 เดซิเบลเอ และ 0 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ที่ความหนา 0.5 นิ้ว พบว่า พนักงาน



2048311787

คนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 3.1 เดซิเบลเอ 3.0 เดซิเบลเอ และ 0.9 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ที่ความหนา 1 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 8.0 เดซิเบลเอ 5.6 เดซิเบลเอ และ 4.4 เดซิเบลเอ ตามลำดับ และที่ความหนา 2 พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 3.9 เดซิเบลเอ 3.4 เดซิเบลเอ และ 0.9 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงฉากที่สามารถลดเสียงสะสมได้คืออยู่ที่ความหนา 1 นิ้ว

กรณีที่ 4 ระดับเสียงเฉลี่ยในพื้นที่การทำงาน อยู่ในช่วง 82.8-85.6 เดซิเบลเอ หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงพบว่า ความหนาขนาด 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ระดับเสียงลดลง 2.2-4.4 เดซิเบลเอ 2.9-4.4 เดซิเบลเอ 3.9-4.4 เดซิเบลเอ และ 2.5-4.4 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงฉากที่สามารถลดเสียงเฉลี่ยในพื้นที่ได้คืออยู่ที่ความหนา 1 นิ้ว และระดับเสียงสะสมก่อนการติดตั้งฉากที่พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 รับสัมผัสที่ระดับความดัง 82.8 เดซิเบลเอ 81.9 เดซิเบลเอ และ 84.2 เดซิเบลเอ ระดับเสียงสะสมหลังการติดตั้งฉากที่ความหนา 0.25 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 2.2 เดซิเบลเอ 1.7 เดซิเบลเอ และ 1.9 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ที่ความหนา 0.5 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 3.4 เดซิเบลเอ 2.0 เดซิเบลเอ และ 4.3 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ที่ความหนา 1 นิ้ว พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 1.4 เดซิเบลเอ 0.6 เดซิเบลเอ และ 2.4 เดซิเบลเอ ตามลำดับ และที่ความหนา 2 พบว่า พนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และ คนที่ 3 ระดับเสียงสะสมลดลง 4.4 เดซิเบลเอ 1.1 เดซิเบลเอ และ 4.4 เดซิเบลเอ ตามลำดับ พบว่า หลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงฉากที่สามารถลดระดับเสียงสะสมได้ดีที่ความหนา 2 นิ้ว

ระดับความพึงพอใจ

จากผลวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อการติดตั้งฉากในพื้นที่การ 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความพึงพอใจต่อการดูดซับเสียง ด้านความพึงพอใจต่อการใช้งาน และด้านความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าในการใช้งาน ซึ่งพบว่า ด้านที่พนักงานมีความพึงพอใจมากที่สุดความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าในการใช้งาน เท่ากับ 2.67 ร้อยละ 88.9 รองลงมาคือด้านความพึงพอใจต่อความปลอดภัยในการใช้งาน เท่ากับ 2.22 ร้อยละ 74.1 และสุดท้ายคือความพึงพอใจต่อฉากดูดซับเสียง เท่ากับ 1.92 ร้อยละ 63.9

อภิปรายผล

อภิปรายผลการวิจัย ทั้ง 4 กรณี ประกอบด้วยกรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่องพร้อมกัน 3 ลักษณะงาน กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็ก ทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบเจาะทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับทั้ง 3 เครื่อง ดังนี้ กรณีที่ 1 จากผลการศึกษาพบว่า ฉากขนาดความหนา 2 นิ้ว สามารถลดระดับเสียงในพื้นที่ได้ที่ระดับ 4.1 เดซิเบลเอ และฉากที่สามารถลดระดับเสียงสะสมที่พนักงานรับสัมผัสได้มากที่สุดที่ขนาดความหนา 1 นิ้ว ที่ระดับ 7.1 เดซิเบลเอ กรณีที่ 2 จากผลการศึกษาพบว่า ฉากขนาดความหนา 2 นิ้ว สามารถลดระดับเสียงในพื้นที่ได้ที่ระดับ 4.6 เดซิเบลเอ และฉากที่สามารถลดระดับเสียงสะสมที่พนักงานรับสัมผัสได้มากที่สุดที่ขนาดความหนา 1 นิ้ว ที่ระดับ 7.4 เดซิเบลเอ กรณีที่ 3 จากผลการศึกษาพบว่า ฉากขนาดความหนา 2 นิ้ว สามารถลดระดับเสียงในพื้นที่ได้ที่ระดับ 4.1 เดซิเบลเอ และฉากที่สามารถลดระดับเสียงสะสมที่พนักงานรับสัมผัสได้มากที่สุดที่ขนาดความหนา 1 นิ้ว ที่ระดับ 5.6 เดซิเบลเอ และกรณีที่ 4 จากผลการศึกษาพบว่า ฉากขนาดความหนา 1 นิ้ว สามารถลดระดับเสียงในพื้นที่ได้ที่ระดับ 4.4 เดซิเบลเอ และฉากที่สามารถลดระดับเสียงสะสมที่พนักงานรับสัมผัสได้มากที่สุดที่ขนาดความหนา 2 นิ้ว ที่ระดับ 4.4 เดซิเบลเอ จากทุกกรณีศึกษานี้พบว่า ระดับเสียงที่ลดลงนั้นอยู่ในช่วง 1.0-10.0 เดซิเบลเอ พบว่า ที่ผ่านมานั้นมีผู้ทำการศึกษาวิธีการลดเสียงดังด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานของกัญจน์ ญาณะชัย (2551) ในเรื่องของประสิทธิภาพการลดเสียงที่เกิดการใช้โฟมโพลียูรีเทนที่สามารถลดระดับเสียงได้ถึง 4.2 เดซิเบลเอ เหตุที่สอดคล้องนั้นอาจจะเป็นด้วยลักษณะของการที่มีการนำโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้มาจัดทำเป็นวัสดุดูดซับเสียงเช่นเดียวกัน ซึ่งลักษณะที่ศึกษาคือนำโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้มาผสมกันบุน้ำมันจากเศษโพลียูรีเทนเหลือใช้ที่ความหนาแน่น 21 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ติดลงบนแผ่นฉนวนใยแก้วที่ความหนา 2.54 เซนติเมตร การศึกษาของวรสันต์ บุรณากาญจน์ และคณะ (2557) ที่ใช้วัสดุดูดซับเสียงขนาด 4 x 4 ตารางเมตรในการดูดซับเสียงของสนามยิงปืนที่สามารถลดเสียงได้อยู่ในช่วง 2-10 เดซิเบลเอ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการลดเสียงแบบแพสซีฟที่แหล่งกำเนิดเสียงของชูเกียรติ สอดศรี (2557) ซึ่งศึกษาประสิทธิภาพกล่องที่ใช้ท่อลดทอนเสียงที่สามารถลดเสียงรบกวนลงได้อยู่ในช่วง 1-10 เดซิเบลเอ และพบว่า ฉากที่สามารถลดเสียงได้ดีที่สุดนั้นสอดคล้องกับการบทความของสรารุช สุธรรมมาสา (2551) ที่กล่าวถึงค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงของวัสดุดูดซับเสียงชนิดโพลียูรีเทนโฟมแบบเซลล์เปิด ที่ความหนา 2 นิ้ว จะมีค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงการลดเสียงได้ดีกว่าขนาดอื่น ๆ นอกจากนี้ส่วนใหญ่ฉนวนที่ใช้กันเสียงที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุดูดซับเสียงจะนิยมความหนาที่ 2 นิ้ว (ปิยะรัตน์ ปรีรัมย์ โนช, 2547) และที่ความหนา 1 นิ้ว นั้นพบว่า มีวัสดุที่สามารถลดเสียงได้มากกว่าความหนาขนาดอื่นตามการศึกษาของกมล กาญจนรุจี และคณะ (2550)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองนำโพลีเมตริกโพลีไสตริล ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุน มีน้ำหนักเบา และราคาถูก มาใช้ร่วมกับผนังยิปซัมบอร์ดเพื่อลดการรบกวนของเสียง พบว่า โฟมที่ความหนา 1 นิ้วจะสามารถป้องกันเสียงได้ดีกว่าโพลีเมตริกโพลีไสตริลที่ความหนา 2 นิ้ว 3 นิ้ว โพลีเมตริกโพลีไสตริลและฉนวนใยแก้ว นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ ภูษิต เลิศวัฒน์รักษ์ และณคณ เกียรติก้องมณี (2553) ทำการออกแบบ และการประยุกต์ใช้วัสดุดูดซับเสียงเพื่อลดมลพิษทางเสียงจากการจราจรในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร วิธีการในการศึกษานี้สามารถลดระดับความดังเสียงได้ 4.3 dB(A) ส่วนบางขนาดความหนาที่สามารถลดเสียงได้ในช่วง 7.0-8.0 เดซิเบลเอนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของปัญญารัตน์ โจลานันท์ และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาแผ่นกั้นเสียง สามารถลดเสียงได้ 7.2-8.0 เดซิเบลเอ และ ซึ่งประสิทธิภาพการลดเสียงของโพลีโพลียูรีเทนเหลือใช้ที่นำมาจัดทำจากดูดซับเสียงไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของรุ่งโรจน์ พูลพานิชอุปถัมภ์ และคณะ (2556) การศึกษาวิธีลดเสียงดังจากการปล่อยไอน้ำกลับตัวออกจากระบบไอน้ำ ทำการศึกษาวิธีการลดเสียงที่ความถี่ต่ำ ด้วยการทำให้เสียงสะท้อนกลับเข้ามา ซึ่งเสียงมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่น และประสิทธิภาพการลดเสียงต้องมีความยาวคลื่นใหญ่กว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์ดูดซับเสียงประเภทไซเลนเซอร์นี้มีความสามารถลดเสียงได้ที่ 15.5 เดซิเบลเอ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเสียงรายความถี่นั้นพบว่า กรณีที่ 1 พบว่า ในรายความถี่ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ และ 2,000 เฮิรตซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่กลับพบว่า ที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ ทุกขนาดความหนาไม่มีความแตกต่างกัน กรณีที่ 2 พบว่า ในรายความถี่ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่กลับพบว่า มีบางขนาดความหนา ที่ความถี่ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ ความหนา 0.5 นิ้ว และ 1 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกัน กรณีที่ 3 พบว่า ในรายความถี่ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ 1,000 เฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่กลับพบว่า มีบางขนาดความหนา ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ขนาดความหนา 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ ความหนา 0.25 นิ้ว และ 0.5 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกันเช่นกัน และกรณีที่ 4 พบว่า ในรายความถี่ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่กลับพบว่า บางขนาดความหนา ที่ความถี่ 2,000 เฮิรตซ์ ความหนาขนาด 2 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกัน และ 4,000 เฮิรตซ์ ขนาดความหนา 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว และ 2 นิ้ว ไม่มีความแตกต่างกัน

จากทุกกรณีศึกษานั้น พบว่า ที่ผ่านมานั้นมีผู้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุในรายความถี่ต่าง ๆ ดังนี้ สอดคล้องของสรวุฑ สุธรรมมาสา (2551) ที่กล่าวถึง ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของโพลีโพลียูรีเทนไว้ว่าจากที่ขนาดความหนาที่มากกว่านั้น

ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงจะดีกว่า ซึ่งพบว่า สอดคล้องกับผลการศึกษาของเกศ ศรีวัฒนพล และคณะ (2550) ว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกกที่ความหนาและความหนาแน่นต่าง ๆ จะ เปลี่ยนไปตามความถี่เหมือนกันทั้งหมด โดยมีค่าสูงสุดที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ และ ต่ำสุดที่ 1,000 เฮิรตซ์ หากพิจารณา ค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงพบว่าเมื่อวัสดุดูดกลืนเสียงหนาขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การลดเสียงจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยและแผ่นดูดกลืนเสียงจากใยกกที่สร้างขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ แตกต่างกัน แต่สามารถดูดกลืนเสียงที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ ได้สูงสุดในทุกตัวแปรที่ทำการศึกษาศวณการศึกษาวัดดูดซับอื่น ๆ นั้นพบว่าที่ความถี่ต่ำนั้นตามการศึกษาของบุรฉัตร วิริยะ (2551) ทำการศึกษาวัดดูป้องกันเสียงจากการนำวัสดุชนบัตรผสมสารบิโตนพบ ว่า สามารถดูดซับเสียงในช่วงความถี่ 400-1,000 เฮิรตซ์ ซึ่งสารดังกล่าวเหมาะสมในการนำไปดูดซับเสียงที่เกิดจากการจราจร นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่า ระดับเสียงที่ทำการศึกษานั้นเป็นช่วงความถี่ที่สำคัญที่มนุษย์สามารถได้ยินชัดเจน คือ 1,000-4,000 เฮิรตซ์ ตามการศึกษาของ Goelzer และคณะ (2001) ที่ช่วยลดการสูญเสียการได้ยิน แต่พบว่า พนักงานนั้นยังไม่ตระหนักในเรื่องการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงเท่าที่ควร จากบทวิจัยของดวงเดือน ฤทธิเดช และคณะ (2560) ได้กล่าวถึงการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอาจต้องมีโปรแกรมในการให้ความรู้กับพนักงานถึงอันตรายของเสียงที่เสี่ยงต่อภาวะการเกิดการสูญเสียการได้ยิน ในอนาคตหากสัมผัสเสียงดังเกิน 85 เดซิเบลเอ ตลอดระยะเวลาการทำงาน (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2553) หากพนักงานไม่ให้ความร่วมมือในการป้องกันก็มีโอกาสเกิดการสูญเสียการได้ยินมากกว่าคนปกติถึงแม้ว่าสถานประกอบการจะจัดให้มีโครงการอนุรักษ์การได้ยินแต่ปัญหาที่พบคือลูกจ้างไม่ได้ให้ความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรม (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2551) ควรนำแนวคิดการศึกษาของอนวัช ชื่นม่วง (2558) การลดการสัมผัสเสียงดังของพนักงานแบบมีส่วนร่วมมาเป็นแนวทางในลดระดับเสียงที่รับสัมผัสอีกทางหนึ่งหลังการติดตั้งฉากได้ทำการวัดผลความพึงพอใจของพนักงานหลังจากติดตั้งฉากดูดซับเสียงในพื้นที่ พบว่า ระดับความพึงพอใจปานกลางสอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการควบคุมมลพิษเสียงในโรงงานชอย หินแกรนิต ของปัญญารัตน์ โจลานันท์ และคณะ (2549) จากผลการศึกษาระดับความพึงพอใจดังกล่าว มีสาเหตุจากการนำไปใช้จริงในพื้นที่การทำงานอาจจะยังไม่เหมาะสมกับพื้นที่เท่าที่ควรถึงแม้ว่าฉากดูดซับเสียงจะสามารถลดระดับเสียงได้แต่อาจจะด้วยปัจจัยในเรื่องของข้อจำกัดในการวางในพื้นที่การทำงานจริง การยกเคลื่อนย้าย และกีดขวางพื้นที่การทำงานบางจุด รวมถึงระดับเสียงที่ลดลงนั้นไม่ได้ทำให้พนักงานรู้สึกถึงความแตกต่างที่เปลี่ยนไปมากนัก (พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ, 2553) ผลการศึกษาในเรื่องของระดับเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นไม่ได้ทำให้เกิดความรู้สึกแตกต่าง การพัฒนาฉากดูดซับเสียงอาจต้องมีการปรับปรุงให้เข้ากับสภาพการทำงานให้สามารถใช้

งานได้สะดวกมากขึ้น เหมาะสมกับพื้นที่เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อพนักงานที่นำไปใช้งานต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้

1. การติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ทำด้วยโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้ต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ป้องกันเสียงส่วนบุคคลเพื่อให้สามารถลดเสียงให้อยู่ในเกณฑ์กฎหมาย ๆ ได้กำหนด
2. เพื่อให้เกิดการรับสัมผัสเสียงที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพการได้ยินในอนาคตน้อยที่สุด สามารถนำผลการตรวจวัดระดับเสียงในแต่ละลักษณะงานนำไปจัดชั่วโมงการทำงานจากกิจกรรมงานทั้ง 3 ประเภท ให้เกิดความเหมาะสมได้
3. การสลับเปลี่ยนหมุนเวียนการทำงานระหว่างแผนกโดยการคำนวณจำนวนชั่วโมงที่ยอมรับให้ทำงานกับเสียงดังตามที่กฎหมายกำหนด (ตามตารางที่ 2) ที่สามารถลดความดังเสียงและอยู่ในช่วงที่พนักงานรับสัมผัสแล้วไม่ส่งผลต่อการสูญเสียการได้ยินในอนาคต
4. การออกแบบฉากดูดซับเสียงอาจมีข้อกีดในการนำมาใช้จริงในพื้นที่การทำงานต้องมีการปรับให้เข้ากับการใช้งานในพื้นที่ต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการนำชิ้นงานเข้าทดสอบคุณสมบัติการดูดซับเสียงของฉากจึงทำให้มีชิ้นงานเพียงขนาดเดียวเท่านั้นในการนำมาทดสอบดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำ และเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น ควรมีการใช้ฉากดูดซับเสียงกับขนาดชิ้นงานขนาดต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลมากยิ่งขึ้นและควรศึกษาวัสดุดูดซับเสียงประเภทอื่น ๆ เพิ่มเติมด้วยเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดเสียงของเครื่องจักรในสถานประกอบการ

บรรณานุกรม

- กมล กาญจนรุจี, โสภภาพรรณ แสงศัพท์ และ สิงห์ อินทรชูโต. (2550). *การใช้โฟมร่วมกับผนังยับยั้งขั้มบอร์ดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง*. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2550. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2544). *มลพิษทางเสียง*. กรุงเทพฯ: ซิลค์คลับ.
- กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2550). *ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ พ.ศ. 2550*. เข้าถึงได้จาก http://legal.labour.go.th/2018/images/law/Safety2554/3/s_1018.pdf
- กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2551). *การศึกษาระบบการ บริหารจัดการ โครงการอนุรักษ์การ ได้ยินของสถานประกอบกิจการ*. เข้าถึงได้จาก http://www.oshthai.org/osh/index.php?option=com_linkcontent&Itemid=69§ionid=34&pid=67.322&task=detail&detail_id=637&lang=th
- กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2553). *หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2553*. เข้าถึงได้จาก <http://www.labour.go.th/th%20index.php/labourlaws>.
- กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2561). *ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน . ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 135 ตอนพิเศษ 19 ง ลงวันที่ 26 มกราคม 2561*.
- กระทรวงแรงงาน. (2552). *กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั่นจั่น หม้อน้ำ พ.ศ. 2552 ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 126 ตอนที่ 38 ก*.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). *ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4456 (พ.ศ. 2555) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อเสนอแนะในการเลือก การใช้ การดูแล และการ*

บำรุงรักษาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลเล่ม 1 อุปกรณ์ป้องกันการได้ยิน ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 129 ตอนพิเศษ 185 ง ลงวันที่ 7 ธันวาคม 2555.

กัญจณี ญาณะชัย. (2551). *ผนังดูดกลืนเสียงจากเศษวัสดุเหลือใช้*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

กุลธิดา เจริญสวัสดิ์. (2555). *บทความเชิงวิชาการ เรื่อง คุณสมบัติของฉนวน โฟมพอลิยูรีเทนชนิดแข็งในงานก่อสร้าง และการใช้โฟมพอลิยูรีเทนอย่างปลอดภัยจากอัคคีภัย*. กรุงเทพฯ: กลุ่มอุตสาหกรรมพอลิยูรีเทน.

เกศ ศรีวัฒนพล, นิรันดร์ วิทิตอนันต์, พิชายู สว่างวงศ์ และสมพร ศรีวัฒนพล. (2550). *วัสดุดูดกลืนเสียงจากใยกก*. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2550. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม จันทร์แก้ว. (2541). *โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม*. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูเกียรติ สอดศรี. (2557). การลดเสียงรบกวนแวดล้อมในห้องด้วยวิธีการควบคุมแบบแพสซีฟที่แหล่งกำเนิดเสียง. *Srinakharinwirot Engineering Journal*, 8(2), 40-49.

ดวงเดือน ฤทธิเดช, สุรินทร์ กลัมพากร และเพลินพิศ สุวรรณอำไพ. (2560). ผลของโปรแกรมการประยุกต์ใช้ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผนร่วมกับการให้ข้อมูล ย้อนกลับต่อพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากเสียงของพนักงานบริษัท อุตสาหกรรมปิโตรเคมีแห่งหนึ่ง จังหวัดระยอง. *วารสารพยาบาลสาธารณสุข*, 31(1), 90-109.

ธิดิยา รักษ์ศร พิชญา ตันติเสรณี และสาธิต ชยาภัม. (2547). ภาวะประสาทหูเสื่อมจากการประกอบอาชีพในพนักงานโรงพยาบาลสงขลานครินทร์. *สงขลานครินทร์เวชสาร*, 22(2), 352-361.

บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน). (2558). *ลดเสียงรบกวนจากถนนนอกบ้าน*. เข้าถึงได้จาก <http://www.scgbuildingmaterials.com/th/CAMPAIGN/ACOUSTIC-HOUSE/รู้จักและเข้าใจ-บ้านกันเสียง/ลดเสียงรบกวนจากถนนนอกบ้าน.aspx>

บริษัท พี.ยู. โฟม อินซูลेशन แอนด์ เทคดิง จำกัด. (มปป.). *วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเทคนิคฉนวนกันความร้อนพียูโฟม*. เข้าถึงได้จาก <http://www.pufoaminsulation.com/ข้อมูลเทคนิคพียูโฟม/>

บริษัท เอส พี อินซูลेशन. (2009). *ข้อมูลเกี่ยวกับ P.U. Foam*. เข้าถึงได้จาก <https://spinsulation.wordpress.com/category/ข้อมูลเกี่ยวกับ-pu-foam/>

บริษัทผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่ง. (2558). *กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก*. สมุทรปราการ. บุญใจ ศรีสถิตยัณรากร. (2550). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางพยาบาลศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ:

ยูแอนดีไอ อินเตอร์มีเดีย.

- บุรฉัตร วีริยะ. (2551). การศึกษาและพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงที่ผลิตจากของเสียอุตสาหกรรมที่มีสารปิ
ทิวเมนเป็นองค์ประกอบเพื่อลดระดับเสียงรบกวนจากการจราจร. ปรินูญานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.
- ปรมาภรณ์ พูลสวัสดิ์. (2018). การศึกษาคุณสมบัติในการกันเสียงของแผ่นเหล็กมุงหลังคาด้วยวัสดุพอลิ
เอมีร์ชนิดอีลาสโทเมอร์โพลิโพรไพลีน (ฉนวนยางดำ). *สารศาสตร์*, 3/2561. 461-474.
- ปรีชา รังสิริภักย์. (2541). *เสียงและสภาพแวดล้อมทางการได้ยิน*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปรีชา อนุพงษ์อ้ออาจ. (มปป.). *หูและกลไกการได้ยินเสียง*. เข้าถึงได้จาก
http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/95/wave1/wave_5.htm
- ปัญญารัตน์ โจลานันท์ ชีระศักดิ์ ทองประสาน และชุตติพงษ์ พงษ์สนิท. (2549). การควบคุมมลพิษทาง
เสียงในโรงงานชอยหินแกรนิต. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี*, 29(4), 499-514.
- ปารยะ อาศนะเสน. (2553). *วัง วัง เสียงอะไรในหู*. เข้าถึงได้จาก <http://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/article/detail.asp?id=805>
- ปิยพงษ์ ชำนาญไพร และ สิทธิโชค ศรีภพกิตติ. (2548). การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความต้านทานและ
ความ คูดซับเสียง. ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปิยะรัตน์ ปรีขมาโนช. (2547). *การควบคุมมลพิษทางเสียงและการสั่นสะเทือน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ. (2553). *ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 2*. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- พจมาน ท่าจีน. (มปป.). *มลภาวะทางเสียงในสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: เมเซอร์โทรนิคส์ จำกัด.
- พรพิมล กองทิพย์. (2545). *สุขศาสตร์อุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: อักษรการพิมพ์.
- พิรัชญา มุสิกะพงษ์. (2556). *สุขศาสตร์อุตสาหกรรม*. นครราชสีมา: ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และณดล เกียรติก้องมณี. (2553). การประยุกต์ใช้วัสดุคูดกลืนเสียงเพื่อลด
มลภาวะทางเสียงจากการจราจรใต้สถานีรถไฟฟ้ามหานคร. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและ
พัฒนา*, 21(4), 46-56.
- มิ่ง โลกิจแสงทอง และ พงษ์ศักดิ์ คำมูล. (2550). การหาสัมประสิทธิ์การคูดซับเสียงของวัสดุโดยใช้ท่อ
แบบคลื่นยืน. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20*,

- 18 -19 ตุลาคม 2549 ณ แม่นคาริน โกลเด็น วิลเล่ย์ โฮเต็ล แอนด์ รีสอร์ท เขาใหญ่
จังหวัดนครราชสีมา.นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- รำพึง มั่งคละสวัสดิ์. (2555). *วิศวกรรมระบบเสียง*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระ
นครเหนือ.
- รุ่งโรจน์ พูลพานิชอุปถัมภ์ และเจตวิทย์ ภัครัชพันธ์. (2556). *การศึกษาวิธีลดเสียงคังจากการปล่อยไอน้ำ
กลิ่นตัวออกจากระบบไอน้ำ*. ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ. (2561). *รายงานการประชุมทบทวน
ความเสี่ยงองค์ครั้งที่ 2/2561*. สมุทรปราการ.
- วรสันต์ บูรณากาญจน์, เดโช สุขเกษม, สราวุธ โสณะมิตร, อรรถพล ชูสุวรรณ, ภัทรภณ บูรณา
กาญจน์ และสุกริณี จิระพันธ์. (2557). *รายงานการศึกษาวิจัยเพื่อแก้ปัญหาเรื่องเสียงรบกวน
จากสนามยิงปืน*. เสนอต่อมูลนิธิเครือข่ายพลังงานเกษตรสีเขียว
(The Foundation of Green Energy and Agriculture Network). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- วิทิต วรรณเลิศลักษณ์. (2560). *ฟิสิกส์รอบตัว ตอน ฉนวนกันเสียง*. เข้าถึงได้จาก
<http://www.scimath.org/lesson-physics/item/7309-2017-06-14-15-27-55>
- ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ พัฒนา มูลพฤษ และธำรงค์รัตน์ มุ่งเจริญ. (2541). *การป้องกันและควบคุม
เสียง*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์วิเคราะห์สุขภาพ เวล บีอิง บาย อาร์ไอเอ. (มปป.). *เสียงอันตรายอย่างไร*. เข้าถึงได้จาก
<http://wellbeing.ria.co.th/2017-05-08-03-16-23.html>
- สมศักดิ์ ธรรมเวชวิธิ. (2549). *แนวคิดในการใช้วัสดุดูดซับเสียงอันเนื่องมาจากผลกระทบสนามบิน
สุวรรณภูมิ*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สราวุธ สุธรรมมาสา. (2551). *สุขศาสตร์อุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุโขทัยธรรมธราช.
- สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ. (2550). *รายงานประจำปี 2550*. นนทบุรี.
- สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2547). *การเฝ้าระวังการสูญเสียการได้ยิน*.
นนทบุรี.
- สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2559). *การเฝ้าระวังการสูญเสียการได้ยิน*.
นนทบุรี.
- สุกาญจน์ รัตนเลิศสุสรณ์. (2546). *หลักการจัดการสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี
(ไทย-ญี่ปุ่น).

- สุวริย์ ศิริโกคาภิรมย์. (2546). *การวิจัยทางการศึกษา*. สถาบันราชภัฏเทพสตรี. ลพบุรี.
- ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีพีเพอร์ กรุ๊ป. (มปป.). *Metal Siding ผังสำเร็จรูปบุฉนวน P.U. Foam*.
เข้าถึงได้จาก <http://www.uppergroup2007.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539920347>
- หาญพารณ สามีคศิธรรม. (2558). การพัฒนาวัสดุกันเสียงและดูดซับเสียงจากเส้นใยเปลือกทุเรียน.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- อนวัช ชื่นม่วง. (2558). *การลดการสัมผัสเสียงดังของพนักงานแบบมีส่วนร่วมในสถานประกอบ
กิจการ ดิสโก้เทคและบริเวณโดยรอบในพื้นที่ถนนข้าวสาร เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร*.
ปริญญาานิพนธ์สาขารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อนามย์ (ธีรวิโรจน์) เทศกะทีก. (2556). *อาชีพอนามย์และความปลอดภัย*. ชลบุรี: โอเดียนสโตร์ สาขา
วังบูรพา.
- อมรา อมรแก้ว พิษญา พุกผาสุก จิระศักดิ์ ธาระจักร์ และกัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล. (2557). *การดูดซับ
เสียงและปัจจัยที่มีต่อการดูดซับเสียง*. เข้าถึงได้จาก http://www.sci.rmutp.ac.th/web2556/km/wp-content/uploads/2014/03/9.KM_57.pdf
- อัคริทธิ์ รัตนารักษ์, มนัสวร อินทรพิณฑุวัฒน์, กัมปนาท วังแสน และพรพรรณ สกุลกู. (2560).
สถานการณ์การสูญเสียการได้ยินจากการสัมผัสเสียงดังในการประกอบอาชีพ ของประเทศ
ไทยและต่างประเทศ. *วารสารวิจัยสาขารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 10(1), 1-10
- อาวายทีไนท์. (2543). *ข่าวเศรษฐกิจ. อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์เหล็ก*. เข้าถึงได้จาก
<http://www.ryt9.com/s/ryt9/245107>
- Abdessalam, H., Abbès, B., Abbès, F., Li, Y., & Guo, Y.-Q. (2017). Prediction of acoustic
properties of polyurethane foams from the macroscopic numerical simulation of foaming
process. *Applied Acoustics*, 120, 129-136. doi:10.1016/j.apacoust.2017.01.021
- Albert, R. W., Imig, C. M., Luhman, D. J., Uebelher, E. A., & Lewis, S. P. (2008). *Noise reduction
shroud*. In: Google Patents.
- Algaily, B., & Puttajukr, S. (2014). Acoustic absorption and physicomechanical properties of
SBR/RR foam. *Int. J. Technical Res. Applic*, 2, 15-18.
- Bluyssen, P. M. (2010). Towards new methods and ways to create healthy and comfortable
buildings. *Building and Environment*, 45(4), 808-818.
- Bronzaft, A. L., & Hagler, L. (2010). Noise: The invisible pollutant that cannot be ignored. In
Emerging Environmental Technologies, Volume II (pp. 75-96): Springer.

- Duquesne, S., Le Bras, M., Bourbigot, S., Delobel, R., Camino, G., Eling, B., & Roels, T. (2001). Thermal degradation of polyurethane and polyurethane/expandable graphite coatings. *Polymer Degradation and Stability*, 74(3), 493-499.
- Gao, K., van Dommelen, J. A. W., & Geers, M. G. D. (2016). Microstructure characterization and homogenization of acoustic polyurethane foams: Measurements and simulations. *International Journal of Solids and Structures*, 100-101, 536-546.
doi:10.1016/j.ijsolstr.2016.09.024
- Gardner, G. C., O'Leary, M. E., Hansen, S., & Sun, J. (2003). Neural networks for prediction of acoustical properties of polyurethane foams. *Applied Acoustics*, 64(2), 229-242.
- Goelzer, B., Hansen, C. H., & Sehrndt, G. (2001). *Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control*: World Health Organisation.
- Ibrahim, M., & Melik, R. (2003). Optimized sound absorption of a rigid polyurethane foam. *Archives of Acoustics*, 28(4).
- Ismaila, S. O., & Odusote, A. (2014). Noise exposure as a factor in the increase of blood pressure of workers in a sack manufacturing industry. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), 116-121.
- Kunz, R. G. (2011). *Environmental calculations: A multimedia approach*: John Wiley & Sons.
- Lee, J.-K., Kim, J., Rhee, C.-J., Jo, C.-H., & Choi, S.-B. (2002). Noise reduction of passive and active hybrid panels. *Smart materials and structures*, 11(6), 940.
- Maria, A., & James, C. (2011). Acoustic absorption in porous materials. *Report No. NASA/TM*, 316995.
- National Institute Of Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2009, 1 July 2009). Hearing loss prevention. Retrieved from <http://www.cdc.gov/niosh/program/hlp/risks.html>
- Osmani, M., & Pappu, A. (2010). An assessment of the compressive strength of glass reinforced plastic waste filled concrete for potential applications in construction. *Concrete Research Letters*, 1(1), 1-5.
- Pedroso, M., de Brito, J., & Silvestre, J. (2017). Characterization of eco-efficient acoustic insulation materials (traditional and innovative). *Construction and Building Materials*, 140, 221-228.
- Picard, D., & Helsen, L. (2018). *Experimental Analysis to Mitigate Flow Induced Noise in*

Expansion Devices. n.p.

- Saetung, A., Rungvichaniwat, A., Campistron, I., Klinpituksa, P., Laguerre, A., Phinyocheep, P., Pilard, J. F. (2010). Preparation and physico-mechanical, thermal and acoustic properties of flexible polyurethane foams based on hydroxytelechelic natural rubber. *Journal of Applied Polymer Science*, 117(2), 828-837.
- Schwartz, M., & Gohmann Jr, E. J. (1962). Influence of surface coatings on impedance and absorption of urethane foams. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 34(4), 502-512.
- Sung, G., Kim, S. K., Kim, J. W., & Kim, J. H. (2016). Effect of isocyanate molecular structures in fabricating flexible polyurethane foams on sound absorption behavior. *Polymer Testing*, 53, 156-164.
- Zeng, X., Zhou, T., Leng, C., Zang, Z., Wang, M., Hu, W., & Zhou, M. (2017). Performance improvement of perovskite solar cells by employing a CdSe quantum dot/PCBM composite as an electron transport layer. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(33), 17499-17505.

ภาคผนวก



2048311787

BUU iThesis 59920297 thesis / recv: 10072562 15:45:22 / seq: 43

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ



2048311787

BUU-IThesis 59920297 thesis / recv: 10072562 15:45:22 / seq: 43

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

1. ผศ. ดร.ทนนศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข อาจารย์ประจำ ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและ
ความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ดร. วัลลภ ใจดี อาจารย์ประจำ ภาควิชาพื้นฐานสาธารณสุข
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ผศ.ดร. พัทธนา ใจดี อาจารย์ประจำ ภาควิชาพื้นฐานสาธารณสุข
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา



2048311787

BUU-IThesis 59920297 thesis / recv: 10072562 15:45:22 / seq: 43

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

- แบบสอบถาม
- เครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound level meter)
- เครื่องวัดระดับเสียงสะสม (Noise dosimeter)
- เครื่องมือสอบเทียบเสียง (Acoustic calibrator)
- ตลับเมตร (Measuring tape)



2048311787

แบบสอบถาม ความพึงพอใจต่ออนาคตและดูระดับเสียง

คำชี้แจง

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากชุดระดับเสียงจากโคม โพลียูรีเทนเหลือใช้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งผลการสำรวจครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลในการที่จะปรับปรุงการในครั้งถัดไปให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องความคิดเห็น

แบบสอบถามนี้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
2. ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ข้อมูลส่วนที่ 1 เครื่องหมาย ✓ และเติมข้อมูลในช่อง ที่เป็นความจริงมากที่สุด

1. เพศ 1. ชาย 2. หญิง
2. อายุปี
3. อายุงานในแผนกปี
4. ตำแหน่ง 1. พนักงาน 2. หัวหน้างาน
 3. หัวหน้าแผนก 4. หัวหน้าส่วน
 5. อื่น ๆ (โปรดระบุ).....
5. ขณะทำงานท่านสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียงชนิดปลั๊กอุดหูนานแค่ไหน
 1. ตลอดระยะเวลาการทำงาน
 2. ใสบางเวลา

ข้อมูลส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องความคิดเห็นมากที่สุด

ข้อ	รายละเอียด	ความเห็น		
		พอใจ	ไม่พอใจ	เฉยใจ
ความพึงพอใจต่อฉากดูดซับเสียง				
1	การออกแบบฉากดูดซับเสียงสะดวกกับพื้นที่การทำงานของท่าน			
2	การออกแบบฉากดูดซับเสียงเหมาะสมกับพื้นที่การทำงานของท่าน			
3	ท่านพึงพอใจต่อการใช้งานฉากดูดซับเสียงนี้			
4	ในภาพรวมท่านมีความพึงพอใจต่อฉากดูดซับเสียงในพื้นที่การทำงานของท่าน			
ความพึงพอใจต่อความปลอดภัยในการใช้งาน				
5	ฉากดูดซับเสียงติดตั้งมั่นคงไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุในพื้นที่			
6	การจัดวางฉากดูดซับเสียงไม่กีดขวางการต่อการทำงาน			
7	ฉากดูดซับเสียงมีความแข็งแรงทนทานไม่ก่อให้เกิดอันตรายอื่น ๆ ตามมา			
ความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าในการใช้งาน				
8	สามารถใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้นำมาทำฉากดูดซับเสียง			
9	ฉากดูดซับเสียงนี้สามารถลดปริมาณขยะจากกระบวนการผลิตได้			
10	ฉากดูดซับเสียงนี้สามารถลดต้นทุนการส่งกำจัดขยะจากกระบวนการผลิตได้			

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

การคำนวณและการแปลผลค่า IOC

ข้อคำถาม	คะแนนความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม						
ข้อคำถามที่ 1	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 2	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 3	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 4	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 5	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องความคิดเห็นมากที่สุด						
ด้านความพึงพอใจต่อจากจุดซับซ้อน						
ข้อคำถามที่ 1	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 2	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 3	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 4	0	+1	+1	2	0.66	ใช้ได้
ด้านความพึงพอใจต่อความปลอดภัยในการใช้งาน						
ข้อคำถามที่ 5	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 6	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 7	+1	+1	0	2	0.66	ใช้ได้
ด้านความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าในการใช้งาน						
ข้อคำถามที่ 8	0	+1	+1	2	0.66	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 9	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้
ข้อคำถามที่ 10	+1	0	+1	2	0.66	ใช้ได้

**หมายเหตุ ผลคะแนน ทั้ง 3 ท่าน ได้ 3 คะแนน = 1 มีค่าความเที่ยงตรง ใช้ได้

ผลคะแนน ทั้ง 3 ท่าน ได้ 2 คะแนน = 0.6 มีค่าความเที่ยงตรง ใช้ได้

ผลคะแนน ทั้ง 3 ท่าน ได้ 1 คะแนน = 0.3 ค่าความเที่ยงตรงต่ำกว่า 0.50 ยังใช้ไม่ได้ ต้องปรับปรุง

เครื่องวัดระดับความดังเสียง (Sound level meter)

จำนวน 2 เครื่อง

เครื่องที่ 1 หมายเลขเครื่อง 0003507 สอบเทียบเมื่อวันที่ 18-19 ตุลาคม 2560 โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

เครื่องที่ 2 หมายเลขเครื่อง 0003506 สอบเทียบกับเครื่องสอบเทียบเสียงหมายเลขเครื่อง 10817 ที่ระดับการใช้งานพื้นที่

 	
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)	
Request No. 21-6D008	MTC No. EEL- BP-14/1060
CALIBRATION CERTIFICATE	
Submitted by :	Faculty of Public Health, Burapha University
Address :	169, T. Seansuk, A. Muang, Chonburi 20131.
Calibrated at :	Electrical and Electronic Standards Laboratory, Industrial Metrology and Testing Service Center, Soi 1, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Rd., A.Muang, Samutprakan 10280.
Instrument Calibrated :	Ambient Environment
Description :	Sound Level Meter
Manufacturer :	Larsen Davis
Model :	831
Serial No. :	0003507
Microphone :	PCB Type 377B20 No. 141219
Preamplifier :	PCB Type PRM831 No. 026160
Standards used :	
1. Band Pass Filter Wavetek 752A S/N 90010494;	
2. Condenser Microphone Brüel&Kjær 4180 S/N 2889871;	
3. Decade Attenuator Ando AL-205 S/N 00464601;	
4. Function/Arbitrary Waveform Generator Agilent 33220A S/N MY44042668;	
5. Digital Function Synthesizer NF Electronic Instruments DF-193A S/N 122037;	
6. Digital Multimeter Fluke 8520A S/N 4985007;	
7. Pistonphone Rion NC-72 S/N 00402446;	
8. Measuring Amplifier Brüel&Kjær 2636 S/N 1537484;	
Date of Receipt :	3 Oct. 2017
Date of Calibration :	18-19 Oct. 2017
1/8 	
<small>The results relate only to the items tested or calibrated. Advertising the Report/Certificate and validity of the results except in full are prohibited unless written permission is obtained from the governor of TISTR.</small>	
FM/SL/MTL/002 Rev.3	
Head Office 35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang, Changwat Pathumthani 12120, Thailand Tel. 3661 0 2577 9000 Fax. 3661 0 2577 9009 E-mail: rumpaid@tistr.or.th Website: www.tistr.or.th	Office/Laboratory Soi 9C, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Road, Amphoe Muang, Changwat Samutprakan 10280, Thailand Tel. 3661 0 2323 1472-80 ext. 315, 118 Fax. 3661 0 2323 9165 E-mail: mtg@tistr.or.th
	Office 185 Phahonyothin Road, Chaochak, Bangkok 10900, Thailand Tel. 3661 0 2579 3521-90 ext. 5219, 5225, 5217 Fax. 3661 0 2579 0592 E-mail: sunc@tistr.or.th

เครื่องวัดระดับเสียงสะสม (Noise dosimeter)

จำนวน 3 เครื่อง

เครื่องที่ 1 หมายเลขเครื่อง NXQ100034 สอบเทียบเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2561

โดย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

เครื่องที่ 2 หมายเลขเครื่อง NXQ100031 สอบเทียบเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2561

โดย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

เครื่องที่ 3 หมายเลขเครื่อง NLM120003 สอบเทียบกับเครื่องสอบเทียบเสียงหมายเลข
เครื่อง QIE010068 ที่ระดับการใช้งานพื้นที่



2048311787



THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)

Request No. 21-61/0536

MTC No. EEL. BP. 47/0561

CALIBRATION CERTIFICATE

Submitted by : Faculty of Public Health, Burapha University

Address : 169 T.Seansuk, A.Muang, Chonburi 20131

Calibrated at : Electrical and Electronic Standards Laboratory, Industrial Metrology and Testing Service Center,
Soi 1, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Rd., Muang, Samutprakan 10280.**Instrument Calibrated :**

Description : Noise Dosimeter

Manufacturer : 3M Quest Technologies

Model : NoisePro DLX

Serial No. : NXQ100034

Microphone : -

Preamplifier : -

Standards used :

Multifunction Acoustic Calibrator Brüel&Kjær 4226 S/N 2810358 with Coupler UA0915 S/N 2810358.

Calibration Procedure :

This instrument was calibrated by using calibration procedure no CP.SM.01, which was based on IEC 61672-3 Electroacoustics - Sound Level Meters - Part 3 : Periodic tests (2006). This calibration procedure was related to the acoustical signal test of frequency weightings using a multifunction acoustic calibrator.

This instrument has been calibrated against standards maintained at the Electrical and Electronic Standards Laboratory (EEL), which are traceable to the International System of Units through the National Institute of Metrology (Thailand).

The information on actual reading is attached herewith and the uncertainty limits quoted refer to the measured values only.

Date of Receipt : 10 May 2018

Date of Calibration : 22 May 2018

1 / 2 *Wdh*

The results relate only to the items tested or calibrated.
Advertising the Report/Certificate and publicity of the results except in full are prohibited unless written permission is obtained from the governor of TISTR.

FM.BL.MTC.002 Rev.3

Head Office
35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang,
Changwat Pathumthani 12120, Thailand
Tel. (66) 0 2577 9000
Fax. (66) 0 2577 9009
E-mail : rumpaigtistr.or.th Website:www.tistr.or.th

Office/Laboratory
Soi 1C, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Road,
Amphoe Muang, Changwat Samutprakan 10280, Thailand
Tel. (66) 0 2323 1672-80 ext. 115, 116
Fax. (66) 0 2323 9165
E-mail : mtc@tistr.or.th

Office
196 Phahonyothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900,
Thailand
Tel. (66) 0 2579 1121-30 ext. 5219, 5225, 5217
Fax. (66) 0 2579 8592
E-mail : sumalee@tistr.or.th



THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)

Request No. 21-61/0536

MTC No. EEL. BP. 46/0561

CALIBRATION CERTIFICATE

Submitted by : Faculty of Public Health, Burapha University

Address : 169 T.Seansuk, A.Muang, Chonburi 20131

Calibrated at : Electrical and Electronic Standards Laboratory, Industrial Metrology and Testing Service Center,
Soi 1, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Rd., Muang, Samutprakan 10280.

Instrument Calibrated :

Description : Noise Dosimeter

Manufacturer : 3M Quest Technologies

Model : NoisePro DLX

Serial No. : NXQ100031

Microphone :-

Preamplifier :-

Standards used :

Multifunction Acoustic Calibrator Brüel&Kjær 4226 S/N 2810358 with Coupler UA0915 S/N 2810358.

Calibration Procedure :

This instrument was calibrated by using calibration procedure no CP.SM.01, which was based on IEC 61672-3 Electroacoustics - Sound Level Meters - Part 3 : Periodic tests (2006). This calibration procedure was related to the acoustical signal test of frequency weightings using a multifunction acoustic calibrator.

This instrument has been calibrated against standards maintained at the Electrical and Electronic Standards Laboratory (EEL), which are traceable to the International System of Units through the National Institute of Metrology (Thailand).

The information on actual reading is attached herewith and the uncertainty limits quoted refer to the measured values only.

Date of Receipt : 10 May 2018

Date of Calibration : 22 May 2018

1/2/2018

The results relate only to the items tested or calibrated.

Advertising the Report/Certificate and publicity of the results except in full are prohibited unless written permission is obtained from the governor of TISTR.

FM.BL.MTC.002 Rev.3

Head Office
35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang,
Changwat Pathumthani 12120, Thailand
Tel. (66) 0 2577 9000
Fax. (66) 0 2577 9009
E-mail : rumpai@tistr.or.th Website:www.tistr.or.th

Office/Laboratory
Soi 1C, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Road,
Amphoe Muang, Changwat Samutprakan 10280, Thailand
Tel. (66) 0 2323 1672-80 ext. 115, 116
Fax. (66) 0 2323 9165
E-mail : mtc@tistr.or.th

Office
196 Phahonyothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900,
Thailand
Tel. (66) 0 2579 1121-30 ext. 5219, 5225, 5217
Fax. (66) 0 2579 8592
E-mail : sumalee@tistr.or.th

เครื่องสอบเทียบเสียง (Acoustic calibrator)

จำนวน 2 เครื่อง

เครื่องที่ 1 หมายเลขเครื่อง 10817 สอบเทียบเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2560

โดย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

เครื่องที่ 2 หมายเลขเครื่อง QIE010068 สอบเทียบเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2560

โดย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

2048311787
BTU iThesis 59920297 thesis / rev: 10072562 15:45:22 / seq: 43

THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)	
Request No. 21-61/0008	MTC No. EEL. BP. 13/1060
CALIBRATION CERTIFICATE	
Submitted by : Faculty of Public Health, Burapha University.	
Address : 169 T.Seansuk, A.Muang, Chonburi 20131.	
Calibrated at : Electrical and Electronic Standards Laboratory, Industrial Metrology and Testing Service Center. : Soi 1, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Rd., Muang, Samutprakan 10280.	
Instrument Calibrated :	Ambient Environment
Description : Precision Acoustic Calibrator	Temperature : (23 ± 3) °C
Manufacturer : Larson Davis	Relative Humidity : (50 ± 15) %
Model : CAL 200	Ambient Pressure : (101.325 ± 1.500) kPa
Serial No. : 10817	
Standards used :	
1. Digital Function Synthesizer NF Electronic DF-193A S/N 122037 .	
2. Measuring Amplifier Bruel&Kjaer 2636 S/N 1537484.	
3. Programmable Attenuator Tamagawa TPA-303A S/N OF 2214.	
4. Digital Multimeter Agilent 34401A S/N MY44005560.	
5. Pressure Transmitter Vaisala PTB202AD S/N T0650001.	
6. Audio Analyzer Panasonic VP-7722A S/N 041477D122.	
7. Condenser Microphone B&K 4180 S/N 2889871.	
Calibration Procedure : CP.SC.01 based on IEC 60942-2003; The sound pressure level generated by sound calibrator under test shall be measured by standard microphone using an insert voltage technique .	
This instrument has been calibrated against standards maintained at Electrical and Electronic Standards Laboratory (EEL), which are traceable to the International System of Units through	
- National Institute of Metrology (Thailand).	
The information on actual reading is attached herewith and the uncertainty limits quoted refer to the measured values only.	
Date of Receipt : 3 Oct. 2017	
Date of Calibration : 15 Oct. 2017	1 / 3 <i>Taill</i>
The results relate only to the items tested or calibrated. Advertising the Report/Certificate and publicity of the results except in full are prohibited unless written permission is obtained from the governor of TISTR.	
Head Office 35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang, Changwat Pathumthani 12120, Thailand Tel. (66) 0 2577 9000 Tel. (66) 0 2577 9009 Fax. (66) 0 2577 9009 E-mail : rumpai@tistr.or.th Website:www.tistr.or.th	Office/Laboratory Soi 1C, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Road, Amphoe Muang, Changwat Samutprakan 10280, Thailand Tel. (66) 0 2323 1672-80 ext. 115, 116 Fax. (66) 0 2323 9165 E-mail : mtc@tistr.or.th
	Office 196 Phahonyothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand Tel. (66) 0 2579 1121-30 ext. 5219, 5225, 5217 Fax. (66) 0 2579 8592 E-mail : sumatee@tistr.or.th
	FM.BL.MTC.002 Rev.3



THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)

Request No. 21-61/0007

MTC No. EEL. BP. 10/1060

CALIBRATION CERTIFICATE

Submitted by : Faculty of Public Health, Burapha University.
Address : 169 T. Seansuk, A. Muang, Chonburi 20131.
Calibrated at : Electrical and Electronic Standards Laboratory, Industrial Metrology and Testing Service Center.
 : Soi 1, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Rd., Muang, Samutprakan 10280.

Instrument Calibrated :

Description : Calibrator	Ambient Environment
Manufacturer : Quest Technologies	Temperature : (23 ± 3) °C
Model : QC-10	Relative Humidity : (50 ± 15) %
Serial No. : QIE010068	Ambient Pressure : (101.325 ± 1.500) kPa

- Standards used :**
1. Digital Function Synthesizer NF Electronic DF-193A S/N 122037.
 2. Measuring Amplifier Bruel&Kjaer 2636 S/N 1537484.
 3. Programmable Attenuator Tamagawa TPA-303A S/N OF 2214.
 4. Digital Multimeter Agilent 34401A S/N MY44005560.
 5. Pressure Transmitter Vaisala PTB202AD S/N T0650001.
 6. Audio Analyzer Panasonic VP-7722A S/N 041477D122.
 7. Condenser Microphone B&K 4180 S/N 2889871.

Calibration Procedure : CP.SC.01 based on IEC 60942-2003; The sound pressure level generated by sound calibrator under test shall be measured by standard microphone using an insert voltage technique.

This instrument has been calibrated against standards maintained at Electrical and Electronic Standards Laboratory (EEL), which are traceable to the International System of Units through

- National Institute of Metrology (Thailand).

The information on actual reading is attached herewith and the uncertainty limits quoted refer to the measured values only.

Date of Receipt : 3 Oct. 2017

Date of Calibration : 19 Oct. 2017

1 / 2

Tall

The results relate only to the items tested or calibrated.
 Advertising the Report/Certificate and publicity of the results except in full are prohibited unless written permission is obtained from the governor of TISTR.

Head Office
 35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang,
 Changwat Pathumthani 12120, Thailand
 Tel. (66) 0 2577 9000
 Fax. (66) 0 2577 9009
 E-mail : rumpai@tistr.or.th Website:www.tistr.or.th

Office/Laboratory
 Soi 1C, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Road,
 Amphoe Muang, Changwat Samutprakan 10280, Thailand
 Tel. (66) 0 2323 1672-80 ext. 115, 116
 Fax. (66) 0 2323 9165
 E-mail : mtc@tistr.or.th


Office
 196 Phahonyothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900,
 Thailand
 Tel. (66) 0 2579 1121-30 ext. 5219, 5225, 5217
 Fax. (66) 0 2579 8592
 E-mail : sumalee@tistr.or.th

FM.BL.MTC.002 Rev.3

ตลับเมตร (Measuring tape)

จำนวน 1 อัน หมายเลข CKAD039 สอบเทียบเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2561
โดย บริษัท ยูนิตี้เซอร์วิสเอเชีย จำกัด

Page 1 of 2



UNITY SERVICE ASIA CO.,LTD.

Head Office 16 Soi Chaloeprakiat Rama9 Soi 41 Nongbon,Prawet Bangkok 10520


Branch 1 : 51/8 Moo 2 Poochao Rd. Bangyaparak Phrapradaeng Samutprakarn 10130

Tel : (662) 384-2876, (662) 384-3000 Ext 2152 Fax : (662) 722-5452

CERTIFICATE NO : 0200/61

ISSUE DATE : 28 กรกฎาคม 2561

CERTIFICATE OF CALIBRATION

CUSTOMER :	: SIAM STEEL INTERNATIONAL (Poochao Factory) 51 Moo2 Poochao Rd., Bangyaparak Phrapradaeng Samutprakarn 10130.
EQUIPMENT :	: STEEL TAPE
MANUFACTURER :	: KDS
MODEL	: S19-75Y ME
SERIAL No.	: -
IDENTIFICATION No.	: CKAD039
ENVIRONMENT	: TEMPERATURE $23 \pm 3^{\circ} \text{C}$: RELATIVE HUMIDITY $60 \pm 10 \%$
CALIBRATED BY	: <input checked="" type="checkbox"/> WISARUT JABMUENGOI : <input type="checkbox"/> NARETH SUKSUT
APPROVED BY	:  Approved Signatory
<input checked="" type="checkbox"/> PICHET PHAIROH	

The uncertainties are for a confidence probability of approximately 95%

This certificate may not be reproduced except in full unless permission for the reproduction has been obtained in writing from the laboratory.

ภาคผนวก ค
จริยธรรมการวิจัย



2048311787

BUU-IThesis 59920297 thesis / recv: 10072562 15:45:22 / seq: 43

AF 06-13.1
ที่ ๐๑๒/๒๕๖๑

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
คณะกรรมการสุขภาพศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย IRB ๐๑๒/๒๕๖๑
โครงการวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพของวัสดุโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้เพื่อดูดซับเสียงในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก
แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ
(EFFICIENCY OF REUSE POLYURETHANE FOAM FOR ABSORBING NOISE OF
PRESS MACHINE IN A MANUFACTURING STEEL FURNITURE FACTORY,
SAMUTPRAKARN PROVINCE)

หัวหน้าโครงการวิจัย นางสาวอาริยา นามนต์พิมพ์ รหัสสนិត ๕๙๙๒๐๒๙๗
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา อาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะสาธารณสุขศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า
เป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์
ไม่มีการละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภัยอันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

๑. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๘ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑
๒. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๘ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑
๓. เอกสารแบบแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๘ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑
๔. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว หรือชุดที่ใช้เก็บข้อมูลจริง
จากผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๘ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑
๕. เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี) ฉบับที่ ๑ วันที่ ๘ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑

การรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ฉบับนี้ มีผลถึงวันที่ ๘ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑

ออกให้ ณ วันที่ ๘ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑

ลงนาม.....
๖/๒๗

(นางสาวปาจริย์ อับดุลลาฮาซิม)

ประธานกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา

ภาคผนวก ง

ภาพการจัดทำฉลาก และการเก็บตัวอย่างเสียง

ขั้นตอนการจัดทำฉากดูดซับเสียง

1. การจัดหาโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้



2. การวัดโฟมโพลียูรีเทนขนาดต่าง ๆ



3. การจัดหาไม้อัดขนาดความหนา ยาว ตามที่
ต้องการ



4. จัดทำโครงเหล็กเพื่อรองรับไม้อัด



5. การตัดแผ่นโฟมโพลียูรีเทนให้ได้ขนาด
ความหนาตามต้องการ



6. การทากาวบนแผ่นโฟมโพลียูรีเทน

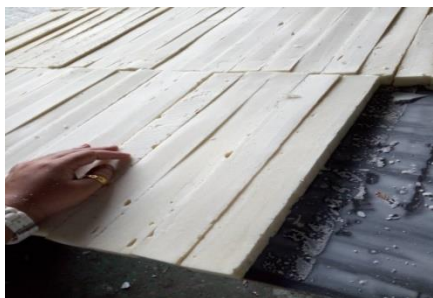


2048311787

BUU_1Thesis 59920297 thesis / recv: 10072562 15:45:22 / seq: 43

ขั้นตอนการจัดทำฉากดูดซับเสียง(ต่อ)

7. การติดแผ่น โฟม โพลียูรีเทนลงใบแผ่นไม้อัด 8. แผ่นฉากดูดซับเสียงที่พร้อมใช้งาน



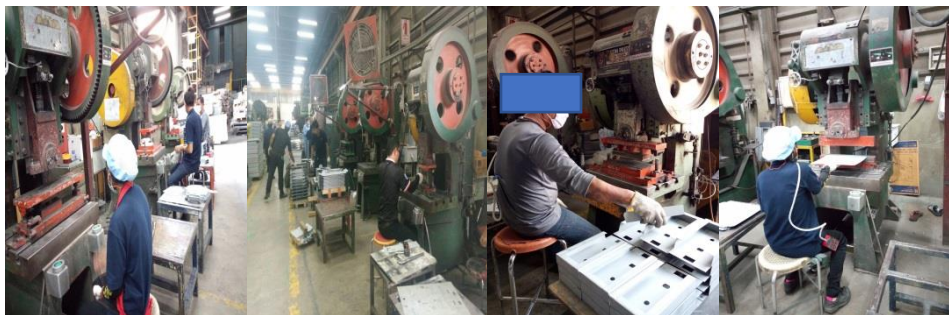
1. การวัดระยะเพื่อทำจุดตรวจวัดระดับเสียง



2. การเตรียมความพร้อมพนักงานที่ทำการตรวจวัดระดับเสียงสะสม



3. การตรวจวัดระดับเสียงก่อนการติดตั้งฉากเสียง



4. การตรวจวัดระดับเสียงหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียง



ภาคผนวก จ
ผลการตรวจวัดระดับเสียง

ผลการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยก่อนการติดตั้งฉากดูดซับเสียง

จุด ตรวจวัด	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2				กรณีที่ 3				กรณีที่ 4			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
1	87.6	87.9	87.8	92.5	87.4	87.2	87.1	92.0	83.1	83.2	83	87.9	78	77.9	78.1	82.8
2	87.4	87.5	87.6	92.3	86.4	86.3	86.1	91.0	83.7	83.8	83.6	88.5	78.5	78.4	78.6	83.3
3	87.4	87.5	87.6	92.3	86.5	86.2	86.2	91.1	83	83.1	82.9	87.8	78	77.9	78.1	82.8
4	86.8	86.9	87	91.7	86.3	86	86	90.9	83.6	83.7	83.5	88.4	78	77.9	78.1	82.8
5	86.5	86.7	86.7	91.4	85.9	85.8	85.6	90.5	82.8	82.9	82.7	87.6	78	77.9	78.2	82.8
6	86.5	86.6	86.7	91.4	85.8	85.7	85.5	90.4	83	83.1	82.9	87.8	78	77.9	78.2	82.8
7	86.4	86.5	86.6	91.3	85.7	85.6	85.4	90.3	82.2	82.3	82.1	87.0	78	77.9	78.2	82.8
8	86	86.1	86.2	90.9	85.6	85.5	85.3	90.2	83	83.2	82.9	87.8	79.1	79	79.3	83.9
9	86	86.1	86.2	90.9	85.5	85.4	85.2	90.1	83.6	83.5	83.5	88.3	79.1	79	79.3	83.9
10	85.8	85.9	86	90.7	85.5	85.4	85.2	90.1	82.8	82.7	82.7	87.5	79.1	79	79.3	83.9
11	85.6	85.7	85.8	90.5	85.4	85.3	85.1	90.0	82.6	82.5	82.5	87.3	79	78.9	79.2	83.8
12	85.6	85.7	85.8	90.5	85.4	85.3	85.1	90.0	83.8	83.7	83.7	88.5	79	78.9	79.2	83.8
13	85.4	85.6	85.6	90.3	85.3	85.2	85	89.9	83.4	82.4	83.3	87.8	79.7	79.6	79.9	84.5
14	85.2	85.3	85.4	90.1	85.3	85.2	85	89.9	83.1	82.1	83	87.5	79.6	79.5	79.8	84.4
15	85.4	85.5	85.6	90.3	85.4	85.3	85.1	90.0	81.4	80.4	81.3	85.8	79.5	79.4	79.7	84.3
16	85.2	85.3	85.4	90.1	85.4	85.3	85.1	90.0	83.1	82.1	83	87.5	80.5	80.4	81.5	85.6
17	84.8	84.9	85	89.7	82	81.9	81.7	86.6	81.8	80.8	81.7	86.2	80.4	80.2	81.4	85.5
18	84.3	84.4	84.5	89.2	81.9	81.8	81.6	86.5	82.1	81.1	82	86.5	80.3	80.1	81.3	85.4
19	84.2	84.3	84.4	89.1	81.8	81.7	81.5	86.4	80.2	79.2	80.1	84.6	80.3	80.1	81.3	85.4
20	84	84.1	84.2	88.9	81.9	81.8	81.6	86.5	80	79	79.9	84.4	80.3	80.1	81.3	85.4
21	84	84.1	84.2	88.9	81.9	81.8	81.6	86.5	80	79	79.9	84.4	80.2	80	81.2	85.3
22	83.8	83.9	84	88.7	81.9	81.8	81.6	86.5	79.8	78.8	79.7	84.2	80.1	80.2	81.1	85.3
23	83.8	83.9	84	88.7	81.9	81.8	81.6	86.5	79.3	78.3	79.2	83.7	80	80.1	81	85.2
24	83.8	83.9	84	88.7	81.9	81.6	81.6	86.5	80	79	79.9	84.4	80.2	80.3	81.2	85.4
25	83	83.2	83.2	87.9	81.2	81	80.9	85.8	79.8	78.8	79.7	84.2	80.1	80.2	81.1	85.3
26	83	83.1	83.2	87.9	81.2	81	80.9	85.8	79.8	78.8	79.7	84.2	80.3	80.4	80.8	85.3
27	83	85	83.1	88.6	81.4	81.3	81.1	86.0	79.6	79.5	79.5	84.3	80.5	80.6	80	85.1
28	83	83.2	83.1	87.9	82	81.9	81.7	86.6	79.6	79.5	79.5	84.3	80.4	80.5	80.3	85.2

ผลการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา 0.25 นิ้ว

จุด ตรวจวัด	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2				กรณีที่ 3				กรณีที่ 4			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
1	85.6	85.9	85.8	90.5	83.9	83.7	83.6	88.5	81.1	81.2	81	85.9	76.5	76.4	76.6	81.3
2	85.4	85.5	85.6	90.3	83.9	83.8	83.6	88.5	81.7	81.8	81.6	86.5	77	76.9	77.1	81.8
3	85.4	85.5	85.6	90.3	85	84.7	84.7	89.6	81	81.1	80.9	85.8	76.5	76.4	76.6	81.3
4	84.8	84.9	85	89.7	84.8	84.5	84.5	89.4	81.6	81.7	81.5	86.4	76.5	76.4	76.6	81.3
5	84.5	84.7	84.7	89.4	84.4	84.3	84.1	89.0	80.8	80.9	80.7	85.6	76.5	76.4	76.7	81.3
6	84.5	84.6	84.7	89.4	84.3	84.2	84	88.9	81	81.1	80.9	85.8	76.5	76.4	76.7	81.3
7	84.4	84.5	84.6	89.3	84.2	84.1	83.9	88.8	80.2	80.3	80.1	85.0	76.5	76.4	76.7	81.3
8	84	84.1	84.2	88.9	84.1	84	83.8	88.7	81	81.2	80.9	85.8	77.6	77.5	77.8	82.4
9	84	84.1	84.2	88.9	84	83.9	83.7	88.6	81.6	81.5	81.5	86.3	77.6	77.5	77.8	82.4
10	83.8	83.9	84	88.7	84	83.9	83.7	88.6	80.8	80.7	80.7	85.5	77.6	77.5	77.8	82.4
11	83.6	83.7	83.8	88.5	83.9	83.8	83.6	88.5	80.6	80.5	80.5	85.3	77.5	77.4	77.7	82.3
12	83.6	83.7	83.8	88.5	83.9	83.8	83.6	88.5	81.8	81.7	81.7	86.5	77.5	77.4	77.7	82.3
13	83.4	83.6	83.6	88.3	83.8	83.7	83.5	88.4	81.4	80.4	81.3	85.8	78.2	78.1	78.4	83.0
14	83.2	83.3	83.4	88.1	83.8	83.7	83.5	88.4	81.1	80.1	81	85.5	78.1	78	78.3	82.9
15	83.4	83.5	83.6	88.3	83.9	83.8	83.6	88.5	79.4	78.4	79.3	83.8	78	77.9	78.2	82.8
16	83.2	83.3	83.4	88.1	83.9	83.8	83.6	88.5	81.1	80.1	81	85.5	79	78.9	80	84.1
17	82.8	82.9	83	87.7	80.5	80.4	80.2	85.1	79.8	78.8	79.7	84.2	78.9	78.7	79.9	84.0
18	82.3	82.4	82.5	87.2	80.4	80.3	80.1	85.0	80.1	79.1	80	84.5	78.8	78.6	79.8	83.9
19	82.2	82.3	82.4	87.1	80.3	80.2	80	84.9	78.2	77.2	78.1	82.6	78.8	78.6	79.8	83.9
20	82	82.1	82.2	86.9	80.4	80.3	80.1	85.0	78	77	77.9	82.4	78.8	78.6	79.8	83.9
21	82	82.1	82.2	86.9	80.4	80.3	80.1	85.0	78	77	77.9	82.4	78.7	78.5	79.7	83.8
22	81.8	81.9	82	86.7	80.4	80.3	80.1	85.0	77.8	76.8	77.7	82.2	78.6	78.7	79.6	83.8
23	81.8	81.9	82	86.7	80.4	80.3	80.1	85.0	77.3	76.3	77.2	81.7	78.5	78.6	79.5	83.7
24	81.8	81.9	82	86.7	80.4	80.1	80.1	85.0	78	77	77.9	82.4	78.7	78.8	79.7	83.9
25	81	81.2	81.2	85.9	79.7	79.5	79.4	84.3	77.8	76.8	77.7	82.2	78.6	78.7	79.6	83.8
26	81	81.1	81.2	85.9	79.7	79.5	79.4	84.3	77.8	76.8	77.7	82.2	78.8	78.9	79.3	83.8
27	81	83	81.1	86.6	79.9	79.8	79.6	84.5	77.6	77.5	77.5	82.3	79	79.1	78.5	83.6
28	81	81.2	81.1	85.9	80.5	80.4	80.2	85.1	77.6	77.5	77.5	82.3	78.9	79	78.8	83.7

ผลการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่มีความหนา 0.5 นิ้ว

จุด ตรวจวัด	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2				กรณีที่ 3				กรณีที่ 4			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
1	85.1	85.4	85.3	90.0	83.4	83.2	83.1	88.0	80.6	80.7	80.5	85.4	76	75.9	76.1	80.8
2	84.9	85	85.1	89.8	83.4	83.3	83.1	88.0	81.2	81.3	81.1	86.0	76.5	76.4	76.6	81.3
3	84.9	85	85.1	89.8	84.5	84.2	84.2	89.1	80.5	80.6	80.4	85.3	76	75.9	76.1	80.8
4	84.3	84.4	84.5	89.2	84.3	84	84	88.9	81.1	81.2	81	85.9	76	75.9	76.1	80.8
5	84	84.2	84.2	88.9	83.9	83.8	83.6	88.5	80.3	80.4	80.2	85.1	76	75.9	76.2	80.8
6	84	84.1	84.2	88.9	83.8	83.7	83.5	88.4	80.5	80.6	80.4	85.3	76	75.9	76.2	80.8
7	83.9	84	84.1	88.8	83.7	83.6	83.4	88.3	79.7	79.8	79.6	84.5	76	75.9	76.2	80.8
8	83.5	83.6	83.7	88.4	83.6	83.5	83.3	88.2	80.5	80.7	80.4	85.3	77.1	77	77.3	81.9
9	83.5	83.6	83.7	88.4	83.5	83.4	83.2	88.1	81.1	81	81	85.8	77.1	77	77.3	81.9
10	83.3	83.4	83.5	88.2	83.5	83.4	83.2	88.1	80.3	80.2	80.2	85.0	77.1	77	77.3	81.9
11	83.1	83.2	83.3	88.0	83.4	83.3	83.1	88.0	80.1	80	80	84.8	77	76.9	77.2	81.8
12	83.1	83.2	83.3	88.0	83.4	83.3	83.1	88.0	81.3	81.2	81.2	86.0	77	76.9	77.2	81.8
13	82.9	83.1	83.1	87.8	83.3	83.2	83	87.9	80.9	79.9	80.8	85.3	77.7	77.6	77.9	82.5
14	82.7	82.8	82.9	87.6	83.3	83.2	83	87.9	80.6	79.6	80.5	85.0	77.6	77.5	77.8	82.4
15	82.9	83	83.1	87.8	83.4	83.3	83.1	88.0	78.9	77.9	78.8	83.3	77.5	77.4	77.7	82.3
16	82.7	82.8	82.9	87.6	83.4	83.3	83.1	88.0	80.6	79.6	80.5	85.0	78.5	78.4	79.5	83.6
17	82.3	82.4	82.5	87.2	80	79.9	79.7	84.6	79.3	78.3	79.2	83.7	78.4	78.2	79.4	83.5
18	81.8	81.9	82	86.7	79.9	79.8	79.6	84.5	79.6	78.6	79.5	84.0	78.3	78.1	79.3	83.4
19	81.7	81.8	81.9	86.6	79.8	79.7	79.5	84.4	77.7	76.7	77.6	82.1	78.3	78.1	79.3	83.4
20	81.5	81.6	81.7	86.4	79.9	79.8	79.6	84.5	77.5	76.5	77.4	81.9	78.3	78.1	79.3	83.4
21	81.5	81.6	81.7	86.4	79.9	79.8	79.6	84.5	77.5	76.5	77.4	81.9	78.2	78	79.2	83.3
22	81.3	81.4	81.5	86.2	79.9	79.8	79.6	84.5	77.3	76.3	77.2	81.7	78.1	78.2	79.1	83.3
23	81.3	81.4	81.5	86.2	79.9	79.8	79.6	84.5	76.8	75.8	76.7	81.2	78	78.1	79	83.2
24	81.3	81.4	81.5	86.2	79.9	79.6	79.6	84.5	77.5	76.5	77.4	81.9	78.2	78.3	79.2	83.4
25	80.5	80.7	80.7	85.4	79.2	79	78.9	83.8	77.3	76.3	77.2	81.7	78.1	78.2	79.1	83.3
26	80.5	80.6	80.7	85.4	79.2	79	78.9	83.8	77.3	76.3	77.2	81.7	78.3	78.4	78.8	83.3
27	80.5	82.5	80.6	86.1	79.4	79.3	79.1	84.0	77.1	77	77	81.8	78.5	78.6	78	83.1
28	80.5	80.7	80.6	85.4	80	79.9	79.7	84.6	77.1	77	77	81.8	78.4	78.5	78.3	83.2

ผลการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา 1 นิ้ว

จุด ตรวจวัด	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2				กรณีที่ 3				กรณีที่ 4			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
1	84.1	84.4	84.3	89.0	84.1	84.4	84.3	89.0	84.1	84.4	84.3	89.0	75	74.9	75.1	79.8
2	83.9	84	84.1	88.8	83.9	84	84.1	88.8	83.9	84	84.1	88.8	75.5	75.4	75.6	80.3
3	83.9	84	84.1	88.8	83.9	84	84.1	88.8	83.9	84	84.1	88.8	75	74.9	75.1	79.8
4	83.3	83.4	83.5	88.2	83.3	83.4	83.5	88.2	83.3	83.4	83.5	88.2	75	74.9	75.1	79.8
5	83	83.2	83.2	87.9	83	83.2	83.2	87.9	83	83.2	83.2	87.9	75	74.9	75.2	79.8
6	83	83.1	83.2	87.9	83	83.1	83.2	87.9	83	83.1	83.2	87.9	75	74.9	75.2	79.8
7	82.9	83	83.1	87.8	82.9	83	83.1	87.8	82.9	83	83.1	87.8	75	74.9	75.2	79.8
8	82.5	82.6	82.7	87.4	82.5	82.6	82.7	87.4	82.5	82.6	82.7	87.4	76.1	76	76.3	80.9
9	82.5	82.6	82.7	87.4	82.5	82.6	82.7	87.4	82.5	82.6	82.7	87.4	76.1	76	76.3	80.9
10	82.3	82.4	82.5	87.2	82.3	82.4	82.5	87.2	82.3	82.4	82.5	87.2	76.1	76	76.3	80.9
11	82.1	82.2	82.3	87.0	82.1	82.2	82.3	87.0	82.1	82.2	82.3	87.0	76	75.9	76.2	80.8
12	82.1	82.2	82.3	87.0	82.1	82.2	82.3	87.0	82.1	82.2	82.3	87.0	76	75.9	76.2	80.8
13	81.9	82.1	82.1	86.8	81.9	82.1	82.1	86.8	81.9	82.1	82.1	86.8	76.7	76.6	76.9	81.5
14	81.7	81.8	81.9	86.6	81.7	81.8	81.9	86.6	81.7	81.8	81.9	86.6	76.6	76.5	76.8	81.4
15	81.9	82	82.1	86.8	81.9	82	82.1	86.8	81.9	82	82.1	86.8	76.5	76.4	76.7	81.3
16	81.7	81.8	81.9	86.6	81.7	81.8	81.9	86.6	81.7	81.8	81.9	86.6	77.5	77.4	78.5	82.6
17	81.3	81.4	81.5	86.2	81.3	81.4	81.5	86.2	81.3	81.4	81.5	86.2	77.4	77.2	78.4	82.5
18	80.8	80.9	81	85.7	80.8	80.9	81	85.7	80.8	80.9	81	85.7	77.3	77.1	78.3	82.4
19	80.7	80.8	80.9	85.6	80.7	80.8	80.9	85.6	80.7	80.8	80.9	85.6	77.3	77.1	78.3	82.4
20	80.5	80.6	80.7	85.4	80.5	80.6	80.7	85.4	80.5	80.6	80.7	85.4	77.3	77.1	78.3	82.4
21	80.5	80.6	80.7	85.4	80.5	80.6	80.7	85.4	80.5	80.6	80.7	85.4	77.2	77	78.2	82.3
22	80.3	80.4	80.5	85.2	80.3	80.4	80.5	85.2	80.3	80.4	80.5	85.2	77.1	77.2	78.1	82.3
23	80.3	80.4	80.5	85.2	80.3	80.4	80.5	85.2	80.3	80.4	80.5	85.2	77	77.1	78	82.2
24	80.3	80.4	80.5	85.2	80.3	80.4	80.5	85.2	80.3	80.4	80.5	85.2	77.2	77.3	78.2	82.4
25	79.5	79.7	79.7	84.4	79.5	79.7	79.7	84.4	79.5	79.7	79.7	84.4	77.1	77.2	78.1	82.3
26	79.5	79.6	79.7	84.4	79.5	79.6	79.7	84.4	79.5	79.6	79.7	84.4	77.3	77.4	77.8	82.3
27	79.5	81.5	79.6	85.1	79.5	81.5	79.6	85.1	79.5	81.5	79.6	85.1	77.5	77.6	77	82.1
28	79.5	79.7	79.6	84.4	79.5	79.7	79.6	84.4	79.5	79.7	79.6	84.4	77.4	77.5	77.3	82.2



2048311787

BUU_1Thesis_59920297_thesis / rev: 10072562_15:45:22 / seq: 43

ผลการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา 2 นิ้ว

จุด ตรวจวัด	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2				กรณีที่ 3				กรณีที่ 4			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
1	83.5	83.8	83.7	88.4	81.7	81.5	81.4	86.3	79	79.1	78.9	83.8	83.77	83.67	83.87	88.5
2	83.3	83.4	83.5	88.2	81.7	81.6	81.4	86.3	79.6	79.7	79.5	84.4	83.07	82.97	83.17	87.8
3	83.3	83.4	83.5	88.2	82.8	82.5	82.5	87.4	78.9	79	78.8	83.7	83.67	83.57	83.77	88.4
4	82.7	82.8	82.9	87.6	82.6	82.3	82.3	87.2	79.5	79.6	79.4	84.3	82.87	82.77	82.97	87.6
5	82.4	82.6	82.6	87.3	82.2	82.1	81.9	86.8	78.7	78.8	78.6	83.5	83.07	82.97	83.27	87.9
6	82.4	82.5	82.6	87.3	82.1	82	81.8	86.7	78.9	79	78.8	83.7	82.27	82.17	82.47	87.1
7	82.3	82.4	82.5	87.2	82	81.9	81.7	86.6	78.1	78.2	78	82.9	83.11	83.01	83.31	87.9
8	81.9	82	82.1	86.8	81.9	81.8	81.6	86.5	78.9	79.1	78.8	83.7	83.6	83.5	83.8	88.4
9	81.9	82	82.1	86.8	81.8	81.7	81.5	86.4	79.5	79.4	79.4	84.2	82.8	82.7	83	87.6
10	81.7	81.8	81.9	86.6	81.8	81.7	81.5	86.4	78.7	78.6	78.6	83.4	82.6	82.5	82.8	87.4
11	81.5	81.6	81.7	86.4	81.7	81.6	81.4	86.3	78.5	78.4	78.4	83.2	83.8	83.7	84	88.6
12	81.5	81.6	81.7	86.4	81.7	81.6	81.4	86.3	79.7	79.6	79.6	84.4	83.13	83.03	83.33	87.9
13	81.3	81.4	81.5	86.2	81.6	81.5	81.3	86.2	79.3	78.3	79.2	83.7	82.83	82.73	83.03	87.6
14	81.1	81.2	81.3	86.0	81.6	81.5	81.3	86.2	79	78	78.9	83.4	81.13	81.03	81.33	85.9
15	81.3	81.4	81.5	86.2	81.7	81.6	81.4	86.3	77.3	76.3	77.2	81.7	82.83	82.73	83.03	87.6
16	81.1	81.2	81.3	86.0	81.7	81.6	81.4	86.3	79	78	78.9	83.4	81.53	81.43	82.53	86.6
17	80.7	80.8	80.9	85.6	78.3	78.2	78	82.9	77.7	76.7	77.6	82.1	81.83	81.63	82.83	86.9
18	80.2	80.3	80.4	85.1	78.2	78.1	77.9	82.8	78	77	77.9	82.4	79.93	79.73	80.93	85.0
19	80.1	80.2	80.3	85.0	78.1	78	77.8	82.7	76.1	75.1	76	80.5	79.73	79.53	80.73	84.8
20	79.9	80	80.1	84.8	78.2	78.1	77.9	82.8	75.9	74.9	75.8	80.3	79.73	79.53	80.73	84.8
21	79.9	80	80.1	84.8	78.2	78.1	77.9	82.8	75.9	74.9	75.8	80.3	79.53	79.33	80.53	84.6
22	79.7	79.8	79.9	84.6	78.2	78.1	77.9	82.8	75.7	74.7	75.6	80.1	79.03	79.13	80.03	84.2
23	79.7	79.8	79.9	84.6	78.2	78.1	77.9	82.8	75.2	74.2	75.1	79.6	79.73	79.83	80.73	84.9
24	79.7	79.8	79.9	84.6	78.2	77.9	77.9	82.8	75.9	74.9	75.8	80.3	79.53	79.63	80.53	84.7
25	78.9	79.1	79.1	83.8	77.5	77.3	77.2	82.1	75.7	74.7	75.6	80.1	79.53	79.63	80.53	84.7
26	78.9	79.1	79.1	83.8	77.5	77.3	77.2	82.1	75.7	74.7	75.6	80.1	79.6	79.7	80.1	84.6
27	78.9	80.9	79	84.5	77.7	77.6	77.4	82.3	75.5	75.4	75.4	80.2	79.6	79.7	79.1	84.3
28	78.9	79.1	79	83.8	78.3	78.2	78	82.9	75.5	75.4	75.4	80.2	79.6	79.7	79.1	84.3

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสะสมก่อนการติดตั้งฉากดูดซับเสียง

การตรวจวัด	พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
กรณีที่ 1	87.6	87.9	87.8	92.5	86.8	86.9	87	91.7	86.4	86.5	86.6	91.3
กรณีที่ 2	86.2	87	85.2	91.0	85.9	85.8	85.6	90.5	85.6	85.5	85.3	90.2
กรณีที่ 3	82.8	82.9	82.7	87.6	81.2	82	81.3	86.3	80.2	79.2	80.1	84.6
กรณีที่ 4	78	77.9	78.1	82.8	78	77.1	76.1	81.9	80	79.2	79	84.2

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสะสมหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา 0.25 นิ้ว

การตรวจวัด	พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
กรณีที่ 1	85.6	86.2	84.6	90.3	85.4	85.2	85.6	90.2	85.4	85.3	85.6	90.2
กรณีที่ 2	85.2	85.8	84.2	89.9	82.9	82.4	82.6	87.4	83	82.5	82.7	87.5
กรณีที่ 3	81	80.8	80	85.4	80.7	81	80.4	85.5	80	79.5	79.9	84.6
กรณีที่ 4	76.2	76.1	75.2	80.6	75.5	75.2	75.7	80.2	75.5	77.5	79	82.3

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสะสมหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา 0.5 นิ้ว

การตรวจวัด	พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
กรณีที่ 1	84	84.1	84.2	88.9	83.9	84	84.1	88.8	83.5	83.6	83.7	88.4
กรณีที่ 2	84	83.9	83.7	88.6	82.2	82.1	82	86.9	83	82.9	82.7	87.6
กรณีที่ 3	79.8	79.7	79.7	84.5	78.9	77.9	78.8	83.3	79.3	78.3	79.2	83.7
กรณีที่ 4	75	74.9	74	79.4	75.5	75.4	74.5	79.9	75.5	75.4	74.5	79.9

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสะสมหลังการติดตั้งจากคูชับเสียงที่ความหนา 1 นิ้ว

การตรวจวัด	พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
กรณีที่ 1	80.5	80.6	80.7	85.4	80.5	80.6	80.7	85.4	80.3	80.4	80.5	85.2
กรณีที่ 2	78.9	79	78.6	83.6	78.9	78.8	78.6	83.5	78.9	78.8	78.6	83.5
กรณีที่ 3	75	74.5	74.9	79.6	76.3	75.3	76.2	80.7	75.8	74.8	75.7	80.2
กรณีที่ 4	76.6	76.5	76.8	81.4	76.5	76.4	76.7	81.3	76.7	76.6	76.9	81.5

ผลการตรวจวัดระดับเสียงสะสมหลังการติดตั้งจากคูชับเสียงที่ความหนา 2 นิ้ว

การตรวจวัด	พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 1			
	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม	1	2	3	รวม
กรณีที่ 1	83.5	83.8	83.7	88.4	83.3	83.4	83.5	88.2	83.3	83.4	83.5	88.2
กรณีที่ 2	82.2	82.1	81.9	86.8	82.1	82	81.8	86.7	82	81.9	81.7	86.6
กรณีที่ 3	78.9	79	78.8	83.7	78.1	78.2	78	82.9	78.9	79.1	78.8	83.7
กรณีที่ 4	73.5	73.6	73.7	78.4	76	76.1	75.9	80.8	75	74.9	75.2	79.8

การตรวจวัดระดับเสียงแบบแยกความถี่ 1/1

การตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยก่อนการติดตั้งฉากดูดซับเสียง

การตรวจวัด	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1				
	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม
กรณีที่ 1	85.6	85	86	86.3	91.8	84.2	83.2	84.6	85.2	90.4	85.2	88.5	86	82.1	92.0
กรณีที่ 2	82.4	83.0	84.0	85.3	89.8	86.4	83.3	82.6	85.3	90.7	82.4	83	82.5	86.0	89.8
กรณีที่ 3	82.3	83.1	80.2	81.2	87.9	82.3	82.5	80.2	81.2	87.7	82.3	82.9	81.5	83.2	88.5
กรณีที่ 4	76.5	75.8	78.6	75.6	82.8	76.5	75.8	78.6	75.0	82.7	76.2	75.8	78.6	75.0	82.6

การตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา 0.25 นิ้ว

การตรวจวัด	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1				
	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม
กรณีที่ 1	84	83.5	83.2	83.6	89.6	84	83.5	83.2	83.6	89.6	83	83.5	83.2	83.6	89.4
กรณีที่ 2	81.5	80.2	81.0	83.5	87.8	81.5	80.2	80.5	82.5	87.3	81.5	80.2	81.0	82.5	87.4
กรณีที่ 3	80.3	80.2	79.6	79.5	85.9	80.2	80.2	80.0	79.5	86.0	80.3	80.6	79.6	79.5	86.0
กรณีที่ 4	74.6	73.8	75.3	74.6	80.6	74.6	73.8	74.3	74.6	80.4	74.6	73.8	75.3	74.6	80.6

การตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา 0.5 นิ้ว

การตรวจวัด	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1				
	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม
กรณีที่ 1	83	83.5	83.2	83.6	89.4	83	83.2	82.6	83.6	89.1	83	83.2	82.6	83	89.0
กรณีที่ 2	81.5	80.2	81.0	82.5	87.4	81.2	80.2	81.0	82.5	87.3	81.2	81.2	81.0	81.2	87.2
กรณีที่ 3	80.3	79.8	79.6	79.5	85.8	79.6	79.8	79.6	79.5	85.6	79.6	79.8	78.6	79.5	85.4
กรณีที่ 4	74.5	73.3	75.3	74.2	80.4	74.3	73.3	74.6	74.5	80.2	74.3	73.3	73.6	74.5	80.0

การตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา 1 นิ้ว

การตรวจวัด	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1				
	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม
กรณีที่ 1	81.6	82.1	82.6	82.5	88.2	81.6	82.1	82.3	82.1	88.1	81.1	82.1	81.6	82.1	87.8
กรณีที่ 2	79.6	80.2	80.3	80.6	86.2	79.6	80.2	79.8	80.6	86.1	79.6	80.0	79.8	80.6	86.0
กรณีที่ 3	77.6	77.8	78.0	78.5	84.0	77.6	77.8	78.1	78.3	84.0	77.6	78.0	78.1	78.3	84.0
กรณีที่ 4	72.8	72.8	73.6	74.2	79.4	72.8	72.8	73.2	73.6	79.1	72.8	72.8	73.2	73.2	79.0

การตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ยหลังการติดตั้งฉากดูดซับเสียงที่ความหนา 2 นิ้ว

การตรวจวัด	ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1					ครั้งที่ 1				
	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม	0.5 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	รวม
กรณีที่ 1	81.6	82	82.2	80.5	87.6	81.6	82	82	80.5	87.6	81.6	82	82	80.5	87.6
กรณีที่ 2	79.6	80.2	79.5	78.8	85.6	79.6	80.2	79.5	78.5	85.5	79.6	80.2	79.5	78.5	85.5
กรณีที่ 3	77.6	77.8	78.0	76.8	83.6	77.6	77.8	77.6	76.8	83.5	77.6	77.5	77.8	76.8	83.5
กรณีที่ 4	72.8	72.6	72.3	73.2	78.8	72.8	72.6	72.3	72.6	78.6	72.8	72.6	72.3	72.6	78.6



2048311787

ภาคผนวก ฉ

ผลความพึงพอใจหลังการใช้งานจากคู่มือฉบับเสียง

ผลความพึงพอใจหลังการใช้งานจากคู่มือเสียง

ข้อ	รายละเอียด	ความเห็น		
		พอใจ	ไม่พอใจ	ไม่ตอบ
		n (%)	n (%)	n (%)
ความพึงพอใจต่อจากคู่มือเสียง				
1	การออกแบบจากคู่มือเสียงสะดวกกับพื้นที่การทำงานของท่าน	1 (33.3)	2 (66.7)	0 (0.0)
2	การออกแบบจากคู่มือเสียงเหมาะสมกับพื้นที่การทำงานของท่าน	1 (33.3)	2 (66.7)	0 (0.0)
3	ท่านพึงพอใจต่อการใช้งานจากคู่มือเสียงนี้	0 (0.0)	2 (66.7)	1 (33.3)
4	ในภาพรวมท่านมีความพึงพอใจต่อจากคู่มือเสียงในพื้นที่การทำงานของท่าน	0 (0.0)	3 (100.0)	0 (0.0)
ความพึงพอใจต่อความปลอดภัยในการใช้งาน		0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
5	จากคู่มือเสียงติดตั้งมั่นคงไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุในพื้นที่	0 (0.0)	1 (33.3)	2 (66.7)
6	การจัดวางจากคู่มือเสียงไม่กีดขวางการต่อการทำงาน	2 (66.7)	1 (33.3)	0 (0.0)
7	จากคู่มือเสียงมีความแข็งแรงทนทานไม่ก่อให้เกิดอันตรายอื่น ๆ ตามมา	0 (0.0)	1 (33.3)	2 (66.7)
ความพึงพอใจต่อความคุ้มค่าในการใช้งาน		0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
8	สามารถใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้นำมาทำจากคู่มือเสียง	0 (0.0)	0 (0.0)	100.0
9	จากคู่มือเสียงนี้สามารถลดปริมาณขยะจากกระบวนการผลิตได้	0 (0.0)	1 (33.3)	2 (66.7)
10	จากคู่มือเสียงนี้สามารถลดต้นทุนการส่งจำกัดขยะจากกระบวนการผลิตได้	0 (0.0)	2 (66.7)	1 (33.3)



2048311787

BUU-IThesis 59920297 thesis / rev: 10072562 15:45:22 / seq: 43