



ประสิทธิผลของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง CONE CRUSHER
ในโรงงานไม้หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี

ธีรพล สุขวัฒนาสินิท

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ประสิทธิผลของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง CONE CRUSHER
ในโรงงานไม้หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี



ธีรพล สุขวัฒนาสินธุ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

THE EFFECTIVENESS OF SOUND ABSORBING MATERIAL IN REDUCING NOISE
LEVEL FROM THE CONE CRUSHER IN A STONE CRUSHING PLANT,
CHONBURI PROVINCE



TEERAPON SUKKAVATANASINIT

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

2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ชีรพล สุขวัฒนาสินธุ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของมหาวิทยาลัยบูรพา
ได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์)

..... ประธาน

..... (รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์)

..... กรรมการ

..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์)

..... กรรมการ

..... (รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์)

..... กรรมการ

..... (รองศาสตราจารย์ ดร.นันทพร ภัทรพุทธ)

..... คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์

..... (รองศาสตราจารย์ ดร. โกวิท สุวรรณหงษ์)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของ
มหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

..... (รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ แจ่มเยี่ยม)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

63920141: สาขาวิชา: อาชีวอนามัยและความปลอดภัย; วท.ม. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)

คำสำคัญ: วัสดุดูดซับเสียง/ เครื่อง CONE CRUSHER/ โรงงาน โม่หิน

ธีรพล สุขวัฒนาสินิทธิ : ประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง CONE CRUSHER ในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี. (THE EFFECTIVENESS OF SOUND ABSORBING MATERIAL IN REDUCING NOISE LEVEL FROM THE CONE CRUSHER IN A STONE CRUSHING PLANT, CHONBURI PROVINCE) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์, Ph.D., ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์, Ph.D. ปี พ.ศ. 2568.

เสียงดังจากเครื่อง Cone Crusher ในโรงงานโม่หิน ส่งผลกระทบต่อสุขภาพพนักงาน และสร้างความรำคาญต่อชุมชนใกล้เคียง การลดเสียงด้วยวัสดุดูดซับเสียงจึงเป็นวิธีที่สำคัญ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาออกแบบและเลือกวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการลดเสียง เปรียบเทียบระดับเสียงก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุ และลดระดับเสียงให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยทดลองกับวัสดุ 3 ประเภท ได้แก่ ฉากเคลือบผสมโฟม ฉากโฟม และ ฉากโฟมทับด้วยเคลือบผสมโฟม ในช่วงความถี่ 8–8,000 Hz และระยะ 1, 3, 5, และ 7 เมตร ผลการทดลองพบว่า ฉากเคลือบผสมโฟมลดระดับเสียงได้อยู่ระหว่าง 2.76–5.37 dB (A) โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดในช่วงความถี่ต่ำถึงปานกลาง (8–500 Hz) ฉากโฟมลดระดับเสียงได้ 2.97 dB (A) ที่ระยะ 1 เมตร เหมาะสำหรับความถี่ปานกลางถึงสูง (250–8,000 Hz) ฉากโฟมทับด้วยเคลือบผสมโฟมลดระดับเสียงได้อยู่ระหว่าง 2.26–9.87 dB (A) ครอบคลุมทุกช่วงความถี่ โดยลดเสียงในระยะใกล้ได้สูงสุด 9.87 dB (A) โดยมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ข้อเสนอแนะควรพัฒนาและทดลองวัสดุดูดซับเสียงทางเลือกใหม่ เช่น วัสดุรีไซเคิล หรือวัสดุธรรมชาติชนิดอื่น ๆ รวมถึงขยายการทดลองไปยังโรงงานประเภทอื่น และศึกษาความคุ้มค่าในการใช้งานระยะยาว เพื่อเพิ่มความยั่งยืนและการประยุกต์ใช้ในบริบทที่หลากหลาย

63920141: MAJOR: OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY; M.Sc.
(OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY)

KEYWORDS: SOUND ABSORBING MATERIAL/ CONE CRUSHER MACHINE/
STONE CRUSHING PLANT

TEERAPON SUKKAVATANASINIT : THE EFFECTIVENESS OF SOUND
ABSORBING MATERIAL IN REDUCING NOISE LEVEL FROM THE CONE CRUSHER IN
A STONE CRUSHING PLANT, CHONBURI PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE:
TEERAYUT SA-NGIAMSACK, Ph.D. SRIRAT LORMPHONGS, Ph.D. 2025.

Noise from the Cone Crusher in a stone crushing plant affects the health of workers and causes inconvenience to nearby communities. Reducing noise using sound-absorbing materials is therefore an essential solution. This study aimed to design and select effective noise-reducing materials, compare noise levels before and after material installation, and reduce noise levels to meet the required standards. The study tested three types of materials: rice husk foam panels, foam panels, and foam panels overlaid with rice husk foam, across a frequency range of 8–8,000 Hz at distances of 1, 3, 5, and 7 meters. The results showed that rice husk foam panels reduced noise levels between 2.76–5.37 dB (A), performing best in the low to mid-frequency range (8–500 Hz). Foam panels reduced noise levels by 2.97 dB (A) at 1 meter, suitable for mid to high frequencies (250–8,000 Hz). Foam panels overlaid with rice husk foam achieved the highest noise reduction levels between 2.26–9.87 dB (A), effective across all frequencies and achieving a maximum noise reduction of 9.87 dB (A) at close range, with a statistical significance level of 0.05. Recommendations should focus on developing and testing alternative sound absorbing materials, such as recycled or other natural materials, expanding studies to other types of factories, and assessing long-term cost-effectiveness to enhance sustainability and broader applicability.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ศรัรัตน์ ล้อมพงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ช่วยให้คำแนะนำทางด้านวิชาการ แนวทางการดำเนินการวิจัย การวิเคราะห์และสรุปผล รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.นันทพร ภัทรพุทฺธ ตลอดจนคณาจารย์และบุคลากร คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาทุกท่าน และคุณวัลลีย์ ภาศิระมาศ กรรมการผู้จัดการ โรงงานโมหิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ธีรพล สุขวัฒนาลินิธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	5
ข้อจำกัดในการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
กระบวนการ โม่บดข่อยหิน ลักษณะการทำงานของเครื่อง Cone crusher และงานวิจัย ที่ เกี่ยวข้อง	8
แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเสียง วิธีการป้องกัน การประเมินระดับความดังของเสียงและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับวัสดุดูดซับเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	51
รูปแบบการวิจัย.....	51
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	51
การออกแบบและเลือกวัสดุคูดซับเสียง	51
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	56
การตรวจสอบเครื่องมือ	56
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	56
การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง	57
การวิเคราะห์ข้อมูล	58
บทที่ 4 ผลการวิจัย	59
ผลการออกแบบและเลือกวัสดุคูดซับเสียง.....	59
ผลการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher.....	60
ผลการเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ระหว่างก่อนและหลัง การใช้วัสดุคูดซับเสียงแต่ละประเภท	62
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	64
สรุปผลการวิจัย.....	64
อภิปรายผลการวิจัย.....	65
ข้อเสนอแนะ.....	66
บรรณานุกรม	67
ภาคผนวก	69
ภาคผนวก ก	70
ภาคผนวก ข	72
ประวัติย่อของผู้วิจัย	76

สารบัญตาราง

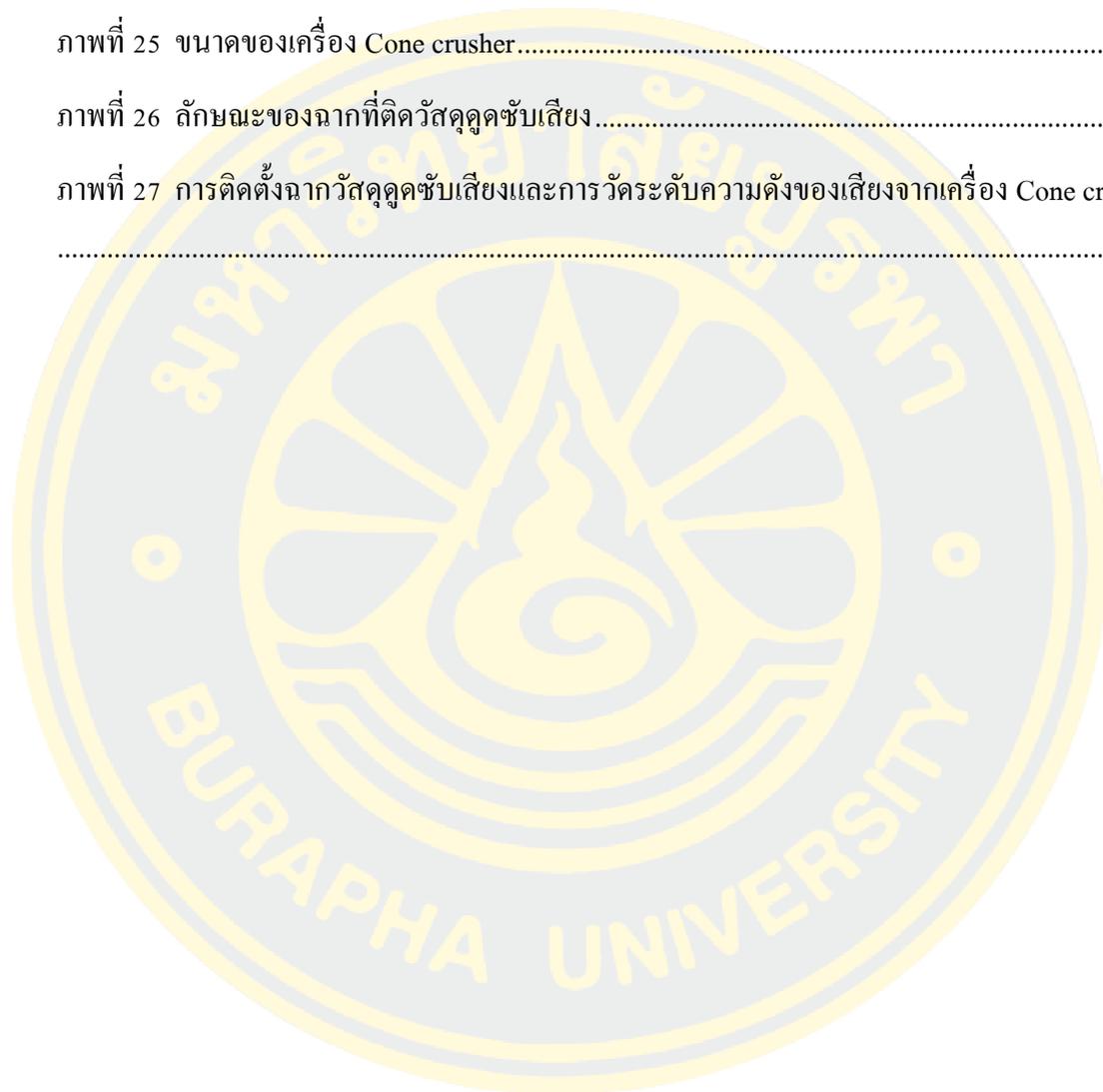
หน้า

ตารางที่ 1 มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน	39
ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียงที่มีใช้ในโรงงาน	44
ตารางที่ 3 ระดับความดังของเสียงแยกความถี่จากเครื่อง Cone crusher ในโรงงาน ไม่นหินแห่งหนึ่ง ของจังหวัดชลบุรี	52
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด	60
ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพในการลดระดับเสียงของวัสดุแต่ละประเภท	61
ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบระดับเสียงตามระยะห่างก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง	63

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตในโรงโม่หินโดยทั่วไป.....	9
ภาพที่ 3 กระบวนการป้อนหินใหญ่ก่อนเข้าเครื่องบดชั้นต้น.....	10
ภาพที่ 4 เครื่องบด Jaw crusher.....	11
ภาพที่ 5 เครื่องบด Gyratory crusher.....	11
ภาพที่ 6 เครื่องบด Cone crusher.....	12
ภาพที่ 7 เครื่องบด Vertical shift impact.....	13
ภาพที่ 8 ตะแกรงแบบ Grizzly feeder.....	14
ภาพที่ 9 ตะแกรงแบบ Vibrating screen.....	15
ภาพที่ 10 สายพานลำเลียง.....	16
ภาพที่ 11 กระบวนการโม่หินของ โรงงานโม่หินที่ทำการศึกษาวิจัย.....	17
ภาพที่ 12 กายวิภาคศาสตร์ของหู.....	21
ภาพที่ 13 ภาพตัดขวางของอวัยวะรูปก้นหอย.....	21
ภาพที่ 14 การนำเสียงเข้าทางกระดูกและทางอากาศ.....	22
ภาพที่ 15 ที่ครอบหู (Ear muffs).....	30
ภาพที่ 16 ปลั๊กอุดหู (Ear plugs).....	31
ภาพที่ 17 เครื่องมือวัดเสียง (Sound level meter).....	32
ภาพที่ 18 เครื่องมือวัดเสียงกระทบหรือกระแทก (Impulse or impact noise meter).....	33
ภาพที่ 19 เครื่องมือวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise dosimeter).....	34
ภาพที่ 20 เครื่องมือวิเคราะห์ความถี่เสียง (Frequency analyzer).....	35
ภาพที่ 21 สันฐานโครงสร้างของโฟม (ก) เซลล์เปิด (ข) เซลล์ปิด.....	48

ภาพที่ 22 ตัวอย่างสัณฐานของโฟม (ก) ชนิดยืดหยุ่น (ข) ชนิดแข็ง	48
ภาพที่ 23 การสำรวจระดับความดังของเสียงแยกความถี่เสียงจากเครื่อง Cone crusher	52
ภาพที่ 24 วัสดุดูดซับเสียงเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทน อัตราส่วน เกลบ 20%.....	54
ภาพที่ 25 ขนาดของเครื่อง Cone crusher.....	54
ภาพที่ 26 ลักษณะของฉากที่ติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง.....	55
ภาพที่ 27 การติดตั้งฉากวัสดุดูดซับเสียงและการวัดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher	57



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หินอุตสาหกรรม เป็นวัตถุดิบที่สำคัญอย่างยิ่งในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน ที่พักอาศัย โรงเรียน โรงพยาบาล การพัฒนาระบบสาธารณูปโภคและระบบขนส่งต่าง ๆ ช่วยให้ประชาชนมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สิ่งปลูกสร้างสำคัญล้วนต้องใช้หินอุตสาหกรรมในการก่อสร้าง การเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของเขตเมือง ทำให้ความต้องการใช้หินอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่น โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) ก่อให้เกิดการขยายตัวของระบบการขนส่งและโครงการสาธารณูปโภคต่าง ๆ โรงงานโม่หินทำหน้าที่บดย่อยและคัดขนาดหินอุตสาหกรรม เพื่อให้ได้หินที่นำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างตามขนาดที่ต้องการเหมาะสมกับลักษณะของงานก่อสร้างต่าง ๆ ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยมีโรงงานโม่หิน จำนวน 427 โรงงาน ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี จำนวน 35 โรงงาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2568)

โรงงานโม่หินเป็นกิจการอย่างหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน เช่น ปัญหาเรื่องเสียง จากการศึกษาพบว่า ระดับความดังเสียงและความถี่เสียงของเครื่องจักรในโรงงานโม่หินมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน 85 เดซิเบล(เอ) ในช่วงความถี่ 250-10,000 เฮิรตซ์ ของประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2553 (รัตนภรณ์ เพ็ชรประพันธ์ และคณะ, 2558) การรับสัมผัสเสียงที่มีระดับความดังตั้งแต่ 85 เดซิเบล(เอ) ขึ้นไป เป็นระยะเวลาสั้นอย่างน้อย 6 เดือน เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคประสาทหูเสื่อมจากเสียงดัง ความถี่ของเสียงที่มีความถี่สูงทำให้ประสาทหูเสื่อมได้มากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ (อริสรา ฤทธิงาม, 2561) ซึ่งผลการตรวจสมรรถภาพการได้ยินในพนักงานโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้เกณฑ์ของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมพบว่า มีความชุกของการเกิดประสาทหูเสื่อมร้อยละ 30 (รัตนภรณ์ เพ็ชรประพันธ์ และคณะ, 2558)

ลักษณะของการโม่หินในโรงงานที่ศึกษาในครั้งนี้ เริ่มจากรถบรรทุกขนหินใหญ่จากหน้าเหมืองมายังโรงงานโม่หิน เถลงในยังรับหินป้อนเข้าสู่เครื่องบดชุดแรกเป็นแบบ Jaw crusher มีจำนวน 3 เครื่อง หินที่ผ่านการบดย่อยแล้วจะไหลไปตามสายพานเข้าสู่ตะแกรงคัดขนาด สำหรับหินที่ลอดผ่านตะแกรงจะได้เป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนหินที่ค้างตะแกรงจะเก็บกองไว้แล้วใช้ระบบ

สายพานลำเลียงนำไปบดย่อยต่อที่เครื่องบดชุดที่สองซึ่งเป็นแบบ Cone crusher มีจำนวน 1 เครื่อง หินที่ผ่านการบดย่อยแล้วจะไหลไปตามสายพานไปยังตะแกรงคัดขนาด สำหรับหินที่ลอดผ่าน ตะแกรงจะได้เป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนหินที่ค้างตะแกรงจะนำไปบดย่อยที่เครื่องบดชุดที่สามเป็น แบบ Cone crusher มีจำนวน 2 เครื่อง แล้วนำมาผ่านตะแกรงซ้ำส่วนที่ลอดผ่านตะแกรงจะได้เป็น ผลิตภัณฑ์ตามขนาดที่ต้องการ ซึ่งกระบวนการบดย่อยหินทำให้เกิดฝุ่นหินและเสียงดังจากเครื่องบด โดยเครื่องบดชุดแรกแบบ Jaw crusher เป็นเครื่องที่มีขนาดใหญ่และการลดระดับความดังของเสียง จากเครื่องบดชนิดนี้โดยวิธีปิดคลุมเครื่องจักรทำได้ยากและใช้เงินลงทุนสูง จึงนิยมใช้วิธีการสร้าง หอควบคุมให้อยู่ห่างจากเครื่องจักร สำหรับเครื่องบดชุดที่สามแบบ Cone crusher เป็นเครื่องที่มี ขนาดเล็กและไม่มีพนักงานที่ทำหน้าควบคุมเครื่องจักรปฏิบัติงานบริเวณนั้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ ดำเนินการสำรวจระดับความดังของเสียงจากเครื่องบดชุดที่สองแบบ Cone crusher พบว่า ระดับ ความดังของเสียงสูงสุดพบที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ มีระดับความดังของเสียงเท่ากับ 98.6 เดซิเบล(เอ) และที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ มีระดับความดังของเสียงเท่ากับ 97.3 เดซิเบล(เอ) (ธีรพล สุขวัฒนาสินีทธิ, 2564) และจากผลการตรวจสอบสุขภาพของพนักงานประจำปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 (ธีรพล สุขวัฒนาสินีทธิ, 2564) พบว่า พนักงาน 2 คน ที่ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องบดชุดที่สอง แบบ Cone crusher มีสมรรถภาพการได้ยินผิดปกติทั้งหูซ้ายและหูขวา แสดงให้เห็นว่า สภาพแวดล้อมในการทำงานมีปัญหาเรื่องเสียง จึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขโดยการใช้วัสดุดูดซับเสียง สำหรับแนวทางการควบคุมเสียงมี 3 ส่วน ได้แก่ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง การ ควบคุมที่ทางผ่านของเสียง และการควบคุมที่ผู้รับเสียง โดยการควบคุมเสียงดังที่แหล่งกำเนิดเสียง เป็นการควบคุมที่ต้องพิจารณาดำเนินการเป็นลำดับแรก (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและ สิ่งแวดล้อม, 2547) ซึ่งกฎกระทรวง ออกตามความในพระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และ ดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559 ข้อ 9 กำหนดว่าภายในสถานประกอบกิจการที่สภาวะการทำงาน มีระดับเสียงเกินมาตรฐานที่กำหนด นายจ้างต้องให้ลูกจ้างหยุดทำงานจนกว่าจะได้ปรับปรุงหรือ แก้ไขให้ระดับเสียงเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด และให้นายจ้างดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไข ทางด้านวิศวกรรม โดยการควบคุมที่ต้นกำเนิดของเสียงหรือทางผ่านของเสียง หรือบริหารจัดการ เพื่อควบคุมระดับเสียงที่ลูกจ้างจะได้รับให้ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด (กระทรวงแรงงาน, 2559)

จากการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้เพื่อดูดซับเสียงเครื่องบ่ม โลหะในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ (อาริยา นามนต์พิมพ์ และ คณะ, 2561) พบว่า การนำโฟมโพลียูรีเทนเหลือใช้จากกระบวนการผลิตนำมาจัดทำเป็นฉากดูดซับ

เสียง ที่ขนาดความหนา 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว กับกรณีศึกษา 4 กรณี สามารถลดระดับเสียงได้อยู่ระหว่าง 1.4 - 4.6 เดซิเบล(เอ) และการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น (นาปีเสีาะ กาโบะ และคณะ, 2559) โดยนำวัสดุ 4 ชนิด ได้แก่ ฐานอ้อย, เปลือกกล้วย, กระจาดล้าง และจี้เลื่อย ผสมกับน้ำยางพารา ในอัตราส่วนระหว่างวัสดุกับน้ำยางพาราเท่ากับ 30:70 ซึ่งทำการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยเทคนิคทอคลื่นนิ่ง โดยแสดงค่าผลการทดลองในรูปของ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง จากผลการทดสอบวัสดุทั้ง 4 ชนิด พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเฉลี่ยสูงสุด คือ วัสดุจี้เลื่อยผสมกับน้ำยางพาราที่ความถี่ 250 เฮิรตซ์ เท่ากับ 0.855 และจากการศึกษาการดูดซับเสียงของแผ่นฝ้าเพดานแกลบ (รัฐวุฒิ ยอดแก้ว และคณะ, ม.ป.ป.) โดยนำแกลบมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฝ้าเพดานขนาด 50 เซนติเมตร × 50 เซนติเมตร ความหนา 1 เซนติเมตร ด้วยการนำไปผสมกับวัสดุประสาน คือ การผง(กาวแดง), กาวลาเท็กซ์และยางพารา แล้วนำไปทดสอบการดูดซับเสียงและเปรียบเทียบกับวัสดุฝ้าเพดานและฉนวนกันเสียงที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น แผ่นยิปซัมบอร์ด, แผ่นอคูสติคบอร์ด และแผ่นฉนวนใยแก้ว พบว่า แผ่นฝ้าเพดานจากแกลบในอัตราส่วนผสมวัสดุประสานโดยปริมาตร 5: 1 (แกลบ: กาวผง) มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงที่ดีกว่าแผ่นยิปซัมบอร์ดและแผ่นอคูสติคบอร์ด และมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงใกล้เคียงกับแผ่นฉนวนใยแก้ว ด้วยเหตุผลข้างต้นนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียงโฟมโพลียูรีเทน แกลบผสม โฟมโพลียูรีเทน และ โฟมทับด้วยแกลบผสม โฟมโพลียูรีเทน ในการลดระดับเสียงจากเครื่อง Cone crusher ในโรงงานโม้หิน เพื่อช่วยลดระดับเสียงที่พนักงานรับสัมผัสขณะปฏิบัติงาน ทำให้พนักงานมีสุขภาพอนามัยที่ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

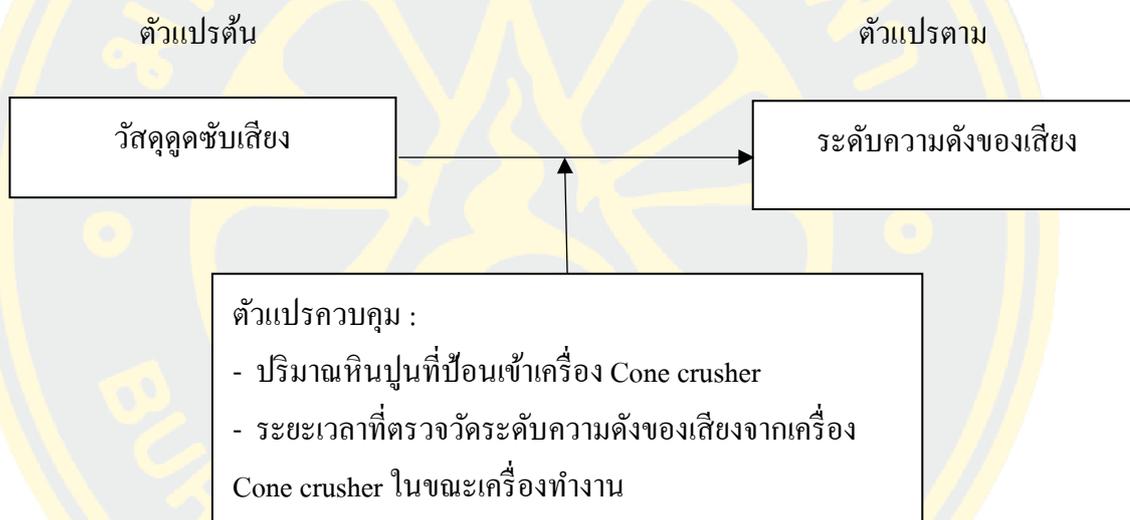
1. เพื่อออกแบบและเลือกวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ในโรงงานโม้หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี
2. เพื่อลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ในโรงงานโม้หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี
3. เพื่อเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ระหว่างก่อนและหลังการใช้วัสดุดูดซับเสียงแต่ละประเภทที่เครื่อง Cone crusher ในโรงงานโม้หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี

สมมติฐานของการวิจัย

1. วัสดุดูดซับเสียงประเภทโฟมทับด้วยแกลบผสมโพลียูรีเทน, แกลบผสมโพลียูรีเทน และประเภทโฟมโพลียูรีเทน สามารถลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ได้

2. วัสดุดูดซับเสียงประเภทโฟมทับด้วยแกลบผสมโพลียูรีเทนสามารถลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ในโรงงาน โม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี ได้ดีกว่าประเภทแกลบผสมโพลียูรีเทน และประเภทโฟมโพลียูรีเทน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ที่มา : ชีรพล สุขวัฒนาสินิทธิ (2564)

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบลักษณะของเสียงจากการทำงานของเครื่อง Cone crusher
2. สามารถเลือกวัสดุดูดซับเสียงที่เหมาะสมกับลักษณะของเสียงจากเครื่อง Cone crusher เพื่อติดตั้งสำหรับลดระดับความดังของเสียง ช่วยให้พนักงานรับสัมผัสเสียงดังน้อยลง ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคประสาทหูเสื่อมจากเสียงดัง และมีสุขภาพอนามัยที่ดีขึ้น
3. สถานประกอบการที่มีลักษณะงานเหมือนหรือใกล้เคียงกัน สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลและฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายของพนักงาน

4. เกิดประโยชน์ต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยช่วยให้ต้นทุนต่อหน่วยของหินอุตสาหกรรมที่ใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างลดลง มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ช่วยพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน พัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

การใช้วัสดุดูดซับเสียงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดเสียงลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเลือกและออกแบบวัสดุดูดซับเสียง มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการลดเสียง การวิจัยนี้เป็น การวิจัยโดยการทดลอง (Experimental design) โดยมีขอบเขตในการวิจัย ดังนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

ประกอบด้วย การออกแบบและเลือกวัสดุดูดซับเสียงสำหรับเครื่อง Cone crusher การลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ของวัสดุดูดซับเสียง และการเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ระหว่างก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียงแต่ละประเภท

2. ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรในการศึกษาค้างนี้เป็นเครื่องบดหินชนิดที่สองซึ่งเป็นแบบ Cone crusher มีจำนวนทั้งหมด 1 เครื่อง ขนาด 300 แรงม้า

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลอยู่ในเดือนกุมภาพันธ์ 2567

4. ขอบเขตด้านพื้นที่

ดำเนินการวิจัยใน โรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี

ข้อจำกัดในการวิจัย

ผู้วิจัยไม่สามารถตัดวัสดุเคลือบผสมโพลีเมอร์ให้มีขนาดบางลง เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของวัสดุ และการทดลองดำเนินการใน โรงงานโม่หินแห่งเดียวในจังหวัดชลบุรี ซึ่งมีลักษณะเฉพาะด้านพื้นที่และการกระจายเสียง ทำให้ผลลัพธ์อาจไม่สามารถอ้างอิงไปยังโรงงานอื่นที่มีลักษณะต่างออกไป เช่น โรงงานที่มีเพดานสูงหรือพื้นที่ปิดและแหล่งกำเนิดเสียงที่ศึกษาเป็นเพียงเครื่องจักรประเภทเดียว ไม่ครอบคลุมลักษณะเสียงอื่น ๆ เช่น เสียงจากระบวนการผลิตที่มีการกระทบหรือเสียงจากระบบลำเลียงวัสดุ

นิยามศัพท์เฉพาะ

โรงงานโม่หิน หมายถึง โรงงานที่ประกอบกิจการโม่ บด หรือย่อยหิน โดยใช้เครื่องจักรบดย่อยและคัดขนาดหิน เพื่อให้ได้หินตามขนาดที่ต้องการเหมาะสมกับลักษณะของงานก่อสร้าง

Cone crusher หมายถึง เครื่องบดย่อยหินที่ลดขนาดของหินให้เล็กลง โดยการบีบหรือบีบอัดหินระหว่างชั้นส่วนที่เคลื่อนที่ของเหล็กทรงกรวยและชั้นส่วนของเหล็กที่อยู่กับที่

หินปูน หมายถึง หินชนิดหนึ่งที่มีเนื้อสารเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เกิดจากการตกตะกอนทางเคมี หรือจากการตกทับถมของซากเปลือกหอยหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในทะเล

ปริมาณหินปูนที่ป้อนเข้าเครื่อง Cone crusher หมายถึง ปริมาณหินปูนเฉลี่ยต่อชั่วโมงที่ป้อนเข้าเครื่อง Cone crusher ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ 300 เมตริกตันต่อชั่วโมง ขนาดของหินที่ป้อนอยู่ในช่วง 6 -8 นิ้ว โดยป้อนหินแบบต่อเนื่องด้วยระบบสายพานลำเลียง

ระยะเวลาที่ตรวจวัดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้เครื่อง Sound level meter ตรวจวัดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ขณะเครื่องทำงาน โดยมีหินปูนป้อนเข้าเครื่องในอัตรา 300 เมตริกตันต่อชั่วโมง เป็นเวลา 5 นาที ต่อครั้ง

ระดับความดังของเสียง หมายถึง ระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ก่อนติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง เทียบกับระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher หลังติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง ที่ตรวจวัดด้วย Sound level meter ขณะเครื่อง Cone crusher ทำงาน

วัสดุดูดซับเสียง หมายถึง วัสดุที่นำมาศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงในงานวิจัยนี้มี 3 ประเภท ได้แก่ โฟมโพลียูรีเทน, แกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน และ โฟมทับด้วยแกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิผลของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี ผู้วิจัยได้รวบรวมวรรณกรรมจากหนังสือ วิทยานิพนธ์ วารสารงานวิจัย และฐานข้อมูลออนไลน์ที่เกี่ยวข้อง โดยมีหัวข้อ ดังนี้

1. กระบวนการโม่บดย่อยหิน ลักษณะการทำงานของเครื่อง Cone crusher และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 1.1 ลักษณะพื้นฐานของโรงงานโม่หิน
- 1.2 ขั้นตอนของการประกอบกิจการโรงงานโม่หิน
- 1.3 กระบวนการผลิตในโรงงานโม่หิน
- 1.4 ระดับเสียงในโรงงานโม่หิน

2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเสียง วิธีการป้องกัน การประเมินระดับความดังของเสียง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 2.1 ความหมาย
 - 2.2 กายวิภาคและสรีรวิทยาของหู
 - 2.3 กลไกการได้ยิน
 - 2.4 ประเภทของเสียง
 - 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อเสียง
 - 2.6 อันตรายและผลกระทบของเสียง
 - 2.7 วิธีการป้องกันอันตรายของเสียง
 - 2.8 เครื่องมือตรวจวัดเสียง
 - 2.9 เทคนิคในการตรวจวัดเสียง
 - 2.10 กฎหมายเกี่ยวกับเสียงของประเทศไทย
3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับวัสดุดูดซับเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.1 การเลือกวัสดุในการควบคุมเสียง
 - 3.2 การนำวัสดุดูดซับเสียงไปใช้ลดระดับเสียงในสถานประกอบกิจการ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กระบวนการโม่บดย่อยหิน ลักษณะการทำงานของเครื่อง Cone crusher และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรงงานโม่หินเป็นกิจการที่มักจะต้องทำความเข้าใจกับการทำเหมืองหิน เพื่อให้มีวัตถุดิบคือหินใหญ่จากเหมืองมาป้อนให้กับโรงงานโม่หิน จึงเป็นกิจการต่อเนื่องจากการทำเหมืองหิน โรงงานโม่หินโดยทั่วไปจะต้องใช้เครื่องจักรโม่บดหินให้มีขนาดเล็กกลง และคัดแยกออกเป็นขนาดต่าง ๆ ตามความต้องการ (พันธุ์พล หัตถโกศล, 2555)

1. ลักษณะพื้นฐานของโรงงานโม่หิน

โดยภาพรวมแล้ววัตถุดิบของโรงงานโม่หินคือหินใหญ่นำมาป้อน โดยจะขึ้นอยู่กับแหล่งหินแต่ละแหล่ง ซึ่งมีปริมาณสำรองจำกัดที่ใช้แล้วหมดไป ทำให้การลงทุนประกอบกิจการโรงงานโม่หินจะต้องมีการคืนทุนในระยะเวลาค่อนข้างสั้น

พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่คือพลังงานไฟฟ้าสำหรับโรงงานโม่หิน มีการใช้น้ำมันดีเซลเฉพาะเครื่องจักรกลที่เคลื่อนที่ในตัวเอง เช่น รถคัก รถบรรทุก เป็นต้น

การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร มีวิธีการซ่อมบำรุง คือ ซ้ำงซ่อมและซ่อมเอง ซึ่งโรงงานโม่หินส่วนใหญ่จะซ่อมบำรุงรักษาเอง และมีแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นประจำ

ผลผลิตคือหินที่ผ่านการโม่คัดขนาดแล้ว เป็นวัตถุดิบป้อนให้กับอุตสาหกรรมก่อสร้างและผลิตปูนซีเมนต์

2. ขั้นตอนของการประกอบกิจการโรงงานโม่หิน

การประกอบกิจการโรงงานโม่หินส่วนใหญ่จะมีขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นตอนเตรียมการก่อนการผลิต ประกอบด้วย

2.1.1 การเตรียมพื้นที่

2.1.2 การติดตั้งเครื่องจักรและก่อสร้างระบบกำจัดฝุ่น

2.1.3 สร้างแนวกันชนระหว่างโรงงานโม่หินกับทางหลวงหรือทางน้ำสาธารณะ

2.2 ขั้นตอนการผลิต ประกอบด้วย

2.2.1 การขนส่งลำเลียงหินใหญ่มายังโรงงานโม่หิน เทลงในยู่รับหิน รถบรรทุกที่ใช้ลำเลียงและเทหินใหญ่เข้าสู่ยู่รับหิน โดยทั่วไปมีขนาด 15-20 เมตรกตัน

2.2.2 การโม่บดย่อยหิน มีกระบวนการประกอบด้วย เครื่องบดชุดแรก และเครื่องบดชุดที่สอง บางแห่งอาจจะมีเครื่องบดชุดที่สาม ตะแกรงสั่นคัดขนาด และระบบสายพานลำเลียงสำหรับเคลื่อนย้ายหินและเทกอง

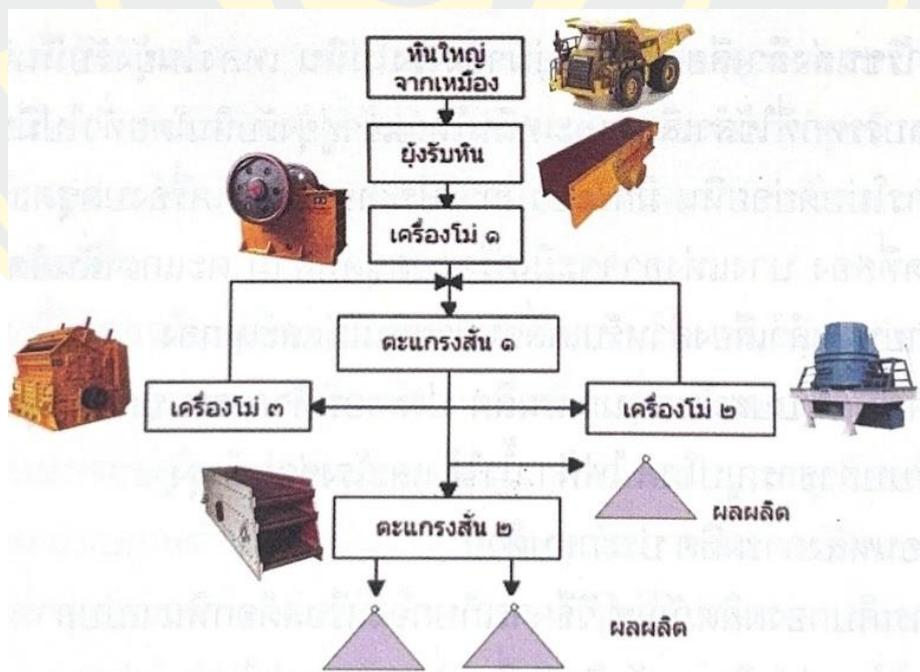
2.2.3 การจัดระบบสนับสนุนการผลิต ประกอบด้วย ระบบกำจัดฝุ่น ระบบน้ำ ระบบสาธารณูปโภค ไฟฟ้า น้ำใช้ และโรงซ่อมบำรุง

2.3 ขั้นตอนหลังจากการผลิต ประกอบด้วย

- 2.3.1 การเก็บกองผลิตภัณฑ์ วิธีการเก็บกองหรือสต็อกหิน แบบลานและแบบยั้งเก็บ
- 2.3.2 การจำหน่ายหิน รถตักหิน เครื่องชั่งน้ำหนัก การขนส่งไปจำหน่าย
- 2.3.3 รวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินผลการผลิตและประสิทธิภาพ นำไปปรับปรุง
- 2.3.4 การติดตามตรวจสอบผลกระทบท่อสิ่งแวดล้อม

3. กระบวนการผลิตในโรงงานโม่หิน

โรงงานโม่หินเป็นโรงงาน โม่บดคย่อยและคัดขนาดหินเพื่อนำไปใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งการซื้อขายในตลาดหินอุตสาหกรรมจะซื้อขายตามขนาดของผลิตภัณฑ์หรือตามขนาดของหิน ทำให้กระบวนการบดและคัดขนาดมีความสำคัญและจำเป็นอย่างมาก แร่ที่นำมาป้อนโรงงานเป็นหินใหญ่ที่ผลิตด้วยกระบวนการเจาะระเบิดและขุดตักขนส่งลำเลียงมาจากเหมืองหิน เพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการบดและคัดขนาด เพื่อให้ได้หินที่มีขนาดตามต้องการ ซึ่งในการบดหินอุตสาหกรรม โดยทั่วไปจะมีการบดอยู่สองส่วนคือ การบดขั้นต้น (Primary crushing) และการบดขั้นที่สอง (Secondary crushing) ดังนั้น กระบวนการผลิตในโรงงานโม่หินที่เป็นกิจกรรมหลัก จะใช้เครื่องจักรกลจำนวนมากมีค่าใช้จ่ายสูง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตในโรงโม่หินโดยทั่วไป

ที่มา : พันธุ์พล หัตถโกศล (2555)

3.1 การป้อนหินใหญ่

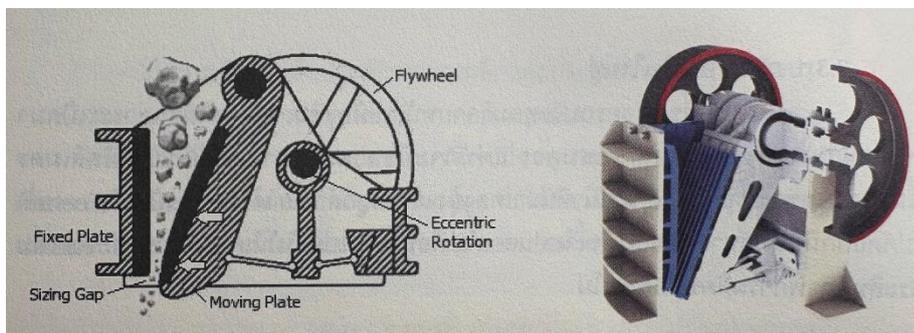
หินใหญ่ที่ขนด้วยรถบรรทุกมาจากหน้าเหมืองหิน หลังจากผ่านการระเบิดมาแล้ว จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่พอสมควร โดยมักจะมีความยาวประมาณ 250-500 มิลลิเมตร เมื่อนำหินมาเทลงยั้งแล้วจะถูกลำเลียงด้วยเครื่องป้อน (Feeder) ไปคัดแยกหินที่มีขนาดเล็กและดินเจือปนออกไปก่อนจะส่งไปป้อนให้เครื่องโม่แรก จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องโม่ ดังภาพที่ 3



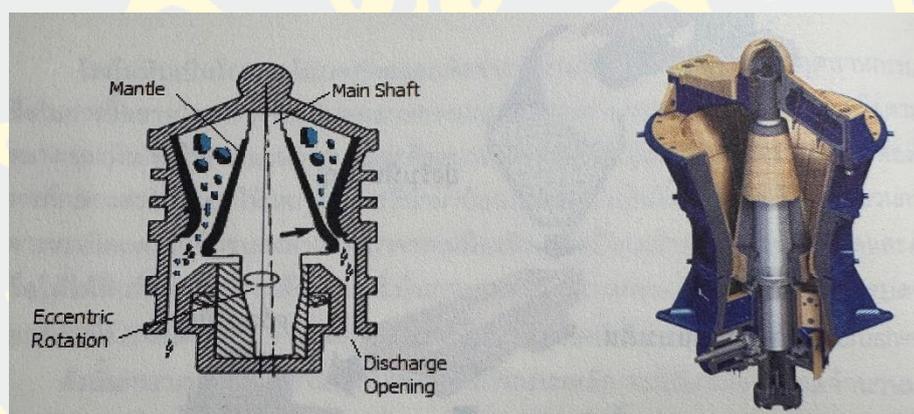
ภาพที่ 3 กระบวนการป้อนหินใหญ่ก่อนเข้าเครื่องบดขั้นต้น
ที่มา : พันธุ์ลพ หัตถโกศล (2555)

3.2 การบดขั้นต้น

การบดขั้นต้น (Primary crushing) เป็นกระบวนการแรกของการลดขนาดหินที่มาจากหน้าเหมือง โดยทั่วไปจะใช้เครื่องโม่ที่รับปริมาณหินป้อนได้มาก หินป้อนจะมีขนาดสูงสุดไม่เกิน 700-1,000 มิลลิเมตร เพื่อลดขนาดลงเหลือประมาณ 100-300 มิลลิเมตร เครื่องโม่ที่นิยมใช้ ได้แก่ เครื่องบดจอร์ (Jaw crusher) และเครื่องบดไจเรทอรี (Gyratory crusher) ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5



ภาพที่ 4 เครื่องบด Jaw crusher
ที่มา : พันธุ์พล หัตถโกศล (2555)

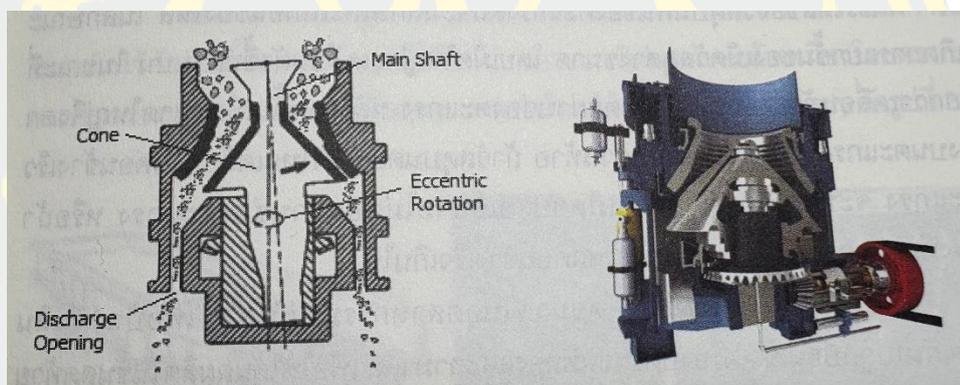


ภาพที่ 5 เครื่องบด Gyratory crusher
ที่มา : พันธุ์พล หัตถโกศล (2555)

ในการเลือกใช้เครื่องบดจอร์ (Jaw crusher) และเครื่องบดไจเรทอรี (Gyratory crusher) ต้องพิจารณาถึงขนาดความกว้างของปากโม (Gape) ซึ่งหिनป้อนไม่ควรจะใหญ่เกินร้อยละ 80 ของความกว้างปากโม และพิจารณาจากกำลังการผลิต (Capacity) ทั้งนี้ถ้าหินที่ต้องการผลิตมีมาก เครื่องบดไจเรทอรีมักจะเหมาะสมมากกว่าเครื่องบดจอร์ ซึ่งกำลังการผลิตและค่าอัตราส่วนการลดขนาด (Reduction ratio) จะขึ้นอยู่กับการตั้งขนาดของช่องทางออก (Discharge size) ที่สามารถตั้งค่าระยะปิด (Close Side Settings-CSS) และระยะเปิด (Open Side Settings-OSS) ได้

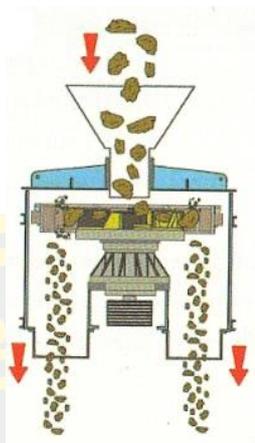
3.3 การบดขั้นที่สอง

การบดขั้นที่สอง (Secondary crushing) เป็นการบดในลำดับที่สองหลังจากผ่านกระบวนการบดขั้นต้นมาแล้ว ในการบดเพื่อลดขนาดในขั้นนี้จะให้ผลผลิตที่มีขนาดเท่ากับหินที่ต้องการจำหน่าย จึงมีความสำคัญในการเลือกใช้เครื่องจักรให้เหมาะสม ในอุตสาหกรรมหินก่อสร้างจะนิยมใช้เครื่องบด Cone crusher หรือเครื่องบด Impact ดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7 เครื่องบด Cone crusher มักจะออกแบบให้มีช่องว่างออกระหว่างแผ่นบดสองข้างค่อนข้างขนานกันเพื่อควบคุมผลผลิตหินให้มีขนาดสม่ำเสมอ เครื่องบด Impact จะลดขนาดหินโดยใช้แรงกระแทกโดยตรงจากแผ่นบดไปที่ก้อนหินเหมือนใช้ค้อนทุบ หรือใช้แรงเหวี่ยงส่งหินไปกระแทกกับแผ่นบดที่อยู่ก้นที่ หรือให้ก้อนหินกระทบกันเองเพื่อลดขนาดลง



ภาพที่ 6 เครื่องบด Cone crusher

ที่มา : พันธุ์พล หัตถโกศล (2555)



ภาพที่ 7 เครื่องบด Vertical shift impact

ที่มา : พันธุ์พล หัตถโกศล (2555)

ถ้าหินที่ป้อนในชั้นนี้ยังมีขนาดใหญ่อยู่อาจจะใช้เครื่องบดจอร์หรือเครื่องบดไซเรทอริเป็นเครื่องบดในชั้นที่สอง และใช้เครื่องบดแบบโคนเป็นเครื่องบดชั้นที่สาม เพื่อลดขนาดหินลงเหลือประมาณ 10-50 มิลลิเมตร แต่การบดหลายชั้นตอนจะทำให้มีปริมาณหินฝุ่นเพิ่มขึ้น

3.4 การคัดขนาด

การคัดขนาดด้วยตะแกรงเกิดขึ้นโดยการป้อนวัสดุหลายขนาดไปบนพื้นตะแกรงที่มีช่องรูตะแกรงกว้างเท่า ๆ กัน วัสดุจะแยกออกเป็นขนาดเล็กที่ลอดผ่านช่องตะแกรง และขนาดใหญ่ที่ไม่ผ่านตะแกรง อาจจะมีชั้นตะแกรง (Decks) ตั้งแต่ 1 ถึง 4 ชั้น เพื่อคัดขนาดหลายครั้ง ตะแกรงสั่นได้ด้วยการหมุนของเพลาลูกเบี้ยวเพื่อทำให้เกิดการยกตัวขึ้นลงของชั้นตะแกรง พื้นตะแกรงจะมีความลาดเอียงเพื่อให้วัสดุไหลผ่านอย่างต่อเนื่อง

การไหลของวัสดุบนพื้นของตะแกรงสั่นจะมีลักษณะเหมือนของไหล ในลักษณะที่ทำให้เกิดการแยกชั้นของเม็ดวัสดุต่างขนาด โดยเม็ดใหญ่จะเคลื่อนตัวขึ้นด้านบน ในขณะที่เม็ดที่เล็กกว่าเคลื่อนตัวลงด้านล่างเพื่อตกผ่านช่องตะแกรง หลังจากนั้นเม็ดขนาดใหญ่จึงตกลงมาข้างบนตะแกรง ก่อนจะไหลออกด้านท้าย ถ้าวัสดุบนตะแกรงไหลเคลื่อนตัวค่อนข้างเร็วบนพื้นตะแกรง จะทำให้มีโอกาสสูงที่เม็ดขนาดเล็กจะไม่ลอดผ่านช่องตะแกรง หรือถ้าพื้นตะแกรงมีความลาดเอียงมากจนวัสดุไหลค่อนข้างเร็วเกินไป

จุดประสงค์หลักของการคัดขนาดในอุตสาหกรรมโม่หินคือ เพื่อป้องกันหินที่มีขนาดใหญ่เกินไปถูกป้อนเข้าเครื่องบดในชั้นที่สองและสาม และเพื่อให้ได้ผลผลิตในขั้นสุดท้ายมีขนาดตามความต้องการซื้อขาย

นอกจากตะแกรงคัดขนาดจะมีความสำคัญในการใช้เป็นตัวจำแนกขนาดหินแล้ว ยังต้องมีความแข็งแรงทนทานและรับแรงกดจากน้ำหนักของหินได้ดี โดยส่วนมากแผ่นรูตะแกรงที่ใช้มี 3 แบบ คือ แบบแผ่นเจาะ แบบเส้นถัก และแบบแท่ง

โดยทั่วไปในการจำแนกประเภทของตะแกรงสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ ตะแกรงแบบอยู่กับที่ (Stationary screen) และตะแกรงแบบเคลื่อนไหว (Moving screen) ดังนี้

1. ตะแกรงแบบอยู่กับที่ (Stationary screen) เป็นตะแกรงที่จะไม่มีการเคลื่อนที่ มักใช้กับหินที่มีขนาดใหญ่หรือหินที่ผ่านการระเบิดมาจากหน้าเหมืองโดยตรงก่อนเข้าสู่กระบวนการบดชั้นต้น สำหรับหินอุตสาหกรรมนิยมใช้ตะแกรงแบบ Grizzly feeder ดังภาพที่ 8

2. ตะแกรงแบบเคลื่อนไหว (Moving screen) ตะแกรงประเภทนี้จะมีการเคลื่อนไหวหรือสั่น และส่วนมากรูปทรงของตะแกรงจะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแบบทรงกระบอก สำหรับหินอุตสาหกรรมนิยมใช้ตะแกรงแบบ Vibrating screen ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 8 ตะแกรงแบบ Grizzly feeder

ที่มา : <https://craftsmencrusher.com/best-grizzly-feeder-manufacturer/>(สืบค้นเมื่อ 7 มีนาคม 2568)



ภาพที่ 9 ตะแกรงแบบ Vibrating screen

ที่มา : <https://www.exportersindia.com/product-detail/rectangular-vibrating-screen-3535076.htm/>
(สืบค้นเมื่อ 7 มีนาคม 2568)

3.5 การขนส่งลำเลียงหิน

การขนส่งหินภายในโรงงานโม่หินมักจะใช้สายพานลำเลียง ดังภาพที่ 10 สายพานลำเลียงเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่องเพื่อขนส่งวัสดุแบบเม็ดหรือก้อน การออกแบบและเลือกใช้สายพานลำเลียงจะพิจารณาจาก

3.5.1 ลักษณะของวัสดุที่ลำเลียง ได้แก่ ขนาด รูปทรง ความคม ความชื้น และมุมลาดของกองวัสดุ (Angle of repose)

3.5.2 ระยะทางลำเลียงในแนวราบและแนวตั้ง

3.5.3 ปริมาณและน้ำหนักวัสดุที่ต้องการจะขนส่งลำเลียงต่อชั่วโมง

จากนั้นจะนำมากำหนดขนาดความกว้างของสายพาน ความเร็ว กำลังขับ และแรงดึงในสายพาน

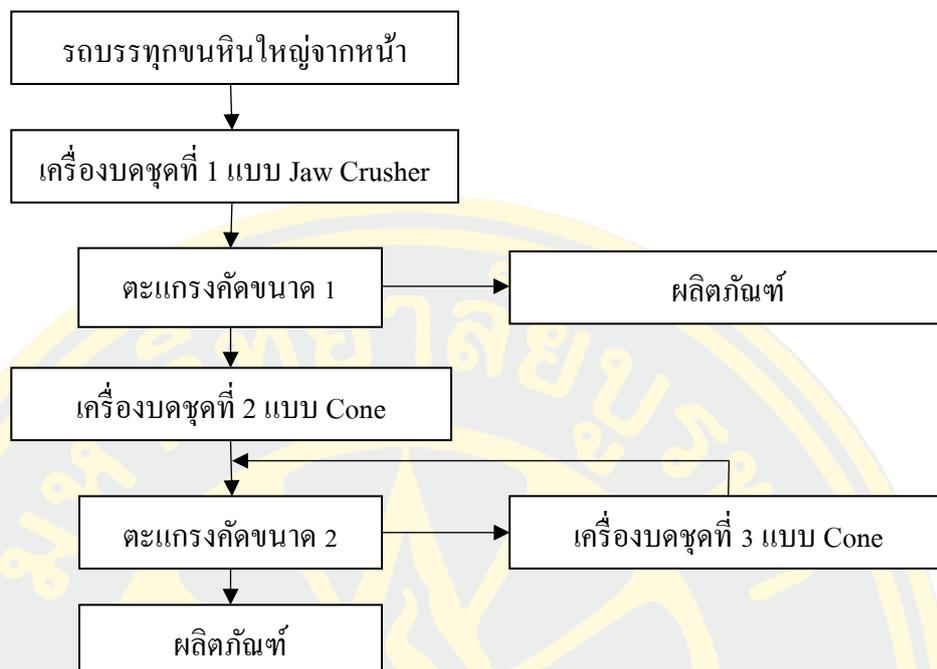


ภาพที่ 10 สายพานลำเลียง

ที่มา : <https://www.rungrojthai.com/>(สืบค้นเมื่อ 7 มีนาคม 2568)

การขนส่งหินหรือแร่ด้วยสายพานลำเลียงจะมีความลาดเอียงประมาณ 0-25 องศา และจะต้องคำนึงถึงมุมที่ลาดชันที่กองหินหรือแร่สามารถจะเกาะตัวอยู่ได้บนสายพาน ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของหินหรือแร่ ตัวสายพานทำด้วยยางหรือผ้าใบที่เคลื่อนที่ไปบนลูกกลิ้งรองรับ (Idler) และขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า สายพานลำเลียงที่ใช้ อาจจะมีแบบอื่น ๆ เช่น แบบสกรู (Screw conveyors) แบบโซ่ (Chain conveyors) แบบสั่น (Vibratory conveyors) เป็นต้น สำหรับการลำเลียงแร่ขึ้นในแนวตั้งนิยมใช้สายพานแบบบั๊กเก็ต (Bucket elevator)

สำหรับโรงงานโม่หินที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีกระบวนการโม่หิน โดยเริ่มจากรถบรรทุกขนหินใหญ่จากหน้าเหมืองมายังโรงงานโม่หิน เทหินลงในตู้รับหินป้อนเข้าสู่เครื่องบดชุดแรกเป็นแบบ Jaw crusher มีจำนวน 3 เครื่อง หินที่ผ่านการบดย่อยจะไหลไปตามสายพานลำเลียงเข้าสู่ตะแกรงคัดขนาด สำหรับหินที่ลอดผ่านตะแกรงจะได้เป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนหินที่ค้างตะแกรงจะเก็บกองไว้ แล้วใช้ระบบสายพานลำเลียงนำไปบดย่อยต่อที่เครื่องบดชุดที่สองซึ่งเป็นแบบ Cone crusher มีจำนวน 1 เครื่อง หินที่ผ่านการบดย่อยแล้วจะไหลไปตามสายพานลำเลียงไปยังตะแกรงคัดขนาดตัวที่สอง สำหรับหินที่ลอดผ่านตะแกรงจะได้เป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนหินที่ค้างตะแกรงจะนำไปบดย่อยที่เครื่องบดชุดที่สามเป็นแบบ Cone crusher มีจำนวน 2 เครื่อง แล้วนำมาคัดขนาดที่ตะแกรงตัวที่สองซ้ำ หินที่ลอดผ่านตะแกรงจะได้เป็นผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 กระบวนการโม่หินของโรงงานโม่หินที่ทำการศึกษาวิจัย
ที่มา: ชีรพล สุขวัฒนาสินธิ์ (2564)

4. ระดับเสียงในโรงงานโม่หิน

จากการศึกษาบทความวิจัยเรื่อง การประเมินระดับเสียงและสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช (รัตนกรรณ์ เพ็ชรประพันธ์ และคณะ, 2558) ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 - มีนาคม 2556 ในพนักงานของ โรงงานโม่หินจำนวน 50 คน ซึ่งประกอบด้วยแผนกเหมืองหิน จำนวน 16 คน แผนกบดและย่อยหินจำนวน 14 คน แผนกซ่อมบำรุง จำนวน 1 คน แผนกกิ่ง จำนวน 2 คน แผนกสำนักงาน จำนวน 13 คน และแผนกความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม จำนวน 4 คน โดยโรงงานโม่หินแบ่งออกเป็น 2 สายการผลิต คือ โรงโม่หินขนาดเล็ก และ โรงโม่หินขนาดใหญ่ พบว่า

4.1 ผลการประเมินระดับความดังของเสียงจุดปฏิบัติงาน จำนวน 5 จุด ได้แก่ บริเวณเครื่องป้อนหิน, เครื่องบด Jaw crusher, ตะแกรงคัดขนาด, เครื่องตีหิน และถาดสั่น พบว่า ในโรงงานโม่หินขนาดเล็ก มีระดับเสียงในช่วง 95.0-105.4 เดซิเบล(เอ) ส่วนในโรงงานโม่หินขนาดใหญ่มีระดับเสียงในช่วง 87.3-107.7 เดซิเบล(เอ)

4.2 ระดับความดังของเสียงกระแทกได้ทำการตรวจวัดบริเวณจุดปฏิบัติงานของพนักงานโรงงานโม่หินขนาดเล็กและ โรงงานโม่หินขนาดใหญ่ จำนวน 5 จุด พบว่า บริเวณเครื่อง

ป้อนหินโรงงานโม่หินขนาดเล็ก 110.9-130.1 เดซิเบล(พีค) และโรงงานโม่หินขนาดใหญ่ 101.7-128.0 เดซิเบล(พีค) บริเวณตะแกรงคัดขนาดโรงงานโม่หินขนาดเล็ก 112.3-125.1 เดซิเบล(พีค) และโรงงานโม่หินขนาดใหญ่ 103.6-129.6 เดซิเบล(พีค) มีระดับเสียงกระแสสูงสุดตามลำดับ

4.3 ระดับความดังเสียงสะสมของพนักงานโรงงานโม่หินตามลักษณะงาน 50 คน พบว่า พนักงานโรงงานโม่หินสัมผัสเสียงเกินค่ามาตรฐาน 85 เดซิเบล(เอ) ร้อยละ 22 ได้แก่ ลักษณะงานบดและย่อยหินของแผนกบดและย่อยหินมีระดับความดังเสียง 94.3 เดซิเบล(เอ) และลักษณะงานไฟฟ้าของแผนกสำนักงานมีระดับความดังเสียง 85.1 เดซิเบล(เอ)

จากการศึกษาของรัตนภรณ์ เพ็ชรประพันธ์ และคณะ (2558) พบว่า ความชุกของภาวะประสาทหูเสื่อมของพนักงานโรงงานโม่หิน จำนวน 50 คน สมัครใจเข้ารับการตรวจสมรรถภาพการได้ยิน เป็นเพศชาย ร้อยละ 72 และส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 25 ปี ผลการตรวจสมรรถภาพการได้ยินพบว่า มีความชุกของการเกิดประสาทหูเสื่อม ร้อยละ 30 โดยพบในแผนกเหมืองหิน แผนกสำนักงาน แผนกบดและย่อยหิน แผนกความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม และแผนกซ่อมบำรุง และจากการตรวจสมรรถภาพการได้ยินแบ่งตามพื้นที่การทำงานพบว่า พนักงานที่มีการสัมผัสเสียงมากกว่าหรือเท่ากับ 85 เดซิเบล(เอ) มีความชุกของการเกิดภาวะประสาทหูเสื่อมจากเสียงร้อยละ 22 โดยเพศและอายุที่แตกต่างกันมีผลการตรวจสมรรถภาพการได้ยินไม่แตกต่างกัน

สำหรับโรงงานโม่หินที่ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจระดับความดังของเสียงจากเครื่องบดชุดที่สองแบบ Cone crusher ขณะเครื่องทำงาน เมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน 2564 พบว่า ระดับความดังของเสียงสูงสุดพบที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ มีระดับความดังของเสียงเท่ากับ 98.6 เดซิเบล(เอ) และที่ความถี่ 1000 เฮิรตซ์ มีระดับความดังของเสียงเท่ากับ 97.3 เดซิเบล(เอ) (ธีรพล สุขวัฒนาสินิทธิ์, 2564)

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเสียง วิธีการป้องกัน การประเมินระดับความดังของเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมาย

เสียงจัดว่าเป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก เพราะมนุษย์ต้องใช้เสียงในการสื่อสารจึงควรเข้าใจความหมายเกี่ยวกับเสียง (ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์, 2563) ดังนี้

เสียง (Sound) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันที่ถูกส่งผ่านตัวกลาง เช่น น้ำ อากาศ ไปยังหูของคนเราได้ และยังสามารถเดินทางผ่านสสารในสถานะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นก๊าซ ของเหลว และของแข็ง และเสียงจะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยจะถูกส่งต่อไปสู่สมอง ซึ่งเกิด

จากการแปลความหมายที่สมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยิน ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ ทำให้
 คนเราเข้าใจความหมายของเสียงที่ได้ยิน และเกิดการติดต่อสื่อความหมายได้

คลื่นเสียง (Sound waves) หมายถึง คลื่นเสียงที่มีรูปแบบเฉพาะที่มีความยืดหยุ่น และจะ
 เกิดขึ้นเฉพาะในตัวกลางที่มีมวล มีความเหนียวและความยืดหยุ่น ซึ่งคลื่นเสียงสามารถเคลื่อนที่ไปใน
 อากาศได้

ความยาวคลื่น (Wavelength) หมายถึง ระยะทางระหว่างยอดคลื่นสองยอดที่ติดกันซึ่ง
 เกิดขึ้นระหว่างการอัดตัวของคลื่นเสียง และยิ่งความยาวช่วงคลื่นมีมาก ความถี่ของเสียงยิ่งต่ำลง
 และความยาวคลื่น จะเป็นระยะที่วัดระหว่างจุด 2 จุดในสองช่วงของคลื่น หรือความยาวคลื่นอาจจะ
 หมายถึง ระยะที่คลื่นเสียงเดินทางครบหนึ่งรอบ โดยความยาวคลื่นจะมีหน่วยเป็นฟุตต่อเมตร

ความถี่ของเสียง (Frequency of sound) หมายถึง จำนวนครั้งต่อวินาทีที่เสียงเคลื่อนที่จาก
 จุดกำเนิดของเสียงแล้วกลับมาที่จุดสมดุลแล้วเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตรงกันข้ามกันเคลื่อนที่ไป
 ครบ 1 รอบ หรือจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ ตามการอัดและขยายของ
 โมเลกุลอากาศในหนึ่งวินาที หรือความดันที่เปลี่ยนแปลงต่อวินาที เรียกว่า ความถี่ของเสียง โดยมี
 หน่วยวัด คือ รอบต่อวินาที หรือเฮิรตซ์ (Hertz ; Hz) สำหรับมนุษย์สามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่
 ระหว่าง 20-20,000 เฮิรตซ์ โดยที่เสียงที่มนุษย์ได้ยิน จะมีการผสมผสานกันในหลายความถี่และ
 เกิดจากหลายแหล่งกำเนิด

ความเร็วของเสียง (Velocity) มีค่าเท่ากับความถี่ของเสียง (Hz) คูณด้วย ความยาวคลื่น
 เสียง (m) โดยที่ความเร็วของเสียงที่กระจายไป ขึ้นอยู่กับมวลและความยืดหยุ่นของตัวกลาง
 เสียงอาจจะผ่านตัวกลางหลายชนิดก่อนที่จะผ่านอากาศเข้าสู่หูของผู้รับได้

เดซิเบลเอ: dBA หรือ เดซิเบล(เอ) : dB(A) เป็นหน่วยที่ใช้สำหรับวัดเสียงที่ใกล้เคียงกับ
 การตอบสนองต่อเสียงของหูมนุษย์ และ dB จะเป็นหน่วยที่ไม่มีทิศทาง แต่ใช้สเกล log ของ
 อัตราส่วนปริมาณที่วัดได้ต่อปริมาณของเสียงอ้างอิง

2. กายวิภาคและสรีรวิทยาของหู

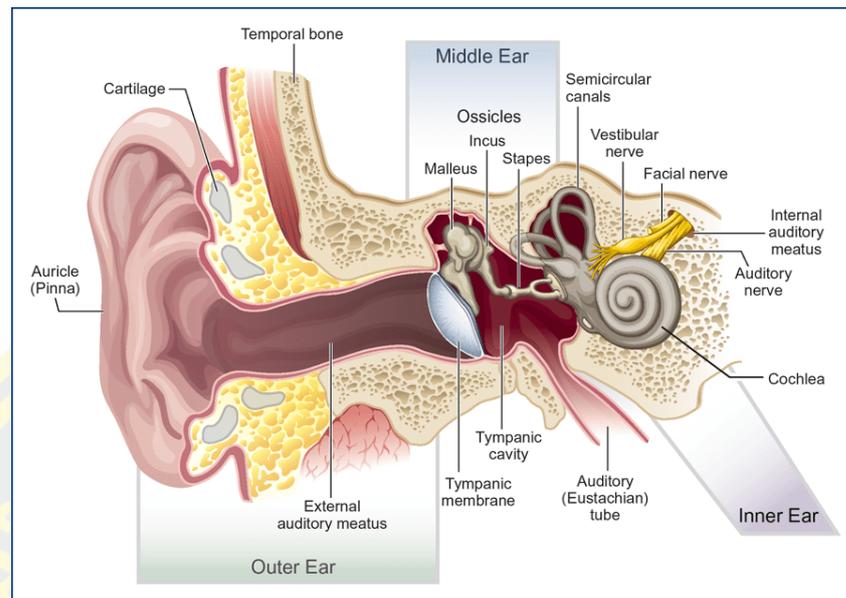
ส่วนประกอบของหูที่ทำหน้าที่ในการได้ยินเสียงมี 3 ส่วน คือ หูชั้นนอก หูชั้นกลาง และ
 หูชั้นใน ซึ่งแต่ละส่วนจะมีหน้าที่เฉพาะและสัมพันธ์กัน (อนามัย ชีรวีโรจน์ เทศกะทิก, 2556) ดังนี้

2.1 หูชั้นนอก (External ear) หูชั้นนอกเป็นหูที่อยู่ด้านนอก ประกอบด้วยใบหู
 ช่องหูชั้นนอก และเยื่อแก้วหู เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับใบหูซึ่งเป็นส่วนรับเสียง คลื่นเสียงจะผ่าน
 เข้าสู่ช่องหู และกระทบกับเยื่อแก้วหูทำหน้าที่รับแรงสั่นสะเทือนแล้วจึงรวบรวมเพื่อควบคุมทิศทาง
 เสียงให้เดินทางให้ถูกต้องไปยังหูชั้นกลาง

2.2 หูชั้นกลาง (Middle ear) หูชั้นกลางอยู่ถัดจากเยื่อแก้วหูจะเป็นอวัยวะส่วนที่กั้นระหว่างหูชั้นนอก และหูชั้นในประกอบด้วยกระดูกชิ้นเล็ก ๆ 3 ชิ้น คือ กระดูกค้อน (Malleus) กระดูกทั่ง (Incus) และกระดูกโกลน (Stapes) ซึ่งเชื่อมกันด้วยข้อต่อ ส่วนปลายของกระดูกโกลนจะวางอยู่บนหน้าต่างรูปไข่ (Oval window) เมื่อมีคลื่นเสียงมากระทบกับเยื่อแก้วหูทำให้เยื่อแก้วหูสั่น การสั่นของเยื่อแก้วหูจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของกระดูกทั้ง 3 ชิ้นต่อเนื่องกัน และจะส่งคลื่นเสียงต่อไปยังของเหลวที่อยู่ในหูชั้นใน นอกจากนี้ยังมีท่อยูสเตเชียน (Eustachian tube) ทำหน้าที่ปรับความกดของอากาศ

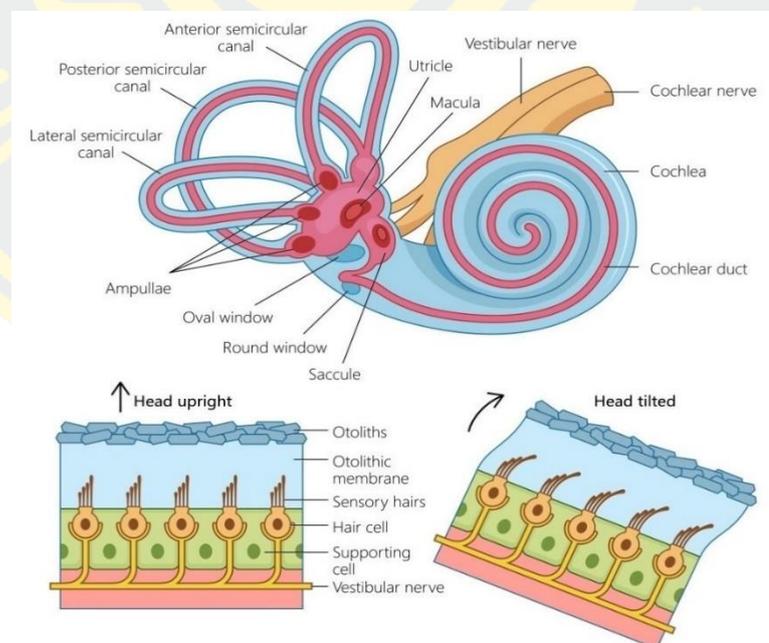
2.3 หูชั้นใน (Inner ear) หูชั้นใน ประกอบด้วยช่องและชั้นที่ค่อนข้างซับซ้อนรับการกระตุ้นจากส่วนกลางและจะต่อกับอวัยวะรูปก้นหอย (Cochlea) ภายในอวัยวะรูปก้นหอยจะมีตัวรับที่ทำหน้าที่รับเสียงซึ่งเรียกว่า ออร์แกนออฟคอร์ติ (Organ of corti) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาทรับการกระตุ้นวางอยู่บนฐานของเนื้อเยื่อ ขณะที่ส่วนยอดของเซลล์รูปก้นหอยมีการเคลื่อนไหวของเหลวที่เรียกว่าเอน โคลิมพ์ เซลล์จะเคลื่อนไหวไปมาซึ่งการเคลื่อนไหวจะทำให้เกิดพลังงานประสาทขึ้น

ภายในอวัยวะรูปก้นหอยจะมีเซลล์ขน (Hair cell) ประมาณ 17,000 เซลล์ เซลล์ขนเตรียมพร้อมที่จะรับเสียงที่ระดับความถี่ต่างกัน จากลักษณะความกว้างของฐานและความแคบในส่วนยอดของอวัยวะรูปก้นหอย ทำให้เราสามารถแยกการรับเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ กัน โดยที่ส่วนฐานจะรับเสียงที่ความถี่สูง และส่วนยอดจะรับเสียงที่ความถี่ต่ำ ดังภาพที่ 12 และ ภาพที่ 13



ภาพที่ 12 กายวิภาคศาสตร์ของหู

ที่มา : <https://entokey.com/anatomy-and-physiology-of-the-auditory-system-2/> (สืบค้นเมื่อ 7 มีนาคม 2568)



ภาพที่ 13 ภาพตัดขวางของอวัยวะรูปก้นหอย

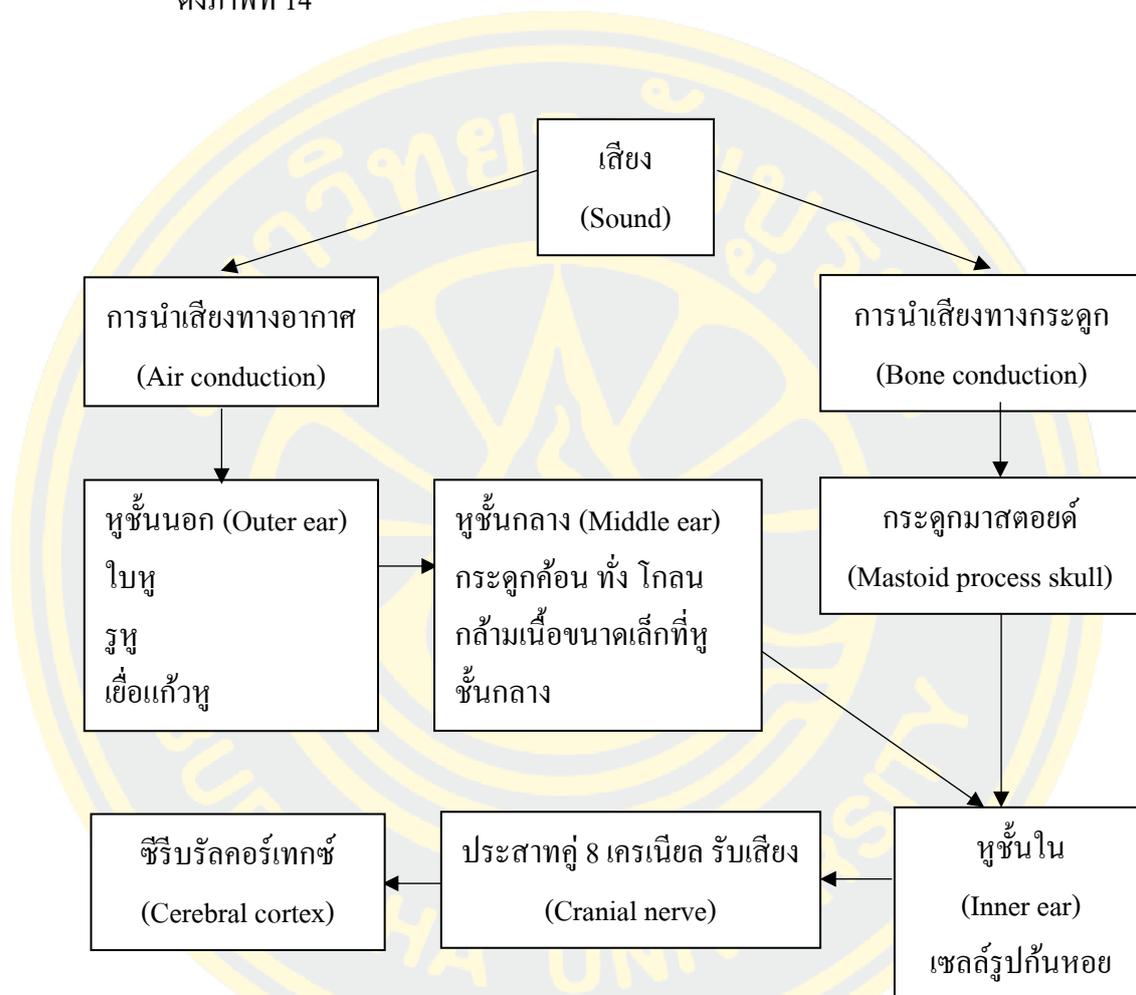
ที่มา : <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/diagram-of-the-human-vestibular-system-vector-51356212/> (สืบค้นเมื่อ 7 มีนาคม 2568)

3. กลไกการได้ยิน การได้ยินเสียงของมนุษย์ แบ่งได้ 2 ทาง ดังนี้

3.1 นำเสียงผ่านทางอากาศ (Air conduction; AC)

3.2 นำเสียงผ่านทางกระดูก (Bone conduction; BC)

ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 การนำเสียงเข้าทางกระดูกและทางอากาศ

ที่มา : อนามัย ชีรวีโรจน์ เทศกะทีก (2556)

4. ประเภทของเสียง

ในการแบ่งประเภทของเสียงในอุตสาหกรรมสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์, 2563) ดังนี้

4.1 เสียงดังแบบต่อเนื่อง (Continuous noise) หมายถึง เป็นลักษณะของเสียงดังที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ เสียงดังต่อเนื่องแบบคงที่ (Steady-state noise) และเสียงดังต่อเนื่องที่ไม่คงที่ (Non steady-state noise)

2.4.1 เสียงดังต่อเนื่องแบบคงที่ (Steady-state noise) หมายถึง เป็นลักษณะเสียงดังต่อเนื่องที่มีระดับเสียงเปลี่ยนแปลง ไม่เกิน 3 เดซิเบล เช่น เสียงจากเครื่องทอผ้า เครื่องปั่นด้าย เสียงพัดลม เสียงเครื่องยนต์ เป็นต้น

2.4.2 เสียงดังต่อเนื่องที่ไม่คงที่ (Non steady-state noise) หมายถึง เป็นลักษณะเสียงดังต่อเนื่องที่มีระดับเสียงเปลี่ยนแปลง เกินกว่า 10 เดซิเบล เช่น เสียงจากเลื่อยวงเดือน กบใส่ไม้ไฟฟ้า เสียงไซเรน เครื่องเจีย เป็นต้น

4.2 เสียงดังเป็นช่วง ๆ (Intermittent noise) หมายถึง เป็นเสียงที่ดังไม่ต่อเนื่องดังเป็นระยะ ๆ ที่มีความเงียบหรือเบากว่าเป็นระยะ ๆ สลับไปมา และเป็นการได้รับเสียงหลาย ๆ ครั้งในการทำงาน เช่น การทำงานอยู่ในที่เงียบ ๆ แล้วมีการสลับไปอยู่ในที่มีเสียงดังในบางช่วงของการทำงานเสียงดังเป็นครั้งคราวที่มีเป็นช่วง ๆ และควรมีช่วงเวลาที่เกิดครั้งละ มากกว่า 1 วินาที เช่น เสียงเครื่องปั๊ม เสียงเครื่องอัดลม เสียงจรวด เสียงเครื่องบินที่บินผ่านไปมา เป็นต้น

4.3 เสียงดังกระทบหรือกระแทก (Impact or impulse noise) หมายถึง เป็นเสียงที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดอย่างรวดเร็ว ในเวลาน้อยกว่า 1 วินาที มีการเปลี่ยนแปลงของเสียง มากกว่า 40 เดซิเบล และเป็นเสียงที่มีลักษณะแหลมและดัง และมีระยะเวลาที่เกิดเสียง Impact noise คำนวณน้อยกว่า 0.5 วินาทีต่อครั้ง และไม่ควรถูกซ้ำกันมากกว่า 1 ครั้งต่อวินาที เช่น เสียงจากการระเบิด เสียงการตอกเสาเข็มในการก่อสร้าง การปั๊มชิ้นงาน เสียงจากเครื่องย้ำหมุด การทุบเคาะอย่างแรง เป็นต้น

5. ปัจจัยที่มีผลต่อเสียง

ปัจจัยที่มีผลทำให้วัตถุเกิดเสียงดัง หรือเสียงค่อย และการได้ยินเสียงของคนเราจะชัดเจนหรือไม่ จะขึ้นอยู่กับสาเหตุต่าง ๆ (ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์, 2563) ดังต่อไปนี้

5.1 ความแรงในการสั่นสะเทือนของวัตถุแหล่งกำเนิดเสียง พบว่า ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงสั่นด้วยความรุนแรง จะทำให้เกิดเสียงดัง แต่ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงสั่นเบา ๆ ก็จะทำให้เกิดเสียงสั่นค่อยลง

5.2 ระยะทางจากต้นกำเนิดเสียงมาถึงหู โดยที่พลังงานเสียงจะเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดมาทุกทิศทาง พลังงานเสียงก็จะเคลื่อนที่และค่อย ๆ ลดลง จนพลังงานเสียงหมดไป ดังนั้น คนที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียง จะได้ยินเสียงที่ดังและชัดเจนกว่าคนที่อยู่ไกลออกไป

5.3 สุขภาพของหูของคนเรา หากอวัยวะรับเสียงเสื่อม เราก็จะได้ยินเสียงไม่ชัดเจน

5.4 การรบกวนจากเสียงอื่น ๆ เช่น มีลมพัด มีวัตถุมากั้นทางเดินของเสียง จัดว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการได้ยิน

5.5 ชนิดของตัวกลาง ความดังของเสียง ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านไป ถ้าคลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปในน้ำ จะมีความดังของเสียงมากกว่าคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ไปในอากาศ

5.6 ขนาดและรูปร่างของวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงสั่นสะเทือน ตัวอย่างเช่น กระจดิ่งจักรยานทำให้เกิดเสียงดัง และได้ยินในระยะทางหลายร้อยฟุต แต่กลับพบว่า กระจดิ่งมีเสียงดังได้ไกลไปหลาย ๆ กิโลเมตร

5.7 ความเข้มของเสียง พบว่า ถ้ามีความเข้มสูง หรือดังมากจะทำลายประสาทหูได้มาก และถ้าหากทำงานในที่ที่มีเสียงดังที่เกิน 80 เดซิเบล(เอ) ขึ้นไป เป็นระยะเวลานาน ๆ จะมีโอกาสสูญเสียการได้ยินได้

5.8 ความถี่ของเสียง พบว่า ถ้าเสียงที่มีความถี่สูงหรือเสียงแหลม จะทำลายประสาทหูมากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำหรือเสียงทุ้ม

5.9 ประเภทของเสียง พบว่า ถ้าเป็นเสียงกระแทกจะมีอันตรายต่อการได้ยินมากกว่าเสียงประเภทอื่น

5.10 ระยะเวลาที่สัมผัสเสียง พบว่า ถ้าสัมผัสกับเสียงเป็นระยะเวลานาน ประสาทหูจะยิ่งเสื่อมมากและมีโอกาสหูตึงได้มากกว่าคนที่สัมผัสเสียงน้อย

5.11 ลักษณะของเสียงที่มากกระทบหู พบว่า ถ้าเสียงกระแทกที่ไม่เป็นจังหวะ จะมีการทำลายประสาทหูได้มากกว่าเสียงที่ดังต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ

5.12 ลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล ซึ่งจะมีผลต่อการรับฟังเสียง ได้แก่ อายุ โรคที่เกี่ยวกับหู โรคประจำตัวบางประเภท การสูญเสียการได้ยิน

5.13 อายุ พบว่า ถ้ายังมีอายุมากขึ้น จะทำให้การได้ยินเสื่อมได้

5.14 ตำแหน่งที่ยืนทำงาน เช่น หูข้างไหนอยู่ใกล้แหล่งเสียง หูข้างนั้นก็เสื่อมการได้ยินมากกว่าอีกข้างหนึ่ง

5.15 ระยะทางจากหูถึงแหล่งเสียง ยิ่งอยู่ไกลเสียงที่เข้าหูความดังของเสียงจะลดลง

5.16 ผลรวมของการสูญเสียการได้ยินกับโรคหูที่ส่งผลเช่นกัน

5.17 ความไวต่อการเชื่อมของหู ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละคน เช่น โรคประจำตัว อายุ ระยะเวลาที่สัมผัสต่อวัน เช่น ผู้ป่วยเบาหวาน ความดันโลหิตสูงจะเกิดประสาทหูเสื่อมได้ง่ายกว่า หรือการใช้อุปกรณ์ป้องกันเสียง สามารถป้องกันประสาทการได้ยินเสื่อมได้ ถ้าหากอุปกรณ์นั้น มีคุณภาพและผู้ใช้สวมใส่อย่างถูกต้อง

6. อันตรายและผลกระทบของเสียง

เสียงดังสามารถเกิดขึ้นได้ในสถานประกอบการหลายประเภท เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเย็บผ้า โรงงานปั๊มโลหะ ฯลฯ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานอาจจะต้องสัมผัสกับเสียงดังตลอดระยะเวลาการทำงานจึงมีโอกาสได้รับอันตรายจากเสียงได้ และยังอาจทำให้เกิดการสูญเสียการได้ยิน และผลเสียอื่น ๆ ต่อร่างกายของผู้ปฏิบัติงานได้ ดังนั้น อันตรายและผลกระทบของเสียงดังต่อคน มีได้หลายอย่าง (ศิริรัตน์ ล้อมพงศ์, 2563) ดังนี้

6.1 การเกิดการบาดเจ็บของหูเฉียบพลัน

เมื่อมีการรับสัมผัสกับเสียงดัง จะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บของหูอย่างเฉียบพลันขึ้นได้ ส่วนใหญ่ มีสาเหตุมาจากการรับสัมผัสกับเสียงที่ดังมาก ๆ เกินกว่า 150 เดซิเบล (เอ) ซึ่งจะพบได้ในโรงงานโมหินจากการระเบิดหิน เสียงพลุ เสียงจรวด เป็นต้น โดยที่เสียงดังดังกล่าว สามารถเข้าไปทำลายเซลล์ขนภายในหูชั้นในจนทำให้สูญเสียการได้ยินอย่างรวดเร็ว และอาจทำให้เยื่อแก้วหูฉีกขาดได้ สำหรับอาการที่มักเกิดร่วมด้วยของการบาดเจ็บที่หูอย่างเฉียบพลัน ได้แก่ การเกิดมีเสียงอื้ออึงในหู (Tinnitus)

6.2 มีการรบกวนการทำงาน

เมื่อมีการรับสัมผัสเสียงตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องกัน จะมีโอกาสที่ทำให้เกิดการรบกวนการทำงานในชีวิตประจำวันได้ เช่น ทำให้ผู้ปฏิบัติงานขาดสมาธิในการทำงาน หรือประสิทธิภาพในการทำงานลดลงหรือมีอาการเปลี่ยนแปลงง่ายขึ้น เช่น จุกเฉียว ก้าวร้าว การตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมในการทำงานช้าลงจนอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ ที่พบบ่อย คือ เกิดการรบกวนการสื่อสาร ทำให้การสื่อสารผิดพลาดได้ เช่น เมื่อเกิดอัคคีภัย หรือเหตุร้ายแรงภายในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้ปฏิบัติงานอาจจะไม่ได้ยินเสียงสัญญาณอันตรายเตือนภัยได้ ซึ่งทำให้เกิดอุบัติเหตุ หรืออาจจะเกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินได้

โดยพบว่า ลักษณะของเสียงที่มีผลต่อการลดประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน ได้แก่

1. เสียงดัง ๆ หยุต ๆ เป็นช่วง ๆ
2. เสียงที่มีความถี่สูงกว่า 2,000 เฮิรตซ์
3. เสียงที่ดังมากซ้ำ ๆ กัน (High-level repeated noise)
4. เสียงที่มีลักษณะต่าง ๆ ข้างต้นผสมผสานกัน

พักงานอย่างน้อย 2 วันขึ้นไป ก็จะทำให้อาการดีขึ้นและพบว่า ความถี่ของการสนทนาที่มีความถี่ต่ำ คือ ที่ 500-2,000 เฮิรตซ์ จะสูญเสียช้ากว่าที่ความถี่สูง

2. การสูญเสียการได้ยินแบบถาวร (Permanent Threshold Shift: PTS)

การสูญเสียการได้ยินแบบถาวร เกิดขึ้นเนื่องมาจากการรับสัมผัสกับเสียงดังต่อเนื่องยาวนานจึงทำให้อาการไม่สามารถหายเป็นปกติได้ หรือไม่สามารถทำการรักษาให้การได้ยินกลับคืนสภาพเดิมได้ ทั้งนี้ อาจจะเป็นเพราะเซลล์ขนในหูชั้นในมีการถูกทำลาย ทำให้การรับการฟังเสียงไม่ได้ เกิดหูตึง หูพิการได้ และมักจะพบว่า มีการสูญเสียการได้ยินในช่วงความถี่ 3,000-6,000 เฮิรตซ์ แต่ส่วนใหญ่พบที่ความถี่ 4,000 เฮิรตซ์ และมักจะมีอาการอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น มีเสียงอื้ออึงในหู (Tinnitus) ต่อมาจะเกิดการสูญเสียความถี่ของเสียงสนทนา จะไม่สามารถได้ยินเสียงพูดของตัวเอง รวมทั้งไม่สามารถจำแนกเสียงพูดได้ และผู้ปฏิบัติงานมักพูดเสียงดัง หรือ ตะโกนคุยกัน และมีอาการวิงเวียนศีรษะ

จากการศึกษาบทความวิจัยเรื่อง ผลร่วมระหว่างเสียงและการสูบบุหรี่ที่ส่งผลต่อการสูญเสียการได้ยินของพนักงานในอุตสาหกรรมหลอมโลหะแห่งหนึ่ง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี (ภูวสิทธิ์ สิงห์ภูมิ และคณะ, 2556) พบว่า การสูบบุหรี่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียการได้ยินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผู้ที่สูบบุหรี่นั้นจะมีโอกาสสูญเสียการได้ยินมากกว่าผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ถึง 11.91 เท่า และผลร่วมของการรับสัมผัสเสียงและการสูบบุหรี่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียการได้ยินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรับสัมผัสปัจจัยร่วมนั้นคือ รับสัมผัสเสียงตั้งแต่ 85 (B(A) ขึ้นไป และสูบบุหรี่จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียการได้ยินเพิ่มขึ้น 7.76 เท่าของพนักงานที่รับสัมผัสเสียงต่ำกว่า 85 dB(A) และไม่สูบบุหรี่

การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียการได้ยินในพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยางธรรมชาติ จังหวัดระยอง (อริสรา ฤทธิงาม และคณะ, 2559) พบว่า พนักงานโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยางธรรมชาติ มีความชุกของการสูญเสียการได้ยิน ร้อยละ 60 และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียการได้ยิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันเสียงดัง และอายุการทำงาน สอดคล้องกับการศึกษาความชุกของการสูญเสียการได้ยินและการสัมผัสเสียงของพนักงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ทำความเย็น (กนกวรรณ อาจแก้ว และคณะ, 2563) พบว่า ความชุกของการสูญเสียการได้ยินคิดเป็นร้อยละ 51.6 โดยในแผนกไฟฟ้า-ซ่อมบำรุง แผนก Tank และแผนก Pump มีพนักงานสูญเสียการได้ยินสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ ร้อยละ 88.8, 83.3 และ 72.7 ตามลำดับ

7. วิธีการป้องกันอันตรายของเสียง

ถ้าในสถานประกอบกิจการมีระดับเสียงดัง และต้องการจะลดระดับเสียงลง ไม่ให้เกินค่ามาตรฐานที่กระทรวงแรงงานกำหนดไว้ จะต้องหาวิธีการป้องกันและการควบคุมเสียงเบื้องต้น ซึ่งสามารถแก้ไขในพื้นที่ได้ 3 ด้าน (ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์, 2563) ได้แก่

7.1 การควบคุมที่แหล่งกำเนิด ซึ่งจัดได้ว่าเป็นวิธีการควบคุมเสียงที่ดีที่สุด และเป็น การควบคุมที่แนะนำพิจารณาให้ใช้เป็นอันดับแรกในการควบคุมเสียง ได้แก่

7.1.1 การออกแบบอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรให้มีการทำงานที่เงียบ

7.1.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ ต้องเลือกประเภทที่มีเสียงดังน้อยกว่า เช่น การใช้เครื่องปั๊มโลหะที่เป็นระบบไฮดรอลิกแทนเครื่องที่ใช้ระบบกล

7.1.3 การเปลี่ยนกระบวนการผลิตที่ไม่ทำให้เกิดเสียงดัง

7.1.4 การจัดหาที่ปิดล้อมเครื่องจักร โดยนำวัสดุดูดซับเสียงมาลงลงในโครงสร้างที่จะใช้ครอบหรือปิดล้อมเครื่องจักรหรือบุผนังด้วยวัสดุดูดซับเสียง เป็นต้น

7.1.5 การติดตั้งเครื่องจักรให้วางอยู่ในตำแหน่งที่มั่นคง เนื่องจากเสียงเกิดจากการ สั่นสะเทือนของเครื่องจักร และการใช้อุปกรณ์กันสะเทือน จะช่วยลดเสียงได้ หรือใส่ลูกยางป้องกันการ สะเทือนที่พื้น ใส่ครอบลดเสียง

7.1.6 การบำรุงรักษาอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรอยู่เสมอและดูแลรักษาตามคู่มือ ของเครื่อง ไม่ให้มีเสียงดัง เช่น การทำความสะอาดเป็นประจำ การหยอดน้ำมันหล่อลื่น ป้องกัน การเสียดสีของเครื่องจักร

7.2 การควบคุมที่ทางผ่าน จัดว่าเป็นมาตรการที่สองต่อจากการควบคุมที่แหล่งกำเนิด เพราะการควบคุมเสียงที่ทางผ่านนี้ จะมุ่งที่จะลดระดับเสียงดังที่จะมาถึงหูของผู้ปฏิบัติงานสามารถ ทำได้ ดังนี้

7.2.1 เพิ่มระยะห่างระหว่างเครื่องจักรและผู้รับเสียง ทำให้มีผลต่อระดับเสียง โดยทุก ๆ ระยะทางที่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า จะพบว่า ระดับเสียงจะลดลง 6 เดซิเบล (๑)

7.2.2 การติดตั้งฉากกำบังขวางทางเดินของเสียง การทำเป็นกำแพงกั้นทางเดินของ เสียงการใช้แผ่นกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและตัวบุคคล หรือการทำห้อง เพื่อลดระดับเสียงที่ผ่าน มาทางอากาศ โดยมีการออกแบบวัสดุเก็บเสียงหรือดูดซับเสียงที่สัมพันธ์กับความถี่ของเสียง เพราะวิธีการนี้เหมาะที่จะใช้กับเสียงที่มีความถี่สูง โดยทั่วไปจะสามารถลดระดับเสียงได้ประมาณ 15 เดซิเบล (๑)

7.2.3 การติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงที่ผนังและเพดาน ที่ทำงานบางแห่งมีผนังและ เพดานที่ทำด้วยวัสดุที่แข็ง ซึ่งจะทำให้เกิดการสะท้อนของเสียงมาก และถ้าใช้วัสดุดูดซับเสียงบุตาม

ผนังและเพดานอีกทางหนึ่ง จะสามารถลดเสียงดังของเสียงได้ประมาณ 10 เดซิเบล (เอ) แต่วิธีการนี้ ไม่ได้ลดความดังของเสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงโดยตรง

7.2.4 การปลูกต้นไม้ยืนต้นที่มีใบดกบริเวณริมรั้ว ช่วยในการลดเสียงได้ แต่ในกระบวนการผลิตในสถานประกอบกิจการ อาจจะเป็นเรื่องที่ยากต่อการปฏิบัติได้

7.3 การควบคุมที่ตัวบุคคล ในการควบคุมที่ตัวบุคคล จัดว่า เป็นมาตรการสุดท้าย สำหรับการป้องกันอันตรายของเสียงเบื้องต้น เพราะการควบคุมเช่นนี้ไม่ได้แก้ไขปัญหาที่เสียงดัง ให้มีระดับเสียงลดลง แต่เป็นแค่วิธีการที่จะทำให้เสียงดังระดับหนึ่ง ๆ เข้าผ่านหูของผู้ปฏิบัติงาน ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งสามารถทำได้ ดังนี้

7.3.1 การลดระยะเวลาในการรับเสียงของผู้ที่อยู่ในบริเวณที่มีเสียงดังเกินมาตรฐาน โดยกำหนดให้ลดระยะเวลาการสัมผัสเสียงให้น้อยลง

7.3.2 มีการหมุนเวียนผู้ปฏิบัติงานมาทำงานในที่ซึ่งมีเสียงดัง ในระยะเวลาที่เป็นตามมาตรฐานของเสียงที่กฎหมายกำหนดไว้ ขณะเดียวกันในวันนั้น ๆ ก็จะมีการหมุนเวียนนำผู้ปฏิบัติงานที่มีเสียงดังน้อยกว่ามาทำงานที่จุดนั้นแทน ซึ่งวิธีการนี้จะเรียกว่า การหมุนเวียนการปฏิบัติงาน

7.3.3 ควรให้ความรู้เกี่ยวกับอันตรายของเสียงและวิธีการป้องกันแก่ผู้ปฏิบัติงาน

7.3.4 มีการควบคุมทางการแพทย์ โดยเฉพาะการตรวจการได้ยินของผู้ปฏิบัติงานเป็นระยะ ๆ อย่างสม่ำเสมอ โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยิน

สำหรับการตรวจการได้ยินในสถานประกอบกิจการ จัดว่าเป็นการตรวจวัดความสามารถในการได้ยินของหูทั้งสองข้างของผู้ปฏิบัติงานด้วยเครื่องวัดการได้ยิน เพื่อหาระดับการเริ่มการได้ยินทางอากาศด้วยเสียงบริสุทธิ์ ณ ความถี่ที่ 500, 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, 6,000 และ 8,000 เฮิร์ตซ์ และเสียงที่ใช้ในการสนทนากันตามปกติ คือ ความถี่ที่ 500-2,000 เฮิร์ตซ์ และผลการตรวจการได้ยินของผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสเสียงดังในระยะเริ่มแรก que แสดงในแผนภูมิการตรวจสมรรถภาพการได้ยินหรือออร์ดิโอแกรม จะแสดงการเสื่อมการได้ยินเริ่มต้นที่ความถี่สูง ตั้งแต่ 3,000-6,000 เฮิร์ตซ์ ทั้งนี้ ความถี่ที่ไวต่อการสูญเสียมากที่สุด ได้แก่ ที่ความถี่ 4,000 เฮิร์ตซ์ ดังนั้น ออร์ดิโอแกรมจะแสดงเป็นกราฟรูปตัววี (V-shape) ที่ช่วงความถี่สูง ส่วนหูเสื่อมเนื่องจากอายุ จะเริ่มเสื่อมที่ความถี่ 8,000 เฮิร์ตซ์ และถ้าหากหูตึงเนื่องจากเสียงดังในความเสื่อมมากแผนภูมิความเสื่อมจะคล้ายคลึงกัน

7.3.5 การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เพื่อลดเสียงดัง จะมี 2 แบบ คือ ที่ครอบหูและปลั๊กอุดหู (หรือปลั๊กลดเสียง) ได้แก่

- ที่ครอบหู (Ear muffs) ซึ่งสามารถลดเสียงได้ ตั้งแต่ 30-40 เดซิเบล และสามารถลดเสียงที่ความถี่สูงกว่า 4,000 เฮิรตซ์ ได้ดี ซึ่งมี 2 ชนิด ได้แก่ แบบที่เป็นโลหะ และที่เป็นพลาสติก

สำหรับที่ครอบหูประกอบด้วยที่เป็นรูปถ้วย 2 อัน หรืออุปกรณ์ที่มีรูปร่างคล้ายโดมที่ยึดติดกัน โดยได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ปิดครอบหูส่วนนอกหรือใบหูทั้งหมด และเพื่อการลดเสียง แต่ประสิทธิภาพในการลดเสียงขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ ขนาด รูปทรง โครงสร้างอุปกรณ์และชนิดของสายคาดนอกจากนี้ ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของที่ครอบหู ตัวอย่างเช่น นวมที่บุภายในของที่ครอบหู ถ้าทำด้วยวัสดุที่เป็นของเหลวจะกันเสียงได้ดีกว่านวมพลาสติกหรือโฟม แต่จะพบปัญหาคือ เกิดการรั่วไหลของของเหลวนั้น ๆ ดังภาพที่ 15 และ ภาพที่ 16



ภาพที่ 15 ที่ครอบหู (Ear muffs)

ที่มา : <https://www.mschemitech.com/ppe/> (สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2564)

- ปลั๊กอุดหู (หรือปลั๊กลดเสียง) (Ear plugs) จะสามารถลดเสียงได้ประมาณ 15-25 เดซิเบล และสามารถลดเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 4,000 เฮิรตซ์ ได้ดี ส่วนใหญ่จะทำมาจากวัสดุหลายชนิด เช่น โฟม ไยหิน ไยแก้ว ฯลฯ



ภาพที่ 16 ปลั๊กอุดหู (Ear plugs)

ที่มา : <https://www.grainger.com/product/3M-Ear-Plugs-Flanged-3NHR4/> (สืบค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2568)

8. เครื่องมือตรวจวัดเสียง

ในการตรวจวัดและประเมินเสียง จะมีเครื่องมือวัดเสียงหลายประเภท ซึ่งในแต่ละประเภท มีความแตกต่างกัน และวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกันด้วย โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือตรวจวัดเสียง (ศรีรัตน์ ส้อมพงศ์, 2563) ดังนี้

8.1 เครื่องมือวัดเสียง (Sound level meter)

เครื่องมือวัดเสียง เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการวัดระดับเสียง และใช้หาปริมาณเสียงที่ได้รับในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา และเครื่องมือวัดเสียงนี้ จะประกอบไปด้วย ไมโครโฟน, Preamplifier, Weighting networks, Amplifier และ Meter โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้ ไมโครโฟน จะเป็นส่วนที่ตอบสนองต่อความดันที่เปลี่ยนแปลงไปและทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้า ส่วนเครื่องขยายเสียง (Attenuators) เป็นส่วนที่ขยายเสียง ปรับได้ในช่วง 10 dB และควรจะมีช่วงความถี่ ตั้งแต่ 20-20,000 เฮิรตซ์ ช่วงความถี่ที่น่าสนใจในการวัดเสียงมากที่สุด คือ 500-6,000 เฮิรตซ์ รวมถึง สามารถวัดระดับเสียงได้ตั้งแต่ 40-140 เดซิเบล และสามารถวัดระดับได้ 3 ข่าย (Weighting networks) คือ A, B และ C และที่สำคัญ คือ มีการใช้ A-Weighting networks สำหรับวัดเสียง เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน OSHA และเนื่องจากเป็นข่ายตอบสนองต่อเสียงคล้ายคลึงกับหูของคนเรามากที่สุด โดยมีหน่วยวัดของเสียงที่วัดด้วยข่าย A คือ เดซิเบล (เอ) และ Metering system จะมี 2 ระบบ คือ Fast mode และ Slow mode ที่ปรากฏอยู่บน Sound level meter และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงการตอบสนองของสัญญาณจะเร็ว จะใช้ Fast mode ในขณะที่ Slow mode

เพิ่มจะมีการตอบสนองช้า ดังนั้น OSHA จึงมีการกำหนดให้ใช้ Slow mode สำหรับการวัดเสียง เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน OSHA ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 เครื่องมือวัดเสียง (Sound level meter)

ที่มา : ชีรพล สุขวัฒนาสินธุ์ (2567)

เครื่องมือวัดเสียงที่ใช้ในการประเมินระดับเสียงในสถานประกอบการตามกฎหมายอย่างน้อยต้องสอดคล้องมาตรฐาน IEC 651 Type 2 (International electrotechnical commission 651 Type 2) หรือเทียบเท่า เช่น ANSI S 1.4, BS EN 60651, AS/NZs 1259.1 เป็นต้น หรือที่ดีกว่า เช่น IEC 60804, IEC 61672, BS EN 60804, AS/NZs 1259.2 เป็นต้น

8.2 เครื่องมือวัดเสียงกระทบหรือกระแทก (Impulse or impact noise meter)

เสียงกระทบหรือกระแทก จะเป็นเสียงที่เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ แล้วหายไป เช่น เสียงที่เกิดจากเครื่องปั๊มชิ้นงาน โลหะเสียงจากการทุบ หรือเคาะ โลหะ เสียงตอกเสาเข็ม เป็นต้น โดยที่เครื่องมือวัดเสียงกระทบหรือกระแทก ต้องมีคุณลักษณะสอดคล้องกับมาตรฐาน IEC 61672 หรือ IEC 60804 หรือเทียบเท่า เช่น ANSI S 1.43 หรือดีกว่า สิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการ คือ ต้องมีการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) ของเครื่องมือวัดเสียงกระทบด้วย โดยการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้อง (Noise calibrator) ที่ได้มาตรฐาน IEC 60942 : 2003 Electroacoustics sound calibrators หรือเทียบเท่า ได้แก่ ANSI 1.40-2006 Procedures for sound calibrators หรือ BS EN 60942:2003 Electroacoustics sound calibrators ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 เครื่องมือวัดเสียงกระทบหรือกระแทก (Impulse or impact noise meter)
ที่มา : <https://soundmeterthai.wordpress.com> (สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2564)

8.3 เครื่องมือวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise dosimeter)

เครื่องมือวัดปริมาณเสียงสะสม จัดว่าเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการรับการสัมผัสเสียงที่มีระดับความดังเปลี่ยนแปลงที่ไม่คงที่ตลอดระยะเวลาการทำงาน และสามารถบันทึกระดับเสียงทั้งหมดที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ และคำนวณค่าเฉลี่ยของระดับความดังตลอดเวลาที่ทำงาน อีกทั้งยังสามารถใช้หารูปแบบการได้รับเสียง และเสียงที่คนงานได้รับตลอดช่วงเวลาทำงานได้ และยังเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัดระดับเสียงเทียบกับมาตรฐาน OSHA และเครื่องมือวัดปริมาณเสียงสะสม ต้องมีคุณลักษณะสอดคล้องกับมาตรฐาน IEC 61252 หรือต้องได้มาตรฐาน Specifications for personal sound exposure meter หรือเทียบเท่าได้แก่ ANSI S1.25-1991 Specification for personal noise dosimeters หรือ BS EN 61252 : 1997 for Personal sound exposure meters ดังภาพที่ 19 และพบว่า เครื่องมือวัดปริมาณเสียงสะสม จะถูกใช้ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสเสียงดังต่อเนื่องแบบไม่คงที่ (Non-steady or fluctuating noise) เช่น เสียงจากเครื่องบดพลาสติก เสียงจากเครื่องเจียร เป็นต้น และ/หรือเสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และ/หรือกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานต้องทำงานที่ต้องเคลื่อนที่ไปยังจุดทำงานที่มีระดับเสียงดังต่างกันตลอดระยะเวลาการทำงาน เช่น พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ พนักงานเข็นรถอุปกรณ์จากแผนกหนึ่งไปอีกแผนกหนึ่ง เป็นต้น

วิธีการตรวจวัดระดับเสียงด้วยเครื่องมือวัดปริมาณเสียงสะสม ให้ตรวจวัดบริเวณที่มีผู้ปฏิบัติงานมีการปฏิบัติงานอยู่ในสภาพการทำงานปกติ สำหรับการตั้งค่าเครื่องมือวัดเสียงจะเริ่มตั้งค่าที่สเกลเอ โดยมีหน่วยเป็นเดซิเบล (เอ) และให้ตั้งค่าการตอบสนอง (Response) แบบช้า (Slow) และ ต้องตั้งค่าให้เครื่องคำนวณปริมาณเสียงสะสมที่ระดับ (Threshold level) 80 เดซิเบล (เอ)

Criteria level ที่ระดับ 85 เดซิเบล (เอ) และ Energy exchange rate ที่ 3 โดยที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดปริมาณเสียงสะสมไว้ที่ผู้ปฏิบัติงานตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงาน



ภาพที่ 19 เครื่องมือวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise dosimeter)

ที่มา : <https://www.coleparmer.com/davis-instruments?redircontid=welcomedaviscustomers>
(สืบค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2568)

8.4 เครื่องมือวิเคราะห์ความถี่เสียง (Frequency analyzer)

เสียงที่เกิดขึ้นในสถานประกอบการ เกิดมาจากแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ กัน ซึ่งระดับเสียงดังที่เกิดขึ้นในแต่ละความถี่ก็แตกต่างกันด้วย จึงสามารถวัดความดังเสียงในแต่ละความถี่ได้ ดังนั้น จึงสามารถนำผลการตรวจวัดไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการควบคุมเสียง (Noise control) ได้ เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์ดูดซับเสียง หรือการปิดกั้นทางผ่านของเสียง และการเลือกปลั๊กอุดหู หรือที่ครอบหูที่เหมาะสมได้ เป็นต้น และยังพบว่า เสียงความถี่สูงจะรบกวนและทำให้เกิดการสูญเสียการได้ยินมากกว่าเสียงความถี่ต่ำ และเครื่องมือวิเคราะห์ความถี่เสียง จะต้องมีความถี่สอดคล้องกับมาตรฐาน IEC 61260 หรือเทียบเท่า เช่น ANSI S 1.11 หรือดีกว่า

ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 เครื่องมือวิเคราะห์ความถี่เสียง (Frequency analyzer)

ที่มา : <https://www.qsafe.com.sg/sound-level-meter-2/> (สืบค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2568)

9. เทคนิคในการตรวจวัดเสียง

ในการตรวจวัดเสียง เพื่อประเมินอันตรายจากเสียงที่มีต่อระบบการได้ยินนั้น จะต้องทำการตรวจวัดเพื่อให้เป็นตัวแทนของระดับเสียงที่พนักงานหรือกลุ่มคนนั้นได้รับอย่างใกล้เคียงระดับเสียงที่ได้รับให้มากที่สุด ผู้ทำการตรวจวัดจะต้องปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานของเครื่องวัดเสียงนั้น ๆ นอกจากนี้ผู้ที่ทำการประเมินควรปฏิบัติตามวิธีการดังต่อไปนี้ (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2547)

9.1 หากทำการตรวจวัดเสียงในตำแหน่งที่พนักงานยืนหรือนั่งปฏิบัติงานอยู่ จะต้องให้พนักงานออกไปจากพื้นที่ที่ปฏิบัติงาน

9.2 ตำแหน่งของเครื่องวัดเสียงควรอยู่ในระดับการได้ยิน (Hearing zone) โดยให้ระดับไมโครโฟนต้องสูงจากพื้นประมาณ 1.2 - 1.5 เมตร และห่างจากหูประมาณ 20 เซนติเมตร

9.3 ร่างกายของผู้ที่ทำการตรวจวัด หรือบุคคลอื่นต้องไม่อยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและไมโครโฟน หรืออย่างน้อยที่สุดควรห่างไมโครโฟนอย่างน้อย 2 ฟุต และผู้ทำการตรวจวัดเสียงควรถือเครื่องวัดเสียงในลักษณะเฉียงออกจากลำตัวประมาณ 50 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการสะท้อนของเสียง

9.4 กรณีแหล่งกำเนิดเสียงเป็นเครื่องจักรขนาดเล็กให้วัดห่างจากเครื่องจักรประมาณ 30 เซนติเมตร (ส่วนใหญ่เป็นการวัดแบบวิเคราะห์ความถี่ของเสียง)

9.5 กรณีแหล่งกำเนิดเสียงเป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ ให้วัดระยะห่างจากเครื่องจักรประมาณ 1 เมตร เพื่อป้องกันเสียงสะท้อน

9.6 ควรหลีกเลี่ยงการวัดเสียงใกล้กำแพงหรือฝาผนังเพื่อป้องกันการสะท้อนของเสียง

9.7 หากทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม ควรปฏิบัติดังนี้

- 1) อธิบายวัตถุประสงค์ในการใช้เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม และแจ้งให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่าพนักงานสามารถทำงานได้ตามปกติ เครื่องมือนี้จะไม่รบกวนการทำงานแจ้งระยะเวลาการวัดและกำชับพนักงานไม่ให้ถอดหรือเคลื่อนย้ายเครื่องมือโดยไม่จำเป็น
- 2) ควรติดเครื่องวัดเสียงกับเข็มขัดหรือกระเป๋าเสื้อ หนีบไมโครโฟนให้ใกล้กับหูพนักงานมากที่สุด โดยอยู่ในตำแหน่งที่ตั้งตรงไม่ให้เสื้อผ้าปิดหรือบังไมโครโฟน เก็บสายไมโครโฟนให้มีฉิดชิดเรียบร้อยและคอยตรวจเช็กเป็นระยะ ๆ ว่าไมโครโฟนอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

10. กฎหมายเกี่ยวกับเสียงในสถานประกอบการของประเทศไทย

10.1 กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559

หมวด 3 เสียง

ข้อ 7 นายจ้างต้องควบคุมระดับเสียงมิให้ลูกจ้างได้รับสัมผัสเสียงในบริเวณสถานประกอบการที่มีระดับเสียงสูงสุด (Peak sound pressure level) ของเสียงกระทบ หรือเสียงกระแทก (Impact or impulse noise) เกิน 140 เดซิเบล หรือได้รับสัมผัสเสียงที่มีระดับเสียงดังต่อเนื่องแบบคงที่ (Continuous steady noise) เกินกว่า 115 เดซิเบลเอ

ข้อ 8 นายจ้างต้องควบคุมระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงานในแต่ละวัน (Time weighted average-TWA) มิให้เกินมาตรฐาน ตามที่อธิบดีประกาศกำหนด

ข้อ 9 ภายในสถานประกอบการที่สภาวะการทำงานมีระดับเสียงเกินมาตรฐานที่กำหนดในข้อ 7 หรือมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเกินมาตรฐานที่กำหนดในข้อ 8 นายจ้างต้องให้ลูกจ้างหยุดทำงานจนกว่าจะได้ปรับปรุงหรือแก้ไขให้ระดับเสียงเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด และให้นายจ้างดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไขทางด้านวิศวกรรม โดยการควบคุมที่ต้นกำเนิดของเสียง หรือทางผ่านของเสียง หรือบริหารจัดการ เพื่อควบคุมระดับเสียงที่ลูกจ้าง จะได้รับให้ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด และจัดให้มีการปิดประกาศและเอกสาร หรือหลักฐานในการดำเนินการปรับปรุง หรือแก้ไขดังกล่าวไว้ เพื่อให้พนักงานตรวจความปลอดภัยสามารถตรวจสอบได้

ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการตามวรรคหนึ่งได้ นายจ้างต้องจัดให้ลูกจ้างสวมใส่ อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลตามที่กำหนดไว้ในหมวด 4 ตลอดเวลาที่ทำงาน เพื่อลดระดับเสียงที่สัมผัสในหูเมื่อสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลแล้ว โดยให้อยู่ในระดับที่ไม่เกินมาตรฐานตามที่กำหนดไว้ในข้อ 7 และข้อ 8 การคำนวณระดับเสียงที่สัมผัสในหูเมื่อสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ตามวรรคสองให้เป็นไปตามที่อธิบดีประกาศกำหนด

ข้อ 10 ในบริเวณที่มีระดับเสียงเกินมาตรฐานที่กำหนดในข้อ 7 หรือข้อ 8 นายจ้างต้องจัดให้มีเครื่องหมายเตือนให้ใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ติดไว้ให้ลูกจ้างเห็นได้ โดยชัดเจน

ข้อ 11 ในกรณีที่สภาวะการทำงานในสถานประกอบกิจการ มีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานแปดชั่วโมงตั้งแต่ 85 เดซิเบลเอขึ้นไป ให้นายจ้างจัดให้มีมาตรการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่อธิบดีประกาศกำหนด

หมวด 4 อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

ข้อ 12 นายจ้างต้องจัดให้มีและดูแลให้ลูกจ้างใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลตามความเหมาะสมกับลักษณะงานตลอดเวลาที่ทำงาน ดังต่อไปนี้

(4) งานที่มีระดับเสียงเกินมาตรฐานที่กำหนด ให้สวมใส่ปลั๊กอุดเสียง หรือที่ครอบหูลดเสียง

ข้อ 13 ให้นายจ้างบำรุงรักษาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อย่างปลอดภัย รวมทั้งจัดให้ลูกจ้างได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับวิธีการใช้และบำรุงรักษาอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และเก็บหลักฐานการฝึกอบรมไว้ ณ สถานประกอบกิจการเพื่อให้พนักงานตรวจความปลอดภัย สามารถตรวจสอบได้

หมวด 5 การตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงาน และการรายงานผล

ข้อ 14 นายจ้างต้องจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงาน เกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ

หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาวะการทำงาน เกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการให้เป็นไป ตามที่อธิบดีประกาศกำหนด

ในกรณีที่นายจ้างไม่สามารถตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานตามวรรคหนึ่งได้ต้องให้ผู้ที่ขึ้นทะเบียนตามมาตรา 9 หรือนิติบุคคลที่ได้รับใบอนุญาตตามมาตรา 11 แห่ง

พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554 เพื่อเป็นผู้ให้บริการในการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ แล้วแต่กรณี เป็นผู้ดำเนินการแทน ให้นายจ้างเก็บผลการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานดังกล่าวไว้ ณ สถานประกอบกิจการ เพื่อให้พนักงานตรวจความปลอดภัยสามารถตรวจสอบได้

ข้อ 15 ให้นายจ้างจัดทำรายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานตามแบบที่อธิบดีประกาศกำหนด พร้อมทั้งส่งรายงานผลดังกล่าวต่ออธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมายภายในสามสิบวันนับแต่วันที่เสร็จสิ้นการตรวจวัด และเก็บรายงานผลการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานดังกล่าวไว้ ณ สถานประกอบกิจการ เพื่อให้พนักงานตรวจความปลอดภัยสามารถตรวจสอบได้

หมวด 6 การตรวจสอบสุขภาพและการรายงานผล

ข้อ 16 ให้นายจ้างจัดให้มีการตรวจสอบสุขภาพลูกจ้างที่ทำงานในสภาวะการทำงานที่อาจได้รับอันตรายจากความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง และรายงานผล รวมทั้งดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบสุขภาพของลูกจ้าง ตามพระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2554

10.2 ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน

ข้อ 1 ประกาศนี้เรียกว่า "ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน"

ข้อ 2 ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดเก้าสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ 3 นายจ้างต้องควบคุมระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน (Time weighted average-TWA) มิให้เกินมาตรฐานตามตารางแนบท้ายประกาศโดยหน่วยวัดระดับเสียงดังที่ใช้ในประกาศนี้ใช้หน่วยเป็น เดซิเบลเอ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน

ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงาน (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	36
94	1	-
95	-	48
96	-	38
97	-	30
98	-	24
99	-	19
100	-	15
101	-	12
102	-	9
103	-	7.5
104	-	6
105	-	5
106	-	4

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงาน (TWA) ไม่เกิน (เดซิเบลเอ)	ระยะเวลาการทำงานที่ได้รับเสียงต่อวัน*	
	ชั่วโมง	นาที
107	-	3
108	-	2.5
109	-	2
110	-	1.5
111	-	1

หมายเหตุ *ระยะเวลาการทำงานที่ได้รับเสียงและระดับเสียงเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน (TWA) ให้ใช้ค่ามาตรฐานที่กำหนดในตารางข้างต้นเป็นลำดับแรก หากไม่มีค่ามาตรฐานที่กำหนดตรงตามตารางให้คำนวณจากสูตรดังนี้

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

เมื่อ T หมายถึง เวลาการทำงานที่ยอมให้ได้รับเสียง (ชั่วโมง)

L หมายถึง ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)

ในกรณีค่าระดับเสียงเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงาน (TWA) ที่ได้จากการคำนวณมีเศษทศนิยมให้ตัดเศษทศนิยมออก

10.3 ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัดและการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ

หมวด 1 บททั่วไป

ข้อ 2 ให้นายจ้างจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง ภายในสถานประกอบกิจการในสภาวะที่เป็นจริงของสภาพการทำงานอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง

กรณีที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรอุปกรณ์ กระบวนการผลิต วิธีการทำงาน หรือการดำเนินการใด ๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง ให้นายจ้างดำเนินการตามวรรคหนึ่งเพิ่มเติม โดยตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานบริเวณ

พื้นที่ หรือบุคคลที่อาจได้รับผลกระทบภายในเก้าสิบวันนับจากวันที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง

หมวด 4 การตรวจวัดระดับเสียงและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ

ข้อ 11 ประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการตรวจวัดระดับเสียง ได้แก่ การระเบิด ย่อย โม่ หรือบดหิน การผลิตน้ำตาลหรือทำให้บริสุทธิ์ การผลิตน้ำแข็ง การปั่น ทอโดยใช้เครื่องจักร การผลิตเครื่องเรือน เครื่องใช้จากไม้ การผลิตเยื่อกระดาษหรือกระดาษ กิจการที่มีการปั๊มหรือเจียรโลหะ กิจการที่มีแหล่งกำเนิดเสียง หรือสภาพการทำงานที่อาจทำให้ลูกจ้างได้รับอันตรายเนื่องจากเสียง

ข้อ 12 การตรวจวัดระดับเสียง ต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานของคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยเทคนิคไฟฟ้า (International electrotechnical commission) หรือเทียบเท่า ดังนี้

- 1) เครื่องวัดเสียง ต้องได้มาตรฐาน IEC 61672 หรือ IEC 651 Type 2
- 2) เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise dosimeter) ต้องได้มาตรฐาน IEC 61252
- 3) เครื่องวัดเสียงกระทบหรือเสียงกระแทก ต้องได้มาตรฐาน IEC 61672 หรือ

IEC 60804

อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดระดับเสียงตามวรรคหนึ่ง ต้องทำการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration) ด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้อง (Noise calibrator) ที่ได้มาตรฐาน IEC 60942 หรือเทียบเท่า ตามวิธีการที่ระบุในคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตก่อนการใช้งานทุกครั้งและให้จัดให้มีการปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือกับหน่วยปรับเทียบมาตรฐานปีละหนึ่งครั้ง เว้นแต่สถานประกอบกิจการมีเครื่องตรวจวัดเสียงที่ใช้สำหรับการตรวจวัดและวิเคราะห์ภายในสถานประกอบกิจการ ให้ปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือกับหน่วยปรับเทียบมาตรฐานทุก ๆ สองปี

ข้อ 13 วิธีการตรวจวัดระดับเสียง ให้ตรวจวัดบริเวณที่มีลูกจ้างปฏิบัติงานอยู่ในสภาพการทำงานปกติ โดยตั้งค่าเครื่องวัดเสียงที่สเกลเอ (Scale A) การตอบสนองแบบช้า (Slow) และตรวจวัดที่ระดับหูของลูกจ้างที่กำลังปฏิบัติงาน ณ จุดนั้นรัศมีไม่เกินสามสิบเซนติเมตร

กรณีใช้เครื่องวัดปริมาณเสียงสะสม (Noise dosimeter) ต้องตั้งค่าให้เครื่องคำนวณปริมาณเสียงสะสม Threshold level ที่ระดับแปดสิบเดซิเบลเอ Criteria Level ที่ระดับแปดสิบห้าเดซิเบลเอ Energy exchange rate ที่สาม ส่วนการใช้เครื่องวัดเสียงกระทบหรือเสียงกระแทกให้ตั้งค่าตามที่ระบุในคู่มือการใช้งานของผู้ผลิต

ข้อ 14 กรณีบริเวณที่ลูกจ้างปฏิบัติงานมีระดับเสียงดังไม่สม่ำเสมอ หรือลูกจ้างต้องย้ายการทำงานไปยังจุดต่าง ๆ ที่มีระดับเสียงดังแตกต่างกัน ให้ใช้สูตรในการคำนวณหาระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงานในแต่ละวัน ดังนี้

$$D = [(C_1/T_1) + (C_2/T_2) + \dots + (C_n/T_n)] \times 100 \dots \dots \dots 1$$

และ $TWA_{(8)} = 10.0 \times \log (D/100) + 85$

เมื่อ D = ปริมาณเสียงสะสมที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับหน่วยเป็นร้อยละ

C = ระยะเวลาที่สัมผัสเสียง

T = ระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัสระดับเสียงนั้น ๆ

(ตามตารางในประกาศกรม)

$TWA_{(8)}$ = ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน

ค่า $TWA_{(8)}$ ที่คำนวณได้ต้องไม่เกินแปดสิบห้าเดซิเบลเอ

หมวด 6 การวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่างและเสียง
ข้อ 17 ให้นายจ้างทำการวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงที่ลูกจ้างได้รับ

กรณีผลการตรวจวัดมีค่าเกินหรือต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงหรือประกาศกรมแล้วแต่กรณี ต้องระบุสาเหตุและปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอาคารสถานที่ การระบายอากาศ เครื่องจักร การบำรุงรักษา จำนวนลูกจ้างที่สัมผัสหรือเกี่ยวข้องกับอันตราย สภาพและลักษณะการทำงานของลูกจ้าง รวมถึงวิธีการหรือมาตรการในการปรับปรุงแก้ไขและระยะเวลาที่คาดว่าจะแล้วเสร็จ

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับวัสดุดูดซับเสียงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การเลือกวัสดุในการควบคุมเสียง

การเลือกวัสดุในการควบคุมเสียงซึ่งมีสิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาในเรื่องวัสดุในการควบคุมเสียง ได้แก่ วัสดุดูดซับเสียงและค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับรวมถึงการคำนวณการดูดซับเสียง และแผ่นกั้นเสียงโดยมีหลักการและแนวคิด (ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์, 2563) ดังต่อไปนี้

1.1 วัสดุดูดซับเสียง (Absorptive material)

มีหลักการ คือ ต้องเป็นวัสดุที่จะเปลี่ยนพลังงานของเสียงที่มากกระทบให้เป็นพลังงานความร้อนแล้วส่งผลให้เสียงลดลงได้ด้วย และถ้าต้องการให้มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงได้ดี นั้นหมายความว่า ต้องเลือกวัสดุดูดซับเสียงที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียงสูง

ในการทำงานเดียวกัน ถ้ามีค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียงต่ำ ก็แสดงให้เห็นว่า มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงได้ไม่ดีด้วยเช่นกัน

วัสดุดูดซับเสียงที่ดี ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ ควรเป็นรูพรุน (Porous) และมีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดี ทั้งนี้จะขึ้นกับความยาวคลื่น ดังนั้น การดูดซับเสียงที่ความถี่สูงจะดีกว่าที่ความถี่ต่ำ ดังนั้น เมื่อจะมีการนำวัสดุดูดซับเสียงไปใช้งานในสถานประกอบการ ก็ต้องพิจารณาว่า เสียงที่จะทำการควบคุมนั้น มีเสียงดังสูงอยู่ในช่วงความถี่ใดบ้าง ก็จะต้องมีการเลือกวัสดุดูดซับเสียงที่สามารถดูดซับเสียงได้ดีในช่วงความถี่นั้น ๆ ซึ่งก็จะพบว่า วัสดุดูดซับเสียงจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมเสียงสะท้อนที่บริเวณพื้นผิวภายในห้อง แต่ไม่มีความสามารถหรือประสิทธิภาพในการควบคุมเสียงที่ผ่าน (Transmission) แผ่นกั้นเสียง

ดังนั้น การนำวัสดุดูดซับเสียงไปใช้งานได้จริงในสถานประกอบการ จึงต้องมีการนำวัสดุดูดซับเสียงนี้ ไปติดตามผนังและเพดานในห้องที่มีเสียงดัง ทั้งนี้เพื่อเป็นการดูดซับเสียง แต่ถ้าในกรณีเกิดเป็นเอคโค่ (Echoes) และกรณีเกิดการสะท้อน (Reverberation) แต่จะไม่มีการทำงานเป็นแผ่นกั้นเสียงเพราะจะไม่เกิดประสิทธิผลที่ดี

ในหัวข้อต่อไปนี้จะเป็นการอธิบายและหลักการของสัมประสิทธิ์การดูดซับ โดยที่สัมประสิทธิ์การดูดซับ จะมีการดูดซับเสียงว่าจะดีหรือไม่ดีนั้น โดยทั่วไปจะหมายถึงสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficient) และใช้สัญลักษณ์ตามอักษรกรีก ที่เรียกว่า α (แอลฟา) มีสูตรคำนวณ ดังนี้

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

โดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 และจะมีความแตกต่างกันตามความถี่ดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยพบว่า ถ้าวัสดุดูดซับเสียงที่ไม่สามารถดูดซับเสียงได้เลย และเกิดมีเสียงสะท้อนกลับไปหมดนั้น จะมีค่า α ที่เท่ากับ 0 นั้นแสดงให้เห็นว่า วัสดุดูดซับเสียงประเภทนี้ไม่เหมาะสมกับการที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง แต่จะเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทำเป็นแผ่นกั้นเสียงจะดีกว่า ทั้งนี้ เพื่อให้ทำการสะท้อนเสียงกลับไปให้หมดและในทางตรงกันข้าม คือ ถ้าวัสดุดูดซับเสียงนี้มีความสามารถดูดซับเสียงได้ทั้งหมดและไม่มีเสียงสะท้อนกลับเลยจะมีค่า α ที่เท่ากับ 1 แต่ในความเป็นจริงแล้วไม่มีวัสดุใดที่มีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 เลย แต่กลับพบว่า วัสดุใดที่มีค่า α น้อยกว่า 0.15 จะถือว่าเป็นวัสดุสะท้อนเสียง และถ้าค่า α มากกว่า 0.4 ขึ้นไป จะแสดงให้เห็นว่าเป็นวัสดุดูดซับเสียง ดังนั้น เมื่อจะเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียงในสถานประกอบการที่ต้องการจะลด

เสียงจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีเสียงดัง จึงควรเลือกวัสดุดูดซับเสียงที่มีค่า α สูง ๆ ในทุกช่วงของความถี่ที่สนใจจะทำการควบคุม ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุดูดซับเสียงที่มีใช้ในโรงงาน

วัสดุ	ความถี่ (เฮิรตซ์)					
	125	250	500	1K	2K	4K
ไฟเบอร์กลาส (ชนิด 4 ปอนด์/ลบ.ฟุต และมีผนังแข็งรองรับ)						
หนา 1 นิ้ว	0.07	0.23	0.48	0.83	0.88	0.8
หนา 2 นิ้ว	0.2	0.55	0.89	0.97	0.83	0.79
หนา 4 นิ้ว	0.39	0.91	0.99	0.97	0.94	0.89
โฟมโพลียูรีเทน (ชนิด Open Cell)						
หนา 1/4 นิ้ว	0.05	0.07	0.1	0.2	0.45	0.81
หนา 1/2 นิ้ว	0.05	0.12	0.25	0.57	0.89	0.98
หนา 1 นิ้ว	0.14	0.3	0.63	0.91	0.98	0.91
หนา 2 นิ้ว	0.35	0.51	0.82	0.98	0.97	0.95
Hairfelt						
หนา 1/2 นิ้ว	0.05	0.07	0.29	0.63	0.83	0.87
หนา 1 นิ้ว	0.06	0.31	0.8	0.88	0.87	0.87

ที่มา : ศรีรัตน์ ล้อมพงษ์ (2563)

สำหรับสูตรในการคำนวณการดูดซับเสียง

ถ้ามีความต้องการจะลดเสียงสะท้อนภายในห้องที่มีเสียงดังด้วย จะต้องมีการเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียง ซึ่งจะต้องมีการคำนวณการดูดซับเสียงทั้งหมด (Total absorption) โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

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

โดยที่ A = ผลรวมของการดูดซับเสียง มีหน่วยเป็น Sabin

α = สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง

S = พื้นที่ผิว

ดังนั้น เมื่อคำนวณค่า A (ผลรวมของการดูดซับเสียง) ได้แล้วจึงต้องมีการนำมาคำนวณว่า เสียงสะท้อน (Reverberant Field Noise Reduction: NR) ที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในระดับเสียงสะท้อนที่จะสามารถลดลงไปเท่าใด ซึ่งมีสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

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

โดยที่ NR = ระดับเสียงสะท้อนที่ลดลง หน่วย dB

A_1 = ผลรวมของการดูดซับเสียงภายในห้องก่อนติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงหน่วย Sabin

A_2 = ผลรวมของการดูดซับเสียงภายในห้องหลังติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงหน่วย Sabin

โดยทั่วไปเมื่อมีการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงแล้ว จะสามารถลดเสียงได้ประมาณ 12 - 15 เดซิเบล(เอ) แต่ในความเป็นจริงพบว่า การติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงสามารถลดได้จริง ๆ จะอยู่ในช่วงประมาณ 6 - 8 เดซิเบล(เอ) เท่านั้น

1.2 แผ่นกั้นเสียง

มีหลักการ คือ ต้องเป็นการใช้วัสดุที่นำมากั้นไม่ให้เสียงผ่านไป จึงต้องมีคุณสมบัติในเรื่องความหนาแน่นสูง ไม่มีรูพรุน และสิ่งที่สำคัญคือ การมีกลไกการทำงาน คือ เมื่อมีการสะท้อนของเสียงกลับไปยังทิศทางเดิมของเสียงและพลังงานเสียงที่ลดลงไป เราจะมีการวัดเป็นค่า Transmission loss และในทางปฏิบัติเรานิยมวัดเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการส่งผ่านแทน สำหรับค่าสัมประสิทธิ์นี้จะแปรผกผันกับค่า Transmission loss โดยจะพบว่า ถ้าแผ่นกั้นเสียงใดมีค่าสัมประสิทธิ์ของการส่งผ่านดังกล่าวเท่ากับ 0 จะหมายความว่า แผ่นกั้นเสียงนั้นมีความสามารถในการกั้นเสียงหรือสะท้อนเสียงได้ดีมาก และวัสดุลดการสั่นสะเทือนที่จะนำมาใช้งานสามารถลดเสียงลงได้ ทั้งนี้เนื่องจากการติดตั้งไว้กับแหล่งกำเนิดเสียงที่สั่นสะเทือน เมื่อเกิดความสั่นสะเทือนลดลง ก็จะส่งผลทำให้เสียงลดลงตามไปด้วยเช่นกัน

วัสดุกั้นเสียง (Attenuating materials) จะทำหน้าที่เป็นตัวกั้นไม่ให้คลื่นเสียงเดินทางผ่านไป หรือจะเป็นการกั้นไม่ให้เสียงจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ จึงอาจจะกล่าวได้ว่าวัสดุดูดซับเสียง (Absorber) ที่ไม่ดีจะเป็นวัสดุกั้นเสียง (Attenuator or Barrier) ที่ไม่ดีด้วยเช่นกัน แต่พบว่า วัสดุที่มีลักษณะโครงสร้างของวัสดุนั้นเป็นรูพรุน (Porous) จะกลับกลายเป็นวัสดุที่ดูดซับเสียงที่ดี แต่ในกรณีวัสดุกั้นเสียง จะต้องมีโครงสร้างของวัสดุที่มีความหนาแน่น (Dense) ไม่มีรูพรุน (Nonporous) จึงจะทำหน้าที่กั้นเสียงหรือสะท้อนเสียงได้ดี ตัวอย่างเช่น วัสดุนำมาใช้เป็นวัสดุกั้นเสียง ได้แก่ เหล็กกล้า ตะกั่ว ยิปซัม ไม้อัด แก้ว กระจก อิฐ และคอนกรีต เป็นต้น แต่ถ้าต้องการมีการปิดคลุมแหล่งกำเนิดเสียงหรือต้นกำเนิดเสียง เพื่อจะทำการควบคุมเสียง ต้องมีการใช้

วัสดุกันเสียงมาเป็นแผ่นกันเสียง และถ้ามีการใช้วัสดุดูดซับเสียงมาปิดทับด้านที่มีเสียงจะมาตกกระทบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมเสียงก็จะยิ่งดีขึ้นด้วย

สิ่งที่สำคัญของการใช้แผ่นกันเสียง คือ ต้องรู้ความหมายของคำว่า Transmission loss และค่า Transmission coefficient โดยที่ Transmission loss จะเป็นประสิทธิผลในการลดระดับเสียง โดยการกั้นทางผ่านหรือการกระจาย หรือการส่งผ่านของเสียงนั้น และค่า Transmission loss ดังกล่าวนั้นจะแปรเปลี่ยนตามความถี่ของเสียง โดยพบว่า ถ้ามีความถี่เพิ่มขึ้น ค่า Transmission loss ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น ถ้ามีความจำเป็นที่จะทำการควบคุมเสียงด้วยวิธีนี้ จะต้องพิจารณาการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าดังกล่าวที่เหมาะสมในช่วงความถี่ที่ต้องการควบคุมด้วย และในทางปฏิบัติจะนิยมใช้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน (Transmission coefficient) ในการคำนวณด้วย

ดังนั้น ค่า Transmission coefficient จะใช้สัญลักษณ์ว่า τ (อ่านว่า Tau) มีค่าเท่ากับพลังงานเสียงที่ผ่านทะลุแผ่นกันเสียง (I_t -Transmitted sound wave) หารด้วยพลังงานเสียงที่ตกกระทบแผ่นกันเสียง (I_i -Incident sound wave) ซึ่งมีสูตรดังต่อไปนี้

$$\tau = \frac{I_t}{I_i} \quad \text{..... 1}$$

สำหรับ ค่า τ จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และถ้าไม่มีเสียงส่งผ่านหรือสามารถผ่านทะลุวัสดุกันเสียงนั้นได้จะมีค่า τ เท่ากับ 0 ซึ่งในทางปฏิบัติจะเป็นไปไม่ได้ที่เสียงจะไม่สามารถผ่านวัสดุกันเสียงไปได้และในทำนองเดียวกัน ถ้าพบว่า เสียงสามารถผ่านทะลุวัสดุกันเสียงนั้นได้ทั้งหมด ก็จะมีค่า τ เท่ากับ 1

ค่า TL และ ค่า τ จะมีความสัมพันธ์ ดังสูตรต่อไปนี้

$$TL = 10 \log 1/\tau \quad \text{..... 2}$$

โดยที่ถ้าหากแทนค่า $\tau = 1$ นั้นแสดงให้เห็นว่าไม่มีการลดเสียงลงเลย เพราะจะได้ค่า $TL = 0$ dB แต่ถ้าค่า $\tau = 0$ จะได้ค่า $TL = \infty$ dB (มีค่ามหาศาล) แต่ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นว่า ในทางปฏิบัติจะไม่มีวัสดุชนิดใดที่มีค่า $\tau = 0$ และโดยทั่วไปจะพบว่า ข้อมูลการควบคุมเสียงจะมีค่าสูงสุดของ Transmission Loss ที่สามารถทำได้ คือ 70 เดซิเบล เท่านั้น

สูตรข้างต้นนี้สามารถใช้กับแผ่นกันเสียงที่เป็นวัสดุเดียว (Homogeneous) ไม่มีรูช่องว่าง รอยแตก ฯลฯ เท่านั้น แต่ถ้าหากแผ่นกันเสียงนั้น คือ ตัวผนังห้องที่มีทั้งหน้าต่างและประตู มีช่องว่าง และ/หรือมีวัสดุกันเสียงหลายชนิด (Different materials) ในการคำนวณค่า TL นั้นจะต้องมีการคำนวณค่า " τ " รวมก่อนที่จะนำมาใช้ ดังต่อไปนี้

$$\tau_{\text{รวม}} = (\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2 + \dots + \tau_n S_n) S \quad \text{..... 3}$$

โดยที่ $\tau_{\text{รวม}}$ = ผลรวมของสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง

T_n = สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของวัสดุชั้นเสียงชนิดที่ n

S_n = พื้นที่ผิวของวัสดุชั้นเสียงชนิดที่ n

S = ผลรวมของพื้นที่ผิวทั้งหมดของวัสดุชั้นเสียงทุกชนิด

ตามที่แผ่นกั้นเสียงมีหลายชนิดและต้องมีการคำนวณจากสูตรที่ 3 และเมื่อคำนวณเสร็จแล้ว หลังจากนั้นได้ค่า $T_{รวม}$ จึงนำมาแทนค่าในสูตรที่ 2 เพื่อคำนวณค่า Transmission loss ที่ถูกต้องต่อไป

2. การนำวัสดุดูดซับเสียงไปใช้ลดระดับความดังของเสียงในสถานประกอบการ

โฟมพลาสติก (Plastic foam) หรือที่เรียกกันสั้น ๆ ว่า โฟม และยังมีชื่อเรียกอื่น ๆ เช่น เซลลูลาร์ โพลีเมอร์ (Cellular polymer) และเอกซ์แพนเด็ดพลาสติก (Expanded plastic) หมายถึง พลาสติกที่มีโพรงก๊าซเล็ก ๆ จำนวนมากกระจายอยู่ในเนื้อ (ชาญวิทย์ พูนศรีไชยสิทธิ์, 2551)

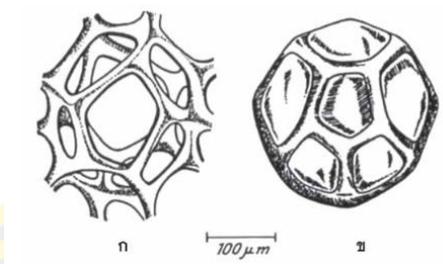
ในการผลิตจะใช้สารฟู (Blowing agent) ทำให้พลาสติกเกิดการขยายตัวและลดความหนาแน่นโดยรวมลง โฟมจึงมีน้ำหนักเบา และมีลักษณะคล้ายกับฟองน้ำธรรมชาติ โดยมีตั้งแต่โฟมชนิดแข็งไปจนถึงชนิดยืดหยุ่น ทั้งนี้ ในบางกรณีเนื้อโฟมอาจมีสารอื่นเติมลงไป เช่น สารเสริมแรง (Reinforcing agent) เช่น เส้นใย (Fiber) หรือ สารตัวเติม (Fillers) เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เม็ดแก้ว (Glass microsphere) และแป้ง (Starch) ต่าง ๆ เป็นต้น

การจำแนกประเภทของโฟมสามารถจำแนกประเภทได้ในหลายลักษณะดังต่อไปนี้

2.1. ประเภทของโฟมจำแนกตามลักษณะของเซลล์

2.1.1 โฟมเซลล์เปิด (Open-cell foam) เป็นโครงสร้างที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันระหว่างเซลล์ซึ่งก๊าซสามารถผ่านจากเซลล์หนึ่งไปยังเซลล์อื่น ๆ ได้ภายใต้การกระทำของแรงขับ โดยทั่วไปโฟมเซลล์เปิดจะเตรียมจากเทคนิคความดันต่ำ (Low-pressure technique) ภายใต้ภาวะบรรยากาศ โฟมที่มีพื้นฐานโครงสร้างแบบนี้มีสมบัติยืดหยุ่น ทำให้เหมาะในการใช้ทำเบาะนั่งในรถยนต์ ที่นอน บรรจุกัมภ์ และวัสดุกันกระแทก เป็นต้น

2.1.2 โฟมเซลล์ปิด (Closed-cell foam) พื้นฐานโครงสร้างของเซลล์จะประกอบด้วยเยื่อบาง ๆ เรียกว่า หน้าต่างเซลล์ ทำให้ก๊าซไม่สามารถผ่านไประหว่างเซลล์ได้ แต่การเคลื่อนที่ของก๊าซจะกระทำโดยการแพร่ผ่านผนังเซลล์ โดยปกติโฟมเซลล์ปิดจะเตรียมโดยใช้เทคนิคความดันสูง (High-pressure technique) และโฟมแบบนี้จะแข็ง และเหมาะในการนำไปใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อน ทุ่นลอย หรือใช้ในเสื้อชูชีพ เป็นต้น ดังภาพที่ 21



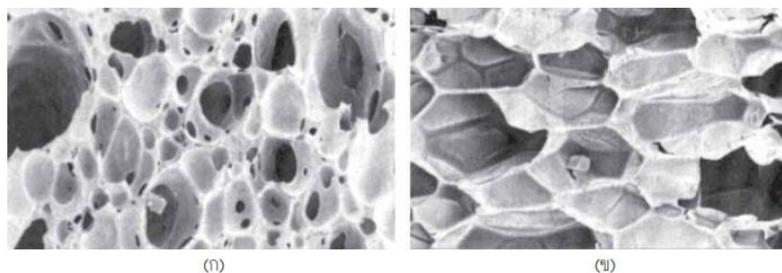
ภาพที่ 21 สัณฐานโครงสร้างของโฟม (ก) เซลล์เปิด (ข) เซลล์ปิด
ที่มา : ชาญวิทย์ พูนศรีไชยสิทธิ์ (2551)

2.2. ประเภทของโฟมจำแนกตามลักษณะทางกายภาพ

2.2.1 โฟมยืดหยุ่น (Flexible foam) โฟมชนิดนี้โพลิเมอร์เมทริกซ์จะมีอุณหภูมิสภาพแก้ว (Glass transition temperature: T_g) ที่ต่ำ มีลักษณะอ่อนนุ่ม ยืดหยุ่น และคืนตัวเมื่อถูกกดได้ง่าย เช่น โฟมยาง (Elastomeric foam) โฟมพอลิไวนิลคลอไรด์ชนิดมีสารเสริมสภาพพลาสติก (Plasticized polyvinyl chloride, PPVC) และ โฟมโพลียูรีเทนยืดหยุ่น (Polyurethane elastomer) เป็นต้น ดังภาพที่ 22

2.2.2 โฟมชนิดแข็ง (Rigid foam) โฟมชนิดนี้โพลิเมอร์เมทริกซ์จะอยู่ในสถานะผลึก (Crystalline state) หรือถ้าอยู่ในสถานะอสัณฐาน (Amorphous state) จะมีอุณหภูมิสภาพแก้วที่สูง มีลักษณะที่แข็ง ไม่คืนตัวเมื่อถูกกด เช่น โฟมโพลีโอเลฟิน (Polyolefin foam) โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene foam) โฟมโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate foam) โฟมฟีนอลิก (Phenolic foam) และ โฟมโพลียูรีเทนชนิดแข็ง (Rigid polyurethane foam) เป็นต้น

2.2.3 โฟมชนิดกึ่งแข็ง (Semi-rigid foam) มีลักษณะอยู่ระหว่างโฟมชนิดแข็งและชนิดยืดหยุ่น



ภาพที่ 22 ตัวอย่างสัณฐานของโฟม (ก) ชนิดยืดหยุ่น (ข) ชนิดแข็ง
ที่มา : ชาญวิทย์ พูนศรีไชยสิทธิ์ (2551)

จากการศึกษาบทความวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพของวัสดุโพลีเอทิลีนเพื่อลดระดับเสียงเครื่องปั๊มโลหะในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ (อารียา นามนต์พิมพ์ และคณะ, 2561) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการลดระดับเสียงของโพลีเอทิลีนจากกระบวนการผลิตนำมาจัดทำเป็นฉากลดระดับเสียงที่ขนาดความหนา 0.25 นิ้ว 0.5 นิ้ว 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว กับกรณีศึกษาทั้ง 4 กรณี ประกอบด้วย กรณีที่ 1 เปิดเครื่องจักรทั้งสามเครื่อง พร้อมกัน 3 ลักษณะงาน กรณีที่ 2 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบตัดเหล็กทั้ง 3 เครื่อง กรณีที่ 3 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบเจาะทั้ง 3 เครื่อง และกรณีที่ 4 เปิดเฉพาะเครื่องปั๊มแบบพับทั้ง 3 เครื่อง ทำการศึกษากับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน แบ่งเป็นเพศชาย ร้อยละ 66.7 และเพศหญิง ร้อยละ 33.3 มีอายุเฉลี่ย 23 -49 ปี และอายุงาน 8.3 ปี พบว่า ระดับเสียงแผนกปั๊มอะไหล่ย่อยในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ก่อนการติดตั้งฉากลดระดับเสียงอยู่ในช่วง 82.8-92.5 เดซิเบล (เอ) และมีลักษณะเสียงเป็นแบบเสียงคังต่อเนื่องแต่ไม่คงที่ หลังทำการติดตั้งฉากลดระดับเสียงที่ความหนาขนาดต่าง ๆ กรณีที่ 1 ฉากที่ลดเสียงได้ดีที่สุดคือฉากหนา 2 นิ้ว ลดได้ 2.0-4.1 เดซิเบล (เอ) กรณีที่ 2 ฉากที่ลดเสียงได้ดีที่สุดคือฉากหนา 0.25 และ 1 นิ้ว ลดได้ 1.4-4.6 เดซิเบล (เอ) กรณีที่ 3 ฉากที่ลดเสียงได้ดีที่สุดคือฉากหนา 1 นิ้ว ลดได้ 2.0-4.1 เดซิเบล (เอ) และกรณีที่ 4 ฉากที่ลดเสียงได้ดีที่สุดคือฉากหนา 2 นิ้ว ลดได้ 1.5 - 3.0 เดซิเบล (เอ)

สำหรับการศึกษาแผ่นบุผนังป้องกันเสียงผลิตจากยางธรรมชาติผสมเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท (ประชุม คำพูน, 2561) โดยนำพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท (อีวีเอ) ความหนาแน่น 190 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไปย่อยผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร และผสมเข้ากับยางธรรมชาติ STR20 ซิงค์ออกไซด์ กรดสเตียริก กำมะถันเมอร์แคปโตเบนโซไทโธซอล ไดฟีนิลกัวนิติน และออกซิเบนซินซัลโฟนิลไฮดราไซด์ สำหรับขึ้นรูปแผ่นบุผนังป้องกันเสียง โดยใช้ปริมาณเศษพลาสติกอีวีเอในอัตราส่วนของแผ่นบุผนังป้องกันเสียง เท่ากับ 0, 5, 10, 20, 40 และ 80 พีเอชอาร์ และอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่า แผ่นบุผนังที่ผสมเศษพลาสติกอีวีเอในอัตราส่วน 40 พีเอชอาร์ เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำแผ่นบุผนังป้องกันเสียงจากยางธรรมชาติ เพราะผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของแผ่นบุผนังป้องกันเสียงดังกล่าว มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 0.51 และจากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น (นาปีเส้า กาโบะ และคณะ, 2559) โดยการนำวัสดุเหลือใช้ 4 ชนิด ได้แก่ ชานอ้อย เปลือกกล้วย กระจาดล้าง และขี้เลื่อย ผสมกับน้ำยางพารา ในอัตราส่วนระหว่างวัสดุกับน้ำยางพาราเท่ากับ 30 : 70 ใส่ในบล็อกแม่พิมพ์และอัดขึ้นรูป โดยอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แล้วนำไปทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงด้วยเทคนิคท่อคลื่นนิ่ง ที่ความถี่ 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 Hz จากผลทดสอบวัสดุทั้ง 4 ชนิด ได้แก่

ซีเลื่อย กระจายล้าง เปลือกกล้วย และชานอ้อย พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงเฉลี่ยสูงสุด คือ วัสดุซีเลื่อยผสมกับน้ำยางพาราที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ์ มีค่าเท่ากับ 0.855 และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ที่ความถี่ 4,000 เฮิร์ตซ์ ของซีเลื่อย กระจายล้าง เปลือกกล้วย และชานอ้อย คือ 0.498, 0.464, 0.415 และ 0.355 ตามลำดับ

นอกจากนี้ การศึกษาการดูดซับเสียงของแผ่นฝ้าเพดานแกลบ (รัฐวุฒิ ยอดแก้ว และคณะ, ม.ป.ป.) พบว่า แกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีอยู่มาก ซึ่งคุณสมบัติเด่นของแกลบคือมีความชื้นต่ำ มีพื้นผิวเป็นรูพรุนขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร และมีน้ำหนักเบา ทำการศึกษาโดยการนำแกลบมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฝ้าเพดานขนาด 50 เซนติเมตร \times 50 เซนติเมตร ความหนา 1 เซนติเมตร ด้วยการนำไปผสมกับวัสดุประสานคือ การผง (กาวแดง) กาวลาเท็กซ์และยางพารา แล้วจึงนำไปทดสอบการดูดซับเสียงและเปรียบเทียบกับวัสดุฝ้าเพดานและฉนวนกันเสียงที่มีอยู่ในท้องตลาด พบว่า แผ่นฝ้าเพดานจากแกลบผสมวัสดุประสานกาวผงในอัตราส่วนโดยปริมาตร 5: 1 (แกลบ: กาวผง) มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงได้ดีกว่าแผ่นยิปซัมบอร์ดและแผ่นอคูสติคบอร์ด และมีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงใกล้เคียงกับแผ่นฉนวนใยแก้ว

จากการศึกษาการพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงแบบรูพรุนของ โฟมยางพาราที่เติมผงถ่านจาก ช้างข้าวโพด (นุชจิรา ดีแจ่ม และศรารัตน์ มหาศรานนท์, 2562) ทำการสังเคราะห์วัสดุดูดซับเสียงแบบมีรูพรุนจากโฟมยางพาราที่ถูกเสริมแรงด้วยผงถ่านจากช้างข้าวโพด โดยการเติมผงถ่าน ช้างข้าวโพดในอัตรา 0, 5, 10 และ 15 phr แล้วนำโฟมยางพาราที่ได้ไปทดสอบสมบัติการดูดซับเสียง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงในช่วงความถี่ 1,000-2,500 เฮิร์ตซ์ ของโฟมยางพาราที่เติมผงถ่านจากช้างข้าวโพดในอัตราการเติม 0 และ 5 phr อยู่ในช่วง 0.52-0.83 และ 0.80-0.98 ตามลำดับ ขณะที่อัตราการเติมผงถ่านจากช้างข้าวโพด 10 และ 15 phr มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงในช่วงความถี่ 700-6,400 เฮิร์ตซ์ อยู่ในช่วง 0.33-0.60 และจากการศึกษาแผ่นดูดซับเสียงจากกระดาษใช้แล้วในสำนักงาน (มณัญชยา ชวงศ์เลิศ และภัทรนันท์ ทักขนันท์, ม.ป.ป.) โดยการนำกระดาษที่ผ่านการย่อยจากเครื่องย่อยเอกสารมาขึ้นรูปด้วยการอัดความร้อนเป็นแผ่นที่มีความหนา 10, 15 และ 25 มิลลิเมตร โดยใช้กาวผงเป็นวัสดุประสาน ทำการศึกษาแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุด A ปริมาณกาวร้อยละ 5, ชุด B ปริมาณกาวร้อยละ 7.5 และชุด C ปริมาณกาวร้อยละ 10 ของน้ำหนักกระดาษ อัดด้วยเครื่องอัดร้อน ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส พบว่า แผ่นวัสดุดูดซับเสียงจากกระดาษเหลือใช้ที่ขึ้นรูปแล้ว ที่ความหนา 15 มิลลิเมตร ชุดการทดลอง A และ B เป็นชุดการทดลองที่ได้ผลดีที่สุด โดยการทดลอง ชุด A ในช่วงความถี่ 2,400 – 4,700 Hz สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุด คือ ร้อยละ 54 ที่ความถี่ 3,000 Hz ส่วนการทดลองชุด B ในช่วงความถี่ 130-1,900 Hz ซึ่งสามารถดูดซับเสียงได้ดีที่สุดร้อยละ 72 ที่ความถี่ 1,600 เฮิร์ตซ์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่องประสิทธิผลของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี ได้กำหนดการทำการศึกษาดังนี้

รูปแบบการวิจัย

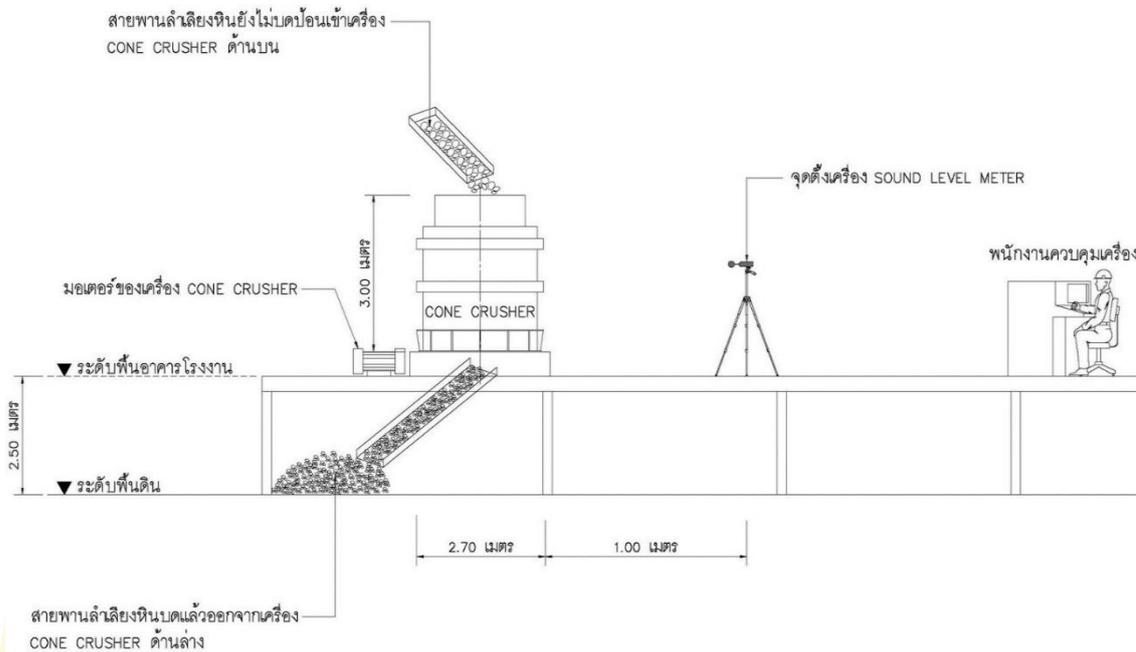
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบการทดลอง (Experimental design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ระหว่างก่อนและหลังการใช้วัสดุดูดซับเสียงในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี โดยระยะเวลาในการเก็บข้อมูลอยู่ระหว่างวันที่ 10 - 16 กุมภาพันธ์ 2567 โดยการใช้วัสดุดูดซับเสียง 3 ประเภท ได้แก่ โฟมโพลียูรีเทน แกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน และ โฟมทับด้วยแกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาค้างนี้เป็นเครื่อง Cone crusher ในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี จำนวนทั้งหมด 1 เครื่อง ขนาด 300 แรงม้า การทำงานของเครื่อง Cone crusher เป็นการบดย่อยหินให้มีขนาดเล็กลง

การออกแบบและเลือกวัสดุดูดซับเสียง

1. ผู้วิจัยได้ศึกษาลักษณะของเสียงจากเครื่อง Cone crusher โดยดำเนินการสำรวจระดับความดังของเสียงแยกความถี่เสียงจากเครื่อง Cone crusher ในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี ด้วยเครื่อง Sound level meter type 1 ทำการติดตั้งเครื่องวัดเสียงไว้บนขาตั้งห่างจากเครื่อง Cone crusher เป็นระยะ 1 เมตร และไม่โครโฟนอยู่สูงจากพื้น 1.4 เมตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 46 นาที ในวันที่ 12 พฤศจิกายน 2564 เพื่อจะศึกษาข้อมูลเบื้องต้นว่า เครื่อง Cone crusher มีระดับความดังของเสียงแต่ละความถี่เป็นอย่างไร เพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกวัสดุที่จะนำมาทดลอง ดังนั้น จากข้อมูลเบื้องต้น พบว่า เสียงดังที่ความถี่ต่ำ คือ 500 เฮิรตซ์ และ 1,000 เฮิรตซ์ รายละเอียดดังตารางที่ 3 และภาพที่ 23



ภาพที่ 23 การสำรวจระดับความดังของเสียงแยกความถี่เสียงจากเครื่อง Cone crusher
 ที่มา : ชีรพล สุขวัฒนาสินธิ์ (2564)

ตารางที่ 3 ระดับความดังของเสียงแยกความถี่จากเครื่อง Cone crusher ในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่ง
 ของจังหวัดชลบุรี

ความถี่ (Hz)	L_{Zeq} [dB (A)]	L_{ZSmax} [dB (A)]	L_{ZSmin} [dB (A)]
8	89.9	94.1	72.2
16	92.4	96.7	84.7
31.5	88.9	93.6	84.6
63	87.9	95.6	81.8
125	93.0	98.9	81.8
250	95.3	99.9	86.4
500	98.6	101.1	89.1
1,000	97.3	100.1	86.0
2,000	94.7	98.3	83.0

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ความถี่ (Hz)	$L_{Z_{eq}}$ [dB (A)]	$L_{Z_{Smax}}$ [dB (A)]	$L_{Z_{Smin}}$ [dB (A)]
4,000	90.1	93.0	75.8
8,000	83.7	90.1	69.8
16,000	75.0	80.3	63.6

หมายเหตุ $L_{Z_{eq}}$ หมายถึง ค่าระดับเสียงเฉลี่ย

$L_{Z_{Smax}}$ หมายถึง ค่าระดับเสียงสูงสุด

$L_{Z_{Smin}}$ หมายถึง ค่าระดับเสียงต่ำสุด

ที่มา : ธีรพล สุขวัฒนาสินิทธิ (2564)

2. เลือกวัสดุดูดซับเสียงที่เหมาะสมกับความถี่ของเสียง โดยจากการสำรวจระดับความดังของเสียงแยกความถี่เสียงจากเครื่อง Cone crusher พบว่า เสียงดังที่ความถี่ต่ำ คือ 500 เฮิร์ตซ์ และ 1,000 เฮิร์ตซ์ จึงเลือกศึกษาวัสดุดูดซับเสียงประเภทโฟม โพลียูรีเทน (ชนิด Open cell) เนื่องจากที่ความหนา 2 นิ้ว มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงความถี่ 1,000 Hz อยู่ที่ 0.98 ร่วมกับวัสดุเคลือบผสม โฟม โพลียูรีเทน อัตราส่วน เกลบ 20% (ธีรพล สุขวัฒนาสินิทธิ, 2567) เนื่องจากเคลือบเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก คุณสมบัติเด่นของเคลือบคือมีความชื้นต่ำ มีพื้นผิวเป็นรูพรุนขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร และมีน้ำหนักเบา โดยทำการศึกษาวิจัยแบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ติดตั้งจากดูดซับเสียงวัสดุ โฟม โพลียูรีเทน ความหนา 2 นิ้ว

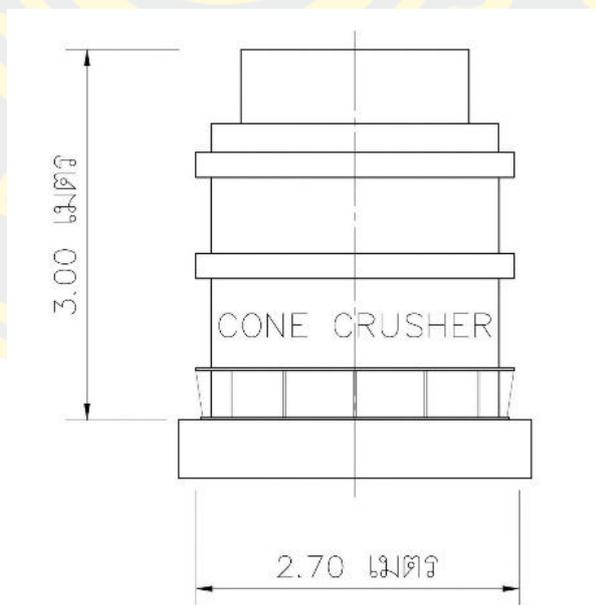
กรณีที่ 2 ติดตั้งจากดูดซับเสียงวัสดุเคลือบผสม โฟม โพลียูรีเทน ความหนา 2 นิ้ว

กรณีที่ 3 ติดตั้งจากดูดซับเสียงวัสดุ โฟม ทับด้วยเคลือบผสม โฟม โพลียูรีเทน ซึ่งแผ่น โฟม โพลียูรีเทน ความหนา 2 นิ้ว ซ้อนทับด้วย แผ่นเคลือบผสม โฟม โพลียูรีเทน ความหนา 2 นิ้ว รวมมีความหนา 4 นิ้ว



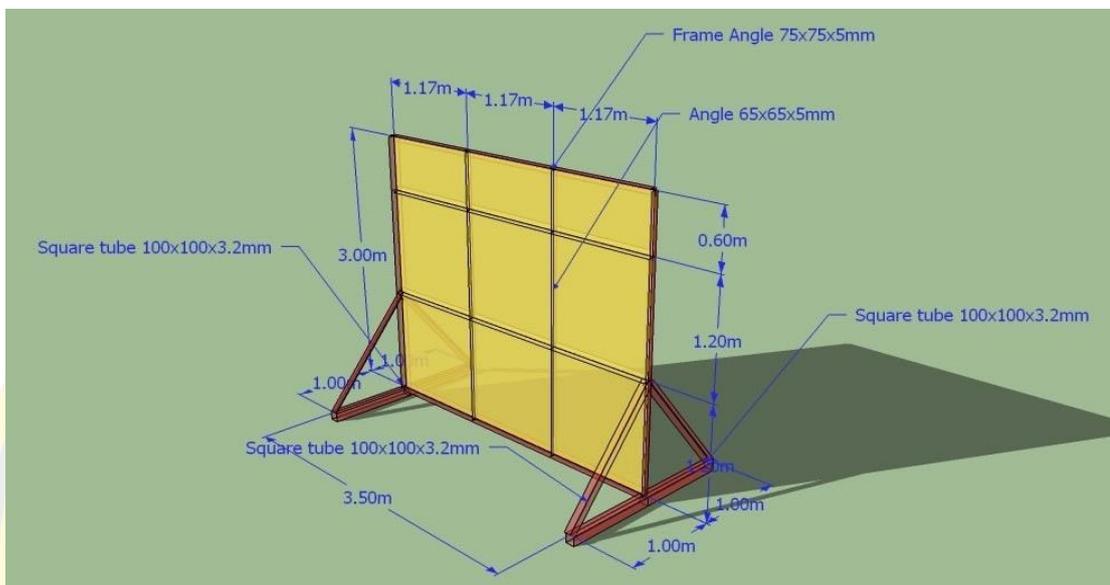
ภาพที่ 24 วัสดุคูดซบเสียงเกลบผสมโพลีโพลียูรีเทน อัตราส่วน เกลบ 20%
ที่มา : ชีรพล สุขวัฒนาสินิทธี (2567)

3. ออกแบบขนาดของจากคูดซบเสียงโดยออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดเครื่อง Cone crusher และไม้กีดขวางการทำงาน โดยมีความยาว \times ความสูง = 3.5×3 เมตร และจะติดตั้งจากวัสดุคูดซบเสียงด้านข้างของเครื่อง Cone crusher จำนวน 1 ด้าน เนื่องจากด้านข้างด้านอื่น ๆ มีมอเตอร์และเพลลาของเครื่องจักรวางอยู่ และด้านบนรวมทั้งด้านล่างจะมีหินป้อนเข้าและออกจากเครื่อง Cone crusher ตลอดเวลาขณะที่เครื่องทำงาน



ภาพที่ 25 ขนาดของเครื่อง Cone crusher
ที่มา : ชีรพล สุขวัฒนาสินิทธี (2564)

4. ออกแบบโครงสร้างจากคูดซับเสียง โดยใช้เหล็กกล่องและเหล็กฉากนำมาตัดและเชื่อมประกอบกัน ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 ลักษณะของฉากที่คิดวัสดุคูดซับเสียง
ที่มา : ชีรพล สุขวัฒนาสินิทธิ (2564)

5. วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาสร้างจากคูดซับเสียง

- 5.1 วัสดุโฟมโพลียูรีเทน (ชนิด Open cell) ความหนา 2 นิ้ว
- 5.2 วัสดุแกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน อัตราส่วน แกลบ 20% ความหนา 2 นิ้ว
- 5.3 ตลับเมตร
- 5.4 คัตเตอร์
- 5.5 สายเคเบิลไทร์
- 5.6 เหล็กกล่อง
- 5.7 เหล็กฉาก
- 5.8 เครื่องตัดเหล็ก
- 5.9 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวัดระดับความดังของเสียง (Sound level meter) ที่ได้มาตรฐานของ คณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยเทคนิคไฟฟ้า (International electrotechnical commission) มาตรฐาน IEC 61672 หรือ IEC 651 type 2 หรือเทียบเท่า โดยทั่วไปผู้ผลิตจะผลิตเครื่องวัดเสียง ที่สามารถวัดระดับเสียงได้ 3 ข่ายถ่วงน้ำหนัก (Weighting networks) คือ A, B และ C ข่ายที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ ข่าย A เพราะเป็นข่ายตอบสนองต่อเสียงคล้ายคลึงกับหูคนมากที่สุด หน่วยวัดของเสียงที่วัดด้วยข่าย A คือ เดซิเบล(เอ) (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2550)
2. เครื่องมือสอบเทียบเสียง (Acoustic calibrator) ใช้สอบเทียบระดับเสียงก่อนการเก็บ ข้อมูลระดับความดังของเสียง
3. วัสดุดูดซับเสียง โดยนำวัสดุดูดซับเสียงที่ออกแบบแต่ละกรณีมาติดบนโครงของฉากดูดซับเสียง ซึ่งติดตั้งด้านข้างของเครื่อง Cone crusher จำนวน 1 ด้าน
4. ตลับเมตร (Measuring tape) ใช้สำหรับวัดระยะ ขนาดสัดส่วนของเครื่องจักรและจุดที่ตั้งเครื่องวัดระดับเสียง
5. แบบฟอร์มการเก็บรวบรวมข้อมูลระดับความดังของเสียงกับประเภทของวัสดุดูดซับเสียง และจุดที่ตั้งเครื่องวัดระดับเสียง

การตรวจสอบเครื่องมือ

การสอบเทียบเครื่องมือมาตรฐาน ทำการสอบเทียบโดยหน่วยงานหรือบริษัทที่ได้รับใบอนุญาตสอบเทียบ เมื่อวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2566

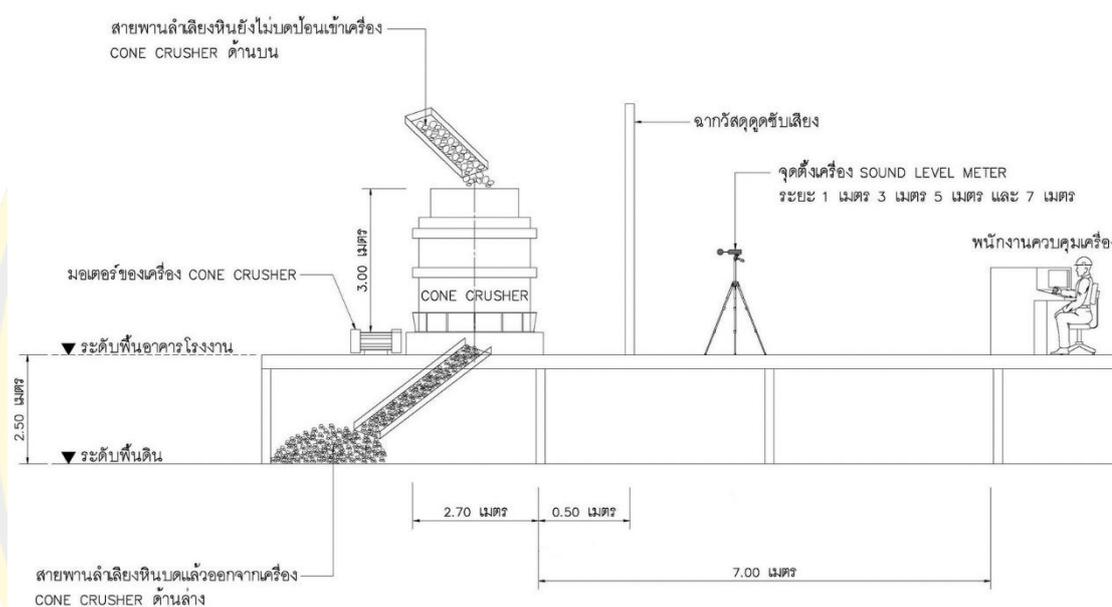
การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยเข้าพบผู้จัดการ โรงงานเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมแจ้งกำหนดการ วัน เวลา สถานที่ ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการจัดประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์ และขออนุญาตเก็บข้อมูล
2. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลวัดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ก่อนติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง
3. ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบเลือกวัสดุดูดซับเสียง และติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงที่ด้านข้างของเครื่อง Cone crusher แบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้
 - กรณีที่ 1 ติดตั้งฉากวัสดุดูดซับเสียงโฟมโพลียูรีเทน
 - กรณีที่ 2 ติดตั้งฉากวัสดุดูดซับเสียงเกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน

กรณีที่ 3 ติดตั้งฉากวัดระดับเสียงโคมทับด้วยแถบโคมโพลียูรีเทน

4. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลวัดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher หลังจากติดตั้งวัดระดับเสียง

5. บันทึกผลและทำการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ก่อนและหลังการติดตั้งวัดระดับเสียง



ภาพที่ 27 การติดตั้งฉากวัดระดับเสียงและการวัดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher
ที่มา : ชีรพล สุขวัฒนาสินิทธิ (2567)

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย โดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยได้ ตามหนังสือที่ อว 8100/06643 ลงวันที่ 24 มิถุนายน 2565

ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล และแจ้งให้เจ้าของกิจการ โรงงาน โม่หินแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี เข้าใจถึงการพิทักษ์สิทธิโดยเคารพสิทธิ์ส่วนบุคคลในการเข้าร่วมหรือถอนตัวระหว่างดำเนินการวิจัยซึ่งจะไม่เกิดผลเสียหายใด ๆ ต่อสถานประกอบการนั้น ๆ

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะปกปิดเป็นความลับ นำเสนอในภาพรวม ไม่มีการระบุชื่อหน่วยงาน ชื่อและนามสกุลของเจ้าของกิจการ โรงงาน โม่หินดังกล่าว

การวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป มีการนำเสนอข้อมูลเชิงสถิติ 2 แบบ ดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด เพื่ออธิบายลักษณะข้อมูลของระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher
2. วิเคราะห์เปรียบเทียบระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ระหว่างก่อนและหลังการใส่วัสดุดูดซับเสียง ด้วยสถิติเชิงอนุมาน Wilcoxon signed rank test

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone Crusher ในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี โดยเป็นการวิจัยแบบการทดลอง (Experimental design) วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ระหว่างก่อนและหลังการใช้วัสดุดูดซับเสียงในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี ระยะเวลาการเก็บข้อมูลอยู่ระหว่าง วันที่ 10-16 กุมภาพันธ์ 2567 โดยมีวัสดุดูดซับเสียง 3 ประเภท ได้แก่ โฟมโพลียูรีเทน แกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน และโฟมทับด้วยแกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน

ผู้วิจัยนำผลข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ซึ่งผลการวิจัยได้นำเสนอในรูปแบบตารางประกอบคำบรรยายโดยมีลำดับการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ผลการออกแบบและเลือกวัสดุดูดซับเสียง
2. ผลการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher
3. ผลการเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ระหว่างก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงแต่ละประเภท

ผลการออกแบบและเลือกวัสดุดูดซับเสียง

ผลการออกแบบและเลือกวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับเสียงจากเครื่อง Cone Crusher มีวัสดุดูดซับเสียง 3 ชนิด ที่นำมาทดลอง ดังนี้

1. ฉากแกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน

ใช้ส่วนผสมแกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน อัตราส่วนแกลบ 20% ขึ้นรูปเป็นแผ่น ความหนา 2 นิ้ว จุดเด่น ราคาต่ำ วัสดุสามารถหาได้ในท้องถิ่น มีคุณสมบัติการดูดซับเสียงที่ดีในช่วงความถี่ต่ำ การประยุกต์ใช้เหมาะสำหรับการดูดซับเสียงในช่วงความถี่ต่ำถึงปานกลาง (8-500 Hz) ใช้ได้ดีในโรงงานโม่หินที่มีเสียงจากแรงสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

2. ฉากโฟมโพลียูรีเทน

โฟมโพลียูรีเทน ขึ้นรูปเป็นแผ่น ความหนา 2 นิ้ว จุดเด่น โครงสร้างเบา ติดตั้งง่าย ลดเสียงในช่วงความถี่ปานกลางถึงสูงได้ดี การประยุกต์ใช้เหมาะสำหรับการดูดซับเสียงในช่วง

ความถี่ปานกลางถึงสูง (250–8,000 Hz) ใช้ได้ในบริเวณที่มีเครื่องจักรที่สร้างเสียงความถี่สูง เช่น เครื่องจักรหมุนรอบสูง

3. ฉากโฟมทับด้วยเกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน

ส่วนประกอบ แผ่น โฟมโพลียูรีเทน ความหนา 2 นิ้ว ทับด้วยแผ่นเกลบผสม โฟมโพลียูรีเทน ความหนา 2 นิ้ว รวมความหนาทั้งหมด 4 นิ้ว จุดเด่น ประสิทธิภาพสูงสุดในการ ดูดซับเสียง สามารถลดเสียงในทุกช่วงความถี่ได้ดีที่สุด ลดเสียงได้มากกว่าวัสดุชนิดอื่น (สูงสุด 9.87 dB ในระยะ 1 เมตร) การประยุกต์ใช้ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีระดับเสียงสูงมาก หรืออยู่ใกล้ แหล่งกำเนิดเสียง ใช้ในโรงงานที่มีเสียงดังตลอดเวลา เช่น โรงงานไม้หิน

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด

วัสดุที่ใช้	ช่วงความถี่ที่ เหมาะสม (Hz)	จุดเด่น	ข้อจำกัด
ฉากเกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน	8–500	ราคาถูก ใช้วัสดุ ในท้องถิ่น	ประสิทธิภาพต่ำ ในช่วงความถี่สูง
ฉากโฟมโพลียูรีเทน	250–8,000	เบา ติดตั้งง่าย	มีประสิทธิภาพต่ำ ในช่วงความถี่ต่ำ
ฉากโฟมทับด้วยเกลบผสม โฟมโพลียูรีเทน	8–8,000	ประสิทธิภาพ สูงสุดในทุกช่วง ความถี่	ราคาสูง ขั้นตอนการ ผลิตซับซ้อน

วัสดุที่ดีที่สุด สำหรับการลดเสียงจาก Cone Crusher คือ ฉากโฟมทับด้วยเกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน เนื่องจากให้ผลการลดเสียงสูงสุดและสามารถครอบคลุมทุกช่วงความถี่เสียงได้ดีที่สุด

ผลการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher

การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับเสียงจากเครื่อง Cone Crusher ในโรงงานไม้หิน พบว่าเสียงที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรมีระดับความดังที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและชุมชน โดยรอบ การใช้วัสดุดูดซับเสียงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดเสียงลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการทดลองนี้ได้ทดสอบวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ ฉากเกลบผสมโฟมโพลียูรีเทน ฉากโฟมโพลียูรีเทน และฉากโฟมทับด้วยเกลบผสมโฟม

โพลียูรีเทน การทดลองทำการวัดระดับเสียงในระยะห่างจากเครื่อง Cone Crusher จำนวน 4 จุด ได้แก่ 1 เมตร, 3 เมตร, 5 เมตร และ 7 เมตร ทั้งก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง

1. ฉากกั้นผสมโฟมโพลียูรีเทน

ฉากกั้นผสมโฟมโพลียูรีเทนเป็นวัสดุที่มีส่วนผสมของกั้น ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ใ้ในภาคการเกษตร ผสมกับโฟมโพลียูรีเทน การทดลองแสดงให้เห็นว่าวัสดุนิดนี้สามารถลดระดับเสียงได้อยู่ระหว่าง 2.76–5.37 dB (A) ในช่วงระยะ 1, 3, 5 และ 7 เมตร ประสิทธิภาพของวัสดุนี้เหมาะสมที่สุดในช่วงความถี่ต่ำถึงปานกลาง (8–500 Hz) อย่างไรก็ตาม ฉากกั้นผสมโฟมเริ่มมีประสิทธิภาพลดลงในช่วงความถี่สูง (> 2,000 Hz)

2. ฉากโฟมโพลียูรีเทน

ฉากโฟมโพลียูรีเทน มีคุณสมบัติเบา จากการทดลองในระยะ 1 เมตร แสดงให้เห็นว่าฉากโฟมลดระดับเสียงได้ 2.97 dB (A) การลดเสียงของวัสดุนิดนี้มีความเหมาะสมที่สุดในช่วงความถี่ปานกลางถึงสูง (250–8000 Hz) อย่างไรก็ตามฉากโฟมมีข้อจำกัดในช่วงความถี่ต่ำ (< 63 Hz) ซึ่งประสิทธิภาพในการลดเสียงลดลงอย่างชัดเจน

3 ฉากโฟมทับด้วยกั้นผสมโฟมโพลียูรีเทน

ฉากโฟมทับด้วยกั้นผสมโฟมโพลียูรีเทนแสดงประสิทธิภาพสูงสุดในการลดระดับเสียง โดยสามารถลดเสียงได้อยู่ระหว่าง 2.26–9.87 dB (A) ในช่วงระยะ 1, 3, 5 และ 7 เมตร แสดงให้เห็นว่าวัสดุนิดนี้มีความสามารถลดระดับเสียงได้ดีในทุกช่วงความถี่ (8–8,000 Hz) โดยได้เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของวัสดุคงแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพในการลดระดับเสียงของวัสดุแต่ละประเภท

ระยะห่างจาก Cone Crusher (เมตร)	ฉากกั้นผสมโฟม โพลียูรีเทนลดเสียงได้ [dB (A)]	ฉากโฟมโพลียูรีเทน ลดเสียงได้ [dB (A)]	ฉากโฟมทับด้วยกั้นผสม โฟมโพลียูรีเทนลดเสียงได้ [dB (A)]
1	5.37	2.97	9.87
3	2.76	-	2.26
5	3.23	-	3.73
7	3.47	-	2.47

ผลการเปรียบเทียบระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone crusher ระหว่างก่อนและหลังการใช้วัสดุดูดซับเสียงแต่ละประเภท

จากข้อมูลระดับเสียงในกรณีต่าง ๆ ได้แก่ ไม่มีฉากกั้น ฉากเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทน ฉากโฟมโพลียูรีเทน และฉากโฟมทับด้วยเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทน ในระยะทางที่แตกต่างกัน ผลที่ได้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ระยะทาง 1 เมตร

ก่อนติดตั้งวัสดุ: ระดับเสียงเฉลี่ย 100.30 dB (A) แสดงระดับเสียงที่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียง

หลังติดตั้งวัสดุ: ฉากเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทนลดเสียงได้เหลือ 94.93 dB (A) ลดลง 5.37 dB (A), ฉากโฟมโพลียูรีเทนลดระดับเสียงได้เหลือ 97.33 dB (A) ลดลงเพียง 2.97 dB (A) และฉากโฟมทับด้วยเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทนลดระดับเสียงได้มากที่สุดที่ 90.43 dB (A) ลดลงถึง 9.87 dB (A) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.003$, $p = 0.005$ และ $p = 0.001$ ตามลำดับ) ระหว่างระดับเสียงก่อนและหลังติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง

2. ระยะทาง 3 เมตร

ก่อนติดตั้งวัสดุ: ระดับเสียงเฉลี่ย 97.73 dB (A) ลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น

หลังติดตั้งวัสดุ: ฉากเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทนลดระดับเสียงได้เหลือ 94.97 dB (A) ลดลง 2.76 dB (A) และฉากโฟมโพลียูรีเทนทับด้วยเคลือบผสมโฟมลดเสียงได้เหลือ 95.47 dB (A) ลดลง 2.26 dB (A) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.003$ และ $p = 0.022$ ตามลำดับ) ระหว่างระดับเสียงก่อนและหลังติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง

3. ระยะทาง 5 เมตร

ก่อนติดตั้งวัสดุ: ระดับเสียงเฉลี่ย 96.13 dB (A) ลดลงเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น

หลังติดตั้งวัสดุ: ฉากเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทนลดระดับเสียงได้เหลือ 92.9 dB (A) ลดลง 3.23 dB (A) และฉากโฟมทับด้วยเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทนลดเสียงได้มากที่สุดที่ 92.4 dB (A) ลดลง 3.73 dB (A) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.003$ และ $p = 0.037$ ตามลำดับ) ระหว่างระดับเสียงก่อนและหลังติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง

4. ระยะ 7 เมตร

ก่อนติดตั้งวัสดุ: ระดับเสียงเฉลี่ย 94.87 dB (A) ซึ่งต่ำที่สุดในทุกระยะเนื่องจากระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมากที่สุด

หลังติดตั้งวัสดุ: ฉากเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทนลดระดับเสียงได้เหลือ 91.4 dB (A) ลดลงมากที่สุด 3.47 dB (A) และฉากโฟมทับด้วยเคลือบผสมโฟมโพลียูรีเทนลดเสียงได้เหลือ 92.4

dB (A) ลดลง 2.47 dB (A) แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.002$ และ $p = 0.001$ ตามลำดับ) ระหว่างระดับเสียงก่อนและหลังติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบระดับเสียงตามระยะห่างก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียง

ระยะห่างจาก Cone Crusher (เมตร)	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้งวัสดุ	หลังติดตั้ง	หลังติดตั้งวัสดุ
	วัสดุดูดซับ เสียง [dB (A)]	จากแถบผสมโฟม โพลียูรีเทน [dB (A)] (p-value)	วัสดุฉากโฟม โพลียูรีเทน [dB (A)] (p-value)	ฉากโฟมทับด้วยแถบ ผสมโฟมโพลียูรีเทน [dB (A)] (p-value)
1	100.30	94.93 (0.003)	97.33 (0.005)	90.43 (0.001)
3	97.73	94.97 (0.003)	-	95.47 (0.022)
5	96.13	92.90 (0.003)	-	92.40 (0.037)
7	94.87	91.40 (0.002)	-	92.40 (0.001)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone Crusher ในโรงงานโม่หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี พบว่า การเลือกและออกแบบวัสดุ มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการลดเสียง ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่มีระดับเสียงสูงเกินมาตรฐานความปลอดภัย การศึกษานี้ได้เปรียบเทียบวัสดุ 3 ประเภท ได้แก่ ฉากเคลือบผสมโพลีเอทิลีน เทน จากโพลีเอทิลีน เทน และฉากผสมโพลีเอทิลีน เทน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone Crusher ในโรงงานโม่หิน พบว่า วัสดุแต่ละประเภทให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง และช่วงความถี่ของเสียง โดยสรุปได้ดังนี้

ฉากเคลือบผสมโพลีเอทิลีน เทน สามารถลดเสียงได้อยู่ระหว่าง 2.76–5.37 dB (A) ในช่วงระยะ 1, 3, 5 และ 7 เมตร โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดในช่วงความถี่ต่ำถึงปานกลาง (8–500 Hz) เหมาะสำหรับการลดเสียงจากแรงสั่นสะเทือนของเครื่องจักร เช่น Cone Crusher อย่างไรก็ตาม วัสดุนี้มีข้อจำกัดในการลดเสียงที่มีความถี่สูง เนื่องจากโครงสร้างพูนของฉากทำให้เสียงสามารถทะลุผ่านได้ง่าย

ฉากโพลีเอทิลีน เทน ลดเสียงได้ 2.97 dB (A) ที่ระยะ 1 เมตร และให้ผลดีที่สุดในช่วงความถี่ปานกลางถึงสูง (250–8,000 Hz) เนื่องจากมีโครงสร้างเซลล์เปิดที่ช่วยดูดซับพลังงานเสียงในช่วงความถี่สูงได้ดี อย่างไรก็ตาม มีข้อจำกัดในการลดเสียงที่เกิดจากแรงสั่นสะเทือนต่ำ

ฉากโพลีเอทิลีน เทน ฝ้าผสมโพลีเอทิลีน เทน เป็นวัสดุที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถลดเสียงอยู่ระหว่าง 2.26–9.87 dB (A) ในช่วงระยะ 1, 3, 5 และ 7 เมตร และลดเสียงได้สูงสุด 9.87 dB (A) ที่ระยะ 1 เมตร วัสดุนี้สามารถครอบคลุมช่วงความถี่ที่กว้างขึ้น (8–8,000 Hz) ทำให้สามารถดูดซับเสียงได้ทั้งจากแรงสั่นสะเทือนและเสียงที่มีความถี่สูง แม้ว่าจะมีต้นทุนสูงกว่าและกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนกว่าวัสดุอื่น แต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

และ ภัทรนันท์ ทักษนนท์ (2558) ระบุว่า การพัฒนาวัสดุผสมต้องคำนึงถึงต้นทุนและความยั่งยืน เพื่อเพิ่มโอกาสในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้

การลดเสียงในโรงงานอุตสาหกรรม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าวัสดุดูดซับเสียงแต่ละประเภทมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน ฉากเคลือบผสมโพลีเอสเตอร์สำหรับโรงงานที่มีเสียงความถี่ต่ำ เช่น โรงงานโม่หิน หรือระบบลำเลียงวัสดุ ในขณะที่ฉากโพลีเอสเตอร์เคลือบผสมโพลีเอสเตอร์สำหรับโรงงานที่มีเสียงในทุกช่วงความถี่ เช่น โรงงานปูนซีเมนต์หรือโรงงานแปรรูปโลหะ การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสามารถช่วยลดผลกระทบจากเสียงต่อพนักงานและชุมชนโดยรอบได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาวัสดุดูดซับเสียงชนิดใหม่ที่มีความหลากหลายมากขึ้น เช่น วัสดุรีไซเคิลจากของเสียในอุตสาหกรรม (เช่น เศษพลาสติกหรือยางรถยนต์) หรือวัสดุธรรมชาติชนิดอื่น ๆ (เช่น เส้นใยปาล์มหรือเปลือกตาล โคนด) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทที่หลากหลายยิ่งขึ้น ควบคู่กับการวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้าง เช่น ความพรุน ความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) เพื่อเพิ่มความเข้าใจในประสิทธิภาพของวัสดุเหล่านี้ในช่วงความถี่และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

บรรณานุกรม

- กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2559. (2559, 17 ตุลาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 133
- กนกวรรณ อาจแก้ว วิชัย พุกฤษธราริภูต และสุนิสา ชายเกลี้ยง. (2563). ความชุกของการสูญเสียการได้ยินและการสัมผัสเสียงของพนักงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ทำความเย็น. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา*, 15(1), 1-13.
- กรมควบคุมโรค. (2547). *คู่มือการเฝ้าระวังการสูญเสียการได้ยิน*.
<http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/media/manual/Page1.pdf>
- ชาญวิทย์ พุนศรีไชยสิทธิ์. (2551). โฟมพลาสติก. *วารสารเทคโนโลยีวัสดุ*, 51, 75-78.
- นาปีเส้า กาโบะ, ซอลิฮาห์ ละตานา, และ โรสลีนา จาราแเว. (2559). สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ การนำเสนอผลงานวิจัยของนักศึกษาระดับปริญญาตรี “คุณภาพผู้เรียน คุณภาพครู”* 11-12 กุมภาพันธ์ 2559 (หน้า 34-42) นครศรีธรรมราช: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- นุชจิรา ดีแจ้ง และ สรารัตน์ มหาศรานนท์. การพัฒนาวัสดุดูดซับเสียงแบบรูพรุนของโพลียเอทิลีนจาก ชั่งข้าวโพด. (2562). *Rattanakosin Journal of Science and Technology: RJST*, 1(2), 27-36.
- ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน. (2561, 26 มกราคม) ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 135
- ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการตรวจวัด และการวิเคราะห์สภาพการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง รวมทั้งระยะเวลาและประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ. (2561, 12 มีนาคม) ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 135
- ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ. (2561, 12 มิถุนายน) ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 135
- ประชุม คำพูด. (2561). แผ่นบุผนังป้องกันเสียงผลิตจากยางธรรมชาติผสมเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวไนลอะซิเตท. *วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย*, 32(2), 53-60.
- พันธุ์ลพ หัตถโกศล. (2555). *คู่มือพัฒนาผลผลิตและประสิทธิภาพ สำหรับอุตสาหกรรมเหมืองแร่และโรงโม่หิน*. วนิดาการพิมพ์.

- มนัญญา ชวงศ์เลิศ และ กัทธนนท์ ทักชนนท์. (2558). แผ่นดูดซับเสียงจากกระดาศาใช้แล้วในสำนักงาน. ใน *การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53* (หน้า 625-631) กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภูวสิทธิ์ สิงห์ภูมิ, ศรีรัตน์ ล้อมพงษ์, และ จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ. (2556). ผลร่วมระหว่างเสียงและการสับหูที่ส่งผลต่อการสูญเสียการได้ยินของพนักงานในอุตสาหกรรมหลอมโลหะแห่งหนึ่ง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา*, 8(2), 92-100.
- รัตนภรณ์ เพ็ชรประพันธ์, วันดี ไช้มุกด์, และ จิตติพร ชูสง. (2558). การประเมินระดับเสียงและสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานโรงงานโมหินแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ*, 8(27), 13-23.
- รัฐวุฒิ ยอดแก้ว, โสภภาพรณ แสงศัพท์, และ สิงห์ อินทรชูโต. การดูดซับเสียงของแผ่นฝ้าเพดานแกลบ. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45*, 30 ม.ค. - 2 ก.พ. 2550 (หน้า 217-225) กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิฑูรย์ สิมะโชคดิ. (2544). *คู่มือการลดและควบคุมเสียงดังในโรงงาน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ศรีรัตน์ ล้อมพงษ์. (2563). *สุขศาสตร์อุตสาหกรรมที่ จบ. ควรรู้*. โอ. เอส. พรินติ้ง เฮ้าส์.
- ศรีรัตน์ ล้อมพงษ์. (2563). *เอกสารคำสอนเรื่องเทคนิคการควบคุมเสียง (Noise Control Technic)*. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อนามัย ชีรวีโรจน์ เทศกะทิก. (2556). *อาชีพอนามัยและความปลอดภัย* (พิมพ์ครั้งที่ 5). โอเดียนสโตร์.
- อริสรา ฤทธิงาม. (2561). การป้องกันโรคประสาทหูเสื่อมจากเสียงดัง: บทบาทพยาบาลอาชีพอนามัย. *วารสารพยาบาลสาธารณสุข*, 32(2), 223-238.
- อริสรา ฤทธิงาม, เจนจิรา เจริญการไกร, สุวรรณ จันทร์ประเสริฐ, และ จันทร์ทิพย์ อินทวงศ์. (2561). ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการสูญเสียการได้ยินในพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปยางธรรมชาติ จังหวัดระยอง. *วารสารพยาบาลสาธารณสุข*, 30(3), 118-131.
- อารียา นามนต์พิมพ์. (2561). *ประสิทธิภาพของวัสดุ โฟม โพลียูรีเทนเหลือใช้เพื่อดูดซับเสียงเครื่องปั๊มโลหะในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ*. [ปริญญาณิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา]. Burapha University Research Information.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

หนังสือแจ้งผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน กองบริหารการวิจัยและนวัตกรรม งานมาตรฐานและจริยธรรมในการวิจัย โทร. ๒๖๒๐
ที่ อว ๘๑๐๐/๐๖๖๔๓ วันที่ ๒๔ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๕
เรื่อง ขอแจ้งรับรองโครงการวิจัยที่ส่งมาขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เรียน นายธีรพล สุขวัฒนาสินธิ์

ตามที่ท่าน ได้ส่งเอกสารโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ในหัวข้อโครงการวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับเสียงในการลดระดับความดังของเสียงจากเครื่อง Cone Crusher ในโรงงานไม้หินแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี นั้น

ได้พิจารณาตามวิธีดำเนินการมาตรฐาน (Standard Operating Procedures, SOP) ฉบับที่ ๑.๒ พ.ศ. ๒๕๖๔ ที่ได้ประกาศใช้เมื่อวันที่ ๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๔ แล้วว่า โครงการวิจัยดังกล่าวไม่ได้ทำการศึกษา วิจัยในมนุษย์ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

นางสาวรมร แยมประทุม

(นางสาวรมร แยมประทุม)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สำหรับโครงการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาและระดับปริญญาตรี
ชุดที่ 3 (กลุ่มคลินิก/ วิทยาศาสตร์สุขภาพ/ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)





ภาคผนวก ข
การสอบเทียบเครื่องมือมาตรฐาน



THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)

Request No. 21-66/0422

MTC No. EEL. BP. 126/0366

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

Description : Precision Acoustic Calibrator

Manufacturer : Larson Davis

Model : CAL200

Serial No. : 10818

Ambient EnvironmentTemperature : $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$ Relative Humidity : $(50 \pm 15) \%$ Ambient Pressure : $(101.325 \pm 1.500) \text{ kPa}$

- 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 Keithley 2015-P S/N 4106495.
 7. Condenser Microphone Bruel&Kjaer 4180 S/N 2889871.

Calibration Procedure: CP-102-04 based on IEC 60942-2003. The sound pressure level of instrument was 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 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 : 30 Mar. 2023**Date of Calibration** : 31 Mar. 2023

1 / 3

The results relate only to the items tested/calibrated or value assigned.

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.4

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



THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)

Request No. 21-66/0422

MTC No. EEL. BP. 126/0366

The reported expanded uncertainty is based upon a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$, providing a level of confidence of approximately 95%.

Nominal Output of Unit Under Test = 94 dB re 20 μ Pa at 1000 Hz

Acoustic Output in dB re 20 μ Pa , Corrected to Reference Conditions : 101.325 kPa , 23.0 °C and 50 %RH

1. Sound Pressure Level

Standard Microphone Type	Measured Sound Pressure Level (dB)	Deviated value (dB)	Uncertainty (dB)	Tolerance limit IEC60942:2003 Class 1
1/2 inch Bruel&Kjaer4180	93.80	-0.20	± 0.10	± 0.40 dB

2. Frequency

Standard Microphone Type	Measured Frequency (Hz)	Deviated value (Hz)	Uncertainty (Hz)	Tolerance limit IEC60942:2003 Class 1
1/2 inch Bruel&Kjaer4180	1000.0	0.0	± 1.5	$\pm 1.0\%$

3. Total distortion

Standard Microphone Type	Measured Total distortion (%)	Uncertainty (%)	Tolerance limit IEC60942:2003 Class 1
1/2 inch Bruel&Kjaer4180	1.30	± 0.50	$\pm 3.0\%$

Note : 1. No adjustment.

2. The calibrator pressure correction was not included.

3. The microphone volume correction was included at level of 0.26 dB from manual.

Date of Calibration : 31 Mar. 2023

2 / 3

The results relate only to the items tested/calibrated or value assigned.
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.BLMTC.002 Rev.4

Head Office
35 Mu 3 Tambon Khlong Ha, Amphoe Khlong Luang,
Changwat Pathumthani 12120, Thailand
Tel. (66) 0 2577 9500
Fax. (66) 0 2577 9509
E-mail : mtc@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



THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)

Request No. 21-66/0422

MTC No. EEL. BP. 126/0366

Nominal Output of Unit Under Test = 114 dB re 20 μ Pa at 1000 Hz

Acoustic Output in dB re 20 μ Pa , Corrected to Reference Conditions : 101.325 kPa , 23.0 °C and 50 %RH

1. Sound Pressure Level

Standard Microphone Type	Measured Sound Pressure Level (dB)	Deviated value (dB)	Uncertainty (dB)	Tolerance limit IEC60942:2003 Class 1
1/2 inch Bruel&Kjaer 4180	113.79	-0.21	± 0.10	± 0.40 dB

2. Frequency

Standard Microphone Type	Measured Frequency (Hz)	Deviated value (Hz)	Uncertainty (Hz)	Tolerance limit IEC60942:2003 Class 1
1/2 inch Bruel&Kjaer 4180	1000.0	0.0	± 1.5	$\pm 1.0\%$

3. Total Distortion

Standard Microphone Type	Measured Total Distortion (%)	Uncertainty (%)	Tolerance limit IEC60942:2003 Class 1
1/2 inch Bruel&Kjaer 4180	0.39	± 0.50	$\pm 3.0\%$

Note : 1. No adjustment.

2. The calibrator pressure correction was not included.

3. The microphone volume correction was included at level of 0.26 dB from manual.

Calibrated by :

Mr. Weerachai Deechaiyai
(Mr. Weerachai Deechaiyai)

Approved by :

Mr. Prawat Klaiyapa
(Mr. Prawat Klaiyapa)
Director

Electrical and Electronic Standards Laboratory
Industrial Metrology and Testing Service Centre

Date of Calibration : 31 Mar. 2023

Date of Issue : 3 Apr. 2023

Ref : 2011266033001288003

End of Certificate

3 / 3

The results relate only to the items tested/calibrated or value assigned.
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.4

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

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายธีรพล สุขวัฒนาสินธุ์
วัน เดือน ปี เกิด	3 มกราคม 2532
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	271 หมู่ 2 ตำบลสามชุก อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 72130
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	ปัจจุบัน วิศวกร สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเหมืองแร่) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2568 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยบูรพา