# บทวิเคราะห์แนวโน้มทางเทคโนโลยี

## Materials of Silence Sound for Future City

โดย

ฝ่ายวิจัยนโยบาย

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กรกฎาคม – กันยายน 2561

# Materials of Silence Sound for Future City

กรกฎาคม – กันยายน 2561

ฝ่ายวิจัยนโยบาย
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

# สารบัญ

**หน้า**

สารบัญ .....2

1. บทนำ .....3

2. “ดูดซับเสียง” กับ “กันเสียง” ต่างกันอย่างไร? .....4

3. แนวโน้มวัสดุป้องกันเสียง .....5

4. การศึกษา วิจัย และพัฒนาวัสดุป้องกันเสียง .....11

5. การพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงของไทย .....19

6. บทสรุปการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียง .....25

บรรณานุกรม .....28

ภาคผนวก ก: จำนวนบทความวิชาการ 5 ปีย้อนหลังที่เกี่ยวข้องกับวัสดุป้องกันเสียงจำแนกรายประเทศ (เรียงอันดับ 100 ประเทศแรกในปี 2013 – 2017) .....31

ภาคผนวก ข: จำนวนบทความวิชาการ 5 ปีย้อนหลังที่เกี่ยวข้องกับวัสดุป้องกันเสียง จำแนกตามรายหน่วยงานในประเทศ (ปี 2013 – 2017) .....34

ภาคผนวก ค: ตัวอย่างสิทธิบัตรที่น่าสนใจ 5 ปีย้อนหลังเกี่ยวกับวัสดุป้องกันเสียง (ปี 2013 – 2017) .....35

คณะผู้จัดทำ .....39

# 1. บทนำ

การเติบโตทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมได้ก่อให้เกิดมหานครแห่งใหม่ขึ้นทั่วโลก ซึ่งได้ดึงดูดการลงทุนขนาดใหญ่ในโครงสร้างทางทรัพยากรต่างๆ รวมทั้งทรัพยากรมนุษย์ อันเป็นปัจจัยหลักในการขับเคลื่อนทางธุรกิจ ซึ่งจากการหลั่งไหลของแรงงานในทุกภาคส่วนเข้าสู่เมืองใหม่และเมืองอุตสาหกรรมใหม่ ได้นำพาปัญหามลพิษหลากหลายรูปแบบตามมาด้วย โดยหนึ่งในปัญหาที่แฝงเร้นอยู่ท่ามกลางการเติบโตทางเศรษฐกิจและการขยายตัวของเมืองคือ มลพิษทางเสียง จากกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ทั่วโลกกำลังเผชิญโดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนาที่มีแผนโครงการต่างๆ ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากมายในการยกระดับการพัฒนาโดยรวมของประเทศทั้งในส่วนของโครงสร้างพื้นฐานทางระบบคมนาคมขนส่ง ระบบพลังงาน รวมทั้งอสังหาริมทรัพย์ ซึ่งการบริหารจัดการของมหานครหลายแห่งทั่วโลก ได้ศึกษาการนำเทคโนโลยีวัสดุป้องกันเสียงเข้ามาใช้ในแหล่งชุมชนและบริเวณใกล้เคียงต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการอยู่ร่วมกันได้อย่างยั่งยืน

ในส่วนของประเทศไทย ปัจจุบันได้มีนโยบายในการนำพาประเทศให้สามารถก้าวข้ามกับดักประเทศรายได้ปานกลาง (Middle Income Trap) ด้วยการประกาศแผนการสนับสนุนที่มุ่งเน้นการส่งเสริมอุตสาหกรรมใหม่และพัฒนาขีดความสามารถของอุตสาหกรรมดั่งเดิมของประเทศ รวมถึงการเปิดพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษต่างๆ อันจะเป็นแหล่งงานและชุมชนเมืองแห่งใหม่ที่จะส่งผลให้เกิดการเคลื่อนย้ายแรงงานเข้าสู่พื้นที่เหล่านี้ ซึ่งต่อไปในอนาคตอาจได้รับผลกระทบตามมาของปัญหามลพิษทางเสียงเช่นเดียวกันกับการก่อเกิดเมืองใหม่อื่นๆ ทั่วโลกได้

บทวิเคราะห์แนวโน้มทางเทคโนโลยี เรื่อง “Materials of Silence Sound for Future City” นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ข้อมูลและองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานภาพของอุตสาหกรรมวัสดุป้องกันเสียงและเทคโนโลยีที่น่าสนใจ ตลอดจนแนวโน้มงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช.) เพื่อเป็นการเผยแพร่ความรู้แก่บุคคลทั่วไป

## 2. “ดูดซับเสียง” กับ “กันเสียง” ต่างกันอย่างไร?

การเคลื่อนย้ายประชากรจากท้องถิ่นสู่เมืองใหญ่/เมืองใหม่ ทั้งในเขตเมืองหลวง บริเวณชุมทางคมนาคมสายใหม่ รวมถึงเขตเศรษฐกิจพิเศษต่างๆ ได้ก่อให้เกิดความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจแต่ขณะเดียวกันก็ยังส่งผลกระทบในการจัดการสภาพแวดล้อมจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ โดยหนึ่งในมลภาวะล่องหนที่มักก่อปัญหามากขึ้นในระยะยาวคือ มลพิษทางเสียง ซึ่งปัจจุบันได้มีวัสดุป้องกันเสียงหลากหลายชนิดวางจำหน่ายมากมายในท้องตลาด ดังนั้นเราจึงควรเข้าใจถึงความหมายและลักษณะของวัสดุป้องกันเสียงเหล่านี้ในเบื้องต้นกันเสียก่อน

*การดูดซับเสียง (Sound Absorbtion)* คือ การลดเสียงก้องและเสียงสะท้อน ด้วยวัสดุที่ลดการสะท้อนของคลื่นเสียง

*การกันเสียง (Sound Isolation)* คือ การกั้นเสียงไม่ให้เสียงจากภายในออกสู่ภายนอก หรือกั้นเสียงจากภายนอกไม่ให้เข้าสู่ภายใน ด้วยวัสดุที่ใช้กั้นไม่ให้คลื่นเสียงทะลุผ่าน[1]

*การป้องกันเสียง (Sound Insulation)* คือ การลดพลังงานของคลื่นเสียงที่ผ่านจากพื้นที่หนึ่งไปยังพื้นที่อีกส่วนหนึ่ง โดยมีอากาศเป็นสื่อนำ (Airborne Sound) ด้วยวัสดุต่างๆ เช่น ฉนวนกันเสียง (Acoustic Insulation)[2] เป็นต้น

ดังนั้น การบริหารจัดการเมืองเพื่อการอยู่ร่วมกันระหว่างเขตพื้นที่อยู่อาศัยที่อาจตั้งอยู่ท่ามกลางการพัฒนาต่างๆ จากการขยายโครงสร้างของเมืองนั้น นอกจากจะลดเสียงรบกวนต่างๆ ทั้งจากภายในสู่ภายนอกและจากภายนอกเข้าสู่ภายในแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบที่เหมาะสม เพื่อรักษาประสิทธิภาพของเสียงในปริมาณที่พอเหมาะต่อการได้ยิน และเพื่อการป้องกันภัยต่างๆ ทั้งจากภายในและภายนอกได้อีกด้วย

[1] SCG Experience, Material Guide: ดูดซับกับกันเสียง เลือกใช้ต่างกันอย่างไร, บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2558

[2] ฉนวนกันเสียง (Acoustic Insulation) เป็นฉนวนที่มีรูพรุน (Open Cell) ทำให้คลื่นเสียงที่ตกกระทบเกิดการเสียดสีระหว่างช่องอากาศและเส้นใยเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน จึงสามารถช่วยดูดซับคลื่นเสียงลงได้

## 3. แนวโน้มวัสดุป้องกันเสียง

การขยายตัวของเมือง (Urbanization) เป็นหนึ่งในแนวโน้มที่เกิดขึ้นทั่วทุกมุมโลก ซึ่งได้มาพร้อมกับการเฉลิงฉลองเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 โดยในปี 2025 คาดว่า จะเกิดเมืองอัจฉริยะขึ้น 26 เมืองทั่วโลก ซึ่งมากว่าร้อยละ 50 จะกระจายตัวอยู่ในกลุ่มประเทศยุโรปและอเมริกาเหนือ โดยเมืองอัจฉริยะที่จะเกิดขึ้นในปี 2025 ของกลุ่มประเทศเอเชีย ได้แก่ กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น, กรุงปักกิ่ง นครเซินเจิ้น เมืองเทียนจิน ประเทศจีน, กรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ และประเทศสิงคโปร์ นอกจากนี้ ยังมีโครงการเมืองอัจฉริยะที่จะเริ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2025 ในกลุ่มประเทศเอเชียอีก 3 เมือง ได้แก่ นครเฉิงตู ประเทศจีน, กรุงเดลี ประเทศอินเดีย และกรุงจาการ์ตา ประเทศอินโดนีเซีย[3]

**รูปที่ 1 เมืองอัจฉริยะในปี 2025 และเมืองที่จะมีโครงการเมืองอัจฉริยะในปี 2025**

ที่มา: Frost & Sullivan, 2016

[3] Frost & Sullivan, World's Top Global Mega Trends To 2025 and Implications to Business, Society and Cultures, Frost & Sullivan, 2016

จากรายงานของ World Health Organization (WHO) พบว่า เสียงรบกวนจากการจราจรสามารถเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ โดยในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปจะมีประชากร 4 ใน 10 คนที่จะเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือดอันเป็นผลกระทบจากการได้รับเสียงดังจากการจราจรที่คับคั่งเป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้ ยังสามารถส่งผลต่อประสิทธิภาพการรับรู้และความจำในเด็ก รวมถึงสุขภาพโดยรวมของประชากรวัยกลางคนในกลุ่มประเทศยุโรปตะวันตก 1 ล้านคนที่อาศัยในเขตที่มีการจราจรคับคั่งอีกด้วย[4]

จากความต้องการลดมลภาวะทางเสียงในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรมนั้น University of Alabama ได้ศึกษาวิจัยวัสดุเพื่อลดเสียงดัง พบว่า วัสดุผสม (Composite Material)[5] แบบ Porous Sponge-like ที่พัฒนาขึ้นจาก Hafnium Carbide และ Silicon Carbide มีคุณสมบัติที่สามารถช่วยลดเสียงอันเกิดจากกระบวนการสันดาปต่างๆ ได้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอากาศยาน อุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ได้ เนื่องจากสามารถทนความต่อความร้อนและแรงดันสูงได้ดี และยังไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการเผาไหม้ขณะสันดาปอีกด้วย จึงสามารถนำไปใช้ได้กับ Gas Turbines, Burners, Furnaces, Power Generators เพื่อเพิ่มความปลอดภัยอันเกิดจากมาลพิษทางเสียง และช่วยให้สามารถพัฒนายานยนต์และอากาศยาน รวมถึงเครื่องจักรในอุตสาหกรรมต่างๆ ให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ก่อมลภาวะทางเสียงได้ต่อไป[6] นอกจากนี้ ยังมีวัสดุป้องกันเสียงอื่นๆ ตัวอย่างเช่น

ฉนวนใยแร่ (Mineral Wool) เป็นวัสดุที่ได้จากการนำแร่เข้าสู่กระบวนการปั่นให้กลายเป็นเส้นใยแล้วบีบอัดรีดขึ้นรูปแบบแผ่น ม้วน และแบบเติมหลวม (Loose-fill Forms)[7] เพื่อนำมาใช้ในการป้องกันเสียง ลดความร้อน และลดการลามไฟ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่[8]

- ฉนวนใยแก้ว (Glass Wool)[9] มักถูกนำมาใช้เป็นวัสดุป้องกันเสียงระหว่างผนังอิฐกับไม้และโลหะในห้องควบคุมหรือห้องที่มีเครื่องจักรในการทำงานที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 200 องศาเซลเซียส เช่น โรง

[4] Frost Perspectives, The sound of silence, Frost & Sullivan, 2012

[5] วัสดุผสม (Composite Material) เป็นวัสดุ 2 ชนิดขึ้นไปที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างกันและไม่ทำละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

[6] Technical Insights, Inside R&D Technology Alert, 2012

[7] รูปแบบเติมหลวม (Loose-fill Forms) คือ การเรียงตัวแบบไม่อัดแน่น

[8] Global Visionary Science Research Team, Advanced Insulation Materials Technologies for Building and Construction, Frost & Sullivan, 2016

[9] ฉนวนใยแก้ว (Glass Wool) เป็นวัสดุที่ทำจากการหลอมละลายแร่ Quartz, Dolomite และแร่อื่นๆ เข้ากับสาร Sodium Carbonate และกรด Boracic แล้วนำไปผ่านกระบวนการให้กลายเป็นเส้นใยขนาดเล็กที่มีโครงสร้างไม่อัดตัว

บำบัดน้ำเสีย โรงงานอัตโนมัติที่ใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต โรงงานอัตโนมัติที่ใช้ของเหลวในกระบวนการผลิต เป็นต้น โดยขนาดของฉนวนใยแก้วที่มักใช้มีความหนาอยู่ระหว่าง 80 - 100 มิลลิเมตรร่วมกับการติดตั้ง HVAC Duct Liners[10] และเหมาะต่อการใช้งานกับผนังมากกว่าใช้ในเพดานและพื้น ทั้งนี้ จากการพัฒนาฉนวนใยแก้วด้วยวัสดุเหล็กชุบสังกะสี (Galvanized Steel)[11] ซึ่งร้อยละ 30 - 60 ได้นำขวดแก้วและหน้าต่างมาผ่านกระบวนการรีไซเคิลร่วมกับวัสดุพลาสติกผสม (Vinyl Composite) คาดว่า ตลาดยุโรปและสหรัฐในปี 2021 จะสามารถสร้างรายได้รวมของตลาดได้ราว 521.5 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยจะมีการนำฉนวนใยแก้วเข้ามาปรับใช้ในอาคารพาณิชย์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 70.2 จากปี 2014 ที่ใช้ร้อยละ 65.5 ในขณะที่ ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมลดลงเหลือร้อยละ 29.8 จากปี 2014 ที่ใช้ร้อยละ 34.5

- ฉนวนใยหิน (Stone Wool)[12] มักถูกนำมาใช้ในผนังระหว่างแผ่นหินหรือแผ่นไม้ เพื่อการป้องกันเสียงจากคลื่นความถี่ต่ำ และสามารถเป็นฉนวนป้องกันไฟจากความร้อนได้สูงกว่า 200 องศาเซลเซียส รวมถึงสามารถลดการเกิดเชื้อราภายในผนังได้อีกด้วย จึงเหมาะต่อการใช้ในโรงพยาบาล ศูนย์การค้า ศูนย์กีฬา สถานศึกษา ห้องปฏิบัติการวิจัยที่ใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์ที่มีความไวต่อสิ่งเร้า (Sensitive Equipment) รวมถึงห้องที่มีการลากสายไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่สามารถก่อให้เกิดการลัดวงจรขึ้นได้ นอกจากนี้ ด้วยคุณสมบัติที่สามารถตัดเป็นรูปทรงต่างๆ ได้ง่าย จึงสามารถนำไปใช้ห่อหุ้มอุปกรณ์/เครื่องมือ/ท่อต่างๆ ที่เป็นต้นกำเนิดเสียงได้อีกด้วย ซึ่งในปี 2021 คาดว่า ตลาดฉนวนใยหินในยุโรปและสหรัฐจะอยู่ที่ประมาณ 207 ล้านเหรียญสหรัฐ

แผ่นยิปซัม (Ggypsum Acoustic Insulation)[13] เป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ปูเพดานและผนังในอาคารบ้านเรือนและอาคารเชิงพาณิชย์ เช่น อาคารสำนักงาน โรงพยาบาล สถานศึกษา เป็นต้น จากคุณสมบัติลดการสะท้อนของเสียงเสียงที่กระทบภายในห้องและชะลอการลามไฟ สามารถดักจับสาร Formaldehyde[1] ใน

[10] HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) Duct Liners เป็นแผ่นวัสดุที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิทั้งความร้อน ความเย็น ความชื้น การระบายอากาศ การเคลื่อนไหวของอากาศ และคุณภาพของอากาศ ที่ส่งผลต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการรักษาเครื่องจักร/เครื่องมือ/ผลิตภัณฑ์

[11] เหล็กชุบสังกะสี (Galvanized Steel) เป็นเหล็กที่ผ่านกระบวนการเคลือบด้วยชั้นของสังกะสีบริสุทธิ์ (Zn) หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 449 องศาเซลเซียส เมื่อเหล็กสัมผัสกับอากาศสังกะสีจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน ($O_2$) กลายเป็นสังกะสีออกไซด์ (ZnO) แล้วจึงทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($Co_2$) จนกลายเป็นสังกะสีคาร์บอเนต ($ZnCO_3$) ที่มีคุณสมบัติป้องกันการถูกกัดกร่อนและมีความแข็งแรงตามเหล็กธรรมชาติ

[12] ฉนวนใยหิน (Stone Wool) เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นจากการหลอมละลายหิน Basalt และเศษผ้า

[13] ยิปซัม (Ggypsum) เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นจากแร่ที่มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็น Hydrated Calcium Sulfate จึงทำให้เป็นวัสดุที่มีสีขาวและเทา

อากาศ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มความสวยงามภายในห้องได้ นอกจากนี้ ปัจจุบันยังได้เพิ่มการผสม Viscoelastic Polymer[14] ที่ทำให้แผ่นยิปซัมมีขนาดบางลง มีน้ำหนักเบา มีพื้วผิวเนียนเรียบ แต่ยังคงช่วยลดเสียงภายในห้องไปยังห้องที่อยู่ติดกัน และสามารถป้องกันเสียงจากห้องด้านบน จึงสามารถช่วยรักษาคุณภาพเสียงภายในห้องได้อีกด้วย ซึ่งในปี 2021 คาดว่า ตลาดแผ่นยิปซัมในยุโรปและสหรัฐจะอยู่ที่ประมาณ 300.9 ล้านเหรียญสหรัฐ

PU Foam (Polyurethane Foam)[15] เป็นวัสดุที่ช่วยลดคลื่นเสียงที่กระทบระหว่างผนังและพื้น น้ำหนักเบา ติดตั้งได้สะดวกในรูปทรงที่หลากหลาย จึงมักถูกใช้ในโรงภาพยนตร์ ห้องอัดเสียง และสายการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบควบคุมอุณหภูมิ รวมถึงห้องติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Room) แต่ด้วยคุณสมบัติการยึดเกาะของโฟมต่ำ จึงมักนำไปใช้ภายในอาคารเชิงพาณิชย์มากกว่าในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งในปี 2021 คาดว่า ตลาด PU Foam ในยุโรปและสหรัฐจะอยู่ที่ประมาณ 175.4 ล้านเหรียญสหรัฐ[16]

วัสดุจากธรรมชาติ (Naturally Derived Materials) เป็นวัสดุที่ได้จากเส้นใยธรรมชาติอย่างฝ้าย ปอ ป่าน ลินิน ขนแกะ กากมะพร้าว ฟางข้าว หรือเศษไม้เข้ามาใช้ทดแทนวัสดุจากแร่ที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยมักขึ้นรูปแบบวัสดุไม่อัดตัวที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางโครงสร้างตามธรรมชาติเดิมของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อให้สามารถลดการสะท้อนของคลื่นเสียง สะดวกในการติดตั้ง และมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon Footprint) จากกระบวนการผลิตต่ำ แต่ยังคงมีราคาที่สูงกว่าวัสดุที่ผลิตจากแร่ อายุการใช้งานสั้นกว่า การไหลเวียนของอากาศภายในวัสดุต่ำ และติดไฟง่ายกว่าซึ่งยังต้องอาศัยการพัฒนาวัสดุให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นบนต้นทุนที่ต่ำลงในอนาคต[17] โดยตัวอย่างวัสดุผสมระหว่างวัสดุจากธรรมชาติและแร่ในอุตสาหกรรม เช่น

[14] Viscoelastic Polymer เป็นโพลิเมอร์ที่มีสมบัติการไหลหนืดสูง เมื่อมีคลื่นเสียงตกกระทบบนวัสดุจึงไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่างใหม่ในทันที

[15] PU Foam (Polyurethane Foam) เป็นวัสดุที่ประกอบด้วย Polyol และน้ำที่มี Isocyanate จึงทำให้เนื้อโฟมมีความยืดหยุ่นสูง

[16] Global Visionary Science Research Team, Acoustic Insulation and Vibration Materials in Construction Acoustic Insulation Materials Segment to Dominate as Clamour for Reduced Noise in Workplaces Rises, Frost & Sullivan, 2016

[17] Global Visionary Science Research Team, Advanced Insulation Materials Technologies for Building and Construction, Frost & Sullivan, 2016

แผ่นฉนวนไม้ก๊อก (Cork Acoustic Insulation) มักถูกนำมาใช้ในร่วมกับยิปซัมและ Polyurethane Elastomers[18] เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง โดยสามารถป้องกันเสียงได้ 3 ระดับคือ เสียงรบกวนจากเพดาน ห้องที่อยู่ติดกัน และเสียงที่กระทบกับแผ่นคอนกรีต ซึ่งเหมาะแก่การใช้ปูพื้น ผนัง และเพดานที่สามารถเพิ่มความสวยงามภายในห้องได้ และมีน้ำหนักเบา ดูแลรักษาง่าย สะดวกในการติดตั้ง จึงมักถูกนำไปใช้ในอาคารเชิงพาณิชย์มากกว่าโรงงานอุตสาหกรรม โดยในปี 2021 คาดว่า ตลาดแผ่นฉนวนไม้ก๊อกในยุโรปและสหรัฐจะอยู่ที่ประมาณ 347.9 ล้านเหรียญสหรัฐ[19]

Cellulose เป็นวัสดุที่ได้จากเส้นใยของกระดาษอันเกิดจากการนำเศษกระดาษกลับมาใช้ใหม่ โดยการนำเส้นใยโครงสร้างไม่อัดแน่นที่ได้ไปผสมกับสาร Ammonium Sulfate และ Mineral Borate ในการเพิ่มคุณสมบัติการทนความร้อน และป้องกันการถูกกัดแทะจากแมลงต่างๆ ซึ่งสามารถใช้ใต้หลังคา เพดาน และผนังได้ แต่ยังมีน้ำหนักมาก ทำให้ติดตั้งค่อนข้างยาก และอัตราการสะสมฝุ่นสูง จึงต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้ง จึงยังมีการพัฒนาวัสดุให้มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย ถ่ายเทอากาศ และไม่ติดไฟต่อไป ซึ่งคาดว่าจะสามารถกลายเป็นวัสดุที่น่าสนใจในตลาดได้ในอนาคต

นอกจากนี้ ยังมีวัสดุป้องกันเสียงอื่นๆ ที่น่าสนใจ และยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น Cementitious Foam เป็นโฟมซีเมนต์ที่ได้จากแร่ธาตุของน้ำทะเลอย่าง Magnesium Silicate ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งปลอดจากสารพิษ ไม่ขึ้นรา และทนทานต่อการทำลายจากแมลงและหนูได้ โดยสามารถนำมาใช้ในการป้องกันเสียง ลดความร้อน และป้องกันการลามไฟ แต่เนื่องด้วย มีองค์ประกอบของน้ำมากจึงติดตั้งค่อนข้างยาก แห้งช้า และถูกกัดกร่อนจากน้ำได้ง่าย จึงเหมาะกับการใช้กับวัสดุแห้งเท่านั้น และ Verminulite[20] เป็นวัสดุที่สามารถทนความร้อนได้สูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียสและไม่ติดไฟ ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวและเกิดช่องอากาศขึ้นภายในวัสดุในรูปแบบเรียงตัวแบบไม่อัดแน่น น้ำหนักเบาและสะดวกในการติดตั้ง จึงเหมาะแก่การใช้เป็นฉนวนใต้หลังคา ผนัง ปล่องควัน และพื้นที่สัมผัสกับความร้อนสูง เพื่อป้องกันเสียง ลดความร้อน ลดการลามไฟ และสามารถทนต่อความชื้นระดับกลางได้อีกด้วย แต่ใน

[18] ยิปซัมสามารถดักจับสาร Formaldehyde ที่ปะปนภายในอากาศให้เปลี่ยนสมบัติกลายเป็นก๊าซเฉื่อย จึงสามารถช่วยให้อากาศภายในห้องดีขึ้นได้

[19] Global Visionary Science Research Team, Acoustic Insulation and Vibration Materials in Construction Acoustic Insulation Materials Segment to Dominate as Clamour for Reduced Noise in Workplaces Rises, Frost & Sullivan, 2016

[20] Vermiculite เป็นสารอนินทรีย์ของแร่ Mica มีลักษณะเป็นรูพรุน น้ำหนักเบา ดูดซับน้ำสูง ไม่ละลายน้ำ และจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

กระบวนการผลิตยังคงใช้สารบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจต่างๆ ได้ เป็นต้น[21]

ดังนั้น แนวโน้มการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงในอนาคต จึงได้มุ่งไปสู่การศึกษาวิจัยนวัตกรรมใหม่ๆ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยยังคงคุณสมบัติในการป้องกันเสียง ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ควบคุมอุณหภูมิอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกสภาพอากาศ รวมถึงทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี เชื้อรา สัตว์และแมลง จึงเกิดเป็นความท้าทายใหม่ในการพยายามที่จะรับมือต่อการเผชิญหน้ากับภัยพิบัติทางธรรมชาติของมนุษย์ อันเป็นผลจากการผนวกวัสดุทางธรรมชาติและแร่ธาตุชนิดใหม่ต่างๆ เพื่อการอยู่ร่วมกันอย่างสมดุลระหว่างมนุษย์และโลกได้อย่างยั่งยืนในอนาคต[22]

[21] Global Visionary Science Research Team, Advanced Insulation Materials Technologies for Building and Construction, Frost & Sullivan, 2016

[22] High-Tech Materials Alert, Materials Facilitating Enhanced Acoustic Insulation, Frost & Sullivan, 2016

## 4. การศึกษา วิจัย และพัฒนาวัสดุป้องกันเสียง

ตั้งแต่ปี 1970 นับเป็นเวลา 48 ปีของการประกาศพระราชบัญญัติความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของสหรัฐ (Williams Steiger Occupational Safety and Health Act of 1970) ที่ได้บัญญัติมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานจากการสัมผัสกับสารเคมี/สารพิษ การทำงานในพื้นที่เสี่ยงอันตราย รวมถึงพื้นที่มีเสียงดัง[23] ได้ก่อให้เกิดการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงขึ้นมากมายในเวลาต่อมา

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา สหรัฐยังคงรั้งตำแหน่งประเทศผู้นำในการศึกษาวิจัยวัสดุป้องกันเสียงที่หลากหลายตามมาด้วยกลุ่มสหภาพยุโรป แต่ซึ่งหากแยกรายประเทศแล้วจะพบว่า ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จีนได้ขยับกลายเป็นประเทศชั้นนำในการวิจัยด้านวัสดุป้องกันเสียงเทียบเคียงผู้นำเดิมอย่างสหรัฐและเข้าแทนที่ญี่ปุ่น รวมถึงกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปอย่างฝรั่งเศส เยอรมัน และสหราชอาณาจักร โดยจีนได้ดำเนินธุรกิจเชิงรุกในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วมกับภาคเอกชนทั้งในประเทศจีนและสร้างความร่วมมือกับบริษัทต่างประเทศเกี่ยวกับวัสดุดูดซับเสียงและป้องกันเสียงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมใช้ในการมุงหลังคาและฝ้าเพดาน ซึ่งทำให้รัฐบาลหลายประเทศได้จัดสรรงบประมาณเพื่อการสนับสนุนการศึกษาวิจัยวัสดุป้องกันเสียงที่สามารถช่วยก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างยั่งยืน

ในปี 2016 กลุ่มบริษัทในประเทศสหภาพยุโรปได้รับงบประมาณ 5.5 ล้านเหรียญสหรัฐจากคณะกรรมาธิการยุโรป (European Commission) เพื่อการสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมระหว่างสถาบันการศึกษา ศูนย์วิจัย และภาคเอกชนใน 12 กลุ่มอุตสาหกรรมภายในประเทศกรีซ เยอรมนี อิตาลี สเปน นอร์เวย์ และอิสราเอล ภายใต้ 7 โครงการพัฒนาสมบัติเชิงกลของ Perlite Micro-particles[24] เพื่อให้สามารถนำไปปรับใช้ในการลดเสียงรบกวนได้อย่างหลากหลายในอนาคต นอกจากนี้ ในปีเดียวกัน ELENA (European Local Energy Assistance) ยังได้อนุมัติกรอบงบประมาณ 200 ล้านเหรียญสหรัฐให้แก่ Bristol City Council และ Center for Sustainable Energy of UK ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้วยผนังป้องกันเสียงและความร้อนในที่พักอาศัยและอาคารพาณิชย์ 6,000 อาคาร และยังมีแผนขยายผลไปสู่การนำวัสดุป้องกันเสียงไปติดตั้งกับระบบผลิตพลังงานหมุนเวียนอีกกว่า 7,000 แห่งในสหราชอาณาจักรอีกด้วย

[23] สราวุธ สุธรรมาสา, เรียนรู้กับ 40 ปีของ US.OSHA, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2555

[24] Perlite Micro-particles เป็นอนุภาคไมโครที่ได้จากหิน Perlite โดยเป็นหินอัสณฐานภูเขาไฟที่มีปริมาตรของน้ำค่อนข้างสูง และมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ซิลิกา (Si) อะลูมิเนียม (Al) โซเดียม (Na) เหล็ก (Fe) และโพแทสเซียม (K) ทำให้มีคุณสมบัติเป็นฉนวน ดูดซับกลิ่น เก็บความชื้น และมีน้ำหนักเบา

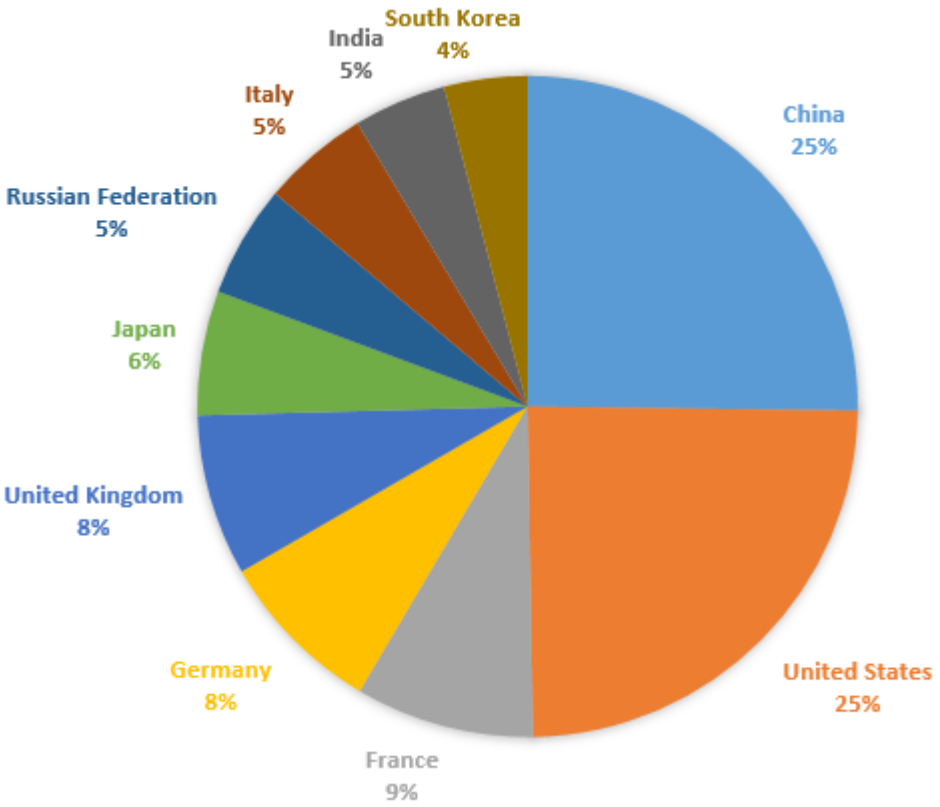
ในขณะที่อีกฟากฝั่งมหาอำนาจด้านวัสดุป้องกันเสียงอย่างสหรัฐก็ให้ความสำคัฐต่อการพัฒนาวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแก่ภาคเอกชน โดยหน่วยงานภาครัฐอย่าง National Science Foundation ได้ให้งบประมาณ 225,000 เหรียญสหรัฐแก่บริษัท Revolution Research สัญชาติสหรัฐ เพื่อการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาโฟมป้องกันเสียงชนิดใหม่ที่ปราศจากสารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ บริษัท UltraCell Insulation ซึ่งเป็น Start-up สัญชาติสหรัฐก็ได้รับงบประมาณวิจัย 100,000 เหรียญสหรัฐจาก US Environmental Protection Agency ในการพัฒนาการผลิตวัสดุป้องกันเสียงด้วยกระดาษลูกฟูกเก่าเท่านั้นอีกด้วย[25]

นอกจากนี้ ในส่วนของจีนหน่วยงาน National Natural Science Foundation of China, Jilin Provincial Natural Science Foundation และ China Postdoctoral Science Foundation เป็นหน่วยงานหลักในการสนับสนุนการวิจัยวัสดุป้องกันเสียงแก่ Jilin University ที่ทำวิจัยร่วมกับบริษัท Guangzhou Yiju Chemical เพื่อศึกษาการนำโฟม Polyurethane ให้กลายเป็นวัสดุรูพรุน (Porous Materials) ที่มีความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบารองรับการใช้งานในอุตสาหกรรมยานยนต์และอากาศยาน[26]

[25] Global Visionary Science Research Team, Advanced Insulation Materials Technologies for Building and Construction, Frost & Sullivan, 2016

[26] High-Tech Materials Alert, Materials Facilitating Enhanced Acoustic Insulation, Frost & Sullivan, 2016

**รูปที่ 2 ประเทศ 10 อันดับแรกที่มีการตีพิมพ์บทความวิจัยเกี่ยวกับวัสดุป้องกันเสียงสูงสุด ระหว่าง ปี ค.ศ. 2008 –2017**




ที่มา: ประมวลจากฐานข้อมูล Scopus, 2561

## อเมริกาเหนือ

การพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงในกลุ่มประเทศอเมริกาเหนือนั้น มักเป็นการศึกษาวิจัยการนำวัสดุใยแร่ โฟมชนิดสเปรย์ (Polystyrene และ Polyurethane) และ Cellulose มาผ่านกระบวนการให้ลดความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงใช้วัสดุธรรมชาติชนิดอื่นแทนการใช้ซิลิกาอย่าง เส้นใยแก้ว (Glass Fiber)[27] เถ้าลอย

[27] เส้นใยแก้ว (Glass Fiber) เป็นวัสดุผสมชนิดพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยด้วยแก้วที่ได้จากการปั่นละเอียด (Glass-Reinforced Plastic - GRP) มีสมบัติทนแรงดึงสูง ทนต่อการกัดกร่อน ไม่ขึ้นสนิม

(Fly Ash)[28] Glass Bubbles[29] และดินเบา (Diatomite)[30] ร่วมกับ FRP (Fiber-Reinforced Polymers)[31] โดยมีสถาบันการศึกษาและบริษัทเอกชนชั้นนำที่พัฒนาวัสดุป้องกันเสียง เช่น Massachusetts Institute of Technology ของสหรัฐ, Pennsylvania State University ของสหรัฐ, Georgia Institute of Technology ของสหรัฐ, University of Toronto ของแคนาดา, University of Texas at Austin ของสหรัฐ, บริษัท Dow Chemical ของสหรัฐ, บริษัท John Manville ของสหรัฐ, บริษัท Certain Teed ของสหรัฐ (โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากบริษัท Saint-Gobain ของฝรั่งเศส), บริษัท Roxul ของแคนาดา และบริษัท Huntsman ของสหรัฐ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีภาคเอกชนที่มีการวิจัยและพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงที่น่าสนใจอื่นๆ อาทิเช่น

- บริษัท Knauf Insulation เป็นบริษัทสัญชาติอเมริกันที่พัฒนานวัตกรรม Earthwool จากใยแร่ที่ปราศจากสาร Formaldehyde และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยการใช้เทคโนโลยี ECOSE ที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ ทำให้ได้ฉนวนสีน้ำตาลตามธรรมชาติที่มีคุณสมบัติป้องกันเสียง ป้องกันความร้อน และเป็นฉนวนกันไฟได้อีกด้วย[32]
- บริษัท Honeywell เป็นบริษัทสัญชาติอเมริกันที่พัฒนา Solstice จากโฟม Polyurethane แทนการใช้สารที่เป็นพิษต่อชั้นบรรยากาศโลก โดยมีคุณสมบัติป้องกันเสียง และสามารถขยายตัวเป็นฉนวนกันไฟได้ดีอีกด้วย[33]

[28] เถ้าลอย (Fly Ash) เป็นวัสดุที่ได้จากการเผาถ่านหิน ที่ประกอบด้วย Calcium Oxide (CaO), Magnesium Oxide (MgO), Sodium Oxide ($Na_2O$), Potassium Oxide ($K_2O$), Titanium Dioxide ($TiO_2$) เป็นต้น

[29] Glass Bubbles เป็นวัสดุ Glass Microspheres ที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา มีความหนาน้อยกว่าหินสบู่ (Talc) และ Solid Glass Beads 5 เท่า

[30] ดินเบาหรือดินส้ม (Diatomite) เป็นวัสดุที่เกิดจากการสะสมตัวของ Daitom ของซิลิกา ($SiO_2$) มีคุณสมบัติเก็บเสียง ป้องกันความเย็น ดูดความชื้น

[31] FRP (Fiber-Reinforced Polymers) เป็นวัสดุผสม (Composite) ที่มีสารประกอบของ Polymer เป็นองค์ประกอบหลัก

[32] Knauf Insulation. (2018, September) [Online]. Available: www.knaufinsulation.com

[33] Honeywell. (2018, September) [Online]. Available: www.honeywell.com

- บริษัท Rhino Linings Industrial เป็นบริษัทสัญชาติอเมริกันที่พัฒนา DuraTite Spray จากโฟม Polyurethane เนื้อแน่นที่ปราศจากก๊าซ Ozone ไม่หดตัว สามารถยึดเกาะพื้นผิวได้ดี น้ำหนักเบา ทนทานต่อสภาพอากาศ สามารถป้องกันเสียง และความร้อนได้ดี[34]
- บริษัท Acoustical Surfaces เป็นบริษัทอเมริกันที่พัฒนา UltraTouch Denim Insulation จากวัสดุรีไซเคิลถึงร้อยละ 90 โดยใช้เส้นใยธรรมชาติคุณภาพสูงที่ปราศจากสารเคมีและสารก่อภูมิแพ้ มีคุณสมบัติป้องกันเสียงและความร้อนได้ดี[35]

## สหภาพยุโรป

ในส่วนของการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปนั้น มักเป็นการศึกษาวิจัยการนำวัสดุใยแร่ ใยหิน ใยแก้ว โฟม Polystyrene มาผสมกับคอนกรีตเพื่อใช้ในการป้องเสียงภายในโครงสร้างอาคาร และ Cellulose-based Nanofibers เพื่อลดการใช้วัสดุที่มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต โดยมีหน่วยงานภาครัฐและบริษัทเอกชนชั้นนำที่พัฒนาวัสดุป้องกันเสียง เช่น Brno University of Technology ของสาธารณรัฐเช็ก, Italy National Research Council ของอิตาลี, Technical University of Valencia ของสเปน, University of Cambridge ของสหราชอาณาจักร, The Royal Institute of Technology ของสวีเดน, บริษัท BASF ของเยอรมนี, กลุ่มบริษัท Kingspan ของไอร์แลนด์, บริษัท Celotex ของสหราชอาณาจักร, บริษัท Rockwool ของเดนมาร์ก และบริษัท Recticel ของเบลเยียม เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีภาคเอกชนที่มีการวิจัยและพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงที่น่าสนใจ อื่นๆ อาทิเช่น

- บริษัท Isover เป็นบริษัทสัญชาติฝรั่งเศสที่พัฒนา ULTIMATE Mineral Wool จากใยแร่ที่มีคุณสมบัติป้องกันเสียง ป้องกันความร้อน และเป็นฉนวนกันไฟได้อีกด้วย[36]

[34] Rhino Linings Industrial. (2018, September) [Online]. Available: www.rhinolinings.com

[35] Acoustical Surfaces. (2018, September) [Online]. Available: www.acousticalsurfaces.com

[36] Isover. (2018, September) [Online]. Available: www.isover.com

- บริษัท Covestro เป็นบริษัทสัญชาติเยอรมันที่พัฒนา Baytherm Microcell จากการลดช่องว่างภายในโฟม Polyurethane โดยมีคุณสมบัติป้องกันเสียง และสามารถเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีอีกด้วย[37]
- บริษัท Dämmstatt W.E.R.F เป็นบริษัทสัญชาติเยอรมันที่พัฒนา Isofloc Silencio เป็นสารเคลือบผิวจาก Cellulose ใช้พ่นบริเวณที่มี Water-soluble Glue[38] บนฝ้าเพดาน สามารถป้องกันเสียงได้ดี[39]
- บริษัท K.E.F.I SpA เป็นบริษัทอิตาเลียนที่พัฒนา ISOLKENAF จากการผสมปอแก้วคิวบา (Kenaf Fibers) เข้ากับเส้นใย Polyester ที่ได้จากการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเพิ่มความแข็งแรง และมีคุณสมบัติป้องกันเสียงและความร้อน รวมถึงป้องกันการลามไฟได้ดี[40]

## เอเชียและแปซิฟิก

ในส่วนของการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงในกลุ่มประเทศเอเชียแปซิฟิกนั้น มักเป็นการศึกษาวิจัยการนำวัสดุใยหิน ใยแก้ว และ Polyurethane มาผสมกับสารเคมีอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง กันน้ำ ทนทานต่อความชื้น ป้องกันความร้อน และช่วยอนุรักษ์พลังงานได้ โดยมีหน่วยงานภาครัฐและบริษัทเอกชนชั้นนำที่พัฒนาวัสดุป้องกันเสียง เช่น Chinese Academy of Sciences ของจีน, Ministry of Education China ของจีน, Russian Academy of Sciences ของรัสเซีย, University of Tokyo ของญี่ปุ่น, Hong Kong Polytechnic University ของฮ่องกง, National University of Singapore ของสิงคโปร์, บริษัท Asahi Kasei ของญี่ปุ่น, บริษัท Sekisui Chemical ของญี่ปุ่น, กลุ่มบริษัท Panasonic ของญี่ปุ่น, กลุ่ม

[37] Covestro. (2018, September) [Online]. Available: www.covestro.com/en

[38] Water-soluble Glue เป็นกาวที่อยู่ในรูปของเหลวสามารถละลายน้ำได้

[39] Dämmstatt W.E.R.F. (2018, September) [Online]. Available: https://isofloc.com

[40] K.E.F.I SpA. (2018, September) [Online]. Available: www.kenaf-fiber.com

บริษัท China Beihai Building Material ของจีน, บริษัท Weinerberger ของออสเตรเลีย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีภาคเอกชนที่มีการวิจัยและพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงที่น่าสนใจอื่นๆ อาทิเช่น

- บริษัท China National Building Materials เป็นบริษัทสัญชาติจีนที่พัฒนา CNBM Acoustic Mineral Fiber Board จากใยแร่ร้อยละ 80 ผ่านกระบวนการผลิตที่ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีคุณสมบัติลดเสียงรบกวนด้วยการดูดซับเสียง มีความทนทาน และเป็นฉนวนกันไฟได้อีกด้วย[41]

- บริษัท Foster Engineering เป็นบริษัทสัญชาติสิงคโปร์ที่พัฒนา FOSTER U-Foam จาก Polyurethane โดยมีคุณสมบัติป้องกันเสียง ทนต่อการถูกกัดกร่อน ทนต่อความชื้น น้ำหนักเบา และสามารถเป็นฉนวนกันความร้อนได้อีกด้วย[42]

- บริษัท Twiga Fiberglass เป็นบริษัทสัญชาติอินเดียที่พัฒนา Twiga Insul Noise Barrier จากใยแก้วที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ มีคุณสมบัติทนไฟ น้ำหนักเบา สะดวกในการติดตั้ง สามารถป้องกันเสียงและความร้อนได้ เหมาะในการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม[43]

- บริษัท Poly Glass Fibre Sdn. Bhd. เป็นบริษัทสัญชาติมาเลเซียที่พัฒนา ECOWOOL จากใยแร่ที่ได้จากการนำแก้วกลับมาใช้ใหม่ถึงร้อยละ 80 เพื่อใช้ในการดูดซับเสียงจากเพดาน มีน้ำหนักเบา และออกแบบพิเศษให้มีความสวยงาม โดยมีสีและเนื้อสัมผัสที่หลากหลายอีกด้วย[44]

[41] China National Building Materials. (2018, September) [Online]. Available: www.cnbmltd.com/en

[42] Foster Engineering. (2018, September) [Online]. Available: www.fostergroup.com.sg

[43] Twiga Fiberglass. (2018, September) [Online]. Available: www.twigafiber.com

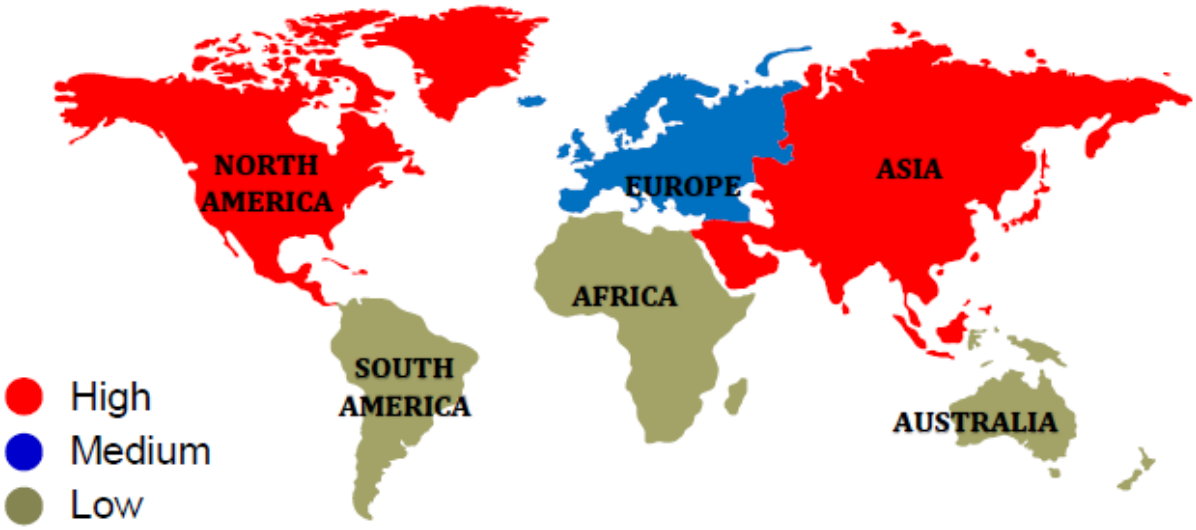
[44] Poly Glass Fibre Sdn. Bhd. (2018, September) [Online]. Available: http://ecowool.com.my

ความท้าทายในการการศึกษา วิจัย และพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงให้สามารถตอบโจทย์ได้ตรงตามความต้องการของตลาดผู้บริโภคและความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสภาพอากาศและความเป็นอยู่ในอนาคตนั้นได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความตระหนักต่อการหันกลับมาให้ความสำคัญต่อวัสดุธรรมชาติและการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ โดยยังคงคำนึงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดเสียงรบกวน การยืดหยุ่นต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย ความแข็งแรงทนทาน ติดตั้งสะดวก ดูแลรักษาง่าย ในราคาที่สามารถเข้าถึงได้ ซึ่งได้ถือเป็นบทพิสูจน์ให้หลายประเทศทั่วโลกเริ่มศึกษาวัสดุเหลือใช้และมีอยู่จำนวนมากในประเทศเข้ามาผสมให้เกิดเป็นวัสดุใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคนิคพิเศษใหม่ๆ มากขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติมบนความสวยงาม เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์รองรับการใช้งานที่หลากหลายและยังคงสามารถแข่งขันได้ในอนาคต

## 5. การพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงของไทย

จากการสำรวจการวิจัยและพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงทั่วโลกของบริษัท Frost & Sullivan ซึ่งเป็นบริษัทฐานข้อมูลแนวโน้มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมชั้นนำของโลก พบว่า ภูมิภาคอเมริกาเหนือและเอเชียมีภาวะการแข่งขันในการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงมาก โดยมีการตื่นตัวในการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับวัสดุป้องกันเสียงที่ตอบสนองให้ผู้บริโภคสามารถนำไปให้ได้หลากหลายด้าน โดยไทยก็ถือเป็นประเทศที่อยู่ในกลุ่มที่มีการแข่งขันสูงในอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุป้องกันเสียง โดยมีประเทศคู่แข่งสำคัญภายในภูมิภาคอย่างจีน ญี่ปุ่น และสิงคโปร์[45]

**รูปที่ 3 การแข่งขันในการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงทั่วโลก**




ที่มา: Frost & Sullivan, 2016

ในส่วนของการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงของไทยในช่วง 5 ปีย้อนหลัง (ปี 2013 - 2017) นั้น มักเป็นการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของวัสดุป้องกันเสียงเพื่อลดมลภาวะทางเสียงผ่านฝ้าเพดานและผนัง ด้วยวัสดุผสมพลาสติกเสริมแรง (Reinforced Plastics) และเส้นใยต่างๆ ที่ทนทานต่อความชื้น น้ำหนักเบา และดูดซับเสียงได้ดี โดยมีสถาบันการศึกษาที่สนใจศึกษาด้านวัสดุป้องกันเสียง เช่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัย

[45] High-Tech Materials Alert, Materials Facilitating Enhanced Acoustic Insulation, Frost & Sullivan, 2016

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นต้น[46]

**ตารางที่ 1 หน่วยงาน 5 อันดับแรกที่มีผลงานตีพิมพ์บทความวิชาการเกี่ยวกับวัสดุป้องกันเสียงของไทย 5 ปีย้อนหลัง (ปี 2013 – 2017)**

| อันดับ | หน่วยงาน | จำนวนบทความตีพิมพ์ |
|---|---|---|
| 1 | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | 11 ฉบับ หรือ ร้อยละ 22 |
| 2 | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี | 10 ฉบับ หรือ ร้อยละ 20 |
| 3 | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ | 7 ฉบับ หรือ ร้อยละ 14 |
| 4 | มหาวิทยาลัยมหิดล | 5 ฉบับ หรือ ร้อยละ 10 |
| 4 | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี | 5 ฉบับ หรือ ร้อยละ 10 |
| 5 | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 4 ฉบับ หรือ ร้อยละ 8 |

ที่มา: ประมวลจากฐานข้อมูล Scopus, 2561

นอกจากนี้ ในส่วนของการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงในภาคเอกชนนั้น บริษัท สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทในเครือของกลุ่มบริษัทปูนซิเมนต์ไทย ได้รับการจัดโดยฐานข้อมูล Frost & Sullivan ให้เป็นบริษัทที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุป้องกันเสียงจากใยแก้วในปี 2014 ร่วมกับบริษัท Certainteed สหรัฐ, บริษัท Johns Manville ของสหรัฐ, บริษัท Superglass ของสหราชอาณาจักร, บริษัท Asahi Fiber Glass ของญี่ปุ่น, บริษัท Twiga Fiberglass ของอินเดีย และบริษัท Poly Glass Fibre Sdn. Bhd. ของมาเลเซีย[47]

ปัจจุบันกลุ่มบริษัทปูนซิเมนต์ไทยได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการป้องกันเสียงในหลากหลายรูปแบบ ด้วยวัสดุใยแก้วร่วมกับวัสดุพลาสติกผสม (Vinyl Composite) สำหรับใช้ปูผนัง ฝ้าเพดาน และพื้น เพื่อช่วยดูดซับเสียง ควบคุมการสะท้อนของคลื่นเสียง ลดเสียงก้องภายในห้อง ป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก ป้องกันความร้อนจากภายนอก ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ที่หุ้มด้วยผ้าใบแก้วเพื่อป้องกันการเกาะพื้นผิวของผงฝุ่น เพิ่มความสวยงาม และสามารถช่วยยืดอายุการใช้งานได้อีกด้วย[48] โดยตัวอย่างผลิตภัณฑ์แผ่นกันเสียง/แผ่นซับเสียง เช่น

[46] SciVal. (2018, September) [Online]. Available: www.scival.com

[47] Global Visionary Science Research Team, Acoustic Insulation and Vibration Materials in Construction Acoustic Insulation Materials Segment to Dominate as Clamour for Reduced Noise in Workplaces Rises, Frost & Sullivan, 2016

[48] SCG Building Materials. (2018, September) [Online]. Available: www.scgbuildingmaterials.com

- Wondery™ Acoustic Ceiling Tile เป็นวัสดุใยแก้วเคลือบด้วยสาร Polymeric ที่ลดการสะท้อนของคลื่นเสียงกับฝ้าเพดาน ช่วยควบคุมเสียงสะท้อน ลดเสียงก้องภายในห้อง และป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก

- Cylence™ Acoustic Ceiling Tile และ Armax™ Acoustic Ceiling Tile เป็นวัสดุใยแก้วเคลือบพลาสติกผสม (Vinyl Composite) ในการดูดซับเสียง ช่วยควบคุมเสียงสะท้อน ลดเสียงก้องภายในห้อง ป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก และกันความร้อนได้ เหมาะสำหรับการใช้กับโครงฝ้าเพดานในห้องประชุม อาคารสำนักงาน หรือศูนย์การค้า

- Cylence ZANDERA™ Acoustic Wall Tile เป็นแผ่นบุผนังสำเร็จรูปจากวัสดุใยแก้วหุ้มด้วยผ้า เพื่อเพิ่มความสวยงาม น้ำหนักเบา สะดวกในการติดตั้ง ช่วยดูดซับเสียงและลดเสียงก้องภายในห้องได้

- Cylence ZofTone™ Acoustic Wall Tile เป็นแผ่นบุผนังสำเร็จรูปชนิดแข็งพิเศษ ผลิตจากวัสดุใยแก้วความหนาแน่นสูงหุ้มด้วยผ้าใบแก้วชนิดพิเศษที่ลดการสะท้อนของคลื่นเสียง ดูดซับเสียง ช่วยควบคุมเสียงสะท้อน ลดเสียงก้องภายในห้อง ป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก และป้องกันการเกาะพื้นผิวของผงฝุ่น เหมาะสำหรับการใช้ปูผนังในห้องเครื่องจักร ห้องประชุม หรือโรงภาพยนตร์

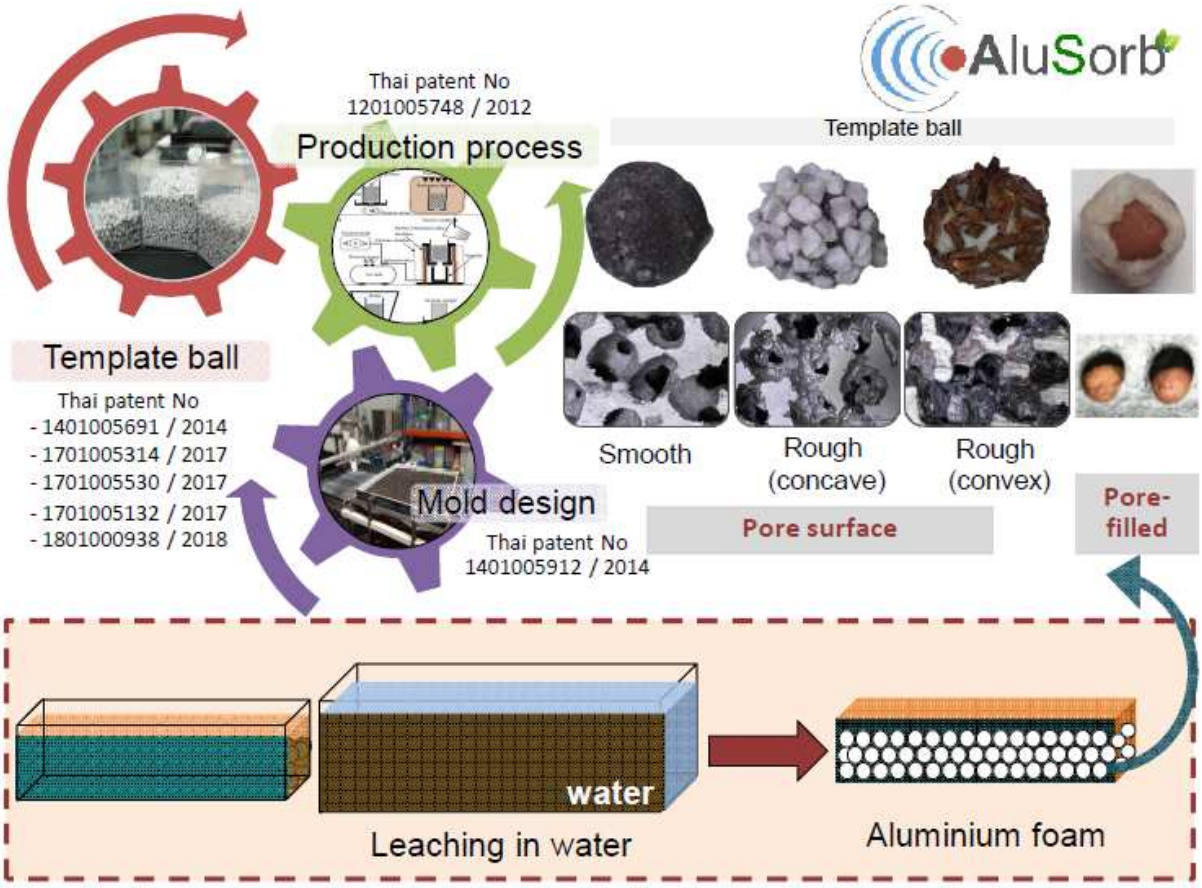
สำหรับการวิจัยและพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาตินั้น เป็นเวลากว่า 10 ปีที่ห้องปฏิบัติการโลหะวิทยาขั้นสูง ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติได้มีการพัฒนา AluSorb ซึ่งเป็นวัสดุดูดซับเสียงชนิดโฟมโลหะ (Metal Foam)[49] จากวัสดุอะลูมิเนียมผสม โดยการศึกษากระบวนการผลิตต้นทุนต่ำกว่ากระบวนการทั่วไปถึงร้อยละ 50 ซึ่งยังไม่มีในต่างประเทศ ด้วยวิธีแทนที่โพรง (Space Holder)[50] แบบ Self Structure โดยใช้เม็ดเกลือโซเดียมคลอไรด์ชนิดทรงกลม (Template Ball) ที่สามารถทนอุณภูมิสูง ละลายน้ำได้ และมีพื้นผิวหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ได้โครงสร้างแบบเซลล์เปิด (Open Cell Structure) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา แข็งแรง สามารถดูดซับเสียงในช่วงคลื่นความถี่ได้หลากหลาย (Customized Aluminium Foam Sound Absorber) ทนทานต่ออุณหภูมิและความชื้นสูง ไม่ติดไฟ และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม สถานที่ก่อสร้าง ถนน/เส้นทางจราจร อาคารสำนักงาน ห้องประชุม ศูนย์กีฬา อุโมงค์ใต้ดิน โครงสร้างที่ไม่รับแรงทั้งในส่วนขอทางด่วนและรถยนต์ และใต้ท้องรถถังในทางการทหาร รวมถึงยังสามารถนำวัสดุอะลูมิเนียมผสมกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งหมด เพื่อลดต้นทุนการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศได้อีกด้วย[51]

[49] โฟมโลหะ (Metal Foam) เป็นวัสดุโลหะที่มีรูพรุน จึงมีความสามารถในการดูดซับเสียง และสามารถยุบตัวเมื่อได้รับแรงกระแทกได้

[50] วิธีแทนที่โพรง (Space Holder) เป็นการใช้เม็ดเกลือโซเดียมคลอไรด์ผสมกับตัวประสาน (Binder) ที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าอะลูมิเนียมเป็นวัสดุแทนที่โพรง เมื่อได้รับความร้อนจนถึงจุดหลอมเหลวของอะลูมิเนียมและเม็ดเกลือโซเดียมคลอไรด์คลายความชื้น ทำให้น้ำอะลูมิเนียมไหลแทรกตัวตามช่องระหว่างเม็ดเกลือโซเดียมคลอไรด์ (Self Structure) แล้วจึงละลายเกลือด้วยน้ำ ทำให้ได้อะลูมิเนียมที่แข็งตัวเป็นรูปทรงโครงสร้างแบบเซลล์เปิด (Open Cell Structure) ได้

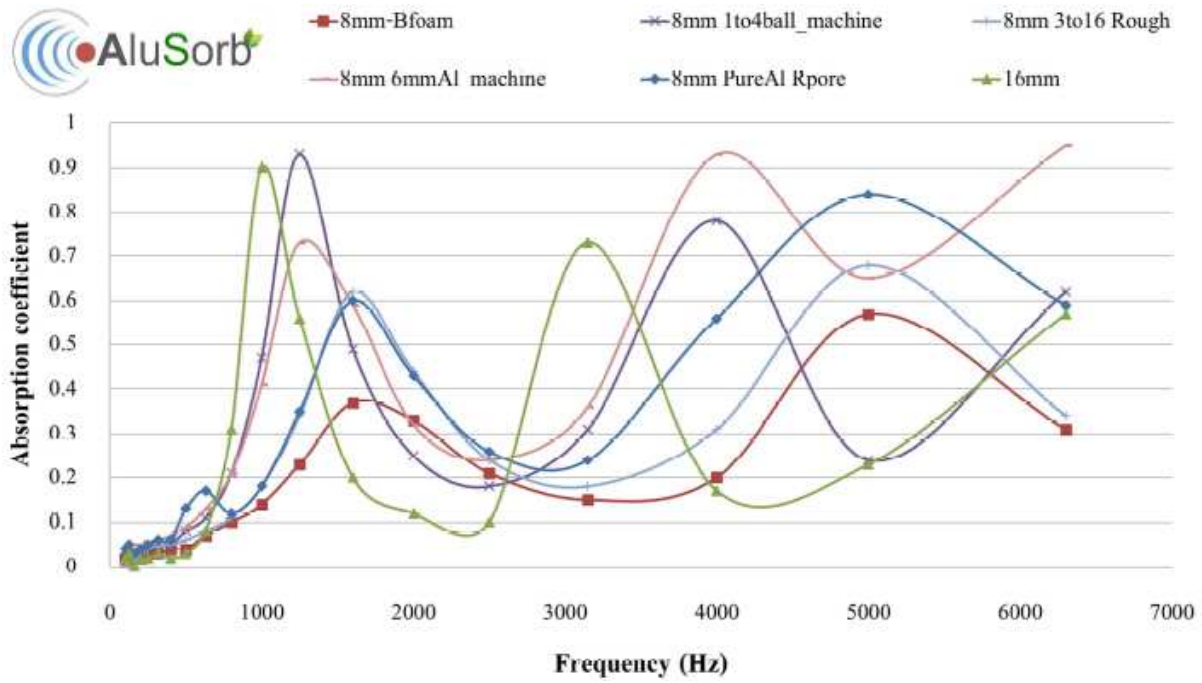
[51] Sompong Srimanosaowapak and Chonlada Domrong, Metal Form High Precision Sound Absorber, National Metal and Materials Technology, 2018

**รูปที่ 4 การพัฒนากระบวนการขึ้นรูป AluSorb**




ที่มา: Sompong Srimanosaowapak and Chonlada Domrong, 2018.

**รูปที่ 5 ประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของ AluSorb**




ที่มา: Sompong Srimanosaowapak and Chonlada Domrong, 2018.

จะเห็นได้ว่า การพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงของไทยในภาพรวมเริ่มมีทิศทางตามแนวโน้มการศึกษาของโลก ด้วยการพัฒนานวัตกรรมจากการนำวัสดุผสมสารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเข้ามาประยุกต์ใช้จนเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างหลากหลายและมีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ร้อนชื้นในแถบภูมิภาคเอเชีย ซึ่งยังต้องอาศัยการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการรองรับการใช้งานในรูปแบบใหม่ๆ รวมถึงสามารถนำองค์ความรู้ไปต่อยอดในอันที่จะพัฒนาสินค้าที่ตอบสนองความต้องการในตลาดโลกได้ต่อไปในอนาคต

## 6. บทสรุปการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียง

ในโลกแห่งอนาคตที่เต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงทั้งที่เป็นผลจากภัยธรรมชาติต่างๆ และจากนวัตกรรมและเทคโนโลยีอุบัติใหม่ที่ล้วนส่งผลต่อวิถีทางกระบวนการทำงานรวมถึงรูปแบบการดำเนินชีวิต โดยเฉพาะในเขตเมืองใหญ่และเมืองใหม่ต่างๆ โดยหนึ่งในปัญหาที่มาพร้อมกับการพัฒนาเมืองอย่างมลพิษทางเสียงที่ส่งผลกระทบตามสุขภาพของผู้คนที่ดำรงชีวิตในเขตเมืองอย่างยากจะหลีกเลี่ยง ซึ่งคาดว่าในปี 2021 มูลค่าตลาดวัสดุป้องกันเสียงรวมจะอยู่ที่ประมาณ 1.58 พันล้านเหรียญสหรัฐ[52] จากการนำวัสดุป้องกันเสียงเข้ามาติดตั้งทั้งในเขตอุตสาหกรรมและย่านที่พักอาศัย

การพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงในปัจจุบันนั้น นอกจากวัสดุจะมีคุณสมบัติในการดูดซับ/ป้องกันเสียงได้ดีแล้ว ยังต้องสามารถป้องกันความร้อน ไม่ลามไฟอีกด้วย ซึ่งวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตมักเป็นวัสดุใยแก้วและโฟม Polyurethane (PUR) นอกจากนี้ ยังมีการเริ่มนำเหล็กชุบสังกะสี (Galvanized Steel) มาใช้มากขึ้นอีกด้วย หากแต่การนำทรัพยากรสินแร่ที่ใช้แล้วหมดไปมาผลิตอย่างต่อเนื่องทำให้แร่บางชนิดเริ่มหายากและมีราคาแพงส่งผลต่อต้นทุนในการผลิต อีกทั้งกระบวนการผลิตยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นเหตุก่อให้โดรคระบบทางเดินหายใจแก่ผู้ใช้งานในระยะยาวอีกด้วย

แนวคิด Green Smart Houses จึงได้ถือกำเนิดขึ้นจากการที่ผู้บริโภคได้หันมาให้ความสำคัญกับบ้านอัจฉริยะที่ไม่เพียงแต่อยู่อาศัยได้อย่างสะดวกสบายแต่ต้องสร้างความปลอดภัยแก่ผู้พักอาศัยอีกด้วย ซึ่งความต้องการนี้ได้สอดคล้องกับภาคอุตสาหกรรมที่กลุ่มประเทศพัฒนาแล้วหลายประเทศได้มีกฎหมายควบคุมระดับเสียงที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงาน จนก่อให้เกิดเป็นปัจจัยในการแข่งขันด้านการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีคุณสมบัติทางวัสดุที่หลากหลาย ดูแลรักษาง่าย อายุการใช้งานยาวนาน แทนที่การเน้นมิติทางด้านการแข่งขันด้านราคา การบริการหลังการขาย หรือการรับให้คำปรึกษาเพียงอย่างเดียว

[52] Global Visionary Science Research Team, Acoustic Insulation and Vibration Materials in Construction Acoustic Insulation Materials Segment to Dominate as Clamour for Reduced Noise in Workplaces Rises, Frost & Sullivan, 2016

## ความท้าทายต่อการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงในอนาคต

จากการนำวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่าง Cellulose เศษไม้ เศษผ้า ขนสัตว์ เส้นใยจากผลไม้ ปอ หรือ ป่าน มาใช้ประยุกต์ในการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงมากขึ้น ถือเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญในการพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงแห่งอนาคต ซึ่งแม้ว่าในปัจจุบันจะยังมีการผสมกับโฟม Polyurethane (PUR) Fiberglass รวมถึงสารเคมีบางชนิดเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการป้องกันเสียง ทนไฟ และลดน้ำหนักของวัสดุตามธรรมชาติในการตอบสนองความต้องการของตลาด แต่นับได้ว่าเป็นแนวโน้มในการก้าวไปสู่การพัฒนาที่ลดผลกระทบต่อการทำลายสิ่งแวดล้อมได้ต่อไป

**ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุป้องกันเสียง**

| Parameters | Mineral Wool | Fiber Glass | PUR Foam | Natural Derived Material | Cellulose |
|---|---|---|---|---|---|
| Breadth of Application | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| R-value[53] | 4 | 4 | 7 | 4 | 4 |
| Sustainability and Environmental Effects | 7 | 4 | 3 | 9 | 9 |
| Ability to serve market needs | 8 | 6 | 7 | 5 | 5 |
| Technology Readiness | 9 | 8 | 6 | 3 | 5 |
| **Total 50 point** | **34** | **27** | **28** | **25** | **27** |

ที่มา: Frost & Sullivan, 2016

แม้ว่าวัสดุป้องกันเสียงในตลาดจะมีคุณสมบัติในการป้องกัน/ดูดซับเสียงได้ดี แต่มักผลิตจากวัสดุที่ใช้สารเคมีที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถส่งผลต่อสุขภาพในระยะยาวได้นั้น การวิจัยและพัฒนาวัสดุป้องกันเสียงด้วยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้วัสดุที่ปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds - VOCs) มีความสามารถในการดูดซับ/ป้องกันเสียง ต้านทานความร้อน ทนความชื้น

[53] R-value คือ ค่าความต้านทานความร้อน โดยเป็นค่าที่แสดงความสามารถในการต้านการไหลของความร้อนของวัสดุกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุต่างๆ ตามมาตรฐานการทดสอบของกลุ่มประเทศอเมริกาเหนือ ซึ่งมีหน่วยเป็น K·m^2/W หรือ ft^2·°F·hr/Btu โดยค่าที่สูงหมายถึงการไหลผ่านของความร้อนหรือปล่อยผ่านความร้อนได้ดี จะมีความสามารถในการต้านทานและป้องกันความร้อนได้ดี

ลดการเกิดฝุ่น ทำความสะอาดง่าย/สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ (Self-cleaning) น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย และมีความสวยงามบนต้นทุนต่ำ เพื่อรองรับการนำไปใช้งานในพื้นขนาดใหญ่ในการลดมลภาวะทางเสียงได้หลากหลายอุตสาหกรรม จึงถือเป็นการพยายามในการที่จะเอาชนะสมบัติทางธรรมชาติของวัสดุป้องกันเสียงที่น่าสนใจในอนาคต

ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุป้องกันเสียงที่ผลิตจากวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมล้วนแล้วแต่มีความสำคัญทั้งต่อการปรับปรุงอาคารแบบดั่งเดิมที่ไม่มีการติดตั้งวัสดุกันเสียงและอาคารรูปแบบใหม่ที่มีแผนปลูกสร้างจากความตระหนักถึงคุณภาพชีวิตที่ดีควบคู่ไปกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ถือเป็นหนึ่งการพัฒนาเพื่อรองรับการใช้ชีวิตที่สมดุลท่ามกลางการพัฒนาเมืองอย่างรวดเร็วและเป็นการแสดงความเคารพต่อธรรมชาติให้สามารถคงอยู่ร่วมกันอย่างยั่งยืนสืบไป

# บรรณานุกรม

Acoustical Surfaces. (2018, September) [Online]. Available: www.acousticalsurfaces.com.

Apisit Kositchaiyong, Santi Mitrprasertporn, Ekachai Wimolmala, Teerasak Markpin and Narongrit Sombatsompop, Utilization of fly ash particles as cost reducing agent for rotational-moulded polyethylene product through blending condition improvement, Journal of Research and Innovation for Thai Industry, Vol.1, 2010.

Algaily, B., Puttajukr, S., Navarat, T., Acoustic absorption, rheological and mechanical characteristics of waste egg boxes fibers filled SBR, Jurnal Teknologi, Vol.77, 2015.

Asahi Fiber Glass. (2018, September) [Online]. Available: www.afgc.co.jp/en.s

Clarivate Analytics. (2017, August) [Online]. Available: https://clarivate.com/products/derwent-innovation.

China National Building Materials. (2018, September) [Online]. Available: www.cnbmltd.com/en.

Covestro. (2018, September) [Online]. Available: www.covestro.com/en.

Dämmstatt W.E.R.F. (2018, September) [Online]. Available: https://isofloc.com.

Eadkhong, T., Saleh, A., Danworaphong, S., Sound absorption of oil palm trunk, ICSV 2016 - 23rd International Congress on Sound and Vibration: From Ancient to Modern Acoustics, 2016.

Frost Perspectives, The sound of silence, Frost & Sullivan, 2012.

Foster Engineering. (2018, September) [Online]. Available: www.fostergroup.com.sg.

Global Visionary Science Research Team, Acoustic Insulation and Vibration Materials in Construction Acoustic Insulation Materials Segment to Dominate as Clamour for Reduced Noise in Workplaces Rises, Frost & Sullivan, 2016.

Global Visionary Science Research Team, Advanced Insulation Materials Technologies for Building and Construction, Frost & Sullivan, 2016.

High-Tech Materials Alert, Materials Facilitating Enhanced Acoustic Insulation, Frost & Sullivan, 2016.

Honeywell. (2018, September) [Online]. Available: www.honeywell.com.

Isover. (2018, September) [Online]. Available: www.isover.com.

Kantima Kawnaramit, Preparation of polyurethane elastomer by using Bis-(3-allyloxy-2-propanol) diphenylolpropane as a crosslinking agent, Chulalongkorn University, 1997.

K.E.F.I SpA. (2018, September) [Online]. Available: www.kenaf-fiber.com.

Knauf Insulation. (2018, September) [Online]. Available: www.knaufinsulation.com.

Laroche S.A. Company. (2018, September) [Online]. Available: www.laroche.fr/en.

National University of Singapore. (2018, September) [Online]. Available: www.nus.edu.sg.

Paneerat Tocharoen, Effect of Growing Media on the Plantlet Growth of Paphiopedilum concolor (Batem.) Pfitz, Kasetsart University, 1996.

Padungsak U-nontakarn, BAT for Glass Industry, The Federation of Thai Industries, 2017.

Poly Glass Fibre Sdn. Bhd. (2018, September) [Online]. Available: http://ecowool.com.my.

Rhino Linings Industrial. (2018, September) [Online]. Available: www.rhinolinings.com.

Saenghirunwattana, P., Noomhorm, A., Rungsardthong, V., Mechanical properties of soy protein based "green" composites reinforced with surface modified cornhusk fiber, Journal of Industrial Crops and Products, Vol.60, 2014.

SciVal. (2018, September) [Online]. Available: www.scival.com.

Sompong Srimanosaowapak and Chonlada Domrong, Metal Form High Precision Sound Absorber, National Metal and Materials Technology, 2018.

SCG Building Materials. (2018, September) [Online]. Available: www.scgbuildingmaterials.com.

SCG Building, SCG showcases innovative Eco-friendly building materials at Vietbuild Hanoi, SCG Corporate, 2012.

SCG Building, SCG buils "A Place of Happiness" for families at Vietbuild 2016 with high performance integrated systems for comfort living, SCG Corporate, 2016.

SCG Building Materials, ศัพท์คนสร้างบ้าน กัลวาไนซ์, บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2559.

SCG Experience, Material Guide: ดูดซับกับกันเสียง เลือกใช้ต่างกันอย่างไร, บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2558.

SCG Experience, Acoutic Control for Your Living Experience, บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2559.

Siam Fiberglass (SCG). (2018, September) [Online]. Available: www.scgbuildingmaterials.com.

Scopus. (2018, August) [Online]. Available: www.scopus.com.

Technical Insights, Inside R&D Technology Alert, Frost & Sullivan, 2012.

Twiga Fiberglass. (2018, September) [Online]. Available: www.twigafiber.com.

ธรรมชาติ กุลประภา, เทคโนโลยีวัสดุ Fiber Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) ในการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีต, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, 2555.

นิสภา ศีตะปันย์, เทคนิครีโอโลยี, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2546.

ภาควิชาฟิสิกส์, ไดอะทอไมต์ (diatomite), คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2536.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, ไฟเบอร์กลาส(fiberglass) คืออะไร, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2546.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, วัสดุที่เรียกว่า "คอมโพสิต (composites)" คือวัสดุประเภทใด, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548.

สราวุธ สุธรรมาสา, เรียนรู้กับ 40 ปีของ US.OSHA, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2555.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, เทคโนโลยี Glass bubbles ช่วยลดน้ำหนักรถยนต์, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2559.

อนุภา สกุลพาณิชย์, การพัฒนาฉนวนกันความร้อนสู่อาคารจากซังข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2558.

อรวรรณ สัมฤทธิ์เดชขจร, นักวิจัยควรเรียนรู้เรื่องธุรกิจโฟมโลหะ (metal foam), ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2561.

## ภาคผนวก ก: จำนวนบทความวิชาการ 5 ปีย้อนหลังที่เกี่ยวข้องกับวัสดุป้องกันเสียงจำแนกรายประเทศ (เรียงอันดับ 100 ประเทศแรกในปี 2013 – 2017)

ที่มา: ประมวลจากฐานข้อมูล Scopus ณ เดือนสิงหาคม 2561

| อันดับ | ประเทศ | จำนวน | ร้อยละ | อันดับ | ประเทศ | จำนวน | ร้อยละ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | China | 3,303 | 19.97 | 16 | Belgium | 281 | 1.70 |
| 2 | United States | 3,218 | 19.46 | 17 | Czech Republic | 270 | 1.63 |
| 3 | France | 1,147 | 6.93 | 18 | Malaysia | 258 | 1.56 |
| 4 | Germany | 1,072 | 6.48 | 19 | Taiwan | 245 | 1.48 |
| 5 | United Kingdom | 1,034 | 6.25 | 20 | Turkey | 244 | 1.48 |
| 6 | Japan | 798 | 4.82 | 21 | Sweden | 233 | 1.41 |
| 7 | Russian Federation | 720 | 4.35 | 22 | Netherlands | 229 | 1.38 |
| 8 | Italy | 686 | 4.15 | 23 | Iran | 216 | 1.31 |
| 9 | India | 595 | 3.60 | 24 | Switzerland | 201 | 1.22 |
| 10 | South Korea | 535 | 3.23 | 25 | Austria | 151 | 0.91 |
| 11 | Canada | 521 | 3.15 | 26 | Greece | 143 | 0.86 |
| 12 | Spain | 418 | 2.53 | 27 | Hong Kong | 134 | 0.81 |
| 13 | Australia | 408 | 2.47 | 28 | Singapore | 128 | 0.77 |
| 14 | Poland | 346 | 2.09 | 29 | Denmark | 118 | 0.71 |

| อันดับ | ประเทศ | จำนวน | ร้อยละ | อันดับ | ประเทศ | จำนวน | ร้อยละ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Brazil | 286 | 1.73 | 30 | Romania | 102 | 0.62 |
| 31 | Portugal | 101 | 0.61 | 49 | Morocco | 35 | 0.21 |
| 32 | Mexico | 98 | 0.59 | 50 | Lithuania | 34 | 0.21 |
| 33 | Ukraine | 96 | 0.58 | 51 | Colombia | 31 | 0.19 |
| 34 | Finland | 91 | 0.55 | 52 | Pakistan | 26 | 0.16 |
| 35 | Norway | 85 | 0.51 | 53 | Argentina | 25 | 0.15 |
| 36 | Saudi Arabia | 82 | 0.50 | 54 | Estonia | 25 | 0.15 |
| 37 | Slovakia | 67 | 0.41 | 55 | Serbia | 25 | 0.15 |
| 38 | Egypt | 66 | 0.40 | 56 | Slovenia | 22 | 0.13 |
| 39 | New Zealand | 63 | 0.38 | 57 | United Arab Emirates | 22 | 0.13 |
| 40 | Algeria | 59 | 0.36 | 58 | Viet Nam | 22 | 0.13 |
| 41 | Indonesia | 59 | 0.36 | 59 | Croatia | 21 | 0.13 |
| 42 | Israel | 53 | 0.32 | 60 | Belarus | 18 | 0.11 |
| 43 | Hungary | 51 | 0.31 | 61 | Latvia | 18 | 0.11 |
| **44** | **Thailand** | **50** | 0.30 | 62 | Kazakhstan | 17 | 0.10 |
| 45 | Tunisia | 50 | 0.30 | 63 | Bangladesh | 15 | 0.09 |
| 46 | Ireland | 47 | 0.28 | 64 | Bulgaria | 13 | 0.08 |
| 47 | South Africa | 45 | 0.27 | 65 | Iraq | 13 | 0.08 |

| อันดับ | ประเทศ | จำนวน | ร้อยละ | อันดับ | ประเทศ | จำนวน | ร้อยละ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 48 | Chile | 43 | 0.26 | 66 | Lebanon | 13 | 0.08 |
| 67 | Moldova | 13 | 0.08 | 84 | Uruguay | 4 | 0.02 |
| 68 | Cyprus | 12 | 0.07 | 85 | Venezuela | 4 | 0.02 |
| 69 | Nigeria | 9 | 0.05 | 86 | Armenia | 3 | 0.02 |
| 70 | Qatar | 9 | 0.05 | 87 | Bosnia and Herzegovina | 3 | 0.02 |
| 71 | Jordan | 8 | 0.05 | 88 | Ghana | 3 | 0.02 |
| 72 | Georgia | 7 | 0.04 | 89 | Macedonia | 3 | 0.02 |
| 73 | Iceland | 7 | 0.04 | 90 | Panama | 3 | 0.02 |
| 74 | Cuba | 6 | 0.04 | 91 | Peru | 3 | 0.02 |
| 75 | Ecuador | 6 | 0.04 | 92 | Cameroon | 2 | 0.01 |
| 76 | Sri Lanka | 6 | 0.04 | 93 | Kenya | 2 | 0.01 |
| 77 | Azerbaijan | 5 | 0.03 | 94 | Macao | 2 | 0.01 |
| 78 | Ethiopia | 5 | 0.03 | 95 | Madagascar | 2 | 0.01 |
| 79 | Luxembourg | 5 | 0.03 | 96 | Malta | 2 | 0.01 |
| 80 | Sudan | 5 | 0.03 | 97 | Myanmar | 2 | 0.01 |
| 81 | Kuwait | 4 | 0.02 | 98 | Oman | 2 | 0.01 |
| 82 | Philippines | 4 | 0.02 | 99 | Puerto Rico | 2 | 0.01 |
| 83 | Uganda | 4 | 0.02 | 100 | Senegal | 2 | 0.01 |

## ภาคผนวก ข: จำนวนบทความวิชาการ 5 ปีย้อนหลังที่เกี่ยวข้องกับวัสดุป้องกันเสียง จำแนกตามรายหน่วยงานในประเทศ (ปี 2013 – 2017)

ที่มา: ประมวลจากฐานข้อมูล Scopus ณ เดือนสิงหาคม 2561

| ลำดับ | หน่วยงาน | จำนวน | ร้อยละ |
|---|---|---|---|
| 1 | Chiang Mai University | 11 | 22.00 |
| 2 | King Mongkuts University of Technology Thonburi | 10 | 20.00 |
| 3 | King Mongkut's University of Technology North Bangkok | 7 | 14.00 |
| 4 | Mahidol University | 5 | 10.00 |
| 5 | Rajamangala University of Technology Thanyaburi | 5 | 10.00 |
| 6 | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang | 4 | 8.00 |
| 7 | Prince of Songkla University | 3 | 6.00 |
| 8 | Suranaree University of Technology | 3 | 6.00 |
| 9 | Chulalongkorn University | 2 | 4.00 |
| 10 | Kasetsart University | 2 | 4.00 |
| 11 | Khon Kaen University | 2 | 4.00 |
| 12 | Thammasat University | 1 | 2.00 |
| 13 | Walailak University | 1 | 2.00 |
| 14 | Ubon Rajathanee University | 1 | 2.00 |
| 15 | Mae Fah Luang University | 1 | 2.00 |
| 16 | Maejo University | 1 | 2.00 |
| 17 | Ramkhamhaeng University | 1 | 2.00 |
| 18 | Rajamangala University of Technology Phra Nakhon | 1 | 2.00 |
| 19 | PTT | 1 | 2.00 |
| 20 | Thai NDT Public Company Limited | 1 | 2.00 |
| 21 | Ramkhamhaeng Hospital | 1 | 2.00 |
| 22 | National Institute of Metrology | 1 | 2.00 |
| 23 | Commission on Higher Education | 1 | 2.00 |
| 24 | Nature and Wildlife Conservation Division | 1 | 2.00 |
| 25 | Wildlife Conservation Society | 1 | 2.00 |

## ภาคผนวก ค: ตัวอย่างสิทธิบัตรที่น่าสนใจ 5 ปีย้อนหลังเกี่ยวกับวัสดุป้องกันเสียง (ปี 2013 – 2017)

ที่มา: ประมวลจากฐานข้อมูล Clarivate Analytics ณ เดือนสิงหาคม 2018

| ข้อมูลสิทธิบัตร | รายละเอียด |
|---|---|
| **Patent Number:** CN 202805807 U<br>**Publication Date:** March 20, 2013<br>**Assignee:** Li Chen, China | **Title: Ultraviolet-proof sound-insulating glass**<br>**Summary:**<br>The utility model provides ultraviolet-proof sound-insulating glass. The ultraviolet-proof sound-insulating glass comprises first bee hole glass, vacuum glass and second bee hole glass, wherein an ultraviolet-proof coating layer is coated at one side of the first bee hole glass; the other side of the first bee hole glass is compounded at one side of the vacuum glass; the other side of the vacuum glass is compounded with the second bee hole glass; one side of the second bee hole glass is compounded with a reflection film; and a heat-insulating coating layer is coated at one side of the reflection film. The ultraviolet-proof sound-insulating glass has the beneficial effects that the vacuum glass enables the ultraviolet-proof sound-insulating glass to have good sound-insulating effect; the first bee hole glass and the second bee hole glass are arranged so that the flatness of the ultraviolet-proof sound-insulating glass is good and the strength is high; the reflection film and the heat-insulating coating layer enable the ultraviolet-proof sound-insulating glass to have better heat-insulating effect; and the ultraviolet-proof coating layer is coated at one side of the first bee hole glass so that the ultraviolet-proof sound-insulating glass has the ultraviolet-proof effect. |

| ข้อมูลสิทธิบัตร | รายละเอียด |
|---|---|
| **Patent Number:** US 8695812 B2<br>**Publication Date:** April 15, 2014<br>**Assignee:** Nitto Denko Corporation, Japan | **Title: Water-proof sound-transmitting membrane, method for producing water-proof sound-transmitting membrane, and electrical appliance using the membrane**<br>**Summary:**<br>A water-proof sound-transmitting membrane 10 includes a polytetrafluoroethylene porous membrane 1 and has a surface density of 1 to 20 g/m2. The polytetrafluoroethylene porous membrane 1 includes a first porous layer 1a, and a second porous layer 1b stacked on and integrated with the first porous layer 1a by a binding force acting between polytetrafluoroethylene matrices. |
| **Patent Number:** US 9093060 B2<br>**Publication Date:** July 28, 2015<br>**Assignee:** Nichias Corporation, Japan | **Title: Sound-proof material and process for production thereof, sound-proof moulding, and sound insulation method**<br>**Summary:**<br>The present invention relates to a sound-proof material containing a first sound-absorbing material disposed facing a sound source, a first soft sound-insulating layer laminated on a face of the first sound-absorbing material opposite to the sound source and having an air permeability measured in accordance with JIS L1018 of 10 cc/cm2·sec or lower, a second sound-absorbing material laminated on the first soft sound-insulating layer, and a second soft sound-insulating layer laminated on the second sound-absorbing material and having an air permeability measured in accordance with JIS L1018 of 10 cc/cm2·sec or lower and a Young's modulus measured |

| ข้อมูลสิทธิบัตร | รายละเอียด |
|---|---|
| | in accordance with JIS K7127 greater than or equal to five times that of the first soft sound-insulating layer, in which at least the second soft sound-insulating layer is partially or entirely bonded to the second sound-absorbing material. |
| **Patent Number:**<br>AU 2010/280643 B2<br>**Publication Date:**<br>November 5, 2015<br>**Assignee:** Soler & Palau Res SLU , Spain | **Title: Sound-proofed helicocentrifugal fan**<br>**Summary:**<br>The invention relates to a sound-proofed helicocentrifugal fan comprising a helicocentrifugal propeller (6) associated with a motor (5), housed in a casing formed by a central piece (1) and individual end pieces (2 and 3), which pieces are perforated with holes distributed over the entire surface except for the area around the propeller (6). In addition, a sound-absorbing blanket (8) is provided on the casing and an outer casing (7) is disposed around the entire assembly. |
| **Patent Number:**<br>WO_2015_197634_A1<br>**Publication Date:**<br>December 30, 2015<br>**Assignee:** Rockwool International, Denmark | **Title: A Modular Building System And A Method Of Assembling Building Elements To Construct Such Building System**<br>**Summary:**<br>The present invention concerns a modular building system comprising a plurality of building elements (1), which are assembled to form a building section, such as a wall, a floor and/or a ceiling, said building elements (1) each comprises an elongated insulation panel (2) having a first side (23) and an opposite second side (24) with two oppositely positioned end sides (25, 26) and two oppositely positioned panel contact sides (21, 22) therebetween, and at least one of said first and second sides (23, 24) are provided with a cover profile |

| ข้อมูลสิทธิบัตร | รายละเอียด |
|---|---|
| | (3), which covers the width of the first side (23) and/or the second side (24), wherein said cover profile (3) has a base portion (31) at which the cover profile (3) is attached to the first or second side (23, 24) of the insulation panel (2), and first and second side flange portions (32) on each side of the base portion (31); said first side flange portion (32) having a tongue (37) at the side edge (35), and said second side flange portion (32) having a groove (36) complementary to the tongue (37) adapted to receiving and interlocking the tongue (37) of a neighbouring building element (1) and thereby assemble the two neighbouring building elements (1, 1'). |
| **Patent Number:** HK 1206086 A1<br>**Publication Date:**<br>December 31, 2015<br>**Assignee:** Nano & Advanced Materials Inst Ltd., Hong Kong | **Title: High performance cementitious materials for flooring underlayment with enhanced impact sound insulation**<br>**Summary:**<br>An in-situ cast floor underlayment is disclosed in this invention, wherein the floor underlayment comprises a cemented rubber layer, which further comprises rubber granules and cementitious binder. The floor underlayment further comprises a highly deformable cementitious composite layer on top of the cemented rubber layer for the protection thereof. The rubber granules are pre-treated such that a better interaction between the rubber granules and the cementitious binder is achieved. A method of installing the in-situ casted floor underlayment is also disclosed. |

# คณะผู้จัดทำ

**ที่ปรึกษา**

ดร.กรัณฑรัตน์ นาขวา รักษาการผู้อำนวยการ ฝ่ายวิจัยนโยบาย

**ผู้เขียน**

นางสาวจีรนันท์ ดวงคำ ผู้ช่วยวิจัยนโยบาย ฝ่ายวิจัยนโยบาย

**ขอขอบพระคุณการอนุเคราะห์ข้อมูลจาก**

1. ดร.สมพงษ์ ศรีมโนเสาวภาคย์ ห้องปฏิบัติการโลหะวิทยาขั้นสูง ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
2. นายไพบูลย์ วัฒนพรภัณฑ์ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการเคลือบผิวและการประสาน ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
3. SCG Experience บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

**สถานที่ติดต่อ**

ฝ่ายวิจัยนโยบาย สำนักงานกลาง
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย
ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
โทรศัพท์: 02 564 7000 ต่อ 71862
โทรสาร: 02 564 7060
อีเมล: prs@nstda.or.th

ฝ่ายวิจัยนโยบาย
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120