



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

แผนงานวิจัย

การพัฒนาแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลาง

สำหรับใช้เป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคาร

(The Development of Structural Insulated Panels with NR Core
Filler for Interior Uses)

โดย

ผศ.ดร.สุฤกษ์ คงทอง

ผศ.ดร.พรรณนิภา เขาวนະ

อาจารย์สุผาณิต วิเศษสาร

กุมภาพันธ์ 2559

สัญญาเลขที่ RDG5750112

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

แผนงานวิจัย

การพัฒนาแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางสำหรับใช้เป็นแผ่นผนัง
ภายในตัวอาคาร

- โครงการย่อยที่ 1 ผลกระทบของปัจจัยการผลิตต่อการระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายจากแผ่น
ผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางสำหรับใช้งานภายในตัวอาคาร
- โครงการย่อยที่ 2 การลดต้นทุนของวัตถุดิบในกระบวนการเตรียมแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียาง
ธรรมชาติเป็นแกนกลางโดยใช้เศษชิ้นไม้จากไม้ยางพารา
- โครงการย่อยที่ 3 เทคนิคการติดตั้งแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางสำหรับใช้งาน
ภายในอาคาร

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. ผศ.ดร.พรรณนิภา เขาวนระ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
2. ผศ.ดร.สุฤกษ์ คงทอง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
3. อาจารย์สุผาณิต วิเศษสาธร์ สำนักวิชาสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.- สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

แบบสรุปรายงานสำหรับผู้บริหารในภาพรวมของแผนงานวิจัย

ชื่อแผนงาน (ภาษาไทย) การพัฒนาแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางสำหรับใช้เป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคาร
(ภาษาอังกฤษ) The Development of Structural Insulated Panels with NR Core Filler for Interior Uses

ผู้รับผิดชอบและหน่วยงาน ประกอบด้วย

1.1 ผู้อำนวยการแผนงาน

ชื่อผู้อำนวยการแผนงาน	ผศ.ดร.สุฤกษ์ คงทอง
หน่วยงานต้นสังกัด	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
สถานที่ติดต่อ	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160
หมายเลขโทรศัพท์	075-672326 / 084-0547540
หมายเลขโทรสาร	075-672399
E-mail	ksureurg@wu.ac.th

1.2 ผู้ร่วมงานวิจัย

ชื่อหัวหน้าโครงการย่อยที่ 1	ผศ.ดร.พรรณนิภา เชาวนะ
หน่วยงานต้นสังกัด	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
สถานที่ติดต่อ	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัย วลัยลักษณ์ 222 ต.ไทยบุรี อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80161
หมายเลขโทรศัพท์	075-672312 / 089-6501156
หมายเลขโทรสาร	075-672399
E-mail	mpannipa@wu.ac.th / mpannipa@hotmail.com

ชื่อหัวหน้าโครงการย่อยที่ 2	ผศ.ดร.สุฤกษ์ คงทอง
หน่วยงานต้นสังกัด	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
สถานที่ติดต่อ	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160
หมายเลขโทรศัพท์	075-672326 / 084-0547540
หมายเลขโทรสาร	075-672399
E-mail	ksureurg@wu.ac.th

ชื่อหัวหน้าโครงการย่อยที่ 3	อาจารย์สุภาณิต วิเศษสาร
หน่วยงานต้นสังกัด	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
สถานที่ติดต่อ	สำนักวิชาสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160
หมายเลขโทรศัพท์	075-672-522 / 081-9262375
หมายเลขโทรสาร	075-672-399
E-mail	supanit.wi@wu.ac.th / supanit.wi@hotmail.com

งบประมาณ 1,357,400 บาท

ระยะเวลาดำเนินการ 12 เดือน ตั้งแต่วันที่ 15 กันยายน 2557 ถึง วันที่ 14 กันยายน 2558 ขยาย

ระยะเวลา 3 เดือน ถึงวันที่ 14 ธันวาคม 2558

ปัญหาที่ท้าวิจัยและความสำคัญ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green Construction Technology for Building) เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจและนำมาสู่การพัฒนาทั้งในเรื่องของแนวทางการออกแบบพื้นที่ใช้สอย แนวทางการเลือกใช้ระบบโครงสร้าง แนวทางการเลือกใช้กระบวนการก่อสร้าง และวัสดุก่อสร้าง อีกทั้งเมื่อคำนึงถึงเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เหมาะสม (Appropriate Technology for Construction) ของในแต่ละท้องถิ่น ซึ่งให้ความสำคัญกับความสามารถในการทำการก่อสร้างของช่างก่อสร้าง การเลือกใช้วัสดุที่หาง่ายหรือสามารถผลิตหรือมีวัสดุตั้งต้นในการผลิตอยู่ในท้องถิ่นนั้นๆ ก็จะทำให้เกิดอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้ คือ วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผนังภายในอาคารบ้านเรือนเปลี่ยนไปใช้วัสดุผนังที่มีน้ำหนักเบาและสะดวกในการติดตั้ง เพื่อลดความจำเป็นของการต้องมีคานเพื่อรับน้ำหนักของผนัง ส่งผลให้มีความยืดหยุ่นในการจัดสรรพื้นที่ใช้สอยภายในตัวอาคารมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์กลุ่มดังกล่าวให้เลือกใช้หลายชนิด ทั้งนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ แผ่นผนังที่ต้องใช้โครงสร้างสำหรับการติดตั้ง (Board on Frame Panels) ได้แก่ แผ่นผนังที่มีเส้นใย / ฝงไม้อัดซีเมนต์ แผ่นยิบซัม ซึ่งการติดตั้งนั้นต้องมีการก่อสร้างโครงคร่าวขึ้นมาก่อนเพื่อไว้ให้แผ่นผนังได้ยึดเกาะ และแผ่นผนังที่ไม่ต้องใช้โครงสร้างในการติดตั้ง (Frameless Panels) ได้แก่ แผ่นผนังโครงสร้างที่เป็นฉนวนความร้อน (Structural Insulated Panels, SIP) ซึ่งเป็นผนังที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่ากลุ่มแรก จึงสามารถยึดติดกับพื้นและเพดานของตัวอาคารได้เลย นอกจากนั้นการรื้อถอนและติดตั้งใหม่เพื่อปรับเปลี่ยนพื้นที่ใช้สอยภายในตัวอาคารยังทำได้ง่ายกว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มแรก อย่างไรก็ตามวัสดุผนังที่ใช้ในประเทศไทยเกือบทั้งหมดเป็นกลุ่ม Board on Frame Panels เนื่องจากผลิตภัณฑ์ SIP ยังไม่เป็นที่รู้จักและยังไม่มีการผลิตภายในประเทศ

จากประเด็นดังกล่าวผู้วิจัยจึงศึกษากระบวนการเตรียมแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ SIP ซึ่งแผ่นผนังที่เตรียมได้จากงานวิจัยนี้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นแผ่นผนังสำเร็จรูปสำหรับใช้ภายในตัวอาคารได้และจัดเป็นวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากใช้เศษไม้ยางพาราเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้เพื่อเป็นส่วนของชั้นผิวแทนการใช้ไม้จากป่าและใช้ฉนวนโฟมจากยางธรรมชาติเป็นชั้นฉนวนแกนกลางแทนโฟมสังเคราะห์

นอกจากนั้นเพื่อยืนยันว่าผลการวิจัยนี้มีศักยภาพในการขยายขนาดการผลิตไปสู่อุตสาหกรรมได้ ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความคิดเห็นผู้ประกอบการจากกลุ่มผู้ผลิตแผ่นไม้ประกอบ และกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตกาวสำหรับแผ่นไม้ประกอบซึ่งเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายเนื่องจากน่าจะสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ได้โดยตรงเพราะมีเครื่องจักรที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นไม้ประกอบอยู่แล้วโดยไม่ต้องเพิ่มไลน์การผลิตใหม่

วัตถุประสงค์

- (1) เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางในระดับห้องปฏิบัติการ ที่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ในปริมาณต่ำ และมีต้นทุนวัตถุดิบที่สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าได้
- (2) เพื่อศึกษาวิธีการติดตั้งแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางที่เหมาะสม โดยอยู่บนฐานของการใช้เครื่องมือและทักษะของช่างไทยในปัจจุบัน
- (3) เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางในระดับอุตสาหกรรม สำหรับใช้งานเป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคาร

ผลการดำเนินงาน

1. แผ่นผนังต้นแบบมีต้นทุนการผลิต (ต้นทุนวัตถุดิบและพลังงานการผลิต) ลดลงประมาณ 60% เมื่อมีการเติมเศษผงไม้ในชั้นยางโฟมแกนกลางและมีต้นทุนการผลิตอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับราคากลางของค่าก่อสร้างผนังภายในตัวอาคารโดยใช้แผ่นผนังเบาทางการค้า (board on frame panels) เป็นวัสดุก่อสร้าง
2. เมื่อเปรียบเทียบแผ่นผนังต้นแบบจากงานวิจัยกับผลิตภัณฑ์แผ่นผนังทางการค้า พบว่าคุณสมบัติเด่นที่แผ่นผนังจากงานวิจัยมีเหนือกว่า คือค่า bending strength ที่สูงกว่าประมาณ 5 – 7 เท่า ค่า modulus of elastic สูงกว่าประมาณ 1.5 เท่า ค่า water absorption และ thickness swelling หลังแช่น้ำ 24 ชม. ที่ต่ำกว่าประมาณ 1 เท่า ความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่าประมาณเกือบ 2 เท่า (จึงสามารถช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศภายในตัวอาคารได้ดีกว่าแผ่นผนังในปัจจุบัน) ความสามารถในการลดทอนเสียง (STC) ที่ดีกว่าประมาณ 14 dB และนอกจากนั้นแผ่นผนังจากงานวิจัยยังมีค่าน้ำหนักต่อพื้นที่ของแผ่นผนังที่ต่ำกว่าประมาณ 12 กก. / ตร.ม. ด้วย แต่แผ่นผนังจากงานวิจัยมีจุดด้อยคือเกิดการลามไฟได้ แต่ไม่ลุกลามไฟได้เอง ซึ่งการมีเศษผงไม้ในชั้นยางโฟมช่วยชะลอการลามไฟของชั้นแกนกลางให้ลดลงได้ ส่วนผลิตภัณฑ์แผ่นผนังทางการค้าไม่เกิดการลามไฟ อย่างไรก็ตามระดับการลามไฟของชั้นผิว OSB ของแผ่นผนังจากงานวิจัยยัง

อยู่ในระดับเดียวกับผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบทางการค้า ส่วนการลามไฟของชั้นยางโฟม อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์อื่นๆไปถึง 2 เท่า

3. ทราบว่าขนาดความหนาของแผ่นผนังที่สามารถใช้ร่วมกับเครื่องมือช่างและอุปกรณ์ในการก่อสร้างที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันได้คือ ความหนา 6.5 ซม ขึ้นไป โดยมีข้อมูลที่บ่งชี้ว่าสามารถขยายขนาดแผ่นผนังจากงานวิจัยที่มีความหนาดังกล่าวเพื่อผลิตเป็นแผ่นผนังที่มีความกว้าง x ความสูง เท่ากับ 1.2×2.8 เมตรได้ ซึ่งเป็นขนาดที่อยู่ในระดับเดียวกับผลิตภัณฑ์แผ่นผนังเบาทางการค้า

4. ได้วิธีการติดตั้งแผ่นผนังต้นแบบทั้งในทิศทางแผ่นต่อแผ่น แผ่นต่อพื้น และแผ่นต่อผนัง ที่มีความเหมาะสมและแข็งแรง เพื่อให้สามารถใช้งานเป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคารได้จริงด้วยทักษะช่าง เครื่องมือ และวัสดุก่อสร้างที่มีใช้ในปัจจุบัน

5. จากการทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์ที่ระเหยได้จากแผ่นผนังต้นแบบพบว่า ชั้นผิวซึ่งได้จากการอัดแถบไม้ยางพาราเรียงสลับผสมกาว (ชั้นผิว OSB) มีค่าการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์มากกว่าชั้นยางโฟมแกนกลางจากยางธรรมชาติผสมเศษผงไม้

6. สามารถขึ้นรูปแผ่นผนังต้นแบบซึ่งมีระดับการปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ในปริมาณที่ต่ำกว่าข้อกำหนดตามมาตรฐานประมาณ 10 เท่า ซึ่งระดับดังกล่าวยังเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าของผลิตภัณฑ์แผ่นผนังเบาทางการค้า (board on frame panels) อีกด้วย ดังนั้นจึงสามารถนำแผ่นผนังต้นแบบไปใช้เป็นผนังภายในตัวอาคารได้โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพของผู้อาศัย

7. แผ่นผนังที่มีการเติมเศษผงไม้ในชั้นยางโฟมแกนกลางสามารถนำไปใช้งานกับเครื่องมือช่างสำหรับการติดตั้งได้แก่ เครื่องเลื่อย สว่าน และตะปูเกลียว ได้จริง และพบว่าใช้งานได้ง่ายกว่าและไม่เกิดความเสียหายแก่แผ่นผนัง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีของแผ่นผนังที่ไม่มีการเติมเศษผงไม้ในชั้นยางโฟม

8. จากผลการสำรวจความคิดเห็นผู้ประกอบการจากกลุ่มผู้ผลิตแผ่นไม้ประกอบ และกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตกาวสำหรับแผ่นไม้ประกอบ รวมถึงตัวแทนจากมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนและการวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่พบว่า กลุ่มตัวอย่างให้ความเห็นต่อภาพรวมของผลการวิจัยจากโครงการนี้ว่ามีความเป็นไปได้มากที่จะขยายขนาดการผลิตแผ่นผนังจากโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับที่จะใช้งานจริงโดยใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม โดยประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างมีความเห็นว่าเป็นไปได้มากที่สุดคือการลดต้นทุนของวัตถุดิบด้วยการผสมเศษผงไม้ในชั้นยางโฟมแกนกลาง ส่วนประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างมีความเห็นด้วยน้อยที่สุดซึ่งกลุ่มตัวอย่างเห็นว่าเป็นไปได้อยู่ในระดับปานกลาง คือความพร้อมของเครื่องจักรที่มีอยู่ ต่อวิธีการขึ้นรูปแผ่นผนังตามกระบวนการที่นำเสนอในงานวิจัย

สรุปผลการวิจัย

สามารถขึ้นรูปแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ในปริมาณต่ำกว่าข้อกำหนดมาตรฐานและต่ำกว่าแผ่นผนังทางการค้าด้วยต้นทุนการผลิตที่สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานได้จริงด้วยกระบวนการติดตั้งที่ช่างก่อสร้างใช้อยู่ในปัจจุบัน และยังเป็นไปได้มากที่จะขยายขนาดเพื่อทำการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้จริง โดยแผ่นผนังจากงานวิจัยมีข้อได้เปรียบผลิตภัณฑ์ทางการค้าคือ ความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้ง ความแข็งแรงที่สูงกว่า ความเป็นฉนวนความร้อนและการกันเสียงที่ดีกว่า น้ำหนักที่เบากว่า ความเป็น green products ที่สูงกว่า แต่มีข้อเสียคือเป็นวัสดุที่เกิดการลามไฟ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการร่วมมือกับอุตสาหกรรมที่ผลิตแผ่นไม้ประกอบเนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรที่สามารถขึ้นรูปแผ่นผนังตามที่เสนอในรายงานผลการวิจัยได้ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถนำผลการวิจัยไปขยายขนาดการผลิตได้จริงในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งที่ผ่านมาผู้วิจัยได้พยายามหาความร่วมมือกับโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวแต่ยังโรงงานที่สะดวกร่วมดำเนินการ ดังนั้นหาก สกว. ช่วยเป็นผู้ประสานน่าจะมีโอกาสได้โรงงานมาร่วมมือมากขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยได้แนบรายชื่อโรงงานที่เกี่ยวข้องมาในภาคผนวกหลังแผนงานวิจัยด้วย
2. สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ให้ต่ำลงอีกได้ด้วยการใช้วัสดุปิดผิวแผ่นผนังเมื่อผลิตจริงในเชิงการค้า
3. แม้ข้อมูลจากงานวิจัยบ่งชี้ว่า แผ่นผนังต้นแบบมีต้นทุนการผลิตที่ใกล้เคียงกับราคากลางค่าก่อสร้างแผ่นผนังเบา แต่ต้นทุนการผลิตจริงในระดับอุตสาหกรรมน่าจะมีค่าต่ำกว่าที่รายงานในงานวิจัยนี้ เนื่องจากข้อมูลที่ใช้คำนวณต้นทุนในงานวิจัยยังไม่ได้อยู่บนพื้นฐานของขนาดการผลิตจริงของแต่ละเครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นผนัง เพราะต้องคำนึงถึงเหตุผลทางด้านความปลอดภัยและความสะดวกในการทำวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้จุดเด่นของแผ่นผนังที่ได้จากงานวิจัยคือ คุณสมบัติหลายๆด้านที่สูงกว่าแผ่นผนังเบาที่ใช้ในปัจจุบันและยังมีความเป็น green product ที่สูงด้วย ดังนั้นต้นทุนที่ใกล้เคียงกับแผ่นผนังเบากลุ่ม board on frame จึงไม่น่าจะเป็นประเด็นในการทำตลาดของผลิตภัณฑ์นี้

4.เนื่องจากการติดตั้งชิ้นส่วนของอาคารที่ไม่เป็นส่วนของโครงสร้างรับแรง (Non-structural Elements) จะไม่มีมาตรฐานที่กำหนดคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของการติดตั้ง การวิจัยครั้งนี้จึงใช้มาตรฐานของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบแผ่นผนังเป็นเกณฑ์การทดสอบแทน

5. การขึ้นรูปแผ่นผนังให้มีขนาดเท่าใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรมควรจะใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อนแบบหลายช่องอัด (multi layers opening hot press) มากกว่ากระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง

บทคัดย่อ

แผ่นผนังต้นแบบที่ได้จากงานวิจัยประกอบด้วยชั้นผิวด้านนอกเป็นแผ่นไม้อัดเรียงสลับกันจากแถบไม้ยางพารา และชั้นฉนวนโฟมแกนกลางจากยางธรรมชาติผสมเศษผงไม้ โดยใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการอัดร้อนทั้งชั้นผิวและชั้นยางแกนกลางพร้อมกันภายใต้ความดันในแบบพิมพ์เดียวกัน แผ่นผนังต้นแบบที่เตรียมได้นี้มีข้อได้เปรียบผลิตภัณฑ์ทางการค้าคือ ความแข็งแรงที่สูงกว่า ความเป็นฉนวนความร้อนและการกันเสียงที่ดีกว่า น้ำหนักที่เบากว่า ความเป็น green products ที่สูงกว่า มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ในปริมาณต่ำกว่า ความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้ง นอกจากนี้แผ่นผนังต้นแบบยังมีต้นทุนการผลิตอยู่ในระดับที่สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์แผ่นผนังเบาทางการค้าได้ ตลอดจนสามารถนำไปใช้งานได้จริงด้วยกระบวนการติดตั้งที่ช่างก่อสร้างใช้อยู่ในปัจจุบัน และยังมีความเป็นไปได้มากที่จะขยายขนาดเพื่อทำการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้ แต่มีข้อเสียคือเป็นวัสดุที่เกิดการลามไฟ

คำสำคัญ: แผ่นผนังเบา ยางธรรมชาติ ยางโฟม ไม้ยางพารา สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย การติดตั้งแผ่นผนัง

Abstract

The prototype conducted from this research consists of oriented strand layers from rubberwood as a facing material and insulated rubber foam from natural rubber filled with wood particles as an inner core. The components of facing and core materials were pressed in the same mold under temperature and pressure simultaneously to yield the prototype with some major advantages – strength, thermal and sound insulator, light weight, environment friendly product, lower emission and easy installation. In addition, the manufacturing cost of this product is about the same as the construction one of drywall using the commercial board on frame products and it also could be installed by general construction tools. The result of this research, moreover, indicated that the procedure of prototype formation had a high possibility to scale up in industry. The only disadvantage of this product was that it was flammability.

Keywords: lightweight panels, natural rubber, rubber foam, Pararubber wood, volatile organic compounds, drywall construction

แผนงานวิจัย การพัฒนาแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางสำหรับใช้เป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคาร

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากประเด็นของการก่อสร้างอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ได้กล่าวถึงตอนต้น ผู้วิจัยเริ่มศึกษากระบวนการเตรียมแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ SIP ในโครงการวิจัย **“การพัฒนาแผ่นผนังฉนวนสำเร็จรูปที่มียางธรรมชาติเป็นวัสดุแกนกลาง”** (RDG5550082) (สุฤกษ์, 2556) ซึ่งแผ่นผนังที่เตรียมได้จากงานวิจัยดังกล่าวจัดเป็นวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในงานก่อสร้างอาคารได้ในลักษณะเช่นเดียวกับ SIP และมีความเหมาะสมกับการผลิตในประเทศไทย เนื่องจากใช้เศษไม้ยางพาราเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้และใช้ฟองน้ำที่เตรียมจากยางธรรมชาติเป็นชั้นฉนวนแกนกลางแทนการใช้ไม้จากป่าและโฟมสังเคราะห์ตามลำดับ โดยใช้กระบวนการขึ้นรูปชั้นผิวและชั้นยางฟองน้ำแกนกลางด้วยการอัดร้อนในขั้นตอนเดียวและในแบบพิมพ์เดียวกัน ซึ่งปัจจุบันนี้กระบวนการผลิต SIP ในต่างประเทศยังต้องใช้ถึงสามขั้นตอนคือ ขึ้นรูปชั้นผิว OSB ผลิตชั้นโฟมสังเคราะห์ และนำผิว OSB และโฟมมาประกบกันเป็นแผ่นผนังที่มีชั้นโฟมอยู่กลาง ผลการวิจัยจากโครงการ RDG5550082 บ่งชี้ว่า แผ่นผนังที่เตรียมได้มีน้ำหนักเบากว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังคอนกรีตสำเร็จรูปประมาณ 5 เท่า ในขณะที่มีความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่าประมาณ 12 เท่า ซึ่งหากเปรียบเทียบกับ SIP ที่ผลิตในต่างประเทศพบว่ามีคุณสมบัติเบื้องต้นอยู่ในระดับเดียวกัน แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความเป็น Green Product มากกว่าเนื่องจากผลิตด้วยวัสดุจากแหล่งธรรมชาติที่มีความยั่งยืน

นอกจากนั้นหากเปรียบเทียบคุณสมบัติกับผนังกลุ่ม Board on Frame Panels ซึ่งเป็นวัสดุผนังน้ำหนักเบาที่นิยมใช้เป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคารในงานก่อสร้างภายในประเทศไทย พบว่าแผ่นผนังจากงานวิจัยนี้มีน้ำหนักเบากว่าประมาณ 3 เท่า (คิดเฉพาะน้ำหนักแผ่นผนังเท่านั้น ยังไม่รวมน้ำหนักของโครงสร้างที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการติดตั้งแผ่นผนังกลุ่ม Board on Frame Panels ซึ่งหากรวมน้ำหนักของโครงสร้างด้วยแผ่นผนังจากงานวิจัยยังมีน้ำหนักน้อยกว่า) แต่มีค่าความแข็งแรง (Modulus of Rupture) สูงกว่าประมาณ 2 เท่า ความต้านทานน้ำ (Water Absorption) ดีกว่าประมาณ 2 เท่า ความแข็งแรงของการยึดตรึงสูงกว่าเกือบ 3 เท่า นอกจากนั้นการติดตั้งและรื้อถอนเพื่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใช้สอยยังทำได้ง่ายกว่าเนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้โครงสร้างในการติดตั้ง (Frameless Panels)

เพื่อพัฒนาแผ่นผนังที่ได้จากผลการวิจัยในช่วงแรกดังกล่าวให้มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้งานเป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคาร ทีมวิจัยจึงวางแผนศึกษาเพิ่มเติมในสามประเด็นคือ ประเด็นแรก ศึกษาอิทธิพลของกระบวนการผลิตและส่วนผสมที่ใช้เป็นส่วนประกอบในชั้นผิวและแกนกลางของแผ่นผนังที่มีต่อการเกิดสารอินทรีย์ระเหยได้ (volatile organic compounds, VOC) โดยมีเป้าหมายมุ่งเน้นที่การลดปริมาณการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายและสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่เตรียมได้จากงานวิจัย (เนื่องจากเป็นเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานสากลของแผ่นผนัง) ด้วยผลิตภัณฑ์นี้มีส่วนผสมของ กาว สารวัลคาไนซ์ สารฟลู และสารเคมีอื่น ๆ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพจากสารระเหยที่ปลดปล่อยจาก

ส่วนผลดังกล่าว ทีมวิจัยคาดว่าผลที่ได้จากการวิจัยในประเด็นแรก จะสามารถบ่งชี้ได้ว่ากระบวนการขึ้นรูปที่ใช้ในการเตรียมแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางสำหรับใช้งานภายในตัวอาคารที่กำลังศึกษานี้ มีแนวโน้มที่จะเกิดการปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่ายต่างๆ และสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์เล็กน้อยเพียงใด และจะสามารถนำผลการศึกษานี้ไปปรับใช้ในการวิจัยในประเด็นที่สองด้วย ประเด็นถัดไป ทีมวิจัยจะศึกษาวิธีลดต้นทุนของส่วนผสมที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นผนังโดยยังคงคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดของแผ่นผนังไว้ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางการตลาดแก่แผ่นผนังประหยัดพลังงาน เนื่องจากพบว่าแผ่นผนังที่เตรียมได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา (RDG5550082) มีต้นทุนของส่วนผสมที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์คู่แข่ง จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงส่วนผสมที่ใช้เพื่อให้มีต้นทุนวัตถุดิบที่ลดลง นอกจากนั้นจะนำผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยในประเด็นแรกมาปรับใช้กับกระบวนการขึ้นรูปแผ่นผนังที่ศึกษาด้วย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนลดลง มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดและมีความปลอดภัยจากสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่าย เพื่อให้เหมาะสำหรับการใช้งานภายในตัวอาคาร จากนั้นจึงศึกษาหาขนาดที่เหมาะสมของแผ่นผนังสำหรับการนำไปใช้งาน และศึกษาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผ่นผนังดังกล่าวเพื่อใช้ภายในตัวอาคาร (ตลอดจนสามารถใช้งานเป็นแผ่นผนังสำหรับห้องควบคุมอุณหภูมิ) ทั้งนี้เพื่อให้มีความเหมาะสมกับเทคโนโลยีการก่อสร้างในประเทศไทย ซึ่งต้องคำนึงถึงทักษะและเครื่องมือของช่าง ในประเด็นสุดท้ายคือการศึกษาระดับความเป็นไปได้ของการนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการขยายการผลิตแผ่นผนังที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางในระดับอุตสาหกรรม โดยนำเสนอผลการวิจัยแก่ผู้ประกอบการกลุ่มผู้ผลิตแผ่นไม้ประกอบซึ่งคาดว่าจะเป็กลุ่มผู้ประกอบการซึ่งมีศักยภาพสูงในการนำผลการวิจัยไปใช้จริง แล้วรับฟังความคิดเห็นของผู้ประกอบการดังกล่าวต่อผลการวิจัย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมและติดตั้งแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลาง ให้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคาร

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- แผ่นผนังที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางในระดับห้องปฏิบัติการสำหรับใช้ภายในตัวอาคาร โดยเป็นแผ่นผนังที่มีคุณสมบัติไม่ด้อยกว่าแผ่นผนังเบาทางการค้า (board on frame) และมีแนวโน้มต้นทุนที่สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าได้
- มีวิธีติดตั้งแผ่นผนังที่เหมาะสมโดยอยู่บนพื้นฐานของเครื่องมือและทักษะของช่างไทยในปัจจุบัน
- ได้แผ่นผนังที่มีปลดปล่อยสารระเหย (VOC) ในระดับที่ปลอดภัย เพื่อให้สามารถใช้งานภายในตัวอาคารได้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ตามแผนการดำเนินงานที่รายงานในโครงการย่อยที่ 1 -3

1.5 ผลการวิจัย

1.5.1 กระบวนการขึ้นรูป

พบว่าสามารถเติมเศษผงไม้ลงในยางคอมพาวด์ได้สูงสุด 75 % โดยน้ำหนักของยาง (phr) เพื่อใช้เป็นชั้นยางโพนแกนกลางสำหรับเตรียมแผ่นผนัง ซึ่งแผ่นผนังยังคงความสามารถในการขยายตัวจนมีความหนาถึงระดับที่ต้องการได้ การเติมเศษผงไม้ในยางคอมพาวด์ในปริมาณ 75 phr ดังกล่าว ช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบของแผ่นผนังต้นแบบลงได้ประมาณ 60% และส่งผลให้ต้นทุนการเตรียมแผ่นผนังเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกรณีของการผลิตแผ่นผนังที่ไม่มีการเติมเศษผงไม้ และแผ่นผนังต้นแบบที่ได้นี้มีต้นทุนการผลิตอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับราคากลางของค่าก่อสร้างผนังเบา อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นผนังที่มีการเติมเศษผงไม้กับแผ่นผนังที่ไม่เติมเศษผงไม้ในชั้นยางโพนแกนกลาง พบว่าแผ่นผนังที่มีการเติมเศษผงไม้มีค่า bending strength และ ค่า modulus of elastic สูงกว่าประมาณ 4 เท่า และ 6 เท่า ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่น่าสังเกตคือเมื่อเปรียบเทียบแผ่นผนังจากงานวิจัยที่มีเศษผงไม้ในชั้นยางโพนกับผลิตภัณฑ์แผ่นผนังทางการค้า พบว่าคุณสมบัติเด่นที่แผ่นผนังจากงานวิจัยมีเหนือกว่า คือค่า bending strength ที่สูงกว่าประมาณ 5 – 7 เท่า ค่า modulus of elastic ที่สูงกว่าประมาณ 1.5 เท่า ค่า water absorption และ thickness swelling หลังแช่น้ำ 24 ชม. ที่ต่ำกว่าประมาณ 1 เท่า ความเป็นฉนวนความร้อนที่ต่ำกว่าประมาณเกือบ 2 เท่า ความสามารถในการลดทอนเสียง (STC) ที่ต่ำกว่าประมาณ 14 dB และนอกเหนือจากคุณสมบัติเด่นต่างๆที่กล่าวถึงทั้งหมดนี้ แผ่นผนังจากงานวิจัยยังมีค่าน้ำหนักต่อพื้นที่ของแผ่นผนังที่ต่ำกว่าประมาณ 12 กก. / ตร.ม. ด้วย แต่แผ่นผนังจากงานวิจัยมีจุดด้อยคือเกิดการลามไฟได้แต่ไม่ลุกติดไฟได้เอง ซึ่งการมีเศษผงไม้ในชั้นยางโพนช่วยชะลอการลามไฟของชั้นแกนกลางให้ลดลงได้ 21 มม./นาที่ ส่วนผลิตภัณฑ์แผ่นผนังทางการค้าไม่เกิดการลามไฟ อย่างไรก็ตามระดับการลามไฟของชั้นผิว OSB ของแผ่นผนังจากงานวิจัยนี้ยังอยู่ในระดับเดียวกับผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบทางการค้า ส่วนการลามไฟของชั้นยางโพนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ยางทั่วไปถึง 2 เท่า

จากการศึกษาเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของแผ่นผนังที่จะไปใช้งานเป็นผนังในลักษณะของผนังเบา พบว่า วัสดุก่อสร้างที่ใช้ประกอบในการติดตั้ง อาทิเช่น โครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี และวงกบประตูเป็นต้น มีผลเป็นอย่างยิ่งในการกำหนดขนาดความหนาของแผ่นผนังฯ ซึ่งพบว่าขนาดความหนาของแผ่นที่เริ่มต้นใช้ร่วมกับวัสดุก่อสร้างที่ใช้ประกอบในการติดตั้งได้จะอยู่ที่ 6.5 เซนติเมตรขึ้นไป เมื่อนำแผ่นผนังฯ ที่มีขนาดความหนา 6.5 เซนติเมตร (มีชั้นไส้หนา 55 มิลลิเมตร ชั้นผิว OSB หนาชั้นละ 5 มิลลิเมตร สองด้าน) โดยมีชั้นไส้ที่มีชั้นไส้เป็นยางโพนและยางโพนผสมเศษผงไม้มาวิเคราะห์การโก่งเดาะที่ระยะความสูง 2.6 เมตร ซึ่งเป็นระยะของผนังทั่วไปที่ใช้สร้างอาคารที่อยู่อาศัยตามกฎหมายกระทรวงควบคุมอาคาร พ.ศ. 2543 พบว่าค่าแรงวิกฤตโก่งเดาะของแผ่นผนังที่มีชั้นไส้เป็นยางผสมเศษผงไม้มีค่าสูงกว่าของแผ่นผนังยางโพน 3.5 เท่า และมีค่าสูงกว่าค่าแรงที่

ต้องแบกรับตามมาตรฐานการออกแบบของ APA และพบว่าขนาดที่เหมาะสมของแผ่นผนังที่จะไปใช้งานเป็นผนังในลักษณะของแผ่นผนังสำเร็จรูปสำหรับใช้ภายในตัวอาคาร คือแผ่นผนังที่มีความหนาอย่างน้อย 6.5 เซนติเมตร มีความสูงที่ 2.8 เมตร และมีความกว้างที่ 1.2 เมตร เพื่อให้เข้าระบบประสานทางฟิสิกส์ของวัสดุก่อสร้าง (Modular system) โดยแผ่นผนังขนาดดังกล่าวมีน้ำหนักประมาณ 28 กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร

1.5.2 กระบวนการติดตั้ง

ผลการศึกษาวิธีการต่อแผ่นผนังเพื่อใช้เป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคารพบว่า สามารถแบ่งประเภทรอยต่อได้ 2 ประเภท ได้แก่ รอยต่อระหว่างแผ่นกับแผ่น (Panel-To-Panel) และ รอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับอาคาร เช่น แผ่นกับพื้น (Panel-To-Floor) แผ่นกับผนัง (Panel-To-Wall) โดยเมื่อทำการทดสอบความแข็งแรงของรอยต่อระหว่างแผ่นกับแผ่นดังกล่าวโดยการปรับใช้มาตรฐาน ISO 3349 พบว่ามีค่าการรับแรงกดด้านข้างของผนังโดยประมาณที่ 50% ของแผ่นผนังที่ไม่มีรอยต่อ ส่วนรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับอาคารนั้นได้เลือกใช้วัสดุประกอบการติดตั้งเป็นโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี ซึ่งมีขนาด 6.5 เซนติเมตร มีความหนาเป็นเบอร์ 24 (หนา 0.55 มิลลิเมตร) ที่มีมาตรฐาน มอก.863 - 2532 โดยโครงคร่าวมีค่าการรับน้ำหนักได้ในช่วง 240-480 นิวตันต่อตารางเมตร เมื่อทำการทดสอบค่าการรับแรงด้วยวิธีการจำลองโดยวิธีเปรียบเทียบคานยื่น พบว่ารอยต่อดังกล่าวสามารถรับแรงได้ในช่วง 80.30 – 90.35 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับประเภทของตะปูเกลียวที่เลือกใช้ ซึ่งลักษณะความเสียหายของรอยต่อจะเกิดขึ้นจากการฉีกระหว่างแผ่นผนังกับตะปูเกลียว

ผลการศึกษาการใช้งานร่วมกับเครื่องมือช่างและอุปกรณ์ในการทำการก่อสร้างผนังเบา พบว่าแผ่นผนังซึ่งชั้นยางโฟมแกนกลางไม่มีการผสมเศษผงไม้มีผลต่อการติดตั้งชิ้นส่วนของแผ่นผนังด้วยเครื่องมือช่าง เช่น การตัดแต่งแผ่นด้วยเลื่อยวงเดือนทำให้ใบเลื่อยเกิดความร้อนสูงจนเกิดการไหม้ที่ชั้นไส้ยาง และการใช้ตะปูเกลียวแบบมีปีกสว่านในการยึดและถอนออกนั้น พบว่าการถอนออกนั้น ตะปูเกลียวจะยึดพันอย่างแน่นกับชั้นไส้ยางและเกิดความเสียหายที่ผิวของแผ่นผนังหลังการถอนเสร็จ แต่เมื่อทดลองแผ่นผนังที่ที่ยางโฟมแกนกลางมีการผสมเศษผงไม้ใช้งานร่วมกับเครื่องมือช่างและอุปกรณ์ในการทำการก่อสร้างผนังเบา กลับพบว่า สามารถใช้เลื่อยวงเดือนในการตัดแต่งผนังได้ง่าย ไม่เกิดความเสียหายแก่แผ่นผนังและเครื่องมือ และการใช้ตะปูเกลียวแบบมีปีกสว่านในการยึดและถอนออก พบว่าสามารถถอนออกได้และไม่เกิดความเสียหายแก่ผิวแผ่นผนังมากนัก ทั้งนี้ในการใช้ตะปูเกลียวยึดแผ่นผนังควรจะต้องทำการเว้นระยะจากของแผ่นผนังอย่างน้อย 1.5 เซนติเมตร

1.5.3 ความปลอดภัยจากสารระเหยเพื่อใช้งานเป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคาร

ผลการศึกษาผลกระทบของปัจจัยการขึ้นรูปแผ่นที่มีต่อปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากโฟมยางธรรมชาติผสมผงไม้ที่ใช้เป็นชั้นไส้ของแผ่น พบว่าระยะเวลาในการให้ความร้อนที่นานขึ้นจะส่งปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมา แต่ปริมาณสารพิษชนิด Oxydibenzene sulfonyl Hydrazide (OBSH) ในยางคอมปาวด์ ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมา โดยชั้นผิวของแผ่นผนังฉนวนประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางซึ่งเป็นแถบไม้ยางพาราอัดติดกันด้วยกาวไอโซไซยาเนตมีการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์มากกว่าชั้นไส้ซึ่งเป็นโฟมยางธรรมชาติผสมผงไม้ ซึ่ง

การเติมผงไม้ลงปรี้อยละ 75 ในชั้นโพนยางซึ่งใช้เป็นชั้นไส้ของแผ่นผนังฉนวนทำให้แผ่นผนังที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางมีปริมาณสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมาต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีการเติมเศษผงไม้

อนึ่งเมื่อหากเปรียบเทียบระหว่างแผ่นผนังจากงานวิจัยกับแผ่นผนังทางการค้า พบว่าแผ่นผนังที่มียางธรรมชาติผสมผงไม้เป็นแกนกลางมีค่าการปลดปล่อยปริมาณสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์คู่แข่งเปรียบเทียบ ได้แก่ แผ่นยิปซัม แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ และอิฐมวลเบา แต่มีค่าสูงกว่าแผ่นซีเมนต์ใยแก้ว อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพของแผ่นตามปริมาณสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 พบว่าแผ่นผนังฉนวนที่มียางธรรมชาติผสมผงไม้เป็นแกนกลางนั้นมีค่าการปลดปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์อยู่ในชั้น F**** ซึ่งเป็นระดับที่มีความปลอดภัยสูงสุด ซึ่งนอกจากฟอร์มาลดีไฮด์แล้วยังพบว่ามีการประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นผนังฉนวนที่มียางธรรมชาติผสมผงไม้เป็นแกนกลางนั้นเป็นสารระเหยในกลุ่ม Alcohol, Aldehyde และ Ketone และสารระเหยในกลุ่ม Aromatic hydrocarbons โดยสารระเหยที่ตรวจพบว่ามีปริมาณมากที่สุด คือ โทลูอิน แต่ทั้งหมดนี้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบที่ใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์ในบ้านเรือนอยู่แล้วและอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

1.5.4 ความเป็นไปได้ในการขยายขนาดการผลิตสู่อุตสาหกรรม

จากการนำเสนอผลการวิจัยให้แก่ตัวแทนของสถานประกอบการในภาคอุตสาหกรรมและตัวแทนจากภาคการศึกษาที่คาดว่าจะเป็กลุ่มที่มีศักยภาพในการนำผลงานไปขยายขนาดการผลิต รวมทั้งสิ้น 35 คน โดยมาจากหน่วยงานของภาคอุตสาหกรรม 28 คน (อุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบ 17 คน และอุตสาหกรรมผลิตกาว 11 คน) และภาคการศึกษา 7 คน เป็นเพศชาย 21 คน และเป็นเพศหญิง 14 คน โดยตัวแทนกลุ่มนี้มีหน้าที่ความรับผิดชอบที่แตกต่างกัน คือ ฝ่ายผลิตจำนวน 6 คน ฝ่ายวิจัยและพัฒนาจำนวน 11 คน ฝ่ายควบคุมคุณภาพจำนวน 10 คน และฝ่ายอื่น ๆ อีก 8 คน พบว่ามีความเป็นไปได้มากในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริงโดยใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม โดยประเด็นที่พบว่าเป็นจุดที่ยากที่สุดของการนำผลการวิจัยไปขยายขนาดสู่อุตสาหกรรมคือความพร้อมของเครื่องจักรที่มีในการขึ้นรูปแผ่นผนังตามกระบวนการที่นำเสนอในงานวิจัยมี ส่วนประเด็นการลดต้นทุนของวัตถุดิบด้วยการผสมเศษผงไม้ในชั้นยางพองน้ำแกนกลางมีประเด็นที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด โดยหากพิจารณาจากตัวแปรหน้าที่ความรับผิดชอบและลักษณะสถานประกอบการของผู้ตอบให้ความเห็นพบว่า กลุ่มบุคลากรจากสถาบันการศึกษา/วิจัยให้คะแนนของความเป็นไปได้ในการขยายขนาดสู่อุตสาหกรรมสูงที่สุด ส่วนกลุ่มผู้ประกอบการจากอุตสาหกรรมผลิตกาวให้คะแนนรองลงมา และกลุ่มผู้ประกอบการจากอุตสาหกรรมผลิตไม้ประกอบให้คะแนนต่ำที่สุด

1.6 สรุปผลการวิจัย

สามารถขึ้นรูปแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่ชั้นแกนกลางเป็นโพนยางธรรมชาติที่ผสมเศษผงไม้ซึ่งมีความเป็น green products ที่สูง โดยเติมเศษผงไม้ลงในยางคอมพาวด์ได้สูงสุด 75 % โดยน้ำหนักของยางการเติมเศษผงไม้ในยางคอมพาวด์ด้วยปริมาณดังกล่าวช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบของแผ่นผนังลงได้ประมาณ 60%

เมื่อเทียบกับการผลิตแผ่นผนังที่ไม่มีการเติมเศษผงไม้ และแผ่นผนังต้นแบบที่เตรียมได้มีราคาต้นทุนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับราคากลางของค่าก่อสร้างผนังเบา board on frame ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน โดยเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นผนังที่มีการเติมเศษผงไม้กับแผ่นผนังที่ไม่เติมเศษผงไม้ในชั้นยางโฟมแกนกลางพบว่าแผ่นผนังที่มีการเติมเศษผงไม้มีค่า bending strength และ ค่า modulus of elastic สูงกว่าประมาณ 4 เท่า และ 6 เท่า ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบแผ่นผนังจากงานวิจัยที่มีเศษผงไม้ในชั้นยางโฟมกับผลิตภัณฑ์แผ่นผนังทางการค้า พบว่าคุณสมบัติเด่นที่แผ่นผนังจากงานวิจัยมีเหนือกว่า คือการที่มีค่า bending strength สูงกว่าประมาณ 5 – 7 เท่า มีค่า modulus of elastic สูงกว่าประมาณ 1.5 เท่า มีค่า water absorption และ thickness swelling หลังแช่น้ำ 24 ชม. ที่ต่ำกว่าประมาณ 1 เท่า มีความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่าประมาณเกือบ 2 เท่า มีค่าสมรรถนะการลดทอนเสียง (STC) ที่ดีกว่าประมาณ 14 dB และนอกเหนือจากคุณสมบัติเด่นต่างๆที่กล่าวถึงทั้งหมดนี้แล้ว แผ่นผนังจากงานวิจัยยังมีค่าน้ำหนักต่อพื้นที่ของแผ่นผนังที่ต่ำกว่าประมาณ 12 กก. / ตร.ม. ด้วย แต่แผ่นผนังจากงานวิจัยมีจุดด้อยคือเกิดการลามไฟได้แต่ไม่ลุกลามไฟได้เอง ซึ่งการมีเศษผงไม้ในชั้นยางโฟมช่วยชะลอการลามไฟของชั้นแกนกลางให้ลดลงได้ 21 มม./นาที่ ส่วนผลิตภัณฑ์แผ่นผนังทางการค้าไม่เกิดการลามไฟ อย่างไรก็ตามระดับการลามไฟของชั้นผิว OSB ของแผ่นผนังจากงานวิจัยยังอยู่ในระดับเดียวกับผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบทางการค้า ส่วนการลามไฟของชั้นยางโฟมอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ยางทั่วไปถึง 2 เท่า

ผลจากการศึกษากระบวนการติดตั้งพบว่า การประยุกต์แผ่นผนังดังกล่าวไปใช้งานภายในอาคารควรผลิตแผ่นที่มีความหนาอย่างน้อย 6.5 เซนติเมตร มีความสูงที่ 2.8 เมตร และมีความกว้างที่ 1.2 เมตร เพื่อให้เข้าระบบประสานทางพิคตของวัสดุก่อสร้าง (Modular system) และสามารถใช้งานร่วมกับวัสดุและอุปกรณ์ในการติดตั้งผนังเบาที่ใช้กันอยู่ใน โดยเมื่อทำการติดตั้งตามรูปแบบที่นำเสนอพบว่า รอยต่อระหว่างแผ่น-แผ่น (Panel-To-Panel) ในการวิจัยได้เสนอรูปแบบเพื่อนำมาพิจารณา 4 รูปแบบด้วยกัน และเมื่อทำการทดสอบความแข็งแรงของรอยต่อดังกล่าวโดยการปรับใช้มาตรฐาน ISO 3349 พบว่าแต่ละรูปแบบสามารถรับแรงได้ใกล้เคียงกันโดยมีค่าการรับแรงกดด้านข้างของผนังโดยประมาณที่ 50%ของแผ่นผนังที่ไม่มีรอยต่อ และรอยต่อระหว่างแผ่นผนังกับอาคาร เช่น แผ่น-พื้น (Panel-To-Floor) แผ่น-ผนัง (Panel-To-Wall) ในการวิจัยได้เลือกใช้วัสดุประกอบการติดตั้งเป็นโครงคร่าวเหล็กชุบสังกะสี พบว่า รอยต่อที่ทดสอบสามารถน้ำหนักได้เฉลี่ยในช่วง 80.30 – 90.35 กิโลกรัม หรือเทียบเท่า 700 นิวตันต่อตารางเมตร ขึ้นอยู่กับประเภทของตะปูเกลียวที่เลือกใช้ ซึ่งลักษณะความเสียหายของรอยต่อจะเกิดขึ้นจากการฉีกระหว่างแผ่นผนังกับตะปูเกลียว

ส่วนผลการศึกษาปริมาณสารประกอบที่ระเหยได้บ่งชี้ว่า สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปลดปล่อยออกจากแผ่นผนัง ได้แก่ Toluene, Alcohol, Aldehyde และกรดอินทรีย์ โดยระยะเวลาในการอัดร้อนแผ่นส่งผลกระทบต่อปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมา นั่นคือ ระยะเวลาในการให้ความร้อนที่นานขึ้นทำให้มีปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมาเพิ่มมากขึ้น สิ่งที่น่าสนใจคือ ชั้นผิวไม้มีค่าการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์มากกว่าชั้นไส้ยางธรรมชาติผสมผงไม้ นอกจากนี้การเติมผงไม้ลงในโพลียูรีเทนธรรมชาติชั้นไส้ของแผ่นทำให้แผ่นมีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์มากขึ้น อย่างไรก็ตาม

แผ่นผนังฉนวนประหยัพลังงานที่มียางธรรมชาติมีค่าการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์
คู่เปรียบเทียบ ได้แก่ แผ่นยิปซัม แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ และอิฐมวลเบา

1.7 การเปรียบเทียบวัตถุประสงค์กิจกรรมของแผนงานวิจัยที่วางแผนไว้กับกิจกรรมที่ดำเนินการจริง

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบวัตถุประสงค์กิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอด
แผนงานวิจัย

กิจกรรมตามแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการจริงและผลที่ได้รับ
<u>6 เดือนแรก</u> โครงการ 1- ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ ระยะเวลาและ ส่วนผสมที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นผนังที่ส่งผลต่อปริมาณการ ปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ที่จะเกิดขึ้นในแผ่นผนัง โครงการ 2-ขึ้นรูปแผ่นผนังโดยใช้คอมพาวด์สำหรับชั้น ยางแกนกลางที่แปรปริมาณเศษชิ้นไม้ และแปรปริมาตร ของ blank เพื่อให้ได้แผ่นผนังที่มีความหนา 5 ซม และมี ค่าคุณสมบัติของชั้นยางพองน้ำแกนกลางตามเกณฑ์ที่ กำหนด โครงการ 3-ทดสอบความสูงชะลูดเพื่อหาขนาดที่เป็นไป ได้ของแผ่นผนังประหยัพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็น แกนกลาง	โครงการ 1-ได้ดำเนินการตามแผน ทำให้ทราบว่าอุณหภูมิการ ขึ้นรูปที่สูงขึ้น ระยะเวลาการอัดขึ้นรูปที่นานขึ้นส่งผลให้มี ปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ที่จากแผ่นผนังสูงขึ้นแต่ แผ่นผนังที่ได้จากงานวิจัยยังมีการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ใน ปริมาณที่ต่ำกว่าข้อกำหนดตามมาตรฐานและต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์ทางการค้า โครงการ 2 -ได้ดำเนินการตามแผน แต่มีการปรับความหนา ของแผ่นผนังเพิ่มขึ้นเป็น 6.5 ซม ตามข้อมูลของผลการวิจัย จากโครงการย่อยที่ 3 ทำให้ทราบอิทธิพลของปริมาณเศษชิ้น ไม้ต่อระดับการขยายตัวของแผ่นผนัง ซึ่งการจะให้ได้แผ่นผนัง หนา 6.5 ซม สามารถเติมเศษผงไม้ได้สูงสุด 75 phr และ ปริมาณ blank ต่ำสุดที่จะใช้เตรียมแผ่นผนังได้คือ 40% โครงการ 3-ได้ดำเนินการตามแผน ทำให้ทราบว่า การขึ้นรูป แผ่นผนังหนา 6.5 ซม นั้น ถ้าเป็นกรณีที่ไม่เติมเศษผงไม้เลย แผ่นผนังที่ได้ไม่มีความแข็งแรงพอที่จะขึ้นรูปให้มีขนาดใหญ่ เท่ากับเท่าขนาดที่จะใช้งานจริงได้ ส่วนการเติมเศษผงไม้ ปริมาณ 75 phr ลงในชั้นยางโฟมมีผลให้แผ่นผนังจากงานวิจัย แข็งแรงมากขึ้นจึงส่งผลให้สามารถขึ้นรูปให้มีขนาดเท่ากับแผ่น ผนังทางการค้าที่มีขนาดเท่ากับ 1.2 x 2.8 ตร.ม. ได้
<u>6 เดือนที่สอง</u> โครงการ 1 - ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ ระยะเวลา และส่วนผสมที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นผนังที่ส่งผลต่อการ ระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายอื่นๆที่จะ	โครงการ 1 - ได้ดำเนินการตามแผน ทำให้ทราบว่าแผ่นผนังที่ ได้มีการปล่อยสารอินทรีย์อื่นด้วย ได้แก่ สารระเหยกลุ่ม Aromatic hydrocarbons และสารระเหยกลุ่ม Alcohol,

เกิดขึ้นในแผ่นผนัง โครงการ 2-ศึกษาอิทธิพลของชั้นไพเมอร์ ปรับสูตรยางคอมพาวด์ชั้นแกนกลางและกระบวนการอัดขึ้นรูปเพื่อใช้เตรียมแผ่นผนังที่มีต้นทุนวัตถุดิบลดลงกว่ากรณีที่ไม่มีการเติมเศษผงไม้โดยยังคงคุณสมบัติตามที่กำหนด และมีการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในระดับที่ยอมรับได้ โครงการ 3- ศึกษาและทดสอบรูปแบบและรายละเอียดส่วนเชื่อมต่อ(Joint Detail) ของการติดตั้งแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มีมาตรฐานชาติเป็นแกนกลางสำหรับใช้งานภายในอาคาร	Aldehyde และ Ketones แต่มีปริมาณอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้อาศัย โครงการ 2 - ได้ดำเนินการตามแผน ทำให้ทราบว่าไม่จำเป็นต้องใช้ชั้นไพเมอร์เนื่องจากแผ่นผนังต้นแบบไม่เกิดการประลัยที่บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นผิวและยางโฟมแกนกลาง โดยแผ่นผนังมีต้นทุนวัตถุดิบลดลงประมาณ 60% เทียบกับกรณีไม่มีการเติมเศษผงไม้และเป็นต้นทุนที่อยู่ในระดับใกล้เคียงกับราคากลางของค่าก่อสร้างผนังในตัวอาคารด้วยแผ่นผนังเบาทางการค้า แต่แผ่นผนังจากงานวิจัยมีคุณสมบัติที่เด่นกว่าหลายประการและมีการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในระดับที่ปลอดภัยและต่ำกว่าผลิตภัณฑ์แผ่นผนังทางการค้า โครงการ 3 - ได้ดำเนินการตามแผน ทำให้ทราบวิธีการติดตั้งแผ่นผนังต้นแบบทั้งในทิศทางแผ่นต่อแผ่น แผ่นต่อพื้น และแผ่นต่อผนัง ที่มีความเหมาะสมและแข็งแรง เพื่อให้สามารถใช้งานเป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคารได้จริงด้วยทักษะช่างเครื่องมือ และวัสดุก่อสร้างที่มีใช้ในปัจจุบัน
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ผลที่ได้รับจริง
1. ทราบผลกระทบของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปแผ่นผนัง รวมทั้งส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นผนัง ต่อการเกิดสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่จะเกิดขึ้นจากแผ่นผนังประหยัดพลังงานเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตแผ่นผนังที่มีความปลอดภัยต่อการใช้งานภายในตัวอาคาร 2. ได้สูตรยางคอมพาวด์สำหรับชั้นยางโฟมแกนกลางและกระบวนการอัดขึ้นรูปแผ่นผนังเพื่อให้ได้แผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด โดยมีต้นทุนวัตถุดิบที่สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์คู่แข่งได้และมีการปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการใช้งานภายในตัวอาคาร 3. ได้ขนาดของแผ่นผนังและวิธีการติดตั้งแผ่นผนังที่มี	1. พบว่าปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายจากแผ่นผนังต้นแบบซึ่งใช้กระบวนการขึ้นรูปด้วยสภาวะต่างๆในงานวิจัยนี้ อยู่ในระดับที่ปลอดภัย คือต่ำกว่าค่าที่กำหนดตามมาตรฐานและต่ำกว่าค่าของผลิตภัณฑ์ทางการค้า 2. สามารถอัดขึ้นรูปแผ่นผนังต้นแบบเพื่อให้ได้ความหนา 6.5 ซม.ตามกำหนดและเติมเศษผงไม้ในยางคอมพาวด์ชั้นแกนกลางเพื่อลดต้นทุน โดยแผ่นผนังต้นแบบมีคุณสมบัติที่เด่นกว่าแผ่นผนังทางการค้ายกเว้นการลามไฟ นอกจากนั้นมีต้นทุนการผลิตอยู่ในระดับที่สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าได้ ตลอดจนมีการปลดปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการใช้งานภายในตัวอาคาร 3. ผลการวิจัยบ่งชี้ว่าสามารถขึ้นรูปแผ่นผนังต้นแบบให้มีขนาด

ความเหมาะสมกับการใช้งานเป็นแผ่นผนังประหยัดพลังงานภายในตัวอาคาร	เท่ากับแผ่นผนังที่ใช้งานภายในตัวอาคารได้จริง โดยเป็นแผ่นผนังที่สามารถใช้ติดตั้งงานได้ด้วยเครื่องมือและทักษะของช่างก่อสร้างที่มีในปัจจุบัน
ผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ	ผลลัพธ์ที่ได้รับจริง
1. แผ่นผนังประหยัดพลังงานซึ่งมีความเป็น green products สูง ที่เหมาะสำหรับใช้ก่อสร้างเป็นผนังภายในตัวอาคารและสามารถติดตั้งใช้งานได้จริงด้วยเครื่องมือและทักษะของช่างทั่วไป 2. ได้แนวทางการผลิตแผ่นผนังประหยัดพลังงานสำหรับใช้ขยายผลไปสู่ระดับอุตสาหกรรม	1. ได้แผ่นผนังประหยัดพลังงาน (มีความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน 5 เท่า ดีกว่าผนังเบา board on frame 2 เท่า) ซึ่งมีความเป็น green products สูง (ใช้วัตถุดิบเหลือใช้/จากแหล่งที่ยั่งยืน) ที่เหมาะสำหรับใช้ก่อสร้างเป็นผนังภายในตัวอาคาร (ความแข็งแรงสูง ลดเสียงรบกวน น้ำหนักเบา ปลอดภัยจากสารระเหยอันตราย) และสามารถติดตั้งใช้งานได้จริงด้วยเครื่องมือและทักษะของช่างทั่วไป 2. ตัวแทนจากอุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบและที่เกี่ยวข้อง (เป็นกลุ่มผู้ประกอบการที่มีศักยภาพมากที่สุดที่จะนำผลการวิจัยไปขยายขนาดการผลิตได้ด้วยเครื่องจักรที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน) ที่ได้รับทราบข้อมูลของผลการวิจัยนี้ ให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้มากในการขยายขนาดการผลิตของแผ่นผนังจากโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่ใช้งานจริงด้วยเครื่องจักรที่ใช้งานอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม

ภาคผนวก

ก) กิจกรรมการสำรวจความคิดเห็นของผู้ประกอบที่มีการต่อแผนงานวิจัย: การพัฒนาแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลางสำหรับใช้เป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคาร

1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จากผลการวิจัยที่ได้จากทั้งสามโครงการย่อยซึ่งพบว่าสามารถขึ้นรูปแผ่นผนังประหยัดพลังงานที่มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ในปริมาณต่ำกว่าข้อกำหนดตามมาตรฐานและต่ำกว่าแผ่นผนังทางการค้าด้วยต้นทุนการผลิตที่สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าได้ นอกจากนั้นยังสามารถนำไปใช้งานได้จริงด้วยกระบวนการติดตั้งที่ช่างก่อสร้างใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยแผ่นผนังจากงานวิจัยมีข้อได้เปรียบผลิตภัณฑ์ทางการค้าคือ ความสะดวกรวดเร็วในการติดตั้ง ความแข็งแรงที่สูงกว่า ความเป็นฉนวนความร้อนและการกันเสียงที่ดีกว่า น้ำหนักที่เบากว่า ความเป็น green products ที่สูงกว่า ดังนั้นเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ในส่วน

ของการให้อุตสาหกรรมสามารถนำผลงานวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการผลิตแผ่นผนังได้จริง ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรม “การประเมินความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อผลการวิจัยของแผนงานวิจัย” โดยได้นำเสนอผลงานวิจัยให้แก่กลุ่มตัวอย่าง แล้วรับฟังข้อคิดเห็นข้อเสนอแนะ ตลอดจนการสำรวจความคิดเห็นกลุ่มตัวอย่าง โดยการใช้แบบสอบถาม

2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาระดับความเป็นไปได้ของการให้ผู้ประกอบการนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการการผลิตแผ่นผนังที่มีมาตรฐานชาติเป็นแกนกลางในระดับอุตสาหกรรม

3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความเป็นไปได้ในการพัฒนาและผลิตแผ่นประหยัดพลังงานที่มีมาตรฐานชาติเป็นแกนกลางในระดับอุตสาหกรรม
- ทราบความต้องการและจุดที่ควรปรับปรุงคุณภาพ/กระบวนการผลิตของแผ่นประหยัดพลังงานให้สอดคล้องกับผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรม

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังนี้

- นำเสนอผลงานวิจัยในหัวข้อ “การพัฒนาแผ่นผนังสำเร็จรูปที่มีมาตรฐานชาติเป็นแกนกลางสำหรับใช้เป็นแผ่นผนังภายในตัวอาคาร” โดย ผศ.ดร.สุฤกษ์ คงทอง
- รับฟังความเห็น / ตอบคำถามของผู้ประกอบการ
- ให้ผู้ประกอบการตอบแบบสอบถามเพื่อทำการประเมิน
- จัดนิทรรศการและแสดงตัวอย่างชิ้นงาน รวมถึงมีการตอบคำถามผู้ประกอบการนอกรอบ



รูปที่ 1 กิจกรรมนำเสนอผลงานวิจัยโดย ผศ.ดร.สุฤกษ์ คงทอง



รูปที่ 2 ภาพกิจกรรมการรับฟังความเห็น / ตอบคำถามของผู้ประกอบการ
และขั้นตอนการตอบแบบสอบถามเพื่อทำการประเมิน

คำนำ

ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากที่กล่าวถึงการพัฒนาการนำเงินเฟืองไปใช้กับชุดกีฬา
แบบสวมและผ้าพันข้อมือ (Structural insulated pants), (SI) (Thermal conductive
gloves) และแผ่นเคลือบผิวที่นำเงินเฟืองไปใช้ เป็นที่นิยมในการใช้กับชุดกีฬาแบบสวม (SI)
ประเภทถุงมือและถุงเท้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ (Thermal expanded polyethylene (EPS) หรือ
Polyethylene foam (PE) คือตัวที่นิยมใช้มากที่สุดในการนำเงินเฟือง (Thermal conductivity)
ตัวนำความร้อนของเงินเฟืองและแผ่นเคลือบผิวที่นำเงินเฟืองไปใช้ ในงานวิจัยนี้ จะนำเงินเฟืองจากท่อ
พลาสติก สอดใส่กับชุดกีฬา และแผ่นเคลือบผิวที่นำเงินเฟืองมาใช้เพื่อการพัฒนาชุดกีฬาแบบ
ยี่ห้อที่มีคุณสมบัติสูงและนำไปใช้กับการผลิตชุดกีฬา ซึ่งการนำเงินเฟืองมาใช้กับชุดกีฬาแบบสวม
ใช้กับชุดกีฬาประเภทที่สวมใส่แบบสวมที่นำเงินเฟืองไปใช้ และ แผ่นเคลือบผิวที่นำเงินเฟืองไปใช้
กับชุดกีฬาประเภทสวมใส่แบบสวมที่นำเงินเฟืองไปใช้ แล้วนำเงินเฟืองมาใช้กับชุดกีฬาแบบสวม
กับชุดกีฬาประเภทสวมใส่แบบสวมที่นำเงินเฟืองไปใช้

ดังนั้นเนื้อหาของงานวิจัยนี้ คือ การพัฒนาระบบและเครื่องมือสำหรับปรับโดยอัตโนมัติในภาพวาดที่ได้จากงานศิลปะจากหอสมุดวชิรญาณกรุงเทพมาใช้กับภาพที่มีชื่อ DB และใช้สำหรับที่จะรับทราบจากบรรณารักษ์ในแผนกงานศิลปะในหอศิลป์แห่งชาติเพื่อเพิ่มความสะดวกในการสืบค้น โดยงานวิจัยที่สนใจจะนำแนวคิดนี้ ไปสร้างและพัฒนาเป็นเครื่องมือปฏิบัติการที่สามารถนำเสนอมัลติมีเดียที่เป็นคุณสมบัติของ Board on frame ที่สามารถถูกปรับเป็นจอภาพได้ โดยตัวอย่างที่เตรียมไว้คือคุณสมบัติการสืบค้นภาพและเพิ่ม/ลบภาพเข้าระบบได้ และลดความซับซ้อนในการนำภาพกราฟิกเข้ามาทำสื่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษากระบวนการเตรียมแผนผังนิเวศนวลสำหรับชุมชนในระดับท้องถิ่นปฏิบัติการ โดยมี ๐๘๘ จาก ๖๒ หน่วยงานเป็นวัตถุประสงค์ขั้นต้นและมีบางท้องถิ่นที่ได้อบรมจากภายนอกมาเป็นแกนกลาง

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของแผ่นผนัง board on frame ทางการค้า

ความหนา	ไม้ท่อนว. 6.5 x 6.5 ซม.
ความหนาแน่น	ประมาณ 500 kg/m ³
การดูดซับน้ำ	ไม่เกิน 35 %
MOR	ไม้ท่อนว. 4 - 7 MPa
Screw withdrawal force	50 N

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะของฟองอากาศ (air cells) ภายในชั้นยางพองน้ำร้อนแผ่นแรกที่อัดขึ้นรูป
สำหรับระยะเวลาอัดในช่วงเวลา 3, 5 และ 7 นาที (ค่าในวงเล็บแสดงค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัด
ฟองอากาศและความหนาแน่นเฉลี่ย)

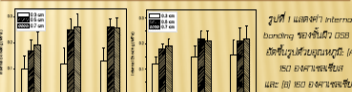
3 wt% [-0.07 wt%] [0.26±0.02 g/cm ³]	5 wt% [-0.07 wt%] [0.24±0.03 g/cm ³]	7 wt% [-0.05 wt%] [0.28±0.02 g/cm ³]
		

ผลทางทดลอง

จากการทดลองใช้โปรแกรม OSM ที่มีความหนาแน่นค่า 3 เท่า พบว่าโปรแกรม OSM ที่เหมาะสมต่อการโปรแกรมมีเพียงบางตัว คือ มีความหนาแน่นค่า 0.5 เท่า โปรแกรม OSM ที่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับการปิดระบบงานจึงมีโปรแกรมได้แก่ ส่วนตัวโปรแกรม OSM ที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ใช้การคำนวณหาปริมาณงานโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปของงานนี้ ซึ่งได้แก่โปรแกรม internal bonding ที่ใช้ค่า (หน่วย) 1 ผลการทดลองพบว่าโปรแกรมที่เลือกใช้ได้มีเพียงตัวเดียว นั่นคือโปรแกรมที่ 160 อย่างงานที่เลือก ไม่พบการสนทนาระหว่างโปรแกรม OSM

เนื่องจากมีการนำข้อ 11 ของ bonding ของบริษัท OSE BSN
การที่จะรับเงินปันผลได้ จะต้องเป็น ข้อว่าแบ่งการปันผลเป็นปกติที่ 150 ของราคาเฉลี่ยหุ้นในช่วงเวลา 4, 5, 6 และ 7 ปี แต่ไม่ได้มีการกำหนดว่าราคาเฉลี่ยนั้นเป็น OSE จำนวนใดที่นับเป็น
150 เปอร์เซ็นต์และได้มีการกำหนดว่าราคาเฉลี่ยนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนเงินค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการหักภาษีเงินได้
ไม่ธรรมดา จากนั้นจึงนับว่าไม่พอ โดยหากพบว่าข้อนี้ไม่ได้ใช้แน่นอนก็ถือว่ามีความหมาย
ชัดเจน แล้วต้องดูว่าเงินได้มาจากอะไร เช่นขายตัวแล้วมีการหักเงินได้ ไปปรับเป็นระยะเวลาในการ
ถือหุ้นแล้วจะส่งเข้ากับ B และ หากพบว่าอย่างแรกนั้นได้มีลักษณะเป็นข้อคิดเห็นในเชิงลบ โดย
จะพิจารณาในช่วงเวลา 3 และ 6 ปี หากไม่พออย่างแรกและสามารถนำมาเป็นข้อคิดเห็น
ส่วนการได้มาซึ่งเงินปันผล 7 ปี ที่ใช้ในการหักภาษีเงินได้และสามารถนำมาเป็นข้อกล่าว
ได้ว่า ข้อ 11 ของ bonding นั้นได้ใช้กับการหักภาษีเงินได้ปกติในช่วง 2

คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นแสดงค่าที่ความถี่ 3 และ 5 มิลลิเมตรนั้นเปรียบเทียบได้จากห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีความเป็นฉนวนความร้อนที่ต่ำกว่าถึง 10 เท่าของแผ่นและแผ่นฉนวนคอนกรีต (ค่า Thermal conductivity ที่ค่าความถี่ของอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสของแผ่นทั้งสองค่านี้ต่ำกว่าค่าของแผ่นฉนวนคอนกรีตที่ค่าความถี่ของอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสถึง 10 เท่า)



รูปที่ 1 แสดงตัวเชื่อมต่อ
bonding ของอินเตอร์เน็ต USB
ยึดขึ้นรูปด้วยอุปกรณ์ (A)
ISO ของเครื่องพิมพ์
และ (B) ISO ของเครื่องพิมพ์



รูปที่ 2 แสดงลักษณะ
แผ่นผนังที่ตัดเรียบได้

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแก้วพ้องฉนวนที่เตรียมได้

Thermal conductivity [W/m K]	ρ [kg/cm ³]	WA [wt %]	MDR [MPa]	Scratch withdrawal Force [N]
0.08±0.03	420±40	17±3	13±1.8	390±30
0.09±0.02	430±30	14±3	14±2.1	420±20



รูปที่ 3 การจัดการทรัพยากรและแสดงตัวอย่างชิ้นงานบริเวณด้านหน้าของห้องจัดประชุม

4.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่เจ้าหน้าที่หรือตัวแทนจากสถานประกอบการในภาคอุตสาหกรรมมีหน้าที่ในฝ่ายผลิตฝ่ายวิจัย-พัฒนา และฝ่ายควบคุมคุณภาพในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบ และกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตกาสำหรับแผ่นไม้ประกอบ รวมถึงตัวแทนจากภาคการศึกษาในมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน และการวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

คือ แบบสอบถามสำรวจความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อโครงการพัฒนาแผ่นผนังสำเร็จรูปที่มีมาตรฐานเป็นแกนกลางโดยมุ่งเน้นความเป็นไปได้ในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริง โดยการใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามความเป็นไปได้ในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริง โดยการใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 10 ข้อ ซึ่งแบบสอบถามมีลักษณะเป็นคำถามชนิดให้เลือกตอบตามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scales) โดยใช้มาตรวัด 5ระดับ คือ

- 5 หมายถึง ระดับมีความเป็นไปได้มากที่สุด
- 4 หมายถึง ระดับมีความเป็นไปได้มาก
- 3 หมายถึง ระดับมีความเป็นไปได้
- 2 หมายถึง ระดับมีความเป็นไปได้น้อย
- 1 หมายถึง ระดับมีความเป็นไปได้

ส่วนที่ 3 เป็นแบบสอบถามปลายเปิดเพื่อแสดงความคิดเห็นอื่นๆหรือข้อเสนอแนะต่อโครงการวิจัย เพื่อให้สามารถขยายขนาดสู่ระดับอุตสาหกรรมได้

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้จัดทำตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม ตรวจสอบให้คะแนน จากนั้นนำไปประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโดยแบ่งส่วนการวิเคราะห์ดังนี้

ส่วนที่ 1 ซึ่งแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์โดยการหาค่าร้อยละ

ส่วนที่ 2 ซึ่งแสดงข้อมูลความเป็นไปได้ในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริง โดยการใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมแล้วนำมาวิเคราะห์โดยการ

หาคาเฉลี่ยโดยทำเป็นรายข้อเฉพาะด้าน และภาพรวมทุกด้าน กำหนดระดับคะแนนเฉลี่ยที่สามารถแปลผล
การประเมินความเป็นไปได้ในระดับที่ต่างกัน ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.00 – 5.00	แสดงว่ามีความเป็นไปได้มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.00 – 4.00	แสดงว่ามีความเป็นไปได้มาก
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.00 – 3.00	แสดงว่าพอจะเป็นไปได้
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 2.00	แสดงว่ามีความเป็นไปได้น้อย
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 0.00 – 1.00	แสดงว่าเป็นไปได้

5. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริง โดยใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม แสดงผลได้ดังต่อไปนี้

5.1 ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

(1) เพศ

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	21	60.00
หญิง	14	40.00
รวม	35	100.00

(2) อายุ

ช่วงอายุ	จำนวน	ร้อยละ
20-30	3	8.57
30-40	20	57.14
40-50	11	31.43
> 50	1	2.86
รวม	35	100.00

(3) วุฒิการศึกษา

ช่วงอายุ	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่าปริญญาตรี	2	5.72
ปริญญาตรี	27	77.14
ปริญญาโท	5	14.28
ปริญญาเอก	1	2.86
รวม	35	100.00

(4)หน้าที่ความรับผิดชอบ

หน้าที่ความรับผิดชอบ	จำนวน	ร้อยละ
ฝ่ายผลิต	6	17.14
ฝ่ายวิจัย-พัฒนา	11	31.43
ฝ่ายควบคุมคุณภาพ	10	28.57
อื่น ๆ	8	22.86
รวม	35	100.00

(5)ลักษณะสถานประกอบการ

ลักษณะสถานประกอบการ	จำนวน	ร้อยละ
โรงงานผลิตถาวร	11	31.43
โรงงานผลิตแผ่นไม้ประกอบ	17	48.57
อื่น ๆ	7	20.00
รวม	35	100.00

5.2 ส่วนที่ 2: ความเป็นไปได้ในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริง โดยใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม

(1) การประเมินความเป็นไปได้ในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริงโดยใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ในแต่ละประเด็นย่อย ได้ผลการประเมินดังนี้

ประเด็นคำถาม	คะแนนเฉลี่ย
1. การเพิ่มไลน์การผลิตมาตรฐานกับสารเคมีในโรงงาน สำหรับเตรียมยางคอมพาวด์เพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังที่มีชั้นยางฟองน้ำเป็นแกนกลางแกนกลาง	3.78
2. การใช้ยางคอมพาวด์ที่ผสมสารเคมีสำเร็จรูปแล้วในกระบวนการขึ้นรูปแผ่นผนัง (โรงงานไม่ต้องผสมยางคอมพาวด์เอง)	3.87
3. กระบวนการขึ้นรูปแผ่นผนังโดยการอัดขึ้นผิว OSB และยางฟองน้ำแกนกลางในกระบวนการอัดเดียวกัน	3.71
4. การสร้างแบบพิมพ์สำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังในขนาดที่สามารถใช้กับเครื่องจักรในโรงงานได้	3.49
5. กระบวนการอัดที่ต้องมีการปรับขยายความหนาของแบบพิมพ์เพื่อให้ได้ความหนาของแผ่นผนังตามกำหนด	3.70
6. อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นผนัง	3.84
7. การลดต้นทุนของวัตถุดิบด้วยการผสมเศษผงไม้ในชั้นยางฟองน้ำแกนกลาง	4.24
8. การควบคุมคุณสมบัติของแผ่นผนังขนาดใหญ่ที่ขึ้นรูปโดยเครื่องจักรในโรงงานให้มีความใกล้เคียงกับขนาดที่ขึ้นรูปในห้องปฏิบัติการ	3.53
9. โรงงานมีเครื่องจักรที่พร้อมต่อการขึ้นรูปแผ่นผนังตามกระบวนการที่นำเสนอในงานวิจัย	2.86
10. โรงงานมีบุคลากรที่พร้อมต่อการขึ้นรูปแผ่นผนังตามกระบวนการที่นำเสนอในงานวิจัย	3.04
คะแนนเฉลี่ยรวม	3.67

(2) การประเมินความเป็นไปได้ในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริงโดยใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น โดยพิจารณาจากตัวแปรหน้าที่ความรับผิดชอบและลักษณะสถานประกอบการของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้ผลการประเมินดังนี้

หัวข้อที่ประเมิน	คะแนนเฉลี่ย							
	ฝ่ายผลิต	ฝ่ายวิจัย-พัฒนา			ฝ่ายควบคุมคุณภาพ		ฝ่ายอื่น	
	ไม่ประกอบ	กาว	ไม่ประกอบ	อื่น ๆ	กาว	ไม่ประกอบ	กาว	อื่น ๆ
1. การเพิ่มไลน์การผลิตอย่างธรรมชาติกับสารเคมีในโรงงาน สำหรับเตรียมยางคอมพาวด์เพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังที่มีชั้นยางฟองน้ำเป็นแกนกลางแกนกลาง	3.83	3.67	3.00	4.00	4.00	3.44	4.00	4.33
2. การใช้ยางคอมพาวด์ที่ผสมสารเคมีสำเร็จรูปแล้วในกระบวนการขึ้นรูปแผ่นผนัง (โรงงานไม่ต้องผสมยางคอมพาวด์เอง)	4.00	3.89	4.00	4.00	4.00	3.56	3.00	4.50
3. กระบวนการขึ้นรูปแผ่นผนังโดยการอัดขึ้นผิว OSB และยางฟองน้ำแกนกลางในกระบวนการอัดเดียวกัน	3.83	3.78	3.50	4.00	4.00	3.56	3.00	4.00
4. การสร้างแบบพิมพ์สำหรับขึ้นรูปแผ่นผนังในขนาดที่สามารถใช้กับเครื่องจักรในโรงงานได้	3.00	3.33	2.50	4.00	4.00	3.44	3.00	4.67
5. กระบวนการอัดที่ต้องมีการปรับขยายความหนาของแบบพิมพ์เพื่อให้ได้ความหนาของแผ่นผนังตามกำหนด	2.67	3.56	3.50	4.00	4.00	3.67	4.00	4.17
6. อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นผนัง	3.50	3.78	2.50	4.00	4.00	3.44	5.00	4.50

หัวข้อที่ประเมิน	คะแนนเฉลี่ย							
	ฝ่ายผลิต	ฝ่ายวิจัย-พัฒนา			ฝ่ายควบคุมคุณภาพ		ฝ่ายอื่น	
	ไม่ประกอบ	การ	ไม่ประกอบ	อื่น ๆ	ไม่ประกอบ	การ	ไม่ประกอบ	อื่น ๆ
7. การลดต้นทุนของวัตถุดิบด้วยการผสมเศษผงไม้ในชั้นยางพองน้ำแกนกลาง	4.33	4.11	5.00	4.00	4.00	3.67	4.00	4.83
8. การควบคุมคุณสมบัติของแผ่นผนังขนาดใหญ่ที่ขึ้นรูปโดยเครื่องจักรในโรงงานให้มีค่าใกล้เคียงกับขนาดที่ขึ้นรูปในห้องปฏิบัติการ	3.33	3.78	3.50	3.00	3.00	3.33	4.00	4.33
9. โรงงานมีเครื่องจักรที่พร้อมต่อการขึ้นรูปแผ่นผนังตามกระบวนการที่นำเสนอในงานวิจัย	3.00	2.44	2.50	2.00	3.00	2.44	3.00	4.50
10. โรงงานมีบุคลากรที่พร้อมต่อการขึ้นรูปแผ่นผนังตามกระบวนการที่นำเสนอในงานวิจัย	2.67	2.89	3.00	2.00	3.00	2.56	4.00	4.17
คะแนนเฉลี่ย	3.50	3.60	3.41	3.55	3.36	3.73	3.82	4.44

ส่วนที่ 3: ความคิดเห็นอื่นๆหรือข้อเสนอแนะต่อโครงการวิจัย เพื่อให้สามารถขยายขนาดสู่ระดับอุตสาหกรรมได้

ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เป็นประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- การขึ้นรูปแผ่นใหญ่สามารถทำได้ คล้ายกันกับการปิดผิวด้วยแผ่นเมลามีน
- ควรปรับปรุงข้อด้อยต่าง ๆ เช่น กลิ่นของยาง การอัดให้มีความหนาที่สม่ำเสมอ วิธีการอัดแผ่นขึ้นรูปที่ง่ายและสอดคล้องกับเครื่องจักรในปัจจุบัน ก็จะสามารถต่อยอดไปสู่ตลาดในเชิงธุรกิจได้
- ควรศึกษาประเด็นเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้เมื่อขยายขนาดหรือกำลังผลิตที่ใหญ่ขึ้น
- ถ้ามีผลิตภัณฑ์ยางผสมไม่เป็นส่วนของชั้นไส้ขายเป็นผลิตภัณฑ์จะมีโอกาสความเป็นไปได้สูง
- ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ตัวอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งระหว่างกระบวนการผลิตและขณะนำไปใช้งาน
- การเสื่อมสภาพของชั้นยาง หากเกิดไฟไหม้แล้วจะปลอดภัยหรือไม่
- อาจจะขึ้นเป็นแผ่นขนาดใหญ่ในกระบวนการผลิตที่ใช้เครื่องอัดร้อนแบบช่องอัดหลายช่อง (multi layers opening hot press)
- ในการผสมยางคอมพาวด์ควรเป็นเม็ดเหมือนกับเม็ดพลาสติก เพื่อให้สะดวกต่อโรงงานอุตสาหกรรมที่จะนำไปใช้งาน
- อยากให้ทำยางโฟมเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อนำไปทดแทนฝอยไม้ในการผลิตแผ่นไม้ประกอบที่มีน้ำหนักเบา
- ทดลองนำชิ้นงานขนาดเล็กมาต่อกันให้เป็นชิ้นใหญ่ เพื่อดูความสามารถในการยึดติดระหว่างแผ่นทั้งแนวนอนและแนวตั้ง และดูความหนาโดยรวมว่าความแตกต่างทางความหนาแต่ละแผ่นอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้หรือไม่
- ทดลองทำยางให้เป็นผงเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ซึ่งอาจสามารถเข้ากระบวนการโรยแบบต่อเนื่อง (Continuous) ได้

6. สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาเพื่อการประเมินความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อ “โครงการพัฒนาแผ่นผนังสำเร็จรูปที่มียางธรรมชาติเป็นแกนกลาง” มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริงโดยใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

6.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นตัวแทนของสถานประกอบการในภาคอุตสาหกรรมและตัวแทนจากภาคการศึกษาในการตอบแบบสอบถามรวมทั้งสิ้น 35 คน โดยมาจากหน่วยงานของภาคอุตสาหกรรม 28 คน

(อุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบ 17 คน และอุตสาหกรรมผลิตทากว 11 คน) และภาคการศึกษา 7 คน เป็นเพศชาย 21 คน และเป็นเพศหญิง 14 คน ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี รองลงมาคือ ปริญญาโท ต่ำกว่าปริญญาตรี และปริญญาเอก เป็นจำนวน 27, 5, 2 และ 1 คน ตามลำดับ โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีหน้าที่ความรับผิดชอบที่แตกต่างกัน คือ ฝ่ายผลิตจำนวน 6 คน ฝ่ายวิจัยและพัฒนาจำนวน 11 คน ฝ่ายควบคุมคุณภาพจำนวน 10 คน และฝ่ายอื่น ๆ อีก 8 คน

6.2 ข้อมูลความเป็นไปได้ในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริง โดยใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม

- ประเมินความเป็นไปได้ในภาพรวม ได้คะแนนเฉลี่ย 3.67 หมายความว่า มีความเป็นไปได้มากในการขยายขนาดของแผ่นผนังในโครงการวิจัยให้มีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดที่จะใช้งานจริงโดยใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม
- ประเมินความเป็นไปได้ในแต่ละประเด็นย่อย พบว่า ประเด็นความพร้อมของเครื่องจักรที่มีในการขึ้นรูปแผ่นผนังตามกระบวนการที่นำเสนอในงานวิจัยอยู่ในระดับเป็นไปได้ปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 2.86 ส่วนประเด็นการลดต้นทุนของวัตถุดิบด้วยการผสมเศษผงไม้ในชั้นยางพองน้ำแกนกลางอยู่ในระดับเป็นไปได้มากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 4.24
- ประเมินความเป็นไปได้โดยพิจารณาจากตัวแปรหน้าที่ความรับผิดชอบและลักษณะสถานประกอบการของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า กลุ่มบุคลากรจากสถาบันการศึกษา/วิจัยให้คะแนนประเมินเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3.98 ส่วนกลุ่มผู้ประกอบการจากอุตสาหกรรมผลิตทากวให้คะแนนประเมินเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 3.72 และกลุ่มผู้ประกอบการจากอุตสาหกรรมผลิตไม้ประกอบให้คะแนนประเมินเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 3.42

6.3 ข้อมูลความคิดเห็นอื่นๆหรือข้อเสนอแนะต่อโครงการวิจัย เพื่อให้สามารถขยายขนาดสู่ระดับอุตสาหกรรมได้

สรุปความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะได้เป็นประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- การขึ้นเป็นแผ่นขนาดใหญ่ในกระบวนการผลิตที่ใช้เครื่องอัดร้อนแบบช่องอัดหลายช่อง (Multi layers opening hot press)
- การผสมยางคอมพาวด์ควรเป็นเม็ดเหมือนกับเม็ดพลาสติก เพื่อให้สะดวกต่อโรงงานอุตสาหกรรมที่จะนำไปใช้งาน เช่น ใช้ทดแทนไม้ชั้นไส้ในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด
- ควรทำยางให้เป็นผงเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ซึ่งอาจสามารถเข้ากระบวนการโรยแบบต่อเนื่อง (Continuous) ได้
- กระบวนการผลิต OSB กับโฟมยางควรแยกกัน แล้วจึงนำมาประกอบเป็นแผ่นภายหลัง

ข) รายชื่อผู้ประกอบการผลิตแผ่นไม้ประกอบ

บริษัท วนชัย พาเนล อินดัสทรีส์ จำกัด 115 ม.3 ต.ทุ่งหลวง อ.เวียงสระ จ.สุราษฎร์ธานี 84190
บริษัท เอส.พี.บี.พาเนล อินดัสทรีส์ จำกัด 38/2 ม.7 ต.นาใต้ อ.บ้านนาเดิม จ.สุราษฎร์ธานี 84240
บริษัท ไอกะ หาดใหญ่ จำกัด 417/115 ถ.กาญจนวนิช ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90250
บริษัท สยามไฟเบอร์บอร์ด จำกัด 417/112-113 ถ.กาญจนวนิช ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90230
บริษัท กรีนริเวอร์ พาเนล (ประเทศไทย) จำกัด 222 ม.4 ต.ท่าช้าง อ.บางกล่ำ จ.สงขลา 90110
บริษัท พาเนล พลัส จำกัด 417/14 ถ.กาญจนวนิช ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90230
บริษัท อะโกร ไฟเบอร์ จำกัด 138 หมู่ 7 ต.ท่าตุม อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี 25140