

ผลงานวิจัย

โครงการวิจัยที่ 4

การศึกษาความเป็นไปได้ของสายการผลิต
แผ่นวัสดุทดแทนไม้จากไม้ปาล์มน้ำมัน เศษไม้
และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อชุมชน

การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแผ่นขึ้นแผลกอัดด้วยกาวในประเทศ³

Development on Vetiver-Particleboard Manufacturing with Local Binders

วรรณม อุจน์จิตติชัย¹

Woratham Oonjittichai

ทวิชชัย อมรศักดิ์ชัย²

Tawechai Amonsakchai

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อพัฒนาแผ่นขึ้นแผลกอัดจากการใช้กาวหรือสารเชื่อมยึดที่มีผลิตอยู่ในประเทศเป็นวัตถุดิบแทนกาวไอโซไซยานาตเดิมซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โดยได้แบ่งการศึกษาเป็น 3 ขั้นตอน คือ การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะพื้นผิวและสมบัติ ดิของใบหญ้าแผลก การปรับปรุงพื้นผิวของใบหญ้าแผลกและการพัฒนาการขึ้นแผลกในประเทศให้เหมาะสมต่อการผลิตแผ่นขึ้นแผลกอัด

ผลการศึกษาเบื้องต้นของพื้นผิวใบหญ้าแผลกคอนสายพันธุ์ราชบุรี (*Vetiveria nemoralis* A.Camus) พบว่า มุมสัมผัส (wetting-contact angle) ของหยดน้ำบนผิวหญ้าแผลกทั้งด้านนอก (บน) และด้านใน (ล่าง) มีค่าเฉลี่ย 155 องศาและ 126 องศา ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวทั้ง 2 ด้านไม่ชอบน้ำ โดยพื้นผิวด้านนอกมีลักษณะที่เป็นมันหรือไขเคลือบมากกว่าจึงไม่ชอบน้ำมากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าใบหญ้าแผลกคอนมีค่าความเป็นกรดเบสต่างเฉลี่ยที่ 6.37 และความสามารถในการฟ่อนความเป็นกรดมีค่าเฉลี่ย สมมูลย์ (milliequivalent $\times 10^{-2}$) เท่ากับ 168.59 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของไม้ (9.23-40.8) เป็นอย่างมาก

เมื่อนำใบหญ้าแผลกคอนสายพันธุ์ราชบุรี ไปทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยพลาสมา (plasma treatment) การเคลือบด้วยสารสกัดจากเปลือกของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew-nut shell liquid) และแรงดันไอน้ำสูง (steam-pressure) พบว่า การปรับปรุงพื้นผิวใบหญ้าแผลกทั้ง 3 กรณี สามารถลดค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำได้อย่างมาก ช่วยทำให้ผิวของใบหญ้าแผลกชอบน้ำมากขึ้น โดยมีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยของหยดน้ำบนผิวหญ้าแผลกด้วยวิธีพลาสมาที่ระดับ 50 วัตต์ เวลา 1 นาที ต่ำสุดไม่เกิน 10 องศา และค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยของหยดน้ำบนผิวหญ้าแผลกที่เคลือบด้วยสารสกัดจากเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์เท่ากับ 16-25 องศา ในขณะที่หญ้าแผลกที่ปรับปรุงผิวด้วยการนึ่งแรงดันไอน้ำสูงถึง 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จะให้ค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยเท่ากับ 60-61 องศา แต่สมบัติของพื้นผิวที่ผ่านการปรับปรุงด้วยพลาสมาไม่คงที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยมุมสัมผัสของหยดน้ำจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่ามุมสัมผัส ของหยดน้ำก็ยังคงต่ำกว่า ใบหญ้าแผลกก่อนปรับปรุงอย่างมาก

¹ นักวิชาการป่าไม้ 8ว งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้
สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

² มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³ เผยแพร่ในผลงานวิจัย ประจำปี 2549 สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ (รหัส ISBN : 974-7627-39-6)

สำหรับการศึกษาพัฒนาใช้กาวในประเทศที่มีอยู่แล้วทางการค้ากับไบฮัญ้าแฝกคอนสายพันธุ์ราชบุรี ที่ยังไม่ได้ทำการปรับปรุงพื้นผิว โดยใช้กาวในประเทศ 2 ชนิดหลัก ได้แก่ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ แล้วปรับปรุงระบบกาว ด้วยการผสมสารปรับปรุงคุณภาพกาว (resin fortifier) ชนิดกาวไอโซไซยาเนต ในปริมาณ 2% (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักกาวเหลวที่ใช้) พบว่า การผสมสารปรับปรุงคุณภาพในกาวก่อนผสมกับฮัญ้าแฝก มีผลให้แผ่นขึ้นแฟกต์ที่ได้ มีคุณภาพดีกว่า โดยแผ่นที่ผลิตจากกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ปรับปรุงด้วยกาวไอโซไซยาเนตดีกว่ากาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ได้ปรับปรุง เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามแผ่นที่ได้ยังไม่สามารถผ่านมาตรฐานกำหนดของ MS 5908-1994 : Particle boards

นอกจากนี้ยังได้ทดลองปรับสภาพพื้นผิวไบฮัญ้าแฝกก่อนผสมกาวที่ใช้ น้ำ เป็นส่วนประกอบ (water base) ทั้ง 2 ชนิด (กาวยูเรียและกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์) โดยแยกเคลือบขึ้นฮัญ้าแฝกด้วยกาวไอโซไซยาเนตเพียง 1% (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของฮัญ้าแฝก) ก็ยังให้ผลทางด้านคุณภาพของแผ่นอัด ที่ไม่ดีนัก แต่พบว่าสมบัติในการคงขนาดเมื่อ ้มน้ำของแผ่นอัดจากขึ้นฮัญ้าแฝกเคลือบและใช้กาวยูเรีย - ฟอร์มาลดีไฮด์ปริมาณ 13% ดีกว่าเมื่อเทียบกับแผ่นอัดที่ใช้ฮัญ้าแฝกไม่เคลือบ

ผลการศึกษายังพบว่า การปรับปรุงพื้นผิวของไบฮัญ้าแฝกคอนด้วยแรงดันไอน้ำที่ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ให้คุณภาพของแผ่นแฟกต์ทั้งการใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวเมลามีน- ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ปริมาณ 13% ที่ดีกว่าแผ่นซึ่งใช้ไบฮัญ้าแฝกไม่ได้ปรับปรุงผิวถึง 3 เท่าในทุกสมบัติของแผ่น โดยเฉพาะสมบัติเชิงกลด้านความต้านแรงดัด (Modulus of Rupture, MOR) ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.68 และ 26.53 เมกกะพาสกัล ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์กำหนด (18 เมกกะพาสกัล) ของมาตรฐาน JIS 5908-194 : Particleboards และค่าเฉลี่ยของแผ่นขึ้นไม้อัดทางการค้า (14.72 เมกกะพาสกัล) นอกจากนี้สมบัติด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่น (Internal Bond, IB) ของแผ่นแฟกต์ซึ่งใช้ไบฮัญ้าแฝกปรับปรุงผิวและใช้กาวเมลามีน- ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ยังให้ค่าที่สูงถึง 0.95 เมกกะพาสกัล ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์กำหนดของมาตรฐาน 0.3 เมกกะพาสกัล และของแผ่นขึ้นไม้อัดทางการค้า (0.37 เมกกะพาสกัล) แต่อย่างไรก็ตาม เห็นควรทำการปรับปรุงสมบัติของแผ่นด้านความคงขนาดเมื่อ ้มน้ำในลำดับต่อไป ทั้งนี้โดยแนะนำให้ปรับปรุงความแน่นลดหล่นทางความหนา (density profile) และการปรับปรุงพื้นผิว (surface modification) ของไบฮัญ้าแฝกเป็นประเด็นสำคัญ

บทนำ

จากผลการศึกษาของชุด โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นประกอบฮัญ้าแฝกกันปลวก ในปีที่ 1-2 (2544-2546) ได้พัฒนาการผลิตแผ่นขึ้นแฟกต์ที่มีคุณภาพสามารถนำมาใช้ทำเครื่องเรือนและเครื่อง ้ใช้ในครัวเรือนต่างๆ ทดแทนไม้จริงได้ นอกจากนี้ด้วยลักษณะลวดลายเชิงเส้นของไบฮัญ้าที่ผิวแผ่นอัดซึ่งสวยงามเป็นที่ยอมรับและต้องการของตลาด จึงมีประชาชนที่สนใจ และผ่านการฝึกอบรมนำไปผลิตเป็นเชิงพาณิชย์ในขณะนี้ โดยการผลิตแผ่นนั้นจำเป็นต้องใช้ สารเชื่อมยึดหรือกาวไอโซไซยาเนตชนิด polymeric diphenylmethane diisocyanate (pMDI) เนื่องจากเป็นกาวประเภทแข็งตัวเมื่อร้อน (thermo-setting) ซึ่งมี

ประสิทธิภาพในการยึดติดกับพื้นผิววัสดุโพลีเอทิลีน มีสารคิวทิเคิล (cuticle) และขนที่เก็บความชื้นปกคลุมอยู่ได้มีประสิทธิภาพกว่ากาวติดไม้ชนิดอื่นที่นิยมใช้อยู่ในอุตสาหกรรมไม้ขณะนี้

กาวไอโซไซยานเตในปัจจุบันมีราคาสูง ประมาณ 80 บาทต่อกิโลกรัม และต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง ประกอบกับเมื่อวันศุกร์ที่ 22 พฤศจิกายน 2545 เวลา 17.30 น. ณ ศาลาเรียง วิ่งไกลกังวล อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงมีพระราชดำรัสกับคณะสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติในการถวयरายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัยพัฒนาปฏิสัมพันธ์หน้าสัมผัสกับปลวก เพื่อสนองพระราชดำริพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ดังนี้ “การนำไปหน้าสัมผัสอัดเป็นแผ่น และนำไปใช้ประโยชน์ทดแทนไม้จริง จะช่วยลดการนำเข้าไม้ รวมทั้งลดการตัดไม้ทำลายป่าลงได้ แต่เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตแผ่นสัมผัสใช้กาวซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาแพง ควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาการใช้กาวซึ่งผลิตขึ้นภายในประเทศที่มีคุณภาพดีและราคาถูกเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายของประเทศ”

ดังนั้น เพื่อเป็นการพัฒนาแผ่นสัมผัสอัดและแผ่นอัดอื่น จากกรณีไปหน้าสัมผัส ให้มีคุณภาพด้วยกาวในประเทศตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ภายใต้โครงการวิจัยการศึกษาความเป็นไปได้ของสายการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากไม้ปาล์ม น้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แผนงานวิจัยการพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ จากไม้ปาล์ม น้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอื่นๆ (เริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549 - 2553) โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเป้าสู่การพัฒนานำกาวหรือสารเชื่อมยึดที่มีผลิตอยู่ในประเทศมาใช้เป็นวัสดุติดแทนกาวไอโซไซยานเตเดิม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพัฒนาชนิดสารเชื่อมยึดอื่นและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการปรับปรุงการยึดติดขึ้นกับไม้
2. เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต สำหรับนำมาผลิตเป็นแผ่นสัมผัสอัดให้ได้คุณภาพของแผ่นไม้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเภทแผ่นอัดทดแทนไม้ธรรมชาติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความเป็นไปได้ในการพัฒนาสารเชื่อมยึดอื่นแทนกาว ไอโซไซยานเตเดิมซึ่งต้องนำเข้าโดยตรงจากต่างประเทศมาเป็นวัสดุติดในการผลิตแผ่นสัมผัสอัด
2. ทราบถึงกรรมวิธีในการปรับปรุงพื้นผิวของไม้หน้าสัมผัสที่เหมาะสมต่อการยึดติดภายในของแผ่นสัมผัสให้ได้คุณภาพ

3. ทราบขั้นตอนในกระบวนการผลิตแผ่นขึ้นแผลกอัดจากการพัฒนาการและปรับปรุงพื้นผิวแล้ว เพื่อยกระดับความแข็งแรงความคงทนการดูดซึมน้ำและคุณลักษณะอื่นๆ ที่ต้องการ ต่อการนำแผ่นขึ้นแผลกอัดไปใช้งานตามมาตรฐานที่กำหนด ทั้งในประเทศและต่างประเทศ
4. ผลที่ได้รับจะเป็นความรู้และข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมไม้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมแผ่นอัดและเกษตรกร ประชาชนผู้สนใจทั่วไป
5. ทำให้ทราบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตในโรงงานให้ได้คุณภาพของแผ่นตามต้องการและเป็นที่ยอมรับในระดับสากลเพื่อการส่งออกและแข่งขันได้กับคู่แข่ง
6. สามารถนำข้อมูลจากการศึกษาไปส่งเสริม เผยแพร่เพื่อให้มีการผลิตแผ่นขึ้นแผลกอัดจากใบหญ้าแผลกหรือวัสดุการเกษตรอื่นๆ ได้ในระดับชุมชนที่มีศักยภาพ
7. ช่วยลดปริมาณการใช้ไม้ จริงจากวัสดุทดแทนไม้ที่พัฒนาได้ ตลอดจนเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรเหล่านี้ด้วย

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1.การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับสมบัติของใบหญ้าแผลกและกาว

หญ้าแผลกที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ คือ แผลกดอนสายพันธุ์ราชบุรี (*Vetiveria nemoralis* A. Camus) นำมาตากหรือผึ่งให้แห้งแล้วย่อยให้มีขนาดเล็กลง โดยผ่านเครื่องสับ บดและเครื่องตอกทูป (Hammer mill) แล้วผ่านเครื่องร่อนคัดขนาด เพื่อคัดขนาดที่ต้องการ ก่อนจะนำไปศึกษาหาแนวทางที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นขึ้นแผลกอัดด้วยกาวในประเทศ

1.1 การวิเคราะห์ขนาดขึ้นหญ้าแผลก

ทำการสุมขึ้นหญ้าแผลกที่ผ่านการสับย่อยและบดตามขนาดที่ต้องการแล้วเพื่อเตรียมทำแผ่นแผลกอัดมาวิเคราะห์ขนาดด้วยตะแกรงมาตรฐาน หมายเลข 5 12 20 40 และ 60 เมช ขึ้นเกลือไม้ที่ค้ำบนตะแกรงแต่ละขนาดจะถูกนำไปหาความหนาและความยาวของขึ้นหญ้าแผลก รวมทั้งปริมาณของขึ้นหญ้าแผลกที่ได้

1.2 การตรวจหาความเป็นกรด-ด่าง และความสามารถในการฟ่อนความเป็นกรดของขึ้นหญ้าแผลก

โดยนำขึ้นหญ้าแผลกไปบดละเอียดให้มีขนาด 40 เมช แช่และกวนในน้ำ กลั่น นำสารละลายที่ได้ไปหาค่า pH และการฟ่อนความเป็นกรดให้ได้ pH ของสารละลายที่ 3.5 ด้วย สารละลายกรดซัลฟูริกเจือจาง

2. การปรับปรุงพื้นผิวของใบหญ้าแฝกเพื่อการยึดติดกาว

2.1 การปรับปรุงพื้นผิวด้วยพลาสมา

กาวที่ผลิตในประเทศและนำมาทดลองศึกษาใช้ทดแทนกาวนำเข้าในครั้งนี้เป็นกาวประเภทที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ (water based adhesives) ได้แก่ กาวประเภทอะมิโนและฟีนอลิก มีราคาถูกกว่ากาวนำเข้าประเภทไอโซไซยานูเรตมาก โดยมีกาวอะมิโนชนิดกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์นิยมใช้มากที่สุด ประมาณ 90% รองลงมาคือกาวเมลามีน-ยูเรียฟอรัลดีไฮด์ คุณลักษณะและสมบัติต่าง ๆ ของกาวที่ใช้ทดลอง รายงานไว้ในตารางที่ 5 และ 6

งานวิจัยในส่วนนี้ ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นเพื่อปรับผิวของหญ้าแฝกด้วยพลาสมา โดยใช้เครื่องพลาสมาที่ผลิตโดยบริษัท Samco ใช้ความถี่ 13.56 MHz โดยลักษณะของ plasma reactor เป็นแบบ Bell jar เพื่อให้การปรับผิวใบหญ้าแฝก รวมถึงการวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำทำได้ง่ายและสะดวก จึงเตรียมตัวอย่างโดยการตัดใบหญ้าแฝกเป็นแถบขนาดประมาณ 20 x 3 มม. และติดลงบนกระดาษสไลด์ด้วยเทปกาว 2 หน้า

2.2 การปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

ในการศึกษานี้ ได้เตรียมน้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยการสกัดเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยทอลูอิน จากนั้นระเหยตัวทำละลายออก จะได้ของเหลวหนืดสีน้ำตาลแดง นำสารที่ได้ไปทดลองเคลือบใบหญ้าแฝกและวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนใบหญ้าแฝก โดยทำการชุบใบหญ้าแฝกด้วยสารละลาย 5 และ 10% ในทอลูอิน และน้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 100% ซึ่งจะเห็นว่า มุมสัมผัสของหยดน้ำลดลงอย่างมาก เทียบกับใบหญ้าแฝกเริ่มต้น ซึ่งมีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำเฉลี่ยสูงถึง 153 องศาและ 128 องศา สำหรับด้านนอก และด้านในของใบตามลำดับ มุมสัมผัสของหยดน้ำมีค่าต่ำลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในสารละลายที่ชุบ

2.3 การปรับปรุงพื้นผิวด้วยการใช้แรงดันไอน้ำสูง

นำใบหญ้าแฝกที่ผึ่งแห้งแล้วไม่ผ่านกาจัดหรือบดข่อย รวมมัดเป็นก้อนอย่างหลวม ๆ ขนาด 7x12 ซม. ใส่ในช่องของหม้อนึ่งไอน้ำที่แรงดันระดับ 10 กก./ซม.² เพื่อคลายมัดหญ้าแฝก เป็นเวลา 1 นาที แล้วหมุนใบพัดในหม้อนึ่งเป็นเวลา 5 วินาที นำออกจากหม้อนึ่ง กองผึ่งให้แห้งแล้วนำเข้าเครื่องบดแบบ Hammer-mill พร้อมคัดร่อนแยกขนาดตามต้องการ แล้วนำเข้าอบจนได้ปริมาณความชื้น เท่ากับ 5-7% เพื่อรอการผสมกาวและอัดเป็นแผ่นต่อไป

3. การพัฒนากระบวนการผลิตแผ่นขึ้นแฝกอัด

กาวหรือสารเชื่อมยึดที่เหมาะสมในการนำมาผลิตแผ่นอัดกับใบหญ้าแฝกเป็นกาวไอโซไซยานูเรตที่ไม่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ โดยคาดว่าสาเหตุจากสภาพพื้นผิวของใบหญ้าแฝกที่ไม่ชอบน้ำ ทำให้การใช้กาวประเภท ฟอรัลดีไฮด์ซึ่งเป็นกาวผลิต ที่ในประเทศมีความนิยมในการนำมาผลิตแผ่นอัดทดแทนไม้ นั้น ไม่เหมาะสมต่อการนำมายึดติดกับใบหญ้าแฝก

3.1 วางแผนการทดลองเพื่อศึกษาความเหมาะสมของกาวในประเทศ

- 3.1.1 การปรับปรุงคุณภาพกาวที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบด้วยสารปรับปรุงคุณภาพกาว (กาวไอโซไซยานต)
- 3.1.2 การเคลือบผิวใบหญ้าแฝกด้วยกาวไอโซไซยานตก่อนการผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์
- 3.1.3 ผลของการเพิ่มความแน่นของแผ่นจากใบหญ้าแฝกที่เคลือบผิว
- 3.1.4 ผลของการนั่งแรงดันไอน้ำสูงกับผิวใบหญ้าแฝกต่อคุณภาพของแผ่น

3.2 สถานะกำหนดและวิธีการผลิตแผ่นจีนแฝกอัด

เพื่อให้การศึกษาปัจจัยตัวแปรที่ได้วางแผนไว้เกิดประสิทธิภาพและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จึงได้กำหนดสถานะต่าง ๆ โดยเฉพาะปัจจัยผลกระทบในขั้นตอนการผลิต การอัดร้อนให้มีระดับคงที่ โดยกำหนดสถานะต่าง ๆ ไว้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถานะของการผลิตแผ่นในการศึกษาครั้งนี้

สถานะกำหนดในการผลิตแผ่น	ระดับที่ใช้
ความแน่นของแผ่น (กก./ลบ.ม.)	800
ขนาดของแผ่น (ซม. x ซม. x มม.)	35x35x10
โครงสร้างของแผ่น	ชั้นเดียวแบบอัดราบ
ความชื้นของจีนหญ้าแฝก(%)	5
แรงดันลมในการพ่นกาว (กก./ตร.ซม.)	8-9
ขนาดความโตของหัวพ่น (มม.)	0.8
ความเร็วในการหมุนเครื่องผสม (รอบ/นาที)	60
อุณหภูมิในการอัด (องศาเซลเซียส)	130-140
เวลาในการอัด (นาที)	5
ความดันในการอัดร้อน (กก./ตร.ซม.)	30
ปรับสถานะแผ่นก่อนตัดชิ้นทดสอบ (วัน)	7

3.3 การประเมินคุณภาพของแผ่นจีนแฝกอัด

นำแผ่นประกอบที่ผลิตได้ ตามแผนการทดลองและสถานะกำหนดดังตารางที่ 1 ไปตัดเป็นชิ้นทดสอบ เพื่อทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ตามคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards ได้แก่ ค่าความต้านแรงตัดภายใต้สถานะแห้ง (modulus of rupture under dry condition : dry MOR) ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าภายใต้สถานะแห้ง (internal bond under dry condition : dry IB) ค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (thickness swelling) และค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (water absorption) ที่ได้ในแต่ละปัจจัยแล้วจึงนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ one-way analysis of variance วิเคราะห์ว่าผลการ

ทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Least Significant Difference test (LSD)

ผลการทดลอง

1. สมบัติเบื้องต้นของใบหญ้าแฝกและกาว

1.1 การวิเคราะห์ขนาดชิ้นหญ้าแฝก

การวิเคราะห์ขนาดของชิ้นหญ้าแฝกคอนในการศึกษาครั้งนี้ ได้เตรียมวัตถุดิบใหม่ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2 สำหรับชิ้นหญ้าแฝกคอนที่ไม่ได้ปรับปรุงผิวด้วยแรงดันไอน้ำ และตารางที่ 3 เป็นผลการวิเคราะห์ขนาดชิ้นหญ้าแฝกคอนที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยแรงดันไอน้ำสูง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ขนาดชิ้นหญ้าแฝกคอนที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นหญ้าแฝกอัด

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Particle dimension ^{1/}			Slenderness Ratio	Amount of particle ^{2/} by Weight (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+5	4.00	24.63	0.43	1.85	57.28	6.87
-5+12	2.84	16.28	0.27	1.45	60.30	57.26
-12+20	1.28	12.02	0.18	1.10	66.78	26.35
-20+40	0.64	10.36	0.14	0.58	74.00	5.71
-40+60	0.34	3.84	0.09	0.43	42.67	2.05
-60	0.25	-	-	-	-	1.76

^{1/} Each average value was measured from 100 particles.

^{2/} Percentage value based on the weight of total particles.

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าค่าสัดส่วนความเพียวของชิ้นหญ้าแฝกคอนที่ไม่ได้ผ่านการปรับผิว อยู่ในช่วงค่าสัดส่วนความเพียว 60.30-66.78 จะมีปริมาณเกลือไม่ถึง 83.61% ส่วนที่ค่าสัดส่วนความเพียว 43 จะมีปริมาณเกลือไม่ถึงเพียง 2.05%

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ขนาดชิ้นหญ้าแฝกค่อนที่ผ่านการปรับผิวด้วยแรงดันไอน้ำ 180 องศาเซลเซียส

Mesh No.	Average mesh aperture (mm.)	Particle dimension ^{1/}			Slenderness Ratio	Amount of particle ^{2/} by Weight (%)
		Length (mm.)	Thickness (mm.)	Width (mm.)		
+5	4.00	23.52	0.33	1.13	71.27	15.23
-5+12	2.84	13.27	0.67	1.46	19.81	27.39
-12+20	1.28	4.76	0.39	1.12	12.21	36.90
-20+40	0.64	3.37	0.20	0.71	16.85	13.95
-40+60	0.34	5.11	0.05	0.15	102.20	3.96
-60	0.25	-	-	-	-	2.48

1/ Each average value was measured from 100 particles.

2/ Percentage value based on the weight of total particles.

จากตารางที่ 3 แสดงว่าชิ้นหญ้าแฝกค่อนที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยไอน้ำ มีสัดส่วนความเพริชวที่น้อยลงเป็นส่วนใหญ่ คือ อยู่ในช่วง 12.21-19.81 ในปริมาณ 64.29% และมีความหนาของชิ้นหญ้าแฝกมากขึ้นแต่สั้นลง

1.2 ความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดของชิ้นหญ้าแฝก

ผลการตรวจหาค่า pH และการฟ่อนความเป็นกรด พบว่า ชิ้นหญ้าแฝกทั้งที่ปรับผิวด้วยไอน้ำและไม่ปรับผิว มีค่า pH ใกล้เคียงกันที่ระดับ 6.86 และ 6.37 ตามลำดับ แต่มีค่า pH ที่สูงกว่าค่า pH เฉลี่ยของไม้ทั่วไป อย่างไรก็ตามพบความแตกต่างระหว่างชิ้นหญ้าแฝกที่ปรับผิวว่าให้การฟ่อนความเป็นกรดที่น้อยลงกว่าของชิ้นหญ้าแฝกไม่ปรับผิวถึง 2-3 เท่าตัว

ตารางที่ 4 ความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดของชิ้นหญ้าแฝกค่อนทั้งปรับผิวและไม่ปรับผิว เพื่อใช้ในการผลิตแผ่นอัด

ชนิดไม้	ค่าเฉลี่ย pH	การฟ่อนความเป็นกรด (Acid Buffering Capacity) milliequivalent (x10 ⁻²)
แฝกค่อน 1	6.32	168.30
แฝกค่อน 2	6.37	168.55
แฝกค่อน 3	6.43	168.93
ค่าเฉลี่ย	6.37	168.59

แป๊กปรับผิวไอน้ำ 1	6.63	64.10
แป๊กปรับผิวไอน้ำ 2	7.01	85.00
แป๊กปรับผิวไอน้ำ 3	6.94	84.70
ค่าเฉลี่ย	6.86	77.93
ไม้ยางพารา	5.78	40.8
ไม้ยูคาลิปตัส	4.32	9.23
ไม้สัก	5.15	20.6

1.3 ความสามารถในการเปียกของพื้นผิวใบหญ้าแป๊ก (มูมสัมผัสด)

มูมสัมผัสของหยดน้ำบนผิวหญ้าแป๊กมีค่าที่กระจายมาก ความแตกต่างของค่าที่วัดได้อาจสูงถึง 20 องศา อย่างไรก็ตามพบว่า มูมสัมผัสดเฉลี่ยของด้านนอก จะมีค่าสูงกว่าด้านในของหญ้าแป๊ก โดยด้านนอกวัดได้ค่าเฉลี่ย 155 องศา และด้านใน 126 องศา ซึ่งหมายถึง ผิวด้าน นอกมีลักษณะที่เป็นเวกซ์มากกว่าจึงไม่ชอบน้ำมากกว่า

1.4 คุณลักษณะของส่วนผสมกาวที่ใช้ผสมหญ้าแป๊ก

กาวที่ผลิตในประเทศที่นำมาทดลองศึกษาใช้ทดแทนการนำเข้ามาในครั้งนี้เป็นกาวประเภทที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ (water based adhesives) ได้แก่ กาวประเภทอะมิโนและฟีนอลิก มีราคาถูกกว่ากาวนำเข้ามาประเภทไอโซไซยานูเรตมาก โดยมีกาวอะมิโนชนิดกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์นิยมใช้มากที่สุดราว 90% รองลงมาคือ กาวเมลามีน-ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ คุณลักษณะและสมบัติต่าง ๆ ของกาวที่ใช้ทดลอง รายงานไว้ในตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 ชนิดและลักษณะของกาวที่ผลิตในประเทศที่ใช้ในการผลิตแผ่นขึ้นแป๊กอัด

ชนิดกาว (Type of Resins)	รหัสทางการค้า	บริษัทผู้ผลิต	ลักษณะของกาว จากผู้ผลิต	ความเข้มข้นของ กาวที่ใช้
ไอโซไซยานูเรต pMDI	Polyurethanes Rubenate 1840	Huntsman	ของเหลว สีน้ำตาลดำ	98%
ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ PF	PF-402	TOA dovechem Industries Co., Ltd.	ของเหลว สีน้ำตาลแดง	45%
ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ UF	EU-607-02	Eternal Resin Co., Ltd.	ของเหลวสีขาว ใสคล้ายนม	68%

เมลามีน-ยูเรีย ฟอร์มาลดีไฮด์ ,MUF	EM-705	Eternal Resin Co., Ltd.	ของเหลวสีขาว ใสคล้ายนม	65%
---	--------	----------------------------	---------------------------	-----

ตารางที่ 6 สมบัติเบื้องต้นที่สำคัญของกาวชนิดต่างๆในการนำมาศึกษาผลิตแผ่นหุ้มฝาแผลกอัด

ชนิดกาว	ส่วนผสมอื่น	ค่า pH	ความหนืด (เซนติพอยส์, cps.)	Non-volatile content (%)	Gel time (min: sec) (at 100°C)	Specific gravity
UF ^{3/}	-	7.2	218.8	63.4	150:03	1.295 (33°C)
UF	Hardener ^{1/} ^{2/}	4.84	81.8	38.2	0:52	1.275 (32°C)
UF	MDI 2% ^{2/}	7.14	253.7	63.4	169:40	1.288 (33°C)
PF	-	13.23	766.7	40.3	25:32	1.225 (33°C)
PF	MDI 2%	13.11	836.7	43.6	15:08	1.212 (33°C)
MUF	-	9.49	168	60.9	48:58	1.294 (33°C)
MUF	Hardener	5.02	72.5	39.4	2:08	1.270 (33°C)
pMDI	-	4.5	157.2	91.8	*	1.240 (33°C)

หมายเหตุ * กาว pMDI ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

1/ สารเร่งแข็งชนิดสารละลาย NH_4Cl

2/ % เป็นน้ำหนักแห้งเทียบกับกาวเหลว

3/ UF = กาวยูเรีย ฟอร์มาลดีไฮด์

MUF = กาวเมลามีน - ยูเรีย ฟอร์มาลดีไฮด์

PF = กาวฟีนอล ฟอร์มาลดีไฮด์

MDI = กาวไอโซไซยานาต (pMDI = polymeric 4, 4'-Diphenylmethane Diisocyanate)

2. การปรับปรุงพื้นผิวของใบหุ้มฝาแผลกเพื่อการยึดติดกาว

2.1 การปรับผิวหุ้มฝาแผลกด้วยพลาสมา

จากผลการทดลองจะเห็นว่า การปรับผิวหุ้มฝาแผลกด้วยพลาสมาด้วยเวลาเพียงสั้น ๆ ก็สามารถเปลี่ยนธรรมชาติของพื้นผิวหุ้มฝาแผลกจากที่ไม่ชอบน้ำมาก ๆ (มุมสัมผัส > 90) ให้ชอบน้ำมากขึ้นได้ ทั้งด้านนอกและด้านในของใบหุ้มฝาแผลก และหากเพิ่มระดับพลังงานจาก 25 วัตต์เป็น 50 วัตต์ ก็จะทำให้มุมสัมผัสของหยดน้ำต่ำลงมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม มุมสัมผัสของหยดน้ำบนใบหุ้มฝาแผลกที่ผ่านการปรับผิวด้วยพลาสมานั้น จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ลักษณะนี้เป็นธรรมชาติของพื้นผิวที่ปรับด้วยพลาสมา แม้ว่าจะมีการคืนตัวของพื้นผิว แต่มุมสัมผัสของน้ำก็ยังต่ำกว่าพื้นผิวที่ไม่ผ่านพลาสมาค่อนข้างมาก

กรณีใบหญ้าแฝกด้าน นอกและด้านใน การปรับผิวด้วยพลาสติกที่ระดับ 50 วัตต์เป็นเวลา 1 นาที จะทำให้มูมสัมพัทธ์ของหยดน้ำลดลงอย่างมาก แต่หากเก็บตัวอย่างที่ผ่านการปรับผิวแล้วไว้นานถึง 3 วัน ก็จะทำให้เกิดการคืนตัวของสมบัติพื้นผิวของใบหญ้าแฝกได้ มูมสัมพัทธ์ที่วัดหลังจากการปรับผิวเป็นเวลา 3 วัน จะมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 30 องศา

ใบหญ้าแฝกมีค่ามูมสัมพัทธ์ของหยดน้ำที่สูงมาก ซึ่งแสดงถึงธรรมชาติที่ไม่ชอบน้ำของผิวใบหญ้าแฝก นอกจากนี้แล้วค่ามูมสัมพัทธ์ของหยดน้ำบนผิวใบหญ้าแฝกยังกระจายค่อนข้างมาก ผิวด้านนอกของใบหญ้าแฝกมีค่ามูมสัมพัทธ์ของหยดน้ำเฉลี่ยสูงกว่าด้านในของใบ การปรับผิวใบหญ้าแฝกด้วยพลาสติกสามารถลดค่ามูมสัมพัทธ์ของหยดน้ำได้อย่างมาก ช่วยให้ผิวของใบหญ้าแฝกชอบน้ำมากขึ้น แต่สมบัติของพื้นผิวที่ผ่านการปรับด้วยพลาสติกไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยจะมีมูมสัมพัทธ์ของหยดน้ำ เพิ่มขึ้นตามเวลา อย่างไรก็ตาม ค่ามูมสัมพัทธ์ของหยดน้ำนี้ก็ยังคงต่ำกว่าของใบหญ้าแฝกเริ่มต้นค่อนข้างมาก ค่ามูมสัมพัทธ์ที่ลดลงอย่างมากภายหลังการปรับผิวด้วยพลาสติก น่าจะช่วยทำให้การยึดติดของใบหญ้าแฝกกับกาละระบบน้ำเพิ่มสูงขึ้น

2.2 การศึกษาการใช้น้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ช่วยในการปรับผิวหญ้าแฝก

น้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ หรือ Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) มีฟีโนลเป็นโครงสร้างหลัก สารกลุ่มนี้จึงจัดเป็นกลุ่มฟีโนล ลิก เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ในลักษณะเดียวกันกับฟีโนล จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในรูปแบบเดียวกับสารฟีโนล ซึ่งในหลาย ๆ กรณีให้สมบัติที่ดีกว่าฟีโนลเนื่องจากมีสายโซ่กิ่งที่ยาวติดอยู่บนวงแหวนเบนซีน

การใช้สารเคลือบที่สามารถเข้ากันได้ดีกับผิวที่เป็นผิวของใบหญ้าแฝก โดยที่สารเคลือบนี้ควรจะสามารถทำปฏิกิริยาได้กับกาละระบบน้ำที่ใช้ เพื่อให้เกิดการประสานกันที่ดีได้ สารเคลือบที่ได้เสนอให้ทดลองใช้คือ น้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เนื่องจากน้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีสารเคมีที่มีลักษณะคล้ายฟีโนล ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตกาละระบบน้ำ และสามารถเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงทางเคมีได้กับพอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้น ธรรมชาติพื้นผิวที่เป็นผิวของใบหญ้าแฝกจึง น่าจะเข้ากันได้ดีกับน้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และช่วยทำให้กาละระบบน้ำเปียกบนใบหญ้าแฝกได้ดีขึ้น นอกจากนี้แล้วน้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ยังอาจเกิดปฏิกิริยาได้กับพอร์มัลดีไฮด์อิสระที่อยู่ในกาละได้และอาจส่งผลต่อการยึดติด

ดังนั้น การนำน้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาพัฒนาเป็นกาละจึงอาจเป็นทางออกหนึ่งของการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหญ้าแฝก

2.3 การปรับปรุงพื้นผิวใบหญ้าแฝกด้วยแรงดันไอน้ำ

วิธีการปรับปรุงพื้นผิวใบหญ้าแฝกอีกวิธีหนึ่งได้ทดลองใช้การนิ่งด้วยไอน้ำแรงดันสูง ที่ 0 กก/ตร.ซม. เป็นเวลา 1 นาที สามารถช่วยให้มูมสัมพัทธ์ลดลงอย่างมากเหลือ 60 องศา เทียบได้ใกล้เคียงกับมูมสัมพัทธ์ของไม้ธรรมชาติที่สามารถยึดติดกันได้ด้วยกาละน้ำ และด้วยเหตุผลที่วิธีการปรับปรุงผิวในแนวทางนี้

สามารถลดมุมสัมผัสดงได้ประกอบด้วยการคำนึงถึงความเหมาะสมในความสะดวกและความไม่ซับซ้อนยุ่งยากในการปฏิบัติงานจึงได้เลือกวิธีนี้ปรับปรุงพื้นผิวใบหญ้าแฝกในการทดลองนำมาผลิตเป็นแผ่นแฝกอัดต่อไป

3. การศึกษาการใช้กาวที่มีผลภายในประเทศเชิงพาณิชย์เพื่ออัดหญ้าแฝกพันธุ์แฝกดอน

3.1 การปรับปรุงคุณภาพกาวที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบด้วยการผสมสารปรับปรุงคุณภาพกาว

ผลการเดิมสารปรับปรุงคุณภาพด้วยกาวไอโซไซยานเนต 2% ในกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่าสามารถเพิ่มความคงขนาดและความแข็งแรงของแผ่นอัดเมื่อเทียบกับแผ่นที่ใช้ชั้นหญ้าแฝกผสมกาวน้ำธรรมดาได้สูงขึ้นอย่างมากถึง 2 เท่าตัว ผลการศึกษาสมบัติต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยของสมบัติต่างๆ ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัดจากการใช้กาวชนิดต่างๆ

ชนิดและปริมาณกาวที่ใช้ (%)	ค่า TS (%)		ค่า WA (%)		ค่าที่ทดสอบ				
	แช่น้ำ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	แช่น้ำ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	MOR (MPa)	MOE (Mpa)	IB (Mpa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
UF 13%	116.15 ก*	146.37 ก	150.56 ก	170.53 ก	5.93 ก	828.84 ก	0.033 ก	812 ก	7.35 ก
PF 7%	85.21 ข	111.82 ข	110.34 ข	129.61 ข	7.36 กข	1168.66 ข	0.034 กข	840 ก	6.92 ข
กาวผสม UF 7%+MDI 2%	39.01 ค	81.79 ค	49.46 ค	98.85 ค	11.59 ค	2302.95 ค	0.105 ค	826 ก	5.63 ค
กาวผสม PF 5%+MDI 2%	25.50 ค	53.27 ง	30.54 ค	65.06 ง	17.54 ง	2765.18 ง	0.279 ง	858 ก	6.41 ขง
JIS (18 type)	-	< 12	-	-	> 18	> 3000	> 0.3	400-900	5-13

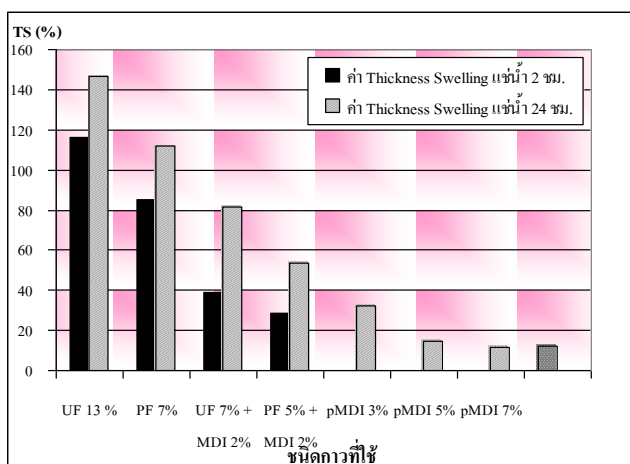
* ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการ ทดสอบด้วยวิธี

Least Significant Difference test

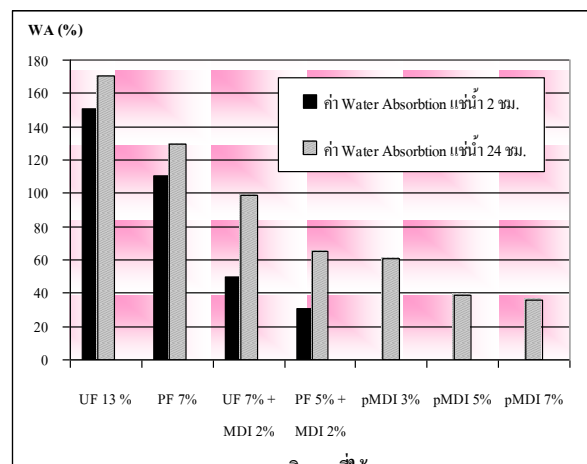
ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยของสมบัติต่างๆ ของแผ่นขึ้นหุ้มแผลกอัดจากการใช้กาว pMDI ปริมาณต่างๆ จากผลการวิจัย ปีที่ 2

ชนิดและปริมาณกาวที่ใช้ (%)	ค่า TS (%)	ค่า WA (%)	ค่าที่ทดสอบ			
	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)
pMDI 3 %	32.15 (c)	60.97 (c)	15.43 (a)	2223.36 (b)	0.12 (a)	741 (a)
pMDI 5 %	14.57 (b)	38.45 (b)	18.69 (a)	2223.09 (b)	0.32 (b)	751 (a)
pMDI 7 %	11.63 (a)	35.52 (a)	20.86 (b)	1926.27 (a)	0.32 (b)	724 (b)
JIS (18 type)	< 12	-	> 18	> 3000	> 0.3	400-900

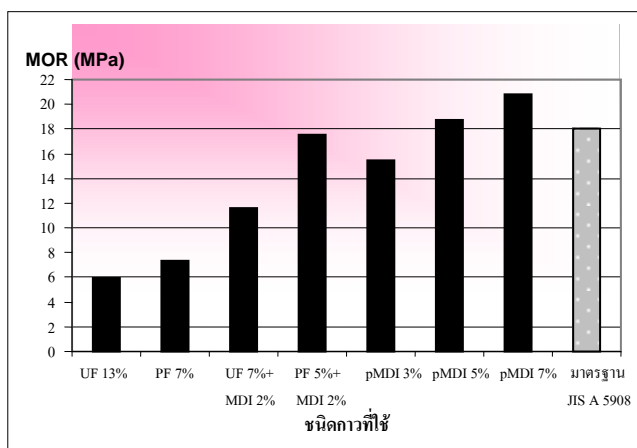
* The difference between means followed by the same alphabetical letter is not significantly different.



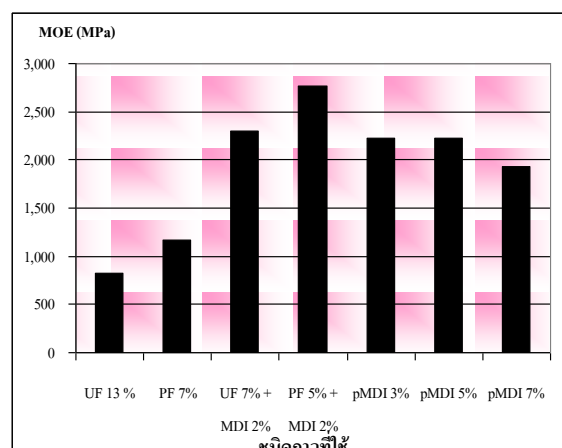
ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ย Thickness Swelling ของแผ่นขึ้นหุ้มแผลกอัดเมื่อใช้กาว UF 13 % , PF 7% , UF 7%+MDI 2% และ PF 5%+MDI 2%



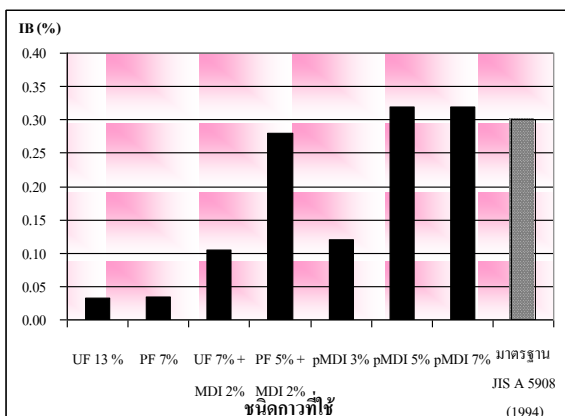
ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ย Water Absorption ของแผ่นขึ้นหุ้มแผลกอัดเมื่อใช้กาว UF 13 % , PF 7% , UF 7%+MDI 2% และ PF 5%+MDI 2%



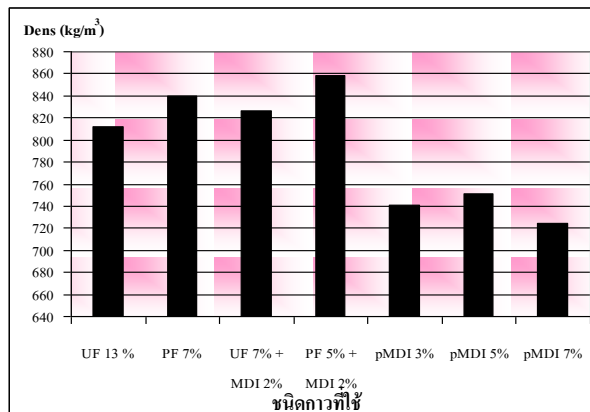
ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ย Modulus of Rupture ของแผ่นขึ้นหุ้มแผลกอัดเมื่อใช้กาว UF 13 % , PF 7% , UF 7%+MDI 2% และ PF 5%+MDI 2%



ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ย Modulus of Elasticity ของแผ่นขึ้นหุ้มแผลกอัดเมื่อใช้กาว UF 13 % , PF 7% , UF 7%+MDI 2% และ PF 5%+MDI 2%



ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ย Internal Bonding ของแผ่นขึ้นหินยูรีน้าแผลกอัด เมื่อใช้กาว UF 13 %, PF 7%, UF 7%+MDI 2% และ PF 5%+MDI 2%



ภาพที่ 6 ค่าเฉลี่ย Density ของแผ่นขึ้นหินยูรีน้าแผลกอัด เมื่อใช้ กาว UF 13 %, PF 7%, UF 7%+MDI 2% และ PF 5%+MDI 2%

ค่าเฉลี่ย Thickness Swelling และ Water Absorption โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 และ 24 ชั่วโมง เมื่อใช้กาว ชนิดต่าง ๆ พบว่า แผ่นขึ้นหินยูรีน้าแผลกอัด มีค่าเฉลี่ย Thickness Swelling Water Absorption แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญยิ่งต่อกาวที่ใช้และเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดกาว ที่ใช้โดยวิธี Least Significant Difference test พบว่า ค่าเฉลี่ย Thickness Swelling และ Water Absorption โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะมีค่าต่ำสุด เมื่อใช้กาว PF 5%+MDI 2% ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับแผ่นที่ใช้กาว UF 7%+MDI 2% และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ กาว PF 7% และ UF 13 % ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ย Thickness Swelling และ Water Absorption โดยแช่น้ำเป็น เวลา 24 ชั่วโมงจะมีค่าต่ำสุด เมื่อใช้กาว PF 5%+MDI 2% และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้กาว UF 7%+MDI 2% , PF 7% และ UF 13 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ย Modulus of Rupture เมื่อใช้กาวชนิดต่างๆ พบว่า แผ่นขึ้นหินยูรีน้าแผลกอัด มีค่าเฉลี่ย Modulus of Rupture แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญยิ่งต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดกาวที่ใช้โดย วิธี Least Significant Difference test พบว่า ค่าเฉลี่ย Modulus of Rupture จะมีค่าสูงสุด เมื่อใช้กาว PF 5%+MDI 2% และมีค่าต่ำลงเมื่อใช้ กาว UF 7%+MDI 2% PF 7% และ UF 13% ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ย Modulus of Rupture เมื่อใช้กาว UF 13% มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับแผ่นที่ใช้กาว PF 7%

ค่าเฉลี่ย Modulus of Elasticity เมื่อใช้กาวชนิดต่างๆ พบว่า แผ่นขึ้นหินยูรีน้าแผลกอัด มีค่าเฉลี่ย Modulus of Elasticity แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดกาวที่ใช้โดย วิธี Least Significant Difference test พบว่า ค่าเฉลี่ย Modulus of Elasticity จะมีค่าสูงสุด เมื่อใช้กาว PF 5%+MDI 2% และมีค่าต่ำลงเมื่อใช้กาว UF 7%+MDI 2% PF 7% และ UF 13% ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ย Internal Bonding เมื่อใช้กาวชนิดต่างๆ พบว่า แผ่นขึ้นหินยูรีน้าแผลกอัด มีค่าเฉลี่ย Internal Bonding แตกต่างกั นอย่างมีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดกาวที่ใช้ โดยวิธี Least Significant Difference test พบว่า ค่าเฉลี่ย Internal Bonding จะมีค่าสูงสุด เมื่อใช้กาว PF 5%+MDI 2%

และมีค่าต่ำลงเมื่อใช้กาว UF 7%+MDI 2% , PF 7% และ UF 13% ตามลำดับซึ่งค่าเฉลี่ย Internal Bonding เมื่อใช้กาว UF 13% มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับแผ่นที่ใช้กาว PF 7%

Density เมื่อใช้กาวชนิดต่างๆ พบว่าแผ่นขึ้นหุ้มแผ่นอัด มีค่าเฉลี่ย Density แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามชนิดกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Difference test พบว่า ค่าเฉลี่ย Density จะมีค่าสูงสุด เมื่อใช้กาว PF 5% + MDI 2% และมีค่าต่ำลงเมื่อใช้กาว PF 7%, UF 7%+MDI 2% และ UF 13% ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ย Density เมื่อใช้กาวทั้ง 4 ชนิดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ค่าเฉลี่ย Moisture Content เมื่อใช้กาวชนิดต่างๆ พบว่าแผ่นขึ้นหุ้มแผ่นอัด มีค่าเฉลี่ย Moisture Content แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามชนิดกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Difference test พบว่า ค่าเฉลี่ย Moisture Content จะมีค่าสูงสุด เมื่อใช้กาว UF 13% และมีค่าต่ำลงเมื่อใช้กาว PF 7% และ PF 5%+MDI 2% ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ย Moisture Content ของแผ่นที่ใช้กาว UF 13% มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับแผ่นที่ใช้กาว PF 7% และค่าเฉลี่ย Moisture Content ของแผ่นที่ใช้กาว PF 5%+MDI 2% มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับแผ่นที่ใช้กาว PF 7% ส่วนแผ่นที่ใช้กาว UF 7%+MDI 2% จะให้ค่าเฉลี่ย Moisture Content ต่ำสุด

ผลการศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่าการใช้สารปรับปรุงคุณภาพกาวชนิดกาวไอโซไซยานเนต สามารถเพิ่มคุณภาพของแผ่นที่ใช้กาวน้ำอย่างเดียวยังได้ แต่อย่างไรก็ตามกาวไอโซไซยานเนตเป็น กาวที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ การใช้กาวไอโซไซยานเนตที่เพิ่มขึ้นในส่วนผสมย่อมไม่เป็นผลดีและขัดแย้งกับวัตถุประสงค์ในการศึกษานี้

3.2 การเคลือบผิวใบหุ้มแผ่นด้วยกาวไอโซไซยานเนตก่อนการผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์

3.2.1 การใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์หลังเคลือบผิวใบหุ้มแผ่น

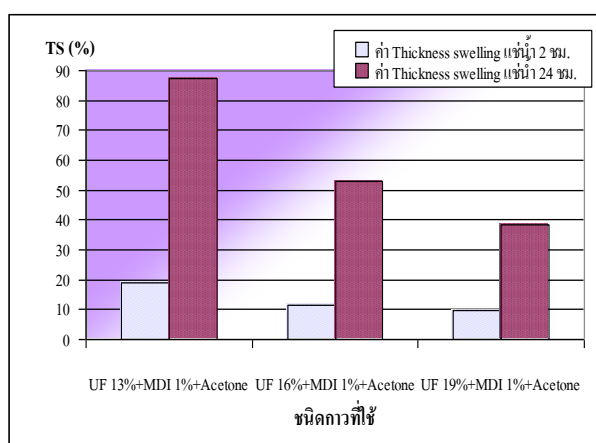
เป็นการศึกษาถึงความเหมาะสมของสารปรับปรุงคุณภาพของกาวไอโซไซยานเนต ซึ่งในหัวข้อที่แล้วเป็นการปรับปรุงคุณภาพของกาวผสมในระบบของกาวโดยตรง แต่ได้เปลี่ยนจากการผสมกับกาวโดยตรงเป็นการผสมกับชั้นหุ้มแผ่นก่อนด้วยกาวระบบน้ำ เพื่อให้ละอองของกาวไอโซไซยานเนตเกาะจับกับพื้นผิวของใบหุ้มแผ่นเสียก่อน เสมือนกับการทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้เกิด interfacial bonding ระหว่างพื้นผิวใบหุ้มแผ่นที่ไม่ชอบน้ำกับกาวที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ ผลการศึกษาพบว่า สามารถเพิ่มคุณภาพด้านความคงขนาดของแผ่นอัดที่ได้สูงขึ้นกว่า การไม่ใช้ กาว ไอโซไซยานเนต แต่ความแข็งแรงของแผ่นที่ได้ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องใช้ปริมาณกาว ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับการใช้สารปรับปรุงคุณภาพกาวไอโซไซยานเนต ผสมกับกาวยูเรีย -ฟอร์มัลดีไฮด์ ค่าเฉลี่ยสมบัติต่างๆ ของแผ่น อัดจากแผนการทดลองนี้รายงานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นขึ้นฝ้าก๊อด้จากการใช้ชั้นหุ้มฝ้าเคลือบด้วยกาวไอโซไซยานต 1% (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของชั้นหุ้ม) แล้วผสมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับต่ำตาม

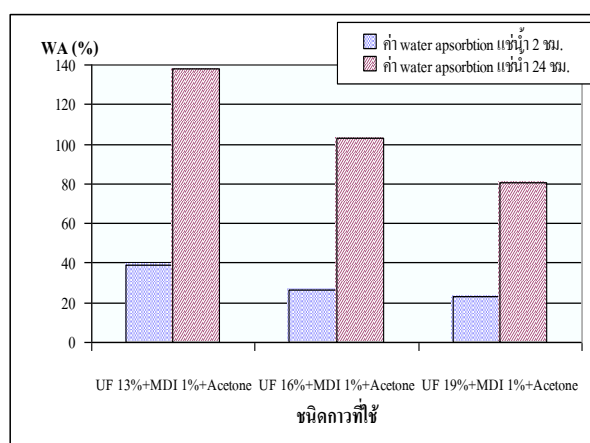
ชนิดและปริมาณกาวที่ใช้ (%)	ค่า TS (%)		ค่า WA (%)		ค่าที่ทดสอบ				
	แช่น้ำ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	แช่น้ำ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
เคลือบด้วย MDI 1%, ใช้กาว UF 13%	18.82 ก*	87.32 ก	39.15 ก	138.16ก	5.16 ก	1072.37 ก	0.044 ก	766 ก	7.42 ก
เคลือบด้วย MDI 1%, ใช้กาว UF 16%	11.50 ข	53.08 ข	26.56 ข	102.78 ข	5.34 ก	1144.56 กข	0.056 กข	774 ก	7.51 ก
เคลือบด้วย MDI 1%, ใช้กาว UF 19%	9.50 ข	38.35 ข	23.17 ข	80.31 ค	5.74 ก	1018.54 กค	0.079 ขค	774 ก	7.55 ก
UF 13%	116.15	146.37	150.56	170.73	5.93	828.84	0.033	812	7.35
JIS (18 type)	-	< 12	-	-	> 18	> 3000	> 0.3	400-900	5-13

* ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการ ทดสอบด้วยวิธี

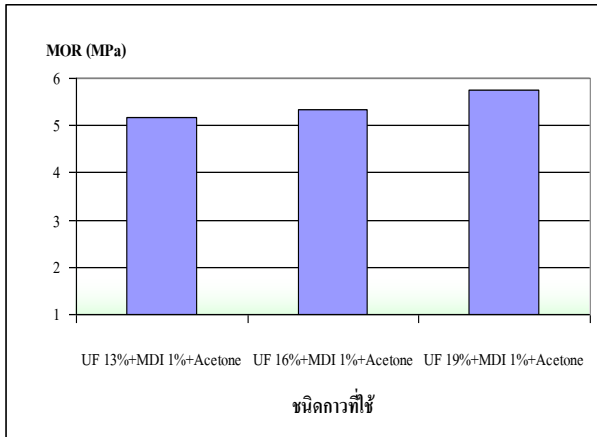
Least Significant Difference test



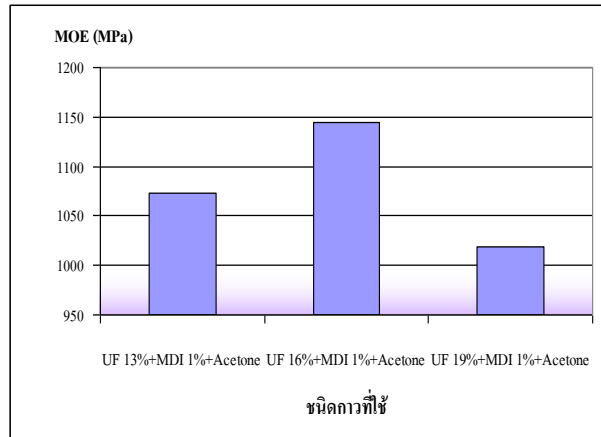
ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ย Thickness Swelling ของแผ่นขึ้นฝ้าก๊อด้ เมื่อใช้กาว UF 13% , 16% และ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1% + Acetone



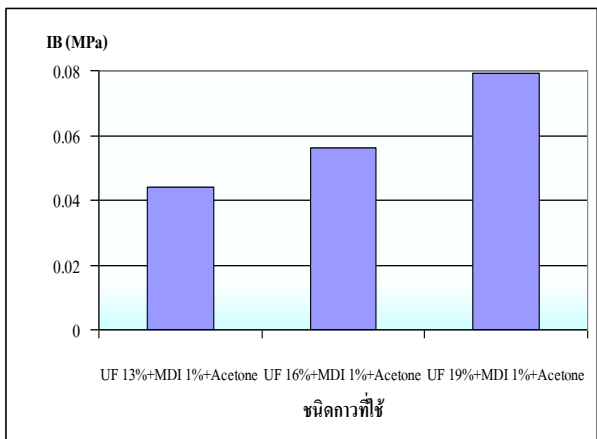
ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ย Water absorption ของแผ่นขึ้นฝ้าก๊อด้ เมื่อใช้กาว UF 13% , 16% และ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1% + Acetone



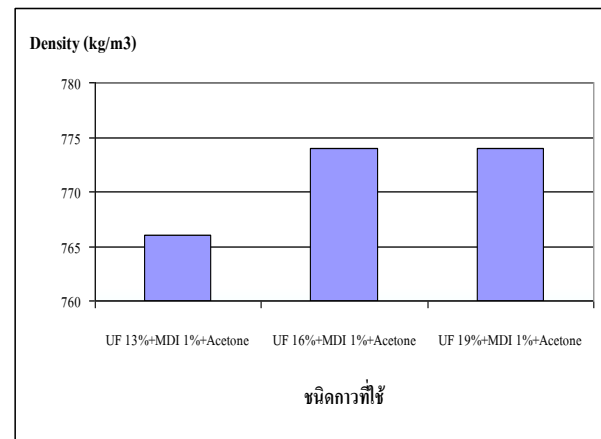
ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ย Modulus of Rupture ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัด เมื่อใช้กาว UF 13% , 16% และ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1% + Acetone



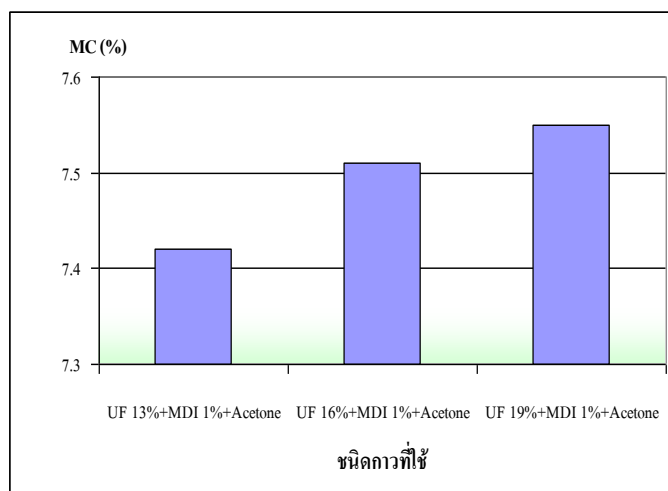
ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ย Modulus of Elasticity ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัด เมื่อใช้กาว UF 13% , 16% และ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1% + Acetone



ภาพที่ 11 ค่าเฉลี่ย Internal Bonding ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัด เมื่อใช้กาว UF 13% , 16% และ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1% + Acetone



ภาพที่ 12 ค่าเฉลี่ย Density ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัด เมื่อใช้กาว UF 13% , 16% และ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1% + Acetone



ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ย Moisture Content ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัด เมื่อใช้กาว UF 13% , 16% และ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1% + Acetone

ค่า Thickness Swelling และค่า Water absorption โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน ที่พ่นเคลือบก่อนด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกอัด มีค่า Thickness Swelling และค่า Water absorption โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาว ที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่าค่า Thickness Swelling และค่า Water absorption โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว UF 19% และมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับแผ่นขึ้นแฟกอัดที่ใช้กาว UF 16% สำหรับค่า Water absorption จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในการใช้กาวทุกระดับ

ค่า Modulus of Rupture เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกอัด มีค่า Modulus of Rupture แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่าค่า Modulus of Rupture จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว UF 13%

ค่า Modulus of Elasticity เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน ที่พ่นเคลือบก่อนด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกอัด มีค่า Modulus of Elasticity แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่าค่า Modulus of Elasticity จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว UF 19%

ค่า Internal Bonding เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน ที่พ่นเคลือบก่อนด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกอัดมีค่า Internal Bonding แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า ค่า Internal Bonding จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว UF 13% และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแผ่นขึ้นแฟกอัดที่ใช้กาว UF 19% แต่แผ่นที่ใช้กาว UF 16% มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับแผ่นที่ใช้กาว UF 13% และแผ่นที่ใช้กาว UF 19%

ค่า Density เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน หลังการพ่นเคลือบก่อนด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกอัด มีค่า Density แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า ค่า Density จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว UF 13%

ค่า Moisture content เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน หลังการพ่นเคลือบก่อนด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกอัด มีค่า Moisture content แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า ค่า Moisture content จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว UF 13%

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า การใช้กาวไอโซไซยานาตพ่นเคลือบไปบนผิวใบหุ้มแฟกก่อนพ่นตามด้วยกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ สามารถช่วยเพิ่มความคงขนาดของแผ่นหรือกล่าวได้ว่า ด้านทานน้ำได้ดีขึ้นแต่ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของแผ่นให้มีคุณภาพดีขึ้นแต่อย่างไร

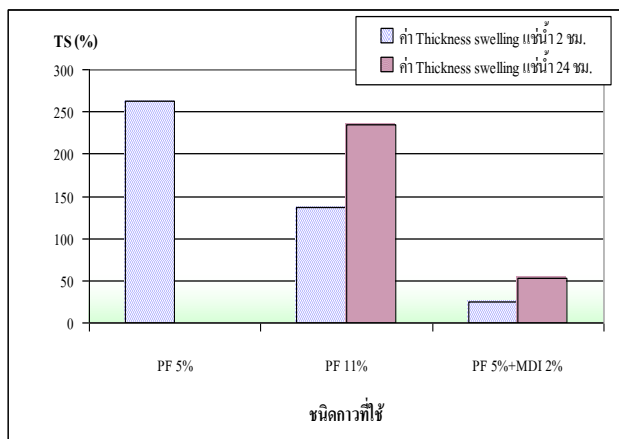
3.2.2 การใช้กาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์หลังเคลือบผิวใบหญ้าแฝก

การเคลือบด้วยละอองกาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์บนพื้นผิวใบหญ้าแฝกแล้วพ่นตามด้วยกาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ได้ดำเนินการทดลองโดยแสดงผลค่าเฉลี่ยสมบัติต่าง ๆ และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ผลที่ได้คล้ายคลึงกับการใช้กาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ในหัวข้อที่ผ่านมา ซึ่งให้คุณภาพของแผ่นด้อยกว่าการใช้กาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารปรับปรุงคุณภาพผสมในกาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

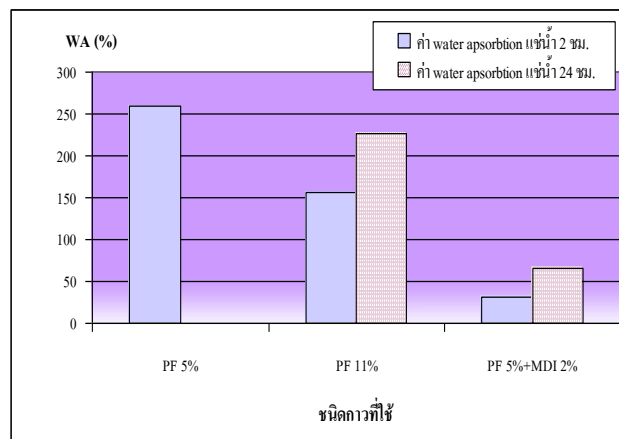
ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นขึ้นแฝกจากการใช้ขึ้นหญ้าแฝกเคลือบด้วยกาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 1% (โดยน้ำหนักเทียบ กับน้ำหนักแห้งของขึ้นหญ้าแฝก) แล้วผสมกับกาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 5% และ 11%

ชนิดและปริมาณกาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (%)	TS (%)		ค่า WA (%)		ค่าที่ทดสอบ				
	แช่น้ำ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	แช่น้ำ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
เคลือบด้วย MDI 1%, ใช้กาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 5%	263.43 ก*	**	260.08 ก	**	1.85 ก	807.08ก	0.017 ก	832 ก	7.55 ก
เคลือบด้วย MDI 1%, ใช้กาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 11%	136.71 ข	234.53	156.33 ข	226.82	4.68 ก	1535.15 ข	0.094 ข	827 ก	7.64 ก
กาผสม PF 5% + MDI 2%	25.50 ค	53.27	30.54 ค	65.06	17.54 ค	2765.18 ค	0.279 ค	858 ค	6.41 ค
PF 7%	85.21	111.82	110.34	129.61	7.36	1168.66	0.034	840	6.92
JIS (18 type)	-	< 12	-	-	> 18	> 3000	> 0.3	400-900	5-13

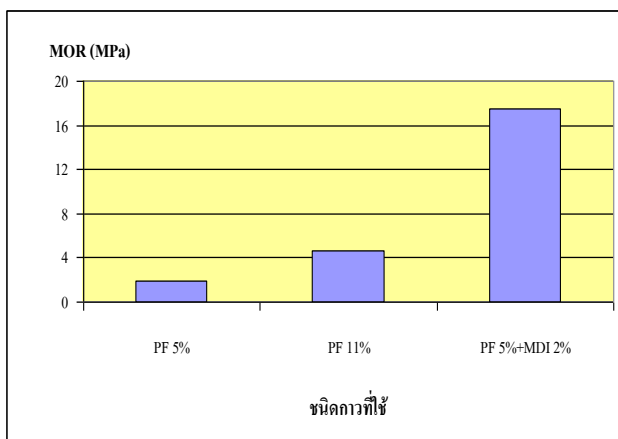
* ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดสอบด้วยวิธี Least Significant Difference test
 ** ไม่สามารถแสดงผลได้เนื่องจากไม่สามารถวัดค่าการทดลองที่ต้องการ ได้เพราะขึ้นทดสอบที่แช่น้ำเกิดการกระจายหลุดออกเป็นชั้นย่อยๆ



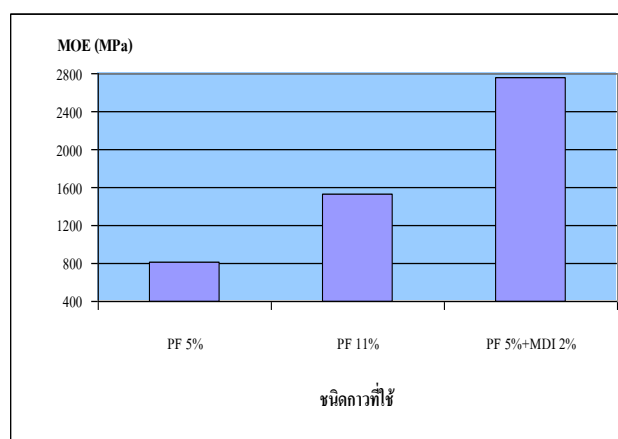
ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ย Thickness Swelling ของแผ่นขึ้นหญ้าแฝกอัด เมื่อใช้กาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 5% และ 11% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone กับกาผสม PF 5%+MDI 2%



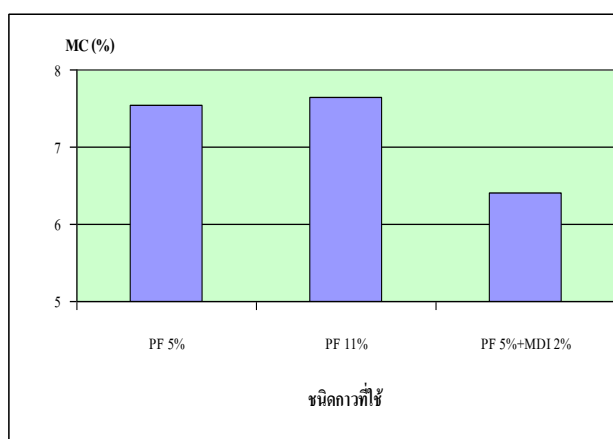
ภาพที่ 15 ค่าเฉลี่ย Water absorption ของแผ่นขึ้นหญ้าแฝกอัด เมื่อใช้กาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 5% และ 11% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone กับกาผสม PF 5%+MDI 2%



ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ย Modulus of Rupture ของแผ่นชิ้นหุ้มยาฝกอัด เมื่อใช้กาว PF 5% และ 11% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone กับกาวผสม PF 5%+MDI 2%



ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ย Modulus of Elasticity ของแผ่นชิ้นหุ้มยาฝกอัด เมื่อใช้กาว PF 5% และ 11% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone กับกาวผสม PF 5%+MDI 2%



ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ย Moisture Content ของแผ่นชิ้นหุ้มยาฝกอัดเมื่อใช้กาว PF 5% และ 11% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone กับกาวผสม PF 5%+MDI 2%

การวิเคราะห์ความผันแปรทางสถิติของค่า Thickness Swelling โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง เมื่อใช้กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน หลังการพ่นเคลือบด้วยกาวMDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นชิ้นฝกอัดมีค่า Thickness Swelling โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า ค่าThickness Swelling โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว PF 5% ผสมกับกาว MDI 2%

การวิเคราะห์ความผันแปรทางสถิติของค่า Water absorption โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นชิ้นฝกอัด มีค่า Water absorption โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อกาวที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า

ค่า Water absorption โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว PF 5% ผสมกับกาว MDI 2%

การวิเคราะห์ความผันแปรทางสถิติของค่า Modulus of Rupture เมื่อใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน ที่พ่นเคลือบก่อนด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์ที่ระดับกาว PF 5% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน กับ กาว PF5%+MDI 2% , กาว PF 11% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน กับ กาว PF5%+MDI 2% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า ค่า Modulus of Rupture จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว PF 5% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน

การวิเคราะห์ความผันแปรทางสถิติของค่า Modulus of Elasticity เมื่อใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์ที่ใช้กาวทุกระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า ค่า Modulus of Elasticity จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว PF 5% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน

การวิเคราะห์ความผันแปรทางสถิติของค่า Internal Bonding เมื่อใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์ที่ใช้กาวทุกระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า ค่า Internal Bonding จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว PF 5% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน

การวิเคราะห์ความผันแปรทางสถิติของค่า Density เมื่อใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์ที่ระดับกาว PF 5% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน กับ กาว PF5%+MDI 2% กาว PF 11% หลังเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน กับ กาว PF5%+MDI 2% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า ค่า Density จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว PF 11% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน

การวิเคราะห์ความผันแปรทางสถิติของค่า Moisture Content เมื่อใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่างๆ กัน หลังการพ่นเคลือบด้วยกาว MDI 1% และอะซีโตน พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์ที่ระดับกาว PF 5% หลังผ่านการเคลือบ กับ กาว PF5%+MDI 2% กาว PF 11% หลังผ่านการเคลือบ กับ กาว PF5%+MDI 2% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาวที่ใช้โดยวิธี Least Significant Different test (LSD) พบว่า ค่า Moisture Content จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้กาว PF 5% ผสมกับกาว MDI 2%

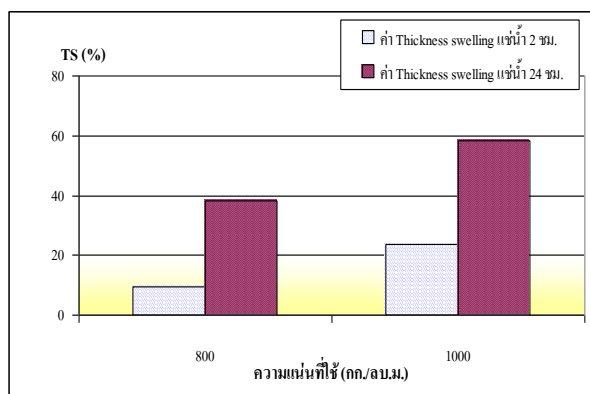
3.3 ผลของการเพิ่มความแน่นของแผ่นจากใบหญ้าแฝกที่เคลือบผิว

พบว่า การเคลือบผิวด้วยกาวไอโซไซยานเตแล้วพ่นตามด้วยกาวยูเรีย -พอร์มัลดีไฮด์ ที่ระดับปริมาณกาวต่าง ๆ กัน มีอิทธิพลที่ช่วยให้ความคงขนาดของแผ่นเพิ่มขึ้น แต่ความแข็งแรงของแผ่นไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ หัวข้อนี้จึงได้ทดลองศึกษาการเพิ่มความแน่นของแผ่นอัดให้สูงขึ้น เพื่อประเมินคุณภาพที่ได้จากอิทธิพลของการเพิ่มความแน่นแผ่น รายละเอียดค่าเฉลี่ยสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นที่ความแน่นต่างกัน ได้ โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

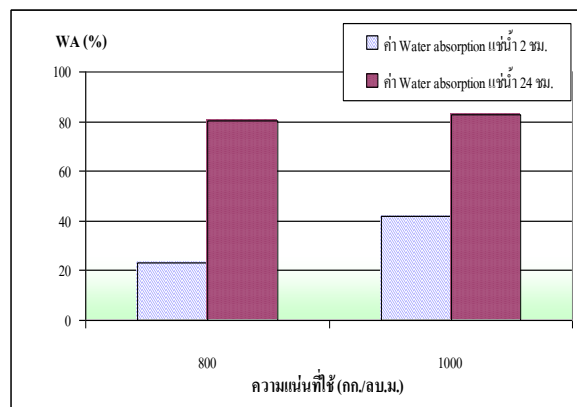
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นขึ้นหญ้า แฝกอัดที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก/ลบ.ม. จากการใช้ขึ้นหญ้าแฝกเคลือบผิวด้วยกาวไอโซไซยานเต 1% (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของขึ้นหญ้าแฝก) แล้วผสมกาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ 19%

ความแน่นที่ใช้ (กก/ลบ.ม.)	ค่า TS (%)		ค่า WA (%)		ค่าทดสอบ				
	แช่น้ำ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	แช่น้ำ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำ 24 ชั่วโมง	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
	800	9.50 ก*	38.35 ก	23.17 ก	80.31 ก	5.74 ก	1018.54 ก	0.079 ก	774 ก
1000	23.56 ข	58.21 ข	41.97 ข	82.53 ก	5.93 ก	1458.56 ข	0.094 ก	961 ข	7.61 ก
JIS (18 type)	-	< 12	-	-	> 18	> 3000	> 0.3	400-900	5-13

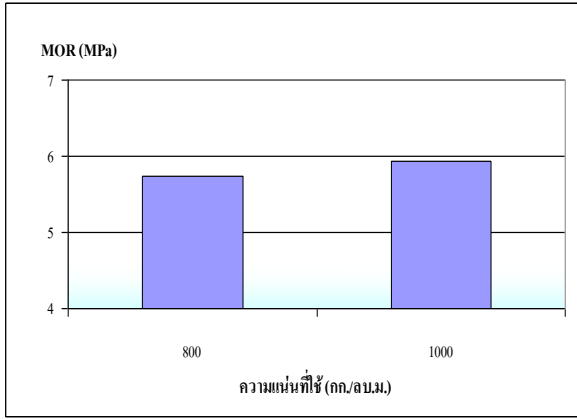
* ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดสอบด้วย T test



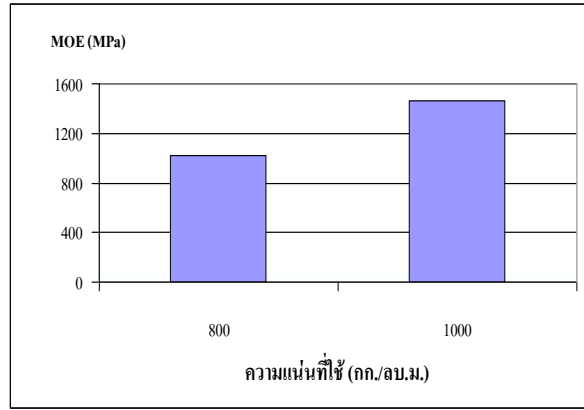
ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ย Thickness Swelling ของแผ่นขึ้นหญ้าแฝกอัดที่ใช้กาว UF 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone ที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม.



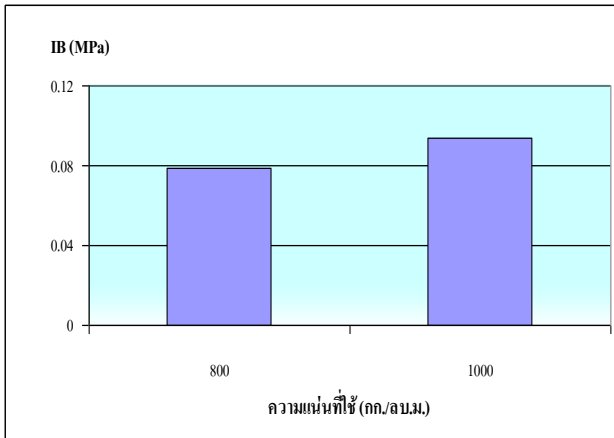
ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ย Water Swelling ของแผ่นขึ้นหญ้าแฝกอัดที่ใช้กาว UF 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone ที่ระดับความแน่น 800 และ 1000



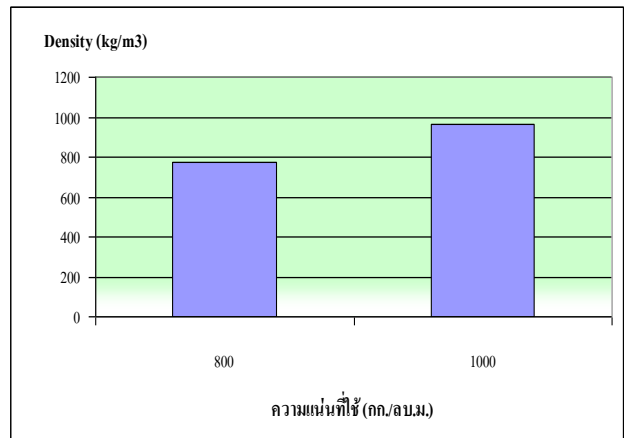
ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ย Modulus of Rupture ของแผ่นฉันทู้อัดที่ใช้กา
UF 19 % หลังการพันเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone ที่ระดับ
ความแน่น 800 และ 1000



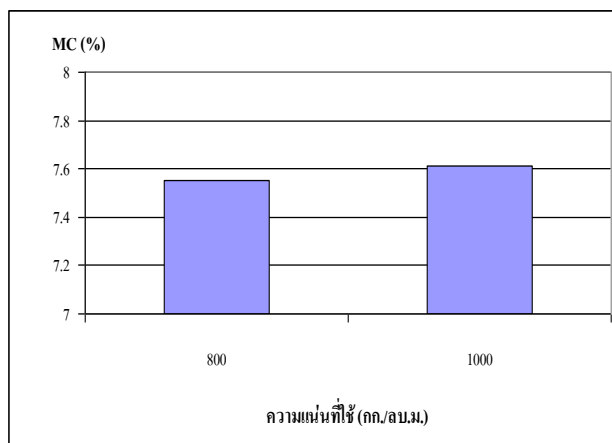
ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ย Modulus of Elasticity ของแผ่นฉันทู้อัดที่ใช้กา
UF 19 % หลังการพันเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone ที่ระดับ
ความแน่น 800 และ 1000



ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ย Internal Bonding ของแผ่นฉันทู้อัดที่ใช้กา
UF 19 % หลังการพันเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone ที่ระดับ



ภาพที่ 26 ค่าเฉลี่ย Density ของแผ่นฉันทู้อัดที่ใช้กา
UF 19 % หลังการพันเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone ที่ระดับ
ความแน่น 800 และ 1000



ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ย Moisture Content ของแผ่นฉันทู้อัดที่ใช้กา
UF 19 % หลังการพันเคลือบด้วย MDI 1%+Acetone ที่ระดับ
ความแน่น 800 และ 1000

ค่า Thickness Swelling เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงเมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วย MDI 1% และอะซีโตน ที่ระดับความแน่นที่ 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อความแน่น ที่ใช้ ส่วนค่า Thickness Swelling เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อความแน่น ที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาที่ใช้โดยวิธี t-test พบว่า ค่า Thickness Swelling โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ระดับความแน่น 800 กก./ลบ.ม.

ค่า Water absorption เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาวยูเรีย MDI 1% และอะซีโตน ที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์อัดที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนค่า Water absorption เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญต่อความแน่นที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบตามระดับกาที่ใช้โดยวิธี t-test พบว่า ค่า Thickness Swelling โดยแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ระดับความแน่น 800 กก./ลบ.ม.

ค่า Modulus of Rupture เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาวยูเรีย MDI 1% และอะซีโตน ที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์อัดที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี t-test พบว่า ค่า Modulus of Rupture จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ระดับความแน่น 800 กก./ลบ.ม.

ค่า Modulus of Elasticity เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาวยูเรีย MDI 1% และอะซีโตน ที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์อัดที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี t-test พบว่า ค่า Modulus of Elasticity จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ระดับความแน่น 800 กก./ลบ.ม.

ค่า Internal Bonding เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาวยูเรีย MDI 1% และอะซีโตน ที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์อัดที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี t-test พบว่า ค่า Internal Bonding จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ระดับความแน่น 800 กก./ลบ.ม.

ค่า Density เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาวยูเรีย MDI 1% และอะซีโตน ที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์อัดที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ค่า Moisture Content เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 19% หลังการพ่นเคลือบด้วยกาวยูเรีย MDI 1% และ อะซีโตน ที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. พบว่า แผ่นขึ้นแฟกซ์อัดที่ระดับความแน่น 800 และ 1000 กก./ลบ.ม. มีความแตกต่างกันอย่างไม่มี นัยสำคัญ ทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี t-test พบว่า ค่า Moisture Content จะมีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ระดับความแน่น 800 กก./ลบ.ม.

ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความแน่นของแผ่นให้สูงขึ้นจากประมาณ 800 กก/ลบ.ม. เป็น 1000 กก/ลบ.ม. ไม่ได้มีผลให้ความแข็งแรงของแผ่นอัดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลับทำให้ความคงขนาดของแผ่นด้อยลง จากเหตุผลที่การเพิ่มความแน่นของแผ่นจะทำให้การขยายตัวและการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

3.4 ผลของการปรับปรุงพื้นผิวของใบหุ้มแผ่นด้วยวิธีการนึ่งด้วยแรงดันไอน้ำสูง

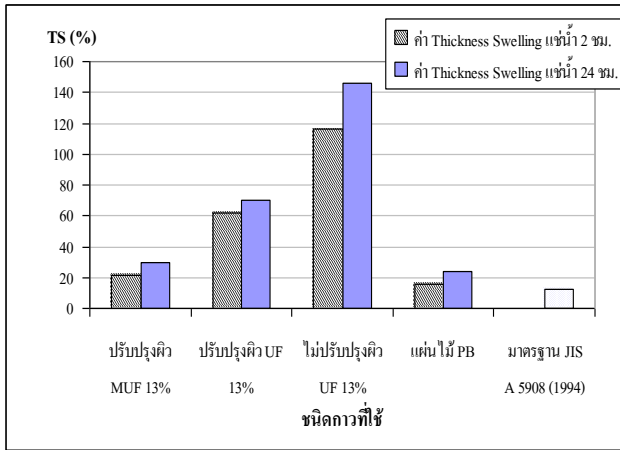
ผลการศึกษาการปรับผิวต่อคุณลักษณะด้านมุมสัมผัส ทั้ง 3 วิธีการปรับผิว จึงน่าจะเป็นไปได้ในการปรับผิวหุ้มแผ่นก่อนการผสมกับกาวที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ อย่างไรก็ตามพบว่าเบื้องต้นแนวทางการปรับผิวด้วยการนึ่งด้วยแรงดันไอน้ำสูงเพื่อลดปริมาณไขมันที่ผิวหุ้มแผ่น จึงได้วางแผนการศึกษาทดลองผลิตแผ่นอัดโดยใช้ชั้นหุ้มแผ่นที่ผ่านการปรับผิวด้วยการนึ่งในสภาวะแรงดันไอน้ำสูงที่ 10 กก/ตร.ซม. เป็นเวลา 1 นาที ด้วยกาวยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์และกาวเมลามีนยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ในปริมาณ 13% (น้ำหนักแห้งเทียบกับชั้นแผ่นแห้ง) เปรียบเทียบกับแผ่นอัดที่ใช้ชั้นหุ้มแผ่นไม่ผ่านการปรับผิว ผลการประเมินคุณภาพตามวิธีการทดสอบของมาตรฐาน JIS 5908-1994 ได้ค่าทดสอบเฉลี่ยของสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นที่ได้วางแผนการผลิตดังกล่าวข้างต้นและนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ 12 ค่าทดสอบเฉลี่ยของสมบัติต่างๆ ของแผ่นชั้นอัดจากชั้นหุ้มแผ่นที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับชั้นแผ่นที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว โดยใช้กาว UF 13% และ MUF 13%

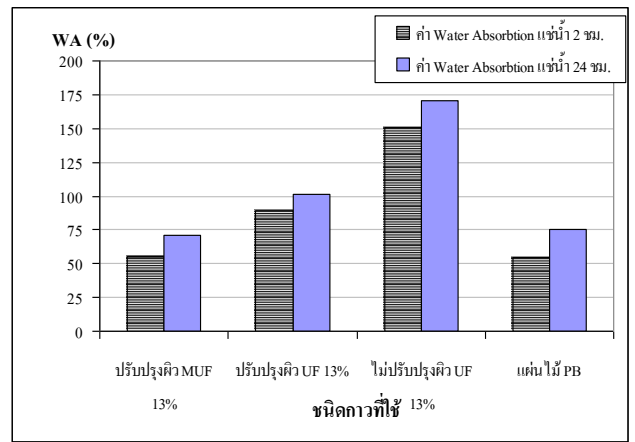
ชนิดและปริมาณกาวที่ใช้ (%)	ค่า TS (%)		ค่า WA (%)		ค่าที่ทดสอบ				
	ชั้นน้ำ 2 ชั่วโมง	ชั้นน้ำ 24 ชั่วโมง	ชั้นน้ำ 2 ชั่วโมง	ชั้นน้ำ 24 ชั่วโมง	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
ปรับปรุงผิว MUF 13%	21.14 ก*	29.31 ก	55.04 ก	71.19 ก	26.53 ก	2875.6 ก	0.95 ก	820 ก	7.21 ก
ปรับปรุงผิว UF 13%	61.65 ข	69.86 ข	89.27 ข	101.00 ข	28.68 ก	31367 ก	0.22 ข	869 ข	6.71 ข
ไม่ปรับปรุงผิว UF 13%	116.15 ค	14637 ค	15056 ค	170.73 ค	5.93 ค	82884 ค	0.03 ค	812 ก	7.35 ก
แผ่นไม้ PB ทางการค้า	15.90	24.30	54.90	75.30	14.72	2824.43	0.37	729	8.05
JIS (18 type)	-	< 12	-	-	> 18	> 3000	> 0.3	400-900	5-13

* ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการ ทดสอบด้วยวิธี

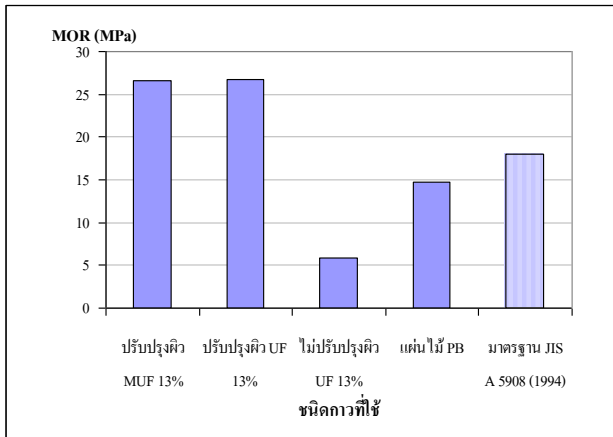
Least Significant Difference test



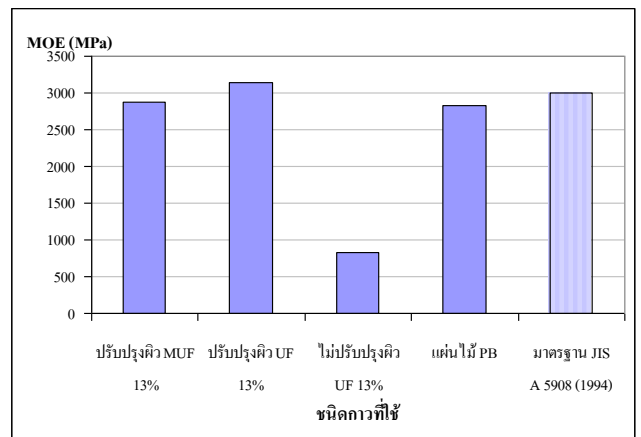
ภาพที่ 28 ค่าเฉลี่ย Thickness Swelling ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัดจากชั้นหญ้าแฝกที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับชั้นแฝกที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว โดยใช้กาวยาซี UF 13% และ MUF 13%



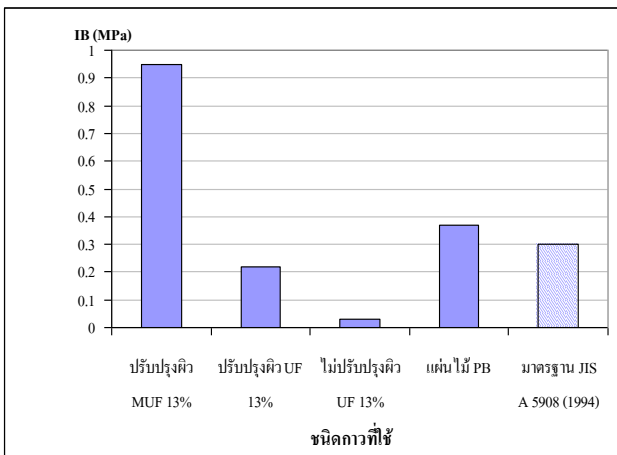
ภาพที่ 29 ค่าเฉลี่ย Water Absorption ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัดจากชั้นหญ้าแฝกที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับชั้นแฝกที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว โดยใช้กาวยาซี UF 13% และ MUF 13%



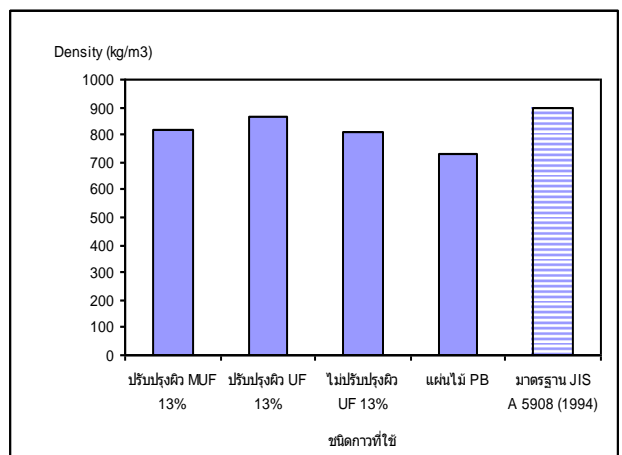
ภาพที่ 30 ค่าเฉลี่ย Modulus of Rupture ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัดจากชั้นหญ้าแฝกที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับชั้นแฝกที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว โดยใช้กาวยาซี UF 13% และ MUF 13%



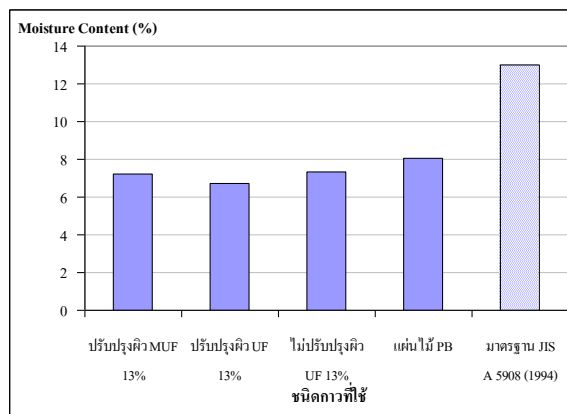
ภาพที่ 31 ค่าเฉลี่ย Modulus of Elasticity ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัดจากชั้นหญ้าแฝกที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับชั้นแฝกที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว โดยใช้กาวยาซี UF 13% และ MUF 13%



ภาพที่ 32 ค่าเฉลี่ย Internal Bonding ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัดจากชั้นหญ้าแฝกที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับชั้นแฝกที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว โดยใช้กาวยาซี UF 13% และ MUF 13%



ภาพที่ 33 ค่าเฉลี่ย Density ของแผ่นชั้นหญ้าแฝกอัดจากชั้นหญ้าแฝกที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับชั้นแฝกที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว โดยใช้กาวยาซี UF 13% และ MUF 13%



ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ย Moisture Content ของแผ่นชั้นหุ้มแผ่นอัดจากชั้นหุ้มแผ่นที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 นาที เปรียบเทียบกับชั้นแผ่นที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงผิว โดยใช้กาว UF 13% และ MUF 13%

สมบัติด้านการพองตัวทางความหนา เมื่อแช่น้ำ (thickness swelling, TS) 2 และ 24 ชั่วโมงของแผ่นอัด เมื่อใช้กาวยูเรีย - พอร์มัลดีไฮด์ (UF) กับเมลามีนยูเรีย-พอร์มัลดีไฮด์ (MUF) ทั้งชั้นหุ้มแผ่นปรับปรุงผิวและไม่ปรับปรุงผิว ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการพองตัวทางความหนาโดยวิธี LSD พบว่าทั้ง 3 ระดับ การใช้กาวและการปรับปรุงผิวมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทั้ง 3 สภาวะทดลองอย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นที่ใช้ชั้นหุ้มแผ่นปรับปรุงผิวและใช้กาว MUF 13% ให้ค่าเฉลี่ย TS ทั้ง 2 และ 24 ชั่วโมง ต่ำที่สุด (ดีที่สุด) เท่ากับ 21.14% และ 29.31% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาว UF 13% เดียวกันของการใช้ชั้นหุ้มแผ่นปรับปรุงผิวและไม่ปรับปรุงผิวในการผลิตแผ่นอัด จะพบว่าค่าเฉลี่ยของ TS ทั้ง 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของแผ่นที่ผลิตจากชั้นหุ้มแผ่นปรับปรุงผิวด้วยไอน้ำดีกว่าชั้นแผ่นไม่ปรับปรุงผิวมากเป็น 2 เท่า

ผลของสมบัติด้านการดูดซึมน้ำ (water absorption, WA) ทั้ง 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง คล้ายคลึงกับ TS ที่สมบัติ WA ของแผ่นอัดที่ผลิตจากชั้นหุ้มแผ่นปรับปรุงผิวดีกว่า (ดูดซึมน้ำน้อยกว่า) แผ่นอัดที่ผลิตจากชั้นแผ่นไม่ปรับปรุงผิว และการใช้กาว MUF ให้ผลดีที่สุด

ผลของสมบัติด้านความต้านแรงดัด (modulus of rupture, MOR) ของแผ่นชั้นหุ้มแผ่นอัดที่ใช้ชั้นหุ้มแผ่นปรับปรุงผิว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งการใช้กาว UF 13% และ MUF 13% กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ย MOR ที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 28.68 MPa และ 26.53 MPa ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าแผ่นชั้นหุ้มแผ่นอัดจากชั้นแผ่นไม่ปรับปรุงผิวถึง 5 เท่าตัว

ด้านสมบัติความแข็งดึงหรือมอดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity, MOE) ให้ลักษณะการเปรียบเทียบเช่นเดียวกับผลของ MOR กล่าวคือ ค่าเฉลี่ย MOE ของแผ่นชั้นอัดที่ใช้ชั้นหุ้มแผ่นผ่านการปรับปรุงผิวและใช้กาว UF หรือ MUF ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี LSD

ผลการศึกษาและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแน่นของแผ่น (board density) โดยวิธี LSD พบว่าแผ่นที่ผลิตได้มีความแน่นเฉลี่ยที่แตกต่างกันทางสถิติเฉพาะสภาวะแผ่น ที่ผลิตจากการใช้กาวต่างชนิดกัน

(UF และ MUF) สภาวะจากการใช้ชั้นแผ่นปรับผิวหรือไม่ปรับผิว ให้ค่าเฉลี่ยความแน่นของแผ่นที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากผลการศึกษาเป็นแท่งแผ่นภูมิและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของแผ่น (board moisture content) โดยวิธี LSD พบว่า ความชื้นของแผ่นทั้ง 3 สภาวะทดลองแม้จะให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็แตกต่างกันเฉพาะสาเหตุของการใช้กาวต่างชนิดกันเท่านั้น หากเป็นสภาวะการใช้ชั้นแผ่นที่ปรับผิวหรือไม่ปรับผิวกลับไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการศึกษาตามแผนการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าแผ่นชั้นแผ่นอัดที่ใช้ ชั้นแผ่นปรับผิวด้วยแรงดันไอน้ำสูง ให้คุณภาพของแผ่นที่ผลิตได้ดีกว่าแผ่นที่ใช้ชั้นแผ่นไม่ปรับผิวอย่างมาก ทั้งการใช้กาว UF และ MUF ในทุกสมบัติความคงขนาดและสมบัติความแข็งแรง เมื่อเทียบกันระหว่างคุณภาพของการใช้กาว UF และ MUF พบว่า แผ่นที่ใช้กาว MUF จะมีคุณภาพด้านความคงขนาดดีกว่าและความแข็งแรงสูงกว่า โดยเฉพาะสมบัติด้านความแข็งแรงของแผ่นทั้งค่าความต้านแรงดัดและแรงยึดเหนี่ยวภายในที่สูงกว่าถึง 2 เท่าตัว แม้ว่าความแน่นของแผ่นจะสูงกว่าแผ่นทางการค้า

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดของมาตรฐาน JIS 5908-1994 : Particleboards พบว่า แม้คุณภาพของแผ่นชั้นไม่อัดทางการค้าจะไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดด้าน MOR แต่แผ่นชั้นแผ่นอัดที่ผ่านการปรับผิวชั้นแผ่นสามารถผ่านเกณฑ์กำหนดด้าน MOR ของมาตรฐานอย่างมากถึงเกือบ 2 เท่า ทั้งการใช้กาว UF 13% และ MUF 13% ส่วนค่า IB พบว่าแผ่นชั้นแผ่นอัดจากการใช้กาว MUF 13% และผ่านการปรับผิวชั้นแผ่นแล้วจะให้ค่า IB เฉลี่ยที่สูงกว่ามาตรฐานกำหนดมาก

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาคุณสมบัติหน้าแผ่นคอนกรีตที่ยังไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวมีสัดส่วนความพรุน 60.30-66.78 เป็นส่วนใหญ่ในปริมาณมากถึง 83.61% มีค่า pH เท่ากับ 6.37 และการฟ่อนความเป็นกรดมีค่าเฉลี่ยสมมูล (milliequivalent $\times 10^{-2}$) เท่ากับ 168.59 พื้นผิวใบหญ้าแผ่นมีมุมสัมผัสเฉลี่ยของหยดน้ำ (wetting-contact angle) ทั้งด้านนอก (บน) และด้านใน (ล่าง) เท่ากับ 155 องศาและ 126 องศา ตามลำดับ

สำหรับใบหญ้าแผ่นคอนกรีตที่ผ่านการปรับผิวด้วยการนึ่งแรงดันไอน้ำสูง 10 กก/ซม² เป็นเวลา 1 นาที มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.86 และค่าการฟ่อนความเป็นกรดที่สมมูลเฉลี่ยเท่ากับ 77.93 และมีมุมสัมผัสของหยดน้ำเท่ากับ 60-61 องศา แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงพื้นผิว โดยวิธีการนึ่งด้วยแรงดันไอน้ำสูง เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดองศาของมุมสัมผัสหยดน้ำได้ เทียบเท่ากับมุมสัมผัสทั่วไปของพื้นผิวไม้ธรรมชาติหลายชนิด แม้ว่าค่า pH ของใบหญ้าแผ่นปรับผิวนี้มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับใบหญ้าแผ่นที่ไม่ปรับผิว แต่ความสามารถในการฟ่อนความเป็นกรดกลับดีขึ้น ค่าสมมูลเฉลี่ยลดลงจาก 168.59 เหลือเพียง 77.93 เท่านั้น ซึ่งเป็นค่าที่มีความสำคัญต่อการใช้กาวในประเทศตระกูลอะมิโนกรุปได้

แนวทางอื่นที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวของใบหญ้าแผ่นให้เกิดความชอบน้ำมากขึ้น (หรือการเพิ่มพลังงานพื้นผิวของใบหญ้าแผ่นให้สูงกว่าพลังงานผิวของน้ำ) ได้แก่ การปรับปรุงพื้นผิวด้วยพลาสมา

(plasma treatment) และการเคลือบผิวด้วยสารสกัดของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew-nut shell liquid) ผลการปรับปรุงพื้นผิวทั้ง 2 วิธี สามารถลดองศาหมุ่สัมผัสของหยดน้ำได้เป็นอย่างดี โดยผลการปรับผิวด้วยพลาสมาให้ค่ามุมสัมผัสที่ต่ำสุดเหลือไม่เกิน 10 องศา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ระดับกำลังของพลาสมาและระยะเวลาในการปรับผิว ส่วนการเคลือบด้วยสารสกัดเม็ดมะม่วงหิมพานต์ก็ให้ค่ามุมสัมผัสเหลือเพียง 16-25 องศา แต่สมบัติของพื้นผิวที่ผ่านการปรับด้วยพลาสมาไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่ปล่อยทิ้งไว้ในบรรยากาศ อย่างไรก็ตามนับเป็นหนทางที่มีความเป็นไปได้อีกทั้ง 2 แนวทาง ที่จะช่วยทำให้เกิดการยึดติดของใบหญ้าแฝกกับกาวระบบน้ำให้เพิ่มสูงขึ้นได้

กาวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ นอกจากกาวไอโซไซยานาตจาก บริษัท ฮันท์แมน (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นกาวนำเข้าจากต่างประเทศและมี ราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 80 บาทแล้ว กาวชนิดอื่นที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีน-ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นกาวที่ผลิตในประเทศทั้งสิ้น นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแผ่นชั้นไม้อัด (Particleboard) แผ่นใยไม้อัด ความแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard, MDF) และแผ่นไม้อัด (Plywood) ภายในประเทศมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 50 ปี โดยในปัจจุบันราคาของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีราคาเฉลี่ย 15 บาทต่อกิโลกรัม และกาวเมลามีน-ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีราคาเฉลี่ย 28 บาทต่อกิโลกรัม ใกล้เคียงกับกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งมีราคาเฉลี่ย 30-32 บาทต่อกิโลกรัม

ผลการศึกษาการพัฒนาใช้กาวที่มีผลิตในประเทศ สามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. แผ่นชั้นแฝกอัดที่ใช้ชั้นใบหญ้าแฝกไม่ผ่านการปรับปรุงผิว เมื่อใช้กาวในประเทศชนิดกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 13% และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 7% (โดยน้ำหนักแห้งเทียบกับน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝก) ให้คุณภาพที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดและของแผ่นชั้นไม้อัดทางการค้ามาก ทั้งสมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ที่สูงถึง 112-146% (มาตรฐานกำหนดไม่เกิน 12%) สมบัติความต้านทานแรงดัด (MOR) เท่ากับ 6-7 MPa (มาตรฐานกำหนดไม่ต่ำกว่า 18 MPa) และสมบัติแรงยึดเหนี่ยวภายใน (IB) เท่ากับ 0.03 MPa (มาตรฐานกำหนดไม่ต่ำกว่า 0.3 MPa) แสดงให้เห็นว่ากาวในประเทศประเภทกาวที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ (water based adhesive) ไม่เหมาะสมต่อการยึดติดกับพื้นผิวใบหญ้าแฝก ซึ่งมีใบเคลือบอยู่

2. การใช้สารปรับปรุงคุณภาพกาวชนิดกาวไอโซไซยานาตเพื่อปรับปรุงระบบของกาวน้ำในประเทศด้วยปริมาณ 2% (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักของกาวเหลว) สามารถเพิ่มคุณภาพของแผ่นชั้นแฝกอัดทั่วไปได้ แต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดมาตรฐานของ JIS A 5908-1994 : Particleboard หากเพิ่มปริมาณของกาวปรับปรุงคุณภาพของกาวน้ำย่อมไม่เหมาะสมและขัดแย้งกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3. การทดลองปรับพื้นผิวด้วยการพ่น ละอองของกาวไอโซไซยานาตในปริมาณ 1% (โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝก) ด้วยการผสมสารอะซิโตนให้เจือจางและมีปริมาณมากพอต่อการเคลือบผิวหญ้าแฝก แล้วจึงผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ในระดับ ปริมาณต่าง ๆ กัน

พบว่า แม้การเพิ่มปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ให้สูงขึ้นกว่าเดิมถึง 19% ยังคงไม่ช่วยให้คุณภาพทางความแข็งแรงของแผ่นแผลกอัดที่เคลือบผิวดีขึ้นแต่อย่างไร อย่างไรก็ตามกลับเป็นการช่วยให้ความคงขนาดของแผ่นดีขึ้นกว่า เมื่อเทียบกับแผ่นอัดที่ใช้หญ้าแผลกไม่เคลือบ

4. การเพิ่มความแน่นของแผ่นแผลกอัดที่ใช้หญ้าแผลกเคลือบด้วยละอองกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 19% ก็ยังไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพของแผ่นให้ดีขึ้นได้ แต่กลับทำให้สมบัติความคงขนาดของแผ่นเมื่อแช่น้ำสูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความแน่นของแผ่น

5. ผลการปรับปรุงพื้นผิวของใบหญ้าแผลกด้วยการนึ่งในสภาวะแรงดันไอน้ำสูงที่ระดับ 10 กก./ลบ.ซม. เป็นเวลา 1 นาที มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ร่วมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในประเภทประเภทที่มีน้ำและฟอร์มัลดีไฮด์เป็นองค์ประกอบ กล่าวคือ ในระดับการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เท่ากัน แผ่นที่ใช้หญ้าแผลกปรับผิวไอน้ำดีกว่าแผ่นอัดที่ใช้หญ้าแผลกไม่ปรับผิวอย่างมากมาย โดยเฉพาะเมื่อเพิ่มคุณภาพด้วยการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ จะช่วยให้คุณภาพของแผ่นอัดที่ใช้หญ้าแผลกปรับผิวไอน้ำดีขึ้นกว่าแผ่นชั้นไม้อัดทางการค้า และมาตรฐานกำหนด ยกเว้นด้านสมบัติความคงขนาดของแผ่นที่จะต้องปรับปรุงให้ดีขึ้น ซึ่งสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ในหลาย ๆ แนวทางผสมผสานกัน ได้แก่

5.1 การลดความแน่นของแผ่นลงให้อยู่ในระดับที่ความแข็งแรงของแผ่นสามารถผ่านหรือเทียบเท่าเกณฑ์กำหนดของมาตรฐาน (18 MPa) ซึ่งก็จะช่วยลดปริมาณการพองตัวทางความหนาของแผ่นได้จากการลดความแน่น

5.2 การใช้สารเคลือบผิวกันซึมชนิดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เช่น พาราฟินอิมัลชันพ่นเคลือบหรือผสมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์กับชั้นหญ้าแผลกปรับผิวไอน้ำ เพื่อเพิ่มความคงขนาดให้มากขึ้น แต่อาจทำให้ความแข็งแรงลดลงได้เล็กน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณการผสมของพาราฟินอิมัลชัน

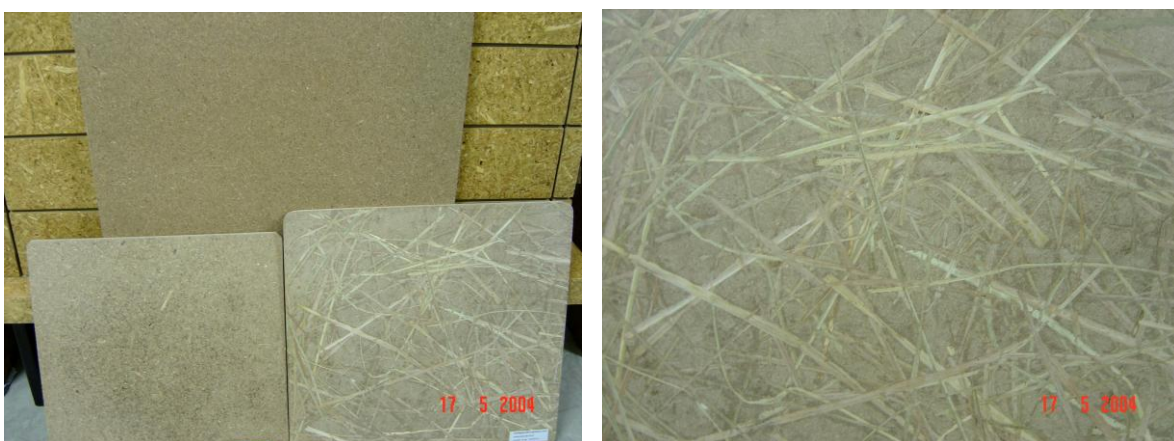
5.3 การปรับการกระจายความแน่นของแผ่นทางความหนา (Thickness density profile) ให้มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ หรือมีลักษณะระฆังหงายให้น้อยที่สุด

5.4 การลดความหนาของชั้นหญ้าแผลก ปรับปรุงผิวลงกว่าที่ใช้จะช่วยให้ความคงขนาดทางความหนาดีขึ้น

5.5 การปรับปรุงพื้นผิวใบหญ้าแผลก เช่นการปรับปรุงด้วยพลาสมาและการเคลือบด้วยสารสกัดจากเม็ดมะม่วงหิมพานต์ เป็นอีกแนวทางที่เป็นไปได้และน่าสนใจ



ภาพที่ 35 ลักษณะของจีนหญ้าแฝกไม่ผ่านการปรับปรุงผิว (ซ้าย)
ลักษณะของจีนหญ้าแฝกที่ผ่านแรงดันไอน้ำสูง (ขวา)



ภาพที่ 36 เป็นแผ่นจีนแฝกอัดที่ยังไม่ได้
ปรับปรุงผิว (กลางบน) ผ่านการปรับปรุง
ด้วยไอน้ำ (ซ้ายขวาล่าง)

ภาพที่ 37 ลักษณะพื้นผิวของแผ่นแฝกอัดจาก
จีนแฝกปรับปรุงผิวด้วยแรงดันไอน้ำสูง

เอกสารอ้างอิง

วรรณม อุ้นจิตติชัย และ จรัล ทองสถิตย์. 2538. พฤติกรรมของการติดคืบและหลุดร่วงทางความหนาของแผ่นในการผลิตแผ่นใยไม้อัดฉนวนจากชานอ้อย . เอกสารการวิจัย เลขที่ ร .440. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ , สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 85 หน้า.

วรรณม อุ้นจิตติชัย, สัจญญา โชคดีพาณิช และ พัฒนี เฉชาวิจิตร . 2539. การผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟจากวัชพืช : ต้นหญ้าสลาบลวง. เอกสารการวิจัย เลขที่ ร .454. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ , สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 24 หน้า

วรรณม อุ้นจิตติชัย, วัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์, หัสณีย์ แคะนาค, ปิยะวดี บัวจงกล และ รัชนิวรรณ การค้า . 2539. การผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้จริงจากไม้มะเกลือขนาดเล็ก : แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดและแผ่นเอ็ม

- ดีเอฟ. เอกสารการวิจัย เลขที่ ร.478. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 55 หน้า.
- วรรณม อุจน์จิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นชิ้นไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. เอกสารวิชาการเลขที่ ร.514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 202 หน้า.
- วรรณม อุจน์จิตติชัย, ทรงกลด จารุสมบัติ, จรัส ช้วยนะ และ พรพิมล อมรโชติ . 2544. การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ . หน้า 67-76. ใน การสัมมนา เรื่องแฝกกับปลวก วันที่ 3 พฤษภาคม 2544 ณ โรงแรมมารวยการ์เด็น , กรุงเทพฯ. จัดโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ.
- Albrecht, J.W. 1968. The Use of Wax Emulsion in Particleboard Production. Proceedings of the Washington State University Particleboard Symposium, No.2. Pullman, Washington : WSU.
- Billmeyer, F.W. 1984. Textbook of Polymer Science. John Wiley & Sons, Inc. Singapore. pp.436-442.
- Chow, P.1976. Properties of medium-Density, Dry Formed Fiberboard From Seven Hardwood Residues and Bark. Forest Products Journal, Vol.26, No.5. pp.48-55.
- Heebink, B.G. 1967. Wax in Particleboard. Proceedings of the Washington State University Particleboard Symposium, No.1. Pullman, Washington : WSU.
- Kollmann, F.F.P., E.W.Kuenzi and A.J.Stamm.1975. Principles of Wood Science and Technology. Vol.11. Springer-Verlag, New York. pp. 312-550.
- Maloney, T.M. 1993. Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman Publication, California. 672 p.

การปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพฉนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝก³

Process and Quality Enhancement for Thermal Insulation

Produced from Vetiver Grass Fibers

พัฒนา รักความสุข¹

Pattana Rukkwamsuk

วรรณ อุ่นจิตติชัย²

Worataham Oonjittichai

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสมบัติการต้านทานการติดและการลามไฟ และปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดความหนาแน่น ของฉนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝก Borate salt และ Zinc Borate ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มสมบัติการต้านทานการลามไฟของเส้นใยหญ้าแฝก และกาวประสานที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติ จากการศึกษพบว่า การแช่หญ้าแฝกในสารละลาย Borate salt ที่ความเข้มข้น 10% แล้วนำไปอบให้แห้งก่อนการนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อน จะเพิ่มการต้านทานการลามไฟของเส้นใยหญ้าแฝก ส่วนการเพิ่มสมบัติการต้านทานการลามไฟของกาวประสานนั้นสามารถทำได้โดยการเติม สารละลายแขวนลอย Zinc Borate ความเข้มข้น 30% ในกาวประสานจากน้ำยางธรรมชาติ

การลดความหนาแน่นของแผ่นฉนวนความร้อน สามารถกระทำได้โดยการเจือจางกาวประสานจากน้ำยางธรรมชาติที่อัตราส่วน 1:1 เพื่อใช้ขึ้นรูปฉนวนความร้อน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างกาวผสมน้ำต่อ เส้นใย เท่ากับ 3:1 จะสามารถผลิตฉนวนความร้อนที่มีความหนาแน่นต่ำสุดได้ที่ประมาณ 90 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งช่วยลดความหนาแน่นของฉนวนความร้อนลงได้ประมาณ 45% เมื่อเทียบกับการที่ไม่มี การเจือจางกาวด้วยน้ำ นอกจากนี้ที่สภาวะการขึ้นรูปดังกล่าว ยังคงให้ฉนวนความร้อนมีความยืดหยุ่นและคงรูป ได้ดี ไม่มีการหลุดร่วงของเส้นใย ฉนวนความร้อนที่มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 90 ถึง 130 กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร ยังแสดงสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีโดยแปรค่าอยู่ในช่วงแคบๆ ระหว่าง 0.0575 ถึง 0.0670 วัตต์ ต่อเมตรเคลวิน ทั้งนี้ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ฉนวนที่ได้มีอัตราการลามไฟที่ต่ำมากโดยแปรค่าระหว่าง 1.6 ถึง 3.7 มิลลิเมตรต่อนาที โดยมีแนวโน้มลดค่าลง เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

¹ สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

² นักวิชาการป่าไม้ 8ว งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

³ เผยแพร่ในรายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2549 สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ (รหัส ISBN : 974-7627-39-6)

Abstract

This research is aimed at developing the fire retardation property and reducing the density of thermal insulation made from vetiver grass fiber. For fire retardation enhancement, borate salt and zinc borate were used for vetiver grass fiber and binder made from natural latex, respectively. It was found that soaking the vetiver fiber in 10% borate salt prior to matt formation of the insulation would increase the fire retardation property of the vetiver fiber. For the binder, mixing a 30%-dispersed zinc borate with the natural latex binder showed a significant improvement of the fire retardation property of the binder.

The reduction of the density of the insulation can be achieved by diluting the natural latex binder with water at the ratio 1:1. The diluted binder was then used for matt forming of the insulation at the ratio of the diluted binder to fibers of 3:1. These conditions can lower the density to 90 kg/m^3 , which translates to approximately 45% reduction of the density compared to the case in which the no water was added. In addition, the insulation still retains its flexibility and shape stability. No loosen fiber was observed. It was also found that the product performed excellent thermal characteristics. Its thermal conductivity varied between 0.0575 and 0.0670 W/m K whereas the density varied in the range of 90 to 130 kg/m^3 . It was observed that the thermal conductivity tends to increase as the density increases. Furthermore, fire retardation property was enhanced in which the creeping rate of fire was found in the range of 1.6 to 3.7 mm/min depending on the density. The rate tends to reduce as the density increases.

บทนำ

การพัฒนาฉนวนความร้อนที่อาศัยเส้นใยจากพืชที่หาได้จากธรรมชาติ ด้วยความรู้ ความสามารถ และ เทคโนโลยีของคนไทย ย่อมส่งผลดีนานาประการในการลดปัญหาอุตสาหกรรมค้า และปัญหาด้านสุขภาพ ในการนี้ คณะผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุน การทำวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2545 เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่องการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝก ซึ่งเป็นโครงการในชุดโครงการย่อย เรื่องการพัฒนาแผ่นผลิตภัณฑ์แผ่นประกอบหญ้าแฝกกันปลวก ภายใต้ชุดโครงการใหญ่เรื่องการวิจัยและพัฒนาปฏิสัมพันธ์ของหญ้าแฝกกับปลวก เพื่อสนองพระราชดำริพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว การทำการวิจัยดังกล่าวนี้ นับว่าเป็นก้าวแรกในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำหญ้าแฝกมาผลิตเป็นฉนวนความร้อน ซึ่งมีจุดเด่นที่สำคัญคือ ฉนวนความร้อนที่ผลิตได้ สามารถม้วนงอหรือพับได้ แตกต่างจากแผ่นวัสดุทดแทน ไม้ที่ทำจากเส้นใยเซลลูโลสอื่นๆ ที่มีความแข็งเกร็ง (Rigidity) นอกจากนี้ มีค่าการนำความร้อนต่ำ สามารถใช้ทดแทนฉนวนความร้อนที่ทำจากใยแก้วและโฟม

การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝกในโครงการดังกล่าวข้างต้น กระทำโดยการนำหญ้าแฝกสายพันธุ์ราชบุรี มาทำการลดขนาดให้ เป็นชิ้นหญ้าแฝกด้วยเครื่องตีหญ้าและนำมาปั่นกวนใน โซเดียม

ไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 15% โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นจึงทำการกรองและล้างด้วยน้ำให้สะอาดก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อให้ได้เส้นใยหยาบที่ผสมสำหรับกระบวนการปั่นเคลือบประสานเส้นใยหยาบด้วยน้ำยางธรรมชาติที่ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนต่าง ๆ กัน โดยหลังจากขึ้นรูปเส้นใยหยาบเป็นแผ่นฉนวนแล้วจะทำการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้ได้รูปจนได้เป็นผลิตภัณฑ์ฉนวนความร้อนที่มีลักษณะดังรูปที่ 1 ที่มีค่าการนำความร้อนระหว่าง 0.0564 – 0.0621 W/m K ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับฉนวนความร้อนที่ผลิตในเชิงพาณิชย์



รูปที่ 1 แผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยหยาบ

เมื่อพิจารณาจากค่าการนำความร้อน จะเห็นได้ว่า มีความเป็นไปได้อย่างยิ่งที่จะนำหยาบมาใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตฉนวนความร้อนอย่างไรก็ตาม การวิจัยที่ผ่านมาได้พบข้อปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- ปัญหาเรื่องความหนาแน่น

การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยหยาบในโครงการที่ผ่านมานั้นประสบปัญหา ในด้านความหนาแน่นของฉนวนความร้อนที่ผลิตได้ ที่มีค่าสูงเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนความร้อนที่มีขายเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้มีสาเหตุจากปริมาณน้ำยางที่มากเกินไปความต้องการ

- ปัญหาด้านการติดและลามไฟ

แม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิจัยที่ผ่านมา จะมีค่าการนำความร้อนต่ำ และมีความยืดหยุ่นตัวที่ดี แต่สมบัติบางประการที่สำคัญได้แก่ การติดและการต้านทานการลามไฟ ยังมีข้อด้อย ซึ่งจำเป็นต้องทำการปรับปรุง ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ประเภทฉนวนความร้อน

ดังนั้น โครงการนี้จึงจัดเป็นโครงการต่อเนื่องที่มุ่งเน้นในการปรับปรุงการผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ภายใต้โครงการวิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ของสายการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้จาก ไม้ปาล์ม น้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แผนงานวิจัยการพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้จาก

ไม้ปาล์มน้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือทิ้ง จากการเกษตรอื่นๆ (เริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549 – 2553) เพื่อนำไปสู่การผลิตจนวนความร้อนจากเส้นใยหญาแฝกในเชิงพาณิชย์ ด้วยภูมิปัญญาของบุคลากร และ วัสดุคืบที่สามารถหาได้ภายในประเทศ เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างยั่งยืน สามารถทำให้หญาแฝกเป็นพืช เศรษฐกิจของเกษตรกรอีกชนิดหนึ่ง และที่สำคัญอย่างยิ่ง เป็นการสนองแนวพระราชดำริ ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชในการส่งเสริมการศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์สูงสุดจากหญาแฝก

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความหนาแน่นของจนวนความร้อนจากเส้นใยหญาแฝก
2. เพื่อปรับปรุงสมบัติการต้านทานการฉีกไฟและการลามไฟของจนวนความร้อนจากเส้นใยหญาแฝก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประโยชน์ทางด้านวิชาการ
 - สามารถพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในกระบวนการนำเส้นใยหญาแฝกเพื่อการผลิตแผ่นจนวนความร้อน
2. ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์
 - สามารถส่งเสริมการเพาะปลูกหญาแฝกให้เป็นพืชเศรษฐกิจ เพื่ออุตสาหกรรมการผลิตแผ่นจนวนความร้อน
 - เกิดการจ้างงาน และการกระจายรายได้ โดยเฉพาะในชนบทที่สามารถเพาะปลูกหญาแฝก
 - สามารถลดการนำเข้าจนวนความร้อนจากต่างประเทศ
3. ประโยชน์ทางด้านสังคม
 - ลดปัญหาการย้ายถิ่นของชาวชนบท เนื่องมาจากการส่งเสริมการปลูกหญาแฝกเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจ
4. ประโยชน์ทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
 - จนวนความร้อนจากเส้นใยหญาแฝก สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
 - เป็นการอนุรักษ์ดิน และน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงอีกวิธีหนึ่ง เนื่องจากระบบรากของหญาแฝก สามารถช่วยกักเก็บน้ำและความชื้น ตลอดจนการป้องกันการพังทลายของผิวดิน

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองหาสถานะในการเตรียมเส้นใยหญาแฝกและกระบวนการขึ้นรูปแผ่นจนวนความร้อนด้วยวิธีการพ่นเคลือบประสาน สามารถปฏิบัติดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 2 ขั้นตอนการทดลองหาสภาวะในการเตรียมเส้นใยหญ้าแฝก (ก) ลดขนาดหญ้าแฝกด้วยเครื่องตีหญ้า (ข) เส้นใยหญ้าแฝกที่ผ่านการลดขนาด (ค) ปั่นกวนเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ง) นำเส้นใยที่ได้มาล้างด้วยน้ำจนสะอาด (จ) อบเส้นใยด้วยอุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ฉ) ลักษณะเส้นใยหญ้าแฝกที่ได้

ขั้นตอนที่ 1 โรยเส้นใยหญ้าแฝกลงบนแม่พิมพ์เป็นชั้นบาง ๆ



ขั้นตอนที่ 2 พ่นน้ำยางลงบนเส้นใยหญ้าแฝกสลับกับการโรยเส้นใยหญ้าแฝกจนได้ความหนาที่
ต้องการ



ขั้นตอนที่ 3 ตັงทิ้งไว้ให้น้ำยางเริ่มเกิดการคงรูป



ขั้นตอนที่ 4 นำไปอบในเตาที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 45 นาที



ขั้นตอนที่ 5 จนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติที่ได้จากกระบวนการพ่นเคลือบประสาน



รูปที่ 3 กระบวนการขึ้นรูปแผ่นจนวนความร้อนด้วยวิธีการพ่นเคลือบประสาน

1. การเตรียมเส้นใยหญ้าแฝกเพื่อทดสอบสมบัติการต้านทานการลามไฟ

เนื่องจากเส้นใย หญ้าแฝกเป็นเส้นใยธรรมชาติซึ่งสามารถติดไฟได้ง่าย ดังนั้น การนำเส้นใย หญ้าแฝกมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนนั้น จึงต้องมีการปรับปรุงสมบัติการต้านทานการลามไฟ โดยนำเส้นใยหญ้าแฝกที่ผ่านการเตรียมตามขั้นตอนในหัวข้อ 3.1 มาแช่ในสารละลายบอแรกซ์ โดยแปรผันความเข้มข้นของสารละลายบอแรกซ์ ที่ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และใช้เวลาในการแช่ 30 นาที หลังจากนั้นนำเส้นใยหญ้าแฝกไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมงและนำเส้นใย หญ้าแฝกที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนเพื่อทดสอบสมบัติการต้านทานการลามไฟต่อไป

2. การทดลองและการเตรียมในส่วน of น้ำยางธรรมชาติ

2.1 การเตรียมสารแขวนลอยของสารหน่วงไฟ

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้น้ำยางธรรมชาติเพื่อเป็นตัวประสานในการผลิตฉนวนกันความร้อน ดังนั้น จึงต้องมีการปรับปรุงสมบัติการต้านทานการลามไฟ โดยผสมสารหน่วงไฟในน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งสารหน่วงไฟที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือบอแรกซ์และ Zinc Borate โดยการผสมสารหน่วงไฟในน้ำยางธรรมชาตินั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำให้สารหน่วงไฟอยู่ในรูปของสารแขวนลอย เพื่อเพิ่มความสามารถในการกระจายตัวของสารหน่วงไฟในน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบของสารแขวนลอยของสารหน่วงไฟ มีรายละเอียดดังนี้

สารหน่วงไฟ) บอแรกซ์หรือ Zinc Borate	100	กรัม
วิตามินอน (Vultamol)	2	กรัม
เบนโทไนต์ (Bentonite)	2	กรัม
น้ำ	96	กรัม

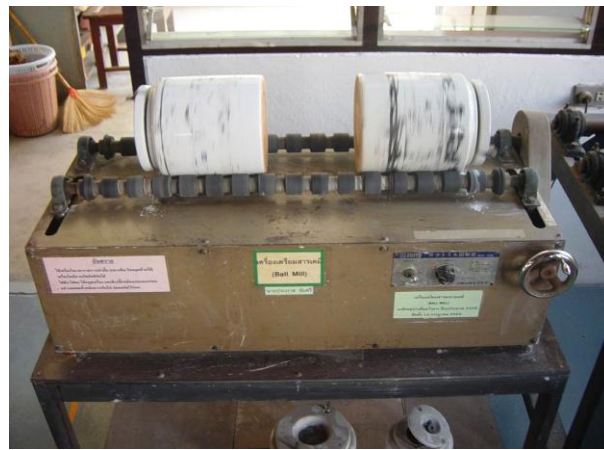
จากนั้นนำสารเคมีดังกล่าวผสมลงในหม้อบดบอลมิล (Ball mill) ที่มีลักษณะเป็นหม้อกระเบื้องเคลือบปิดฝาสนิทซึ่งภายในบรรจุลูกอะลูมินาทรงกลมตันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 0.5 และ 1 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 4 จากนั้นนำหม้อบดวางบนเครื่องหมุนกลิ้งใช้เวลาในการบด 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 หม้อบดบอลมิล



(ก)



(ข)

รูปที่ 5 การเตรียมสารหน่วงไฟในรูปของสารแขวนลอย (ก) ซึ่งสารหน่วงไฟตามอัตราส่วน (ข) ทำการบดผสมสารหน่วงไฟ

2.2 การเตรียมน้ำยางธรรมชาติ

ในงานวิจัยนี้เลือกน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้เป็นตัวประสานให้เส้นใย หวี้าแฝกเกาะเกี่ยวกันได้ดี โดยน้ำยางธรรมชาติที่ใช้ขึ้นรูปลวดกันความร้อนนั้นต้องมีการปรับปรุงสมบัติต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น การต้านทานเชื้อรา การต้านทานการเสื่อมสภาพจากแสงแดด เป็นต้น

การเตรียมน้ำยางธรรมชาติเริ่มจากเทน้ำยางข้นลงในภาชนะบรรจุและทำการปั่นไล่แอมโมเนียที่ใช้รักษาน้ำยางข้นให้ระเหยออกไป ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 นาที โดยความเร็วรอบในการกวนประมาณ 30 รอบต่อนาที จากนั้นจึงใส่สารเคมีดังกล่าวลงในน้ำยางธรรมชาติตามลำดับและทำการปั่นกวนน้ำยางธรรมชาติต่อไปอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อให้สารเคมีกระจายในน้ำยางได้อย่างทั่วถึง



(ก)



(ข)

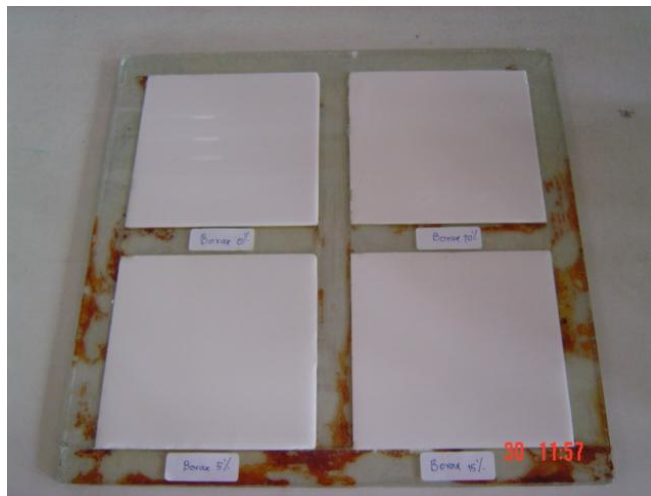
รูปที่ 6 การผสมสารเคมีลงในน้ำยาง (ก) ปั่นกวนเพื่อไล่แอมโมเนียจากน้ำยาง (ข) ผสมสารเคมีต่างลงในน้ำยาง

2.3 การผสมสารแขวนลอยของสารหน่วงไฟในน้ำยางธรรมชาติ

ในการผสมสารแขวนลอยของสารหน่วงไฟลงในน้ำยางธรรมชาตินั้น จะใช้สารแขวนลอย โดยผสมลงในน้ำยางธรรมชาติและทำการปั่นกวนให้สารแขวนลอยกระจายตัวในน้ำยางธรรมชาติอย่างทั่วถึง โดยใช้สัดส่วนของสารแขวนลอยของสารหน่วงไฟเท่ากับ 10 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อนำไปเตรียมตัวอย่างในการทดสอบสมบัติการต้านทานการลามไฟของน้ำยางธรรมชาติต่อไป

2.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบสมบัติการต้านทานการลามไฟของน้ำยางธรรมชาติ

ในการทดสอบสมบัติการต้านทานการลามไฟของน้ำยางธรรมชาตินั้นไม่สามารถทดสอบน้ำยางธรรมชาติในสถานะของเหลวได้จึงต้องทำการขึ้นรูปเป็นแผ่น โดยชั่งน้ำยางธรรมชาติที่ผสมสารหน่วงไฟแล้ว จำนวน 80 กรัม เทลงในถาดขนาด 15x18x1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยระหว่างการเทนั้นควรระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศในชิ้นงานเพราะเมื่อน้ำยางคงรูปแล้วจะทำให้ฟองอากาศติดอยู่ในชิ้นงาน โดยตั้งน้ำยางทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้ น้ำในน้ำยางธรรมชาติค่อยๆ ระเหยออกจากชิ้นงาน จากนั้นจึงอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้ยางคงรูปได้เป็นชิ้นงาน การที่ไม่สามารถอบน้ำยางธรรมชาติทันทีหลังจากการเทขึ้นรูปนั้น เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนขณะที่ปริมาณน้ำในน้ำยางธรรมชาติยังมีมากอยู่ จะทำให้เนื้อยางบวมและแตกออก เป็นผลให้ชิ้นงานที่ได้มีผิวหน้าที่ไม่สม่ำเสมอ

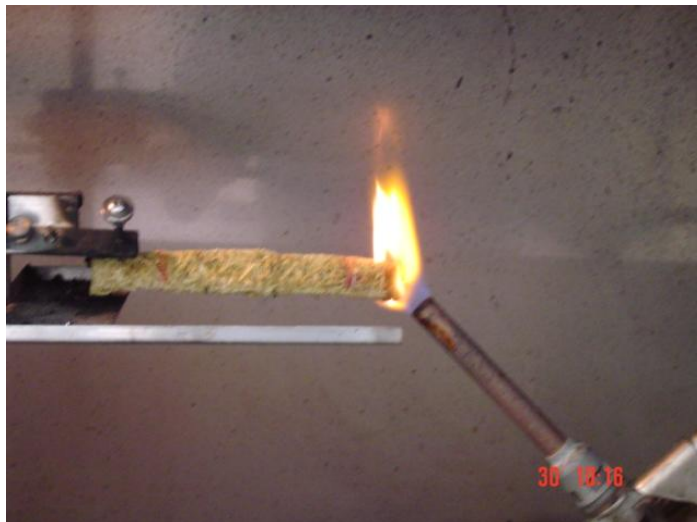


รูปที่ 7 ยางแผ่นที่ใช้เป็นชิ้นงานตัวอย่าง

2.5 การทดสอบสมบัติการต้านทานการลามไฟ

การทดสอบสมบัติการต้านทานการลามไฟในงานวิจัยนี้จะมีชิ้นงานตัวอย่างสองชนิด คือ ยางแผ่น และแผ่นฉนวนกันความร้อน ซึ่งดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 635-98 โดยชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีขนาด กว้าง 13 มิลลิเมตร ยาว 125 มิลลิเมตร และมีความหนาในช่วง 3-15 มิลลิเมตร โดยชิ้นงานตัวอย่างที่เป็นยางแผ่นจะมีความหนา 3 มิลลิเมตร ในขณะที่ชิ้นงานตัวอย่างที่เป็นฉนวนกันความร้อนจะมีความหนา 15 มิลลิเมตร ในการทดสอบแต่ละครั้งจะใช้ชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้น โดยแต่ละชิ้นจะทำ

การทดสอบภายในห้องทดสอบ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 23-25 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 50-55 เปอร์เซ็นต์ ใช้ก๊าซมีเทนเป็นเชื้อเพลิง เริ่มทดสอบโดยการจ่อเปลวไฟที่ปลายชิ้นงานตัวอย่างเป็นเวลา 30 วินาที แล้วจึงเริ่มทำการจับเวลา ปล่อยให้เปลวไฟลามไปบนชิ้นงานตัวอย่าง และหยุดทำการจับเวลาเมื่อเหลือชิ้นงานตัวอย่าง 25 มิลลิเมตร นับจากปลายอีกข้างหนึ่งของชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การทดสอบการต้านทานการลามไฟของแผ่นฉนวนกันความร้อน

3.การทดลองลดความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนโดยการเจือจางน้ำยางธรรมชาติ

การลดความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนเพื่อให้แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ได้มีน้ำหนักเบา ถือเป็นเป้าหมายหนึ่งในงานวิจัยนี้ โดยหลังจากที่ได้ฉนวนกันความร้อนซึ่งมีสมบัติการต้านทานการลามไฟแล้ว จึงทำการปรับลดความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยการเจือจางน้ำยางธรรมชาติด้วยน้ำใน อัตราส่วนของน้ำยางธรรมชาติต่อน้ำที่ 2 : 1 1 : 1 1 : 2 1 : 3 1 : 4 และ 1 : 5 ตามลำดับ จากนั้นนำน้ำยางธรรมชาติที่ได้เจือจางแล้วไปทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนเพื่อ ทำการเปรียบเทียบความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อน และลักษณะทางกายภาพของแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ได้ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการผลิตและการใช้งาน

4.การทดสอบการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของแผ่นฉนวนกันความร้อน โดยยึดตามมาตรฐาน ASTM C177 ซึ่งใช้ Hot plate และ Cold plate ทำจากทองแดง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว หนา 0.125 นิ้ว ให้อุณหภูมิของ Hot plate เท่ากับ 37.7 องศาเซลเซียสและให้อุณหภูมิของ Cold plate เท่ากับ 10.0 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายในห้องทดสอบขณะทำการทดสอบเท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียส ใช้ชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตรและหนา 1.5 เซนติเมตรตามลำดับ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบได้แสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 เครื่องทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity Tester)

5. การศึกษาอิทธิพลของความหนาแน่นต่อการนำความร้อนและสมบัติการต้านทานการลามไฟ

การทดลองนี้จะทำการขึ้นรูปฉนวนกันความร้อนโดยใช้อัตราส่วนของน้ำยางธรรมชาติต่อเส้นใยหญ้าแฝก แต่จะทำการปรับเปลี่ยนน้ำยางธรรมชาติโดยการเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วนที่กำหนด แล้วทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อน โดยทำการปรับเปลี่ยนความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนด้วยการเพิ่มน้ำหนักของเส้นใยหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติ แต่ยังคงปริมาตรของแผ่นฉนวนกันความร้อนให้คงที่ แล้วนำไปทดสอบการนำความร้อนและสมบัติการต้านทานการลามไฟ

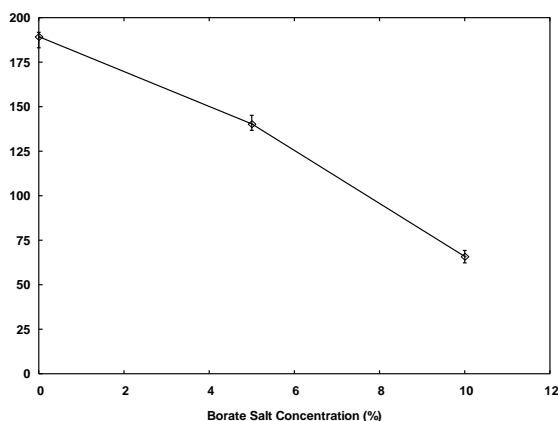
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

1. การเพิ่มสมบัติการต้านทานการลามไฟ

1.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของ Borate salt ต่อการต้านทานการลามไฟของเส้นใยหญ้าแฝก

การหาความเข้มข้นของสารละลาย Borate salt ในการเตรียมเส้นใยหญ้าแฝกเพื่อปรับปรุงสมบัติการต้านทานการลามไฟของแผ่นฉนวนกันความร้อน ทำได้โดยการแช่เส้นใยหญ้าแฝกในสารละลาย Borate salt ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 30 นาที พบว่า เส้นใยหญ้าแฝกที่แช่ในสารละลาย Borate salt ที่ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีลักษณะที่กรอบและแข็งกระด้าง ทำให้เมื่อนำมาขึ้นรูป พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ได้มีลักษณะกรอบและฉีกขาดได้ง่ายในขณะที่เส้นใยหญ้าแฝกที่แช่ในสารละลาย Borate salt ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ไม่พบปัญหาดังกล่าว ดังนั้นจึงทดสอบสมบัติการต้านทานการลามไฟ ของฉนวนกันความร้อนเฉพาะที่ขึ้นรูปจากเส้นใยหญ้าแฝกที่แช่ในสารละลาย Borate salt ที่ความเข้มข้น 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เทียบกับฉนวนกันความร้อนที่ขึ้นรูปจากเส้นใยหญ้าแฝกที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลาย Borate salt ผลการศึกษ้อัตรา

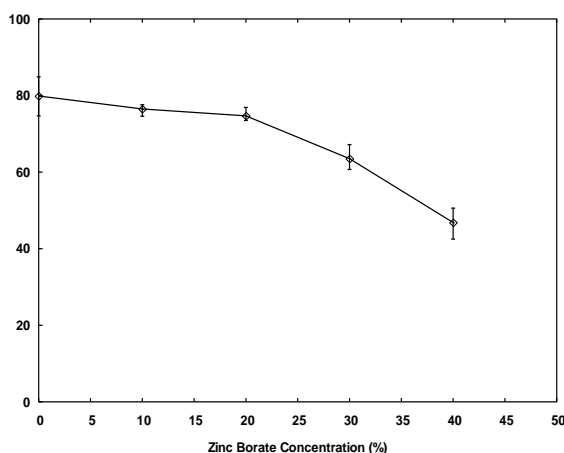
การลากลไฟของแผ่นฉนวนที่ความเข้มข้นของ Borate salt ต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าฉนวนความร้อนที่ขึ้นรูปจากเส้นใยหญ้าแฝกที่แช่ในสารละลาย Borate salt เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะมีอัตราการลากลไฟต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ขึ้นรูปจากเส้นใยหญ้าแฝกที่แช่ด้วยสารละลาย Borate salt เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและเส้นใยหญ้าแฝกปกติ ตามลำดับ



รูปที่ 10 อัตราการลากลไฟของฉนวนความร้อนที่เตรียมจากเส้นใยที่มีการแช่ในสารละลาย Borate salt ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน

1.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของ Zinc Borate ต่อการต้านทานการลากลไฟของกาวประสาน

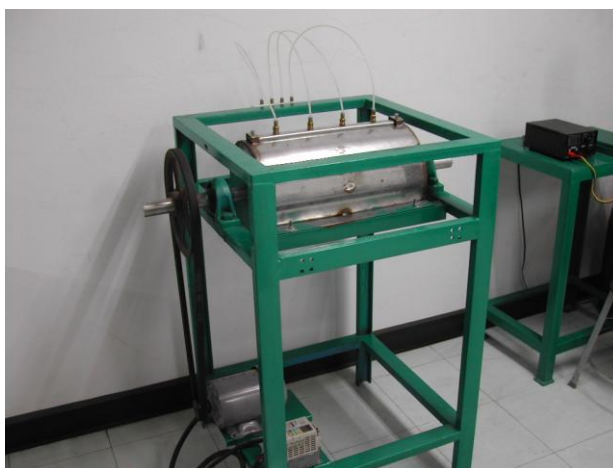
การหาความเข้มข้นของ Zinc Borate ที่ผสมในกาวประสานที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติ เพื่อปรับปรุงสมบัติการต้านทานการลากลไฟ ทำได้โดยผสมสารแขวนลอยของ Zinc Borate ที่ความเข้มข้น 10 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ลงในกาวประสานที่ทำจากน้ำยางธรรมชาติตามสูตร แล้วจึงทำการศึกษาอัตราการลากลไฟของแผ่นขึ้นยางที่เตรียมได้ ผลการวัดอัตราการลากลไฟของยางที่ผสม Zinc Borate ที่ความเข้มข้นต่างๆ จะเห็นได้ว่าอัตราการลากลไฟของน้ำยางธรรมชาติที่ผสม Zinc Borate ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักนี้ ไม่แตกต่างจากอัตราการลากลไฟของน้ำยางธรรมชาติปกติ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Zinc Borate อัตราการลากลไฟเริ่มน้อยลงตามลำดับ และเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 11 อัตราการลากลไฟของยางที่ผสม Zinc Borate ที่ความเข้มข้นต่างๆ

การที่ Zinc Borate ที่เข้มข้น 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ไม่สามารถลดอัตราการลามไฟได้นั้น เนื่องจาก Zinc Borate อาจมีปริมาณไม่เพียงพอที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาหน่วงไฟได้ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Zinc Borate เป็น 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่า อัตราการลามไฟลดลงเนื่องจากมีปริมาณ Zinc Borate มากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาหน่วงไฟได้ โดย Zinc Borate เมื่อถูกเผาไหม้จะสลายตัวให้ก๊าซ B_2O_3 ซึ่งเป็นก๊าซที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากจึงปกคลุมที่ผิวของยางธรรมชาติทำให้ก๊าซออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาเผาไหม้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Zinc Borate ที่ความเข้มข้น 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะเกิดตะกอนของ Zinc Borate ปกคลุมติดกับผิวของยางธรรมชาติ และการที่ Zinc Borate ที่เข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีอัตราการลามไฟต่ำกว่า Zinc Borate เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีตะกอน Zinc Borate กระจายติดกับผิวของยางธรรมชาติมากกว่าทำให้สามารถเกิดก๊าซ B_2O_3 ปกคลุมผิวยางธรรมชาติได้อย่างทั่วถึง

1.3 การลดความหนาแน่นของแผ่นฉนวนความร้อน



รูปที่ 12 เครื่องพ่นกาว

ในการลดความหนาแน่นของแผ่นฉนวนความร้อน กระทำโดยการเจือจางกาวประสานด้วยน้ำ ซึ่งต่อจากนี้ไปจะเรียกว่า กาวผสมน้ำ การใช้กาวผสมน้ำนี้อาศัยหลักการที่โมเลกุลของน้ำทำหน้าที่เป็นตัวพา (Vehicle) และเสริมให้โมเลกุลของยางสามารถกระจายตัวดียิ่งขึ้นบนเส้นใย เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการผสมน้ำ อันจะส่งผลให้ลดปริมาณเนื้อกาว (ส่วนที่เป็นโมเลกุลยางธรรมชาติที่ทำหน้าที่เป็นสารยึดติด) ซึ่งในที่สุดจะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนความร้อนมีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม ในการใช้กาวผสมน้ำนี้ จำเป็นต้องศึกษาหาอัตรา ส่วนระหว่างปริมาณกาวยางธรรมชาติต่อ น้ำ ที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นกาวผสมน้ำ และ อัตราส่วนของปริมาณกาวผสมน้ำ ต่อ เส้นใย ที่เหมาะสม เพื่อใช้ขึ้นรูปแผ่น ฉนวนความร้อน ในการดำเนินการศึกษาดังกล่าว ได้แปรค่าอัตราส่วนทั้งสองดังต่อไปนี้

- อัตราส่วนระหว่างปริมาณกาวยางธรรมชาติ ต่อ น้ำ เท่ากับ 0.333:1 0.5:1 1:1 2:1 และ 3:1
- อัตราส่วนของปริมาณกาวผสมน้ำ ต่อ เส้นใย เท่ากับ 2:1 3:1 และ 4:1

ในการพิจารณาความเหมาะสมของอัตราส่วนทั้งสองข้างต้นนั้น จะต้องพิจารณาทั้งความหนาแน่นและความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนที่คงรูปอยู่ได้ และมีความยืดหยุ่น สามารถม้วนงอได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

เมื่อทำการขึ้นรูปแผ่นฉนวนโดยวิธีพันเคลือบประสาน แล้วทำการวัดความหนาแน่นของแผ่นฉนวนที่ผลิตได้ และ บันทึกความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวน ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนที่ผลิตได้ และ ความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวน

อัตราส่วนของปริมาณ กาวผสมน้ำ ต่อ เส้นใย	อัตราส่วนระหว่าง ปริมาณกาวยางธรรมชาติ ต่อ น้ำ	ความหนาแน่น (kg/m ³)	ความสามารถในการ ขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวน
2:1	0.333:1	62.4	ไม่ได้
	0.5:1	68.1	ไม่ได้
	1:1	75.7	ไม่ได้
	2:1	81.1	ไม่ได้
	3:1	110.1	ไม่ได้
3:1	0.333:1	80.9	ไม่ได้
	0.5:1	86.4	ไม่ได้
	1:1	88.7	ได้
	2:1	95.7	ได้
	3:1	124.5	ได้
4:1	0.333:1	103.7	ไม่ได้
	0.5:1	105.3	ได้
	1:1	111.8	ได้
	2:1	118.3	ได้
	3:1	146.2	ได้

ความสามารถในการขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อนที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 นั้น มี 2 ลักษณะ คือ “ได้” และ “ไม่ได้” ในกรณี “ได้” หมายถึง สามารถที่จะได้แผ่นฉนวนความร้อน ที่สามารถคงรูปอยู่ได้ มีความยืดหยุ่น สามารถม้วนงอได้ กาวผสมน้ำสามารถเคลือบประสานเส้นใยได้ดีโดยเส้นใยไม่มีการหลุดร่วงจากแผ่นฉนวน ส่วนในกรณี “ไม่ได้” จะมีลักษณะตรงข้ามกับ “ได้” โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กาวผสมน้ำไม่สามารถเคลือบประสานเส้นใยได้ จะมีเส้นใยหลุดร่วงจากแผ่นฉนวน และเมื่อม้วนงอแผ่นฉนวนกันความร้อนจะพบว่าแผ่นฉนวนกันความร้อนเกิดการขาดออกจากกันดังแสดงในรูปที่ 13



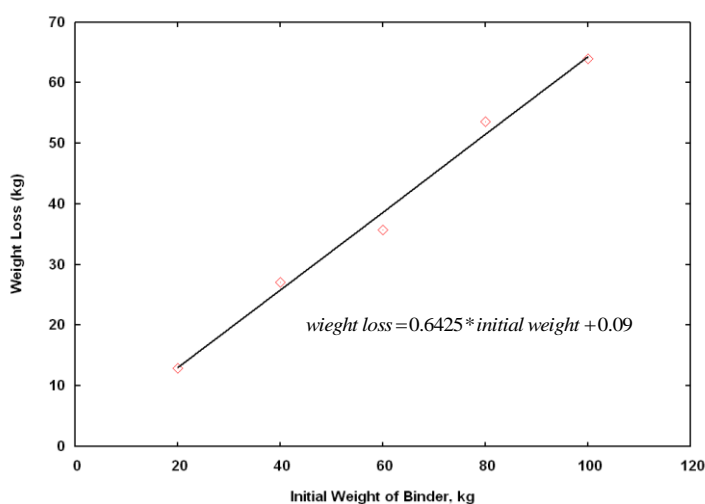
รูปที่ 13 การฉีกขาดของแผ่นฉนวน

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า เมื่ออัตราส่วนของปริมาณกาวผสมน้ำต่อ เส้นใย เท่ากับ 2:1 จะไม่สามารถขึ้นรูปแผ่นฉนวนได้ เลย ไม่ว่าที่อัตรา ส่วนระหว่างปริมาณกาวยางธรรมชาติต่อ น้ำ ใดๆ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกาวมีไม่เพียงพอต่อการขึ้นรูป ส่วนในกรณีเมื่ออัตราส่วนของปริมาณกาวผสมน้ำต่อ เส้นใย เท่ากับ 3:1 ที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณกาวยางธรรมชาติต่อ น้ำ เท่ากับ 0.333:1 และ 0.5:1 และเมื่ออัตราส่วนของปริมาณกาวผสมน้ำต่อ เส้นใย เท่ากับ 3:1 ที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณกาวยางธรรมชาติต่อ น้ำ เท่ากับ 0.333:1 นั้นแม้ว่าจะมีปริมาณกาวเพียงพอต่อการขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อนแต่ก็ไม่สามารถผลิตแผ่นฉนวนความร้อนได้ ซึ่งเป็นผลมาจากกาวผสมน้ำเจือจางเกินไป มีปริมาณเนื้อยางธรรมชาติน้อยเกินกว่าที่ จะสามารถเชื่อมประสานเส้นใยให้คงรูปอยู่ได้

จากผลที่แสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า เมื่ออัตราส่วนของปริมาณกาวผสมน้ำต่อเส้นใยเท่ากับ 3:1 ที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณกาวยางธรรมชาติต่อ น้ำ เท่ากับ 1:1 จะสามารถผลิตแผ่นฉนวนความร้อน ได้และเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ความหนาแน่นน้อยที่สุดมีค่า 88.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หากนำค่าความหนาแน่นนี้เปรียบเทียบกับความหนาแน่นของแผ่นฉนวนในการศึกษาที่ผ่านมา กาวที่ใช้ไม่มีการผสมน้ำ ซึ่งให้ค่าความหนาแน่นต่ำสุดเท่ากับ 162 กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์ เมตร จะเห็นได้ว่า การใช้กาวผสมน้ำนี้ จะสามารถลดความหนาแน่นลงได้ถึง 45%

1.4 การควบคุมความหนาแน่นของแผ่นฉนวนความร้อน

ในกระบวนการขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อน เมื่อนำชิ้นงานไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เพื่อให้กาาประสานเกิดการเชื่อมติดและคงรูปแผ่นฉนวนความร้อน พบว่าน้ำหนักของแผ่นฉนวนความร้อนลดลงอย่างมาก เนื่องมาจากการระเหยออกไปของน้ำที่อยู่ใน กาวผสมน้ำ ในกระบวนการผลิตแผ่นฉนวนความร้อน เพื่อให้ได้ความหนาแน่นสุดท้ายตามที่ต้องการนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำที่มีการสูญเสียขณะอบแผ่นฉนวนความร้อน การทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของมวลที่หายไป (Weight loss coefficient) เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมความหนาแน่นของแผ่นฉนวนความร้อนที่ผลิตได้โดยการแบ่งน้ำยางออกเป็น 5 ชุด คือ 20 40 60 80 และ 100 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 45 นาที ได้ผลแสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของกาวผสมน้ำและมวลของกาวผสมน้ำที่หายไป

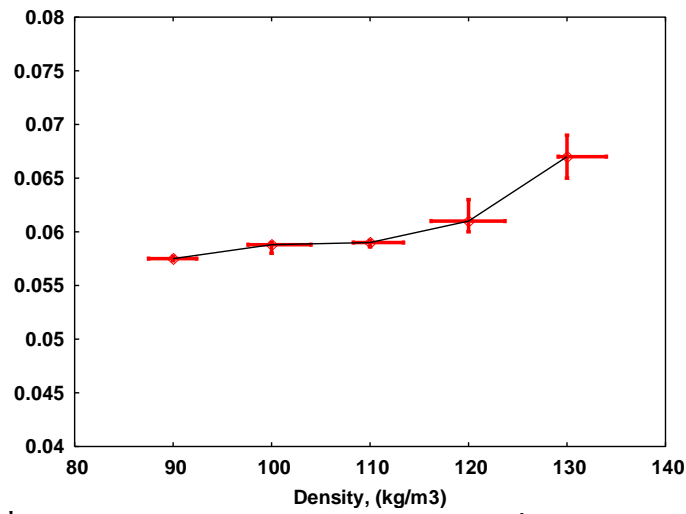
จากผลการทดลองดังรูปที่ 14 จะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ของ มวลของกาวผสมน้ำ เริ่มต้นแปรผันโดยตรงกับมวลของกาวผสมน้ำที่หายไป เมื่อทำ Regression analysis จะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลของกาวผสมน้ำเริ่มต้นแปรผันโดยตรงกับมวลของกาวผสมน้ำที่หายไป

ดังนั้นในการผลิตแผ่นฉนวนความร้อนให้มีปริมาตรตามที่กำหนดไว้โดยมีความหนาแน่นเท่ากับ 90 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จำเป็นต้องใช้ปริมาณเส้นใยหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติเท่ากับ 0.0952 และ 0.2855 กิโลกรัม ตามลำดับ

1.5 สมบัติการนำความร้อน และสมบัติการต้านทานการลามไฟของฉนวนความร้อน

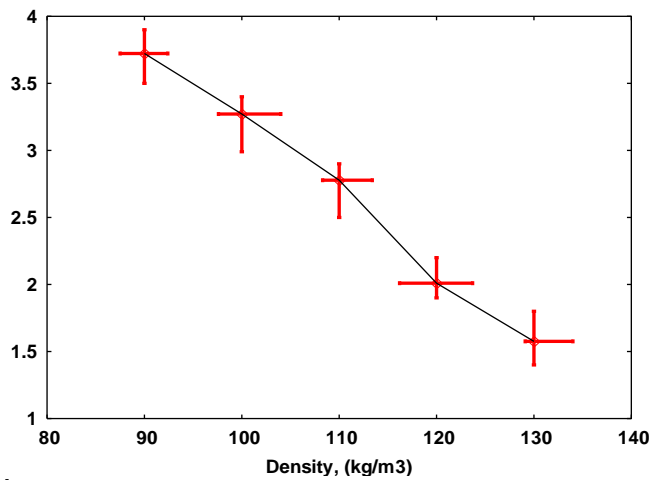
ผลการทดสอบสมบัติการนำความร้อนของฉนวนความร้อนที่ความหนาแน่นต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าฉนวนความร้อนที่ความหนาแน่นระหว่าง 90 ถึง 130 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าการนำ

ความร้อนใกล้เคียงกันมาก โดยแปรค่าอยู่ในช่วงแคบระหว่าง 0.0575 ถึง 0.0670 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ทั้งนี้ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น



รูปที่ 15 ค่าการนำความร้อนของจนวนความร้อนที่ความหนาแน่นต่างๆ

ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานการลามไฟของจนวนความร้อนที่ความหนาแน่นต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 16 จะเห็นได้ว่าอัตราการลามไฟมีแนวโน้มลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น



รูปที่ 16 อัตราการลามไฟของจนวนความร้อนที่ความหนาแน่นต่างๆ

สรุปผลการศึกษา

1. Borate salt สามารถใช้ในการปรับปรุงสมบัติการต้านทานการลามไฟของเส้นใยหญาแฝก สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมคือการแช่หญาแฝกในสารละลาย Borate salt ที่ความเข้มข้น 10% แล้วนำไปอบให้แห้งก่อนการนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อน

2. Zinc Borate สามารถใช้ในการปรับปรุงสมบัติการต้านทานการลามไฟของกาวประสานจากน้ำยางธรรมชาติ โดยการเติมสารละลายแขวนลอย Zinc Borate ความเข้มข้น 30% ในกาวประสานจากน้ำยางธรรมชาติ

3. การเจือจางกาวประสานจากน้ำยางธรรมชาติที่อัตราส่วน 1:1 เพื่อใช้ขึ้นรูปฉนวนความร้อน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างกาวผสมน้ำต่อเส้นใยเท่ากับ 3:1 สามารถผลิตฉนวนความร้อนที่มีความหนาแน่นต่ำสุดได้ที่ประมาณ 90 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งช่วยลดความหนาแน่นของฉนวนความร้อนลงได้ประมาณ 45% เมื่อเทียบกับการที่ไม่มีการเจือจางกาวด้วยน้ำ นอกจากนี้ ที่สภาวะการขึ้นรูปดังกล่าว ยังคงให้ฉนวนความร้อนมีความยืดหยุ่น และคงรูปได้ดี ไม่มีการหลุดร่วงของเส้นใยฉนวนความร้อนที่มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 90 ถึง 130 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ยังแสดงสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีโดยแปรค่าอยู่ในช่วงแคบๆ ระหว่าง 0.0575 ถึง 0.0670 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ทั้งนี้ ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ฉนวนที่ได้มีอัตราการลามไฟที่ต่ำมากโดยแปรค่าระหว่าง 1.6 ถึง 3.7 มิลลิเมตรต่อนาที โดยมีแนวโน้มลดค่าลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กมลพรรณ นามวงศ์พรหม และคณะ. 2542. คู่มือการใช้ประโยชน์จากหญาแฝก. กรุงเทพฯ. 1 น.
- เฉลิมพล อธิธิวิวัฒน์ และสกุล บรรจงวุฒิ. 2537. การใช้เส้นใยเซลลูโลสผสมกับเส้นใยแก้วเพื่อเป็นสารเสริมแรงในพอลิเอทิลีน. โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ตระการ ก้าวศิริกรรม. 2537. คู่มือฉนวนความร้อน. นำอักษรการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 6-12, 50-74 น.
- นุชนาฏ ณ ระนอง. 2545. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยาง. ส่วนอุตสาหกรรมยาง. สถาบันวิจัยยาง. กรมวิชาการเกษตร. 44 น.
- พรพรรณ นิธิอุทัย. สารเคมีสำหรับยาง. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี. 1-11, 42-52, 78 น.
- วรรณม อุจน์จิตติชัย และคณะ. 2544. รายงานความก้าวหน้า. โครงการพัฒนากรรมวิธีการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพแผ่นขึ้นแฝกอัดให้ทนปลวก. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้. สำนักวิชาการป่าไม้. กรมป่าไม้. 2 น.
- วรรณม อุจน์จิตติชัย และคณะ. 2544. การใช้ประโยชน์หญาแฝกเป็นวัสดุทดแทนไม้. 67-76 น.

วารสารณ์ ขจรไชยกุล. 2541. เทคโนโลยียาง. สถาบันวิจัยยาง. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์. 100-117 น.

วารสารณ์ ขจรไชยกุล. 2541. การผลิตยางธรรมชาติ. สถาบันวิจัยยาง. กรมวิชาการเกษตร.
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 3-14 น.

วารสารณ์ ขจรไชยกุล. 2541. อุตสาหกรรมยางการผลิตยางธรรมชาติ. สถาบันวิจัยยาง. กรมวิชาการ
เกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2, 37-55 น.

วารุณี พานิชผล. 2538. คุณค่าทางอาหารสัตว์ของหญ้าแฝก. กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์. กองอาหาร
สัตว์. กรมปศุสัตว์. 1 น.

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. 2543. วิทยาศาสตร์เส้นใย. 93-102 น.

กลุ่มสตรี และเยาวชนสหกรณ์. ผลิตภัณฑ์จากยางพารา. ศูนย์วิจัยยางยะเชิงเทรา. สถาบันวิจัยยาง.
กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากเศษไม้ยูคาลิปตัส ด้วยกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม³

ภาวดี เมระคานนท์¹

วรธรรม อุ่ณจิตติชัย²

วริญญา โลมรัตน์²

ภัทรภรณ์ นภัชยเทพ²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากการใช้กาว PVA (กาว Control) กาว PVA + ไคโตซาน (กาว Formula 1) กาว PVA + ลิกนิน+ แป้ง(กาว Formula 2) และ กาว PVA + ลิกนิน + ไคโตซาน (กาว Formula 3) เป็นตัวประสานเท่ากับ 3.62% ในปริมาณเนื้อกาวแห้งเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้อัดยูคาลิปตัส

จากการทดสอบพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว Formula 1 กาว Formula 2 และกาว Formula 3 เป็นตัวประสาน จะมีค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำและการดูดซึมน้ำที่ต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว Control เป็นตัวประสาน ให้ค่าความต้านทานแรงดัด (MOR) ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) และค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) ของแผ่นชิ้นไม้อัด มากกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว Control เป็นตัวประสาน และเมื่อพิจารณาคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดด้านต่าง ๆ โดยรวมแล้ว พบว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว Formula 2 เป็นตัวประสานมีคุณสมบัติ ด้านต่าง ๆ โดยรวมดีที่สุด

เมื่อทำการทดสอบและเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards ผลปรากฏว่าค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นชิ้นไม้อัด (813 – 847 kg/m³ และ 7.04 – 7.26% ตามลำดับ) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนค่าความต้านทานแรงดัด (22.90 – 26.65 MPa) และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (1.02 – 1.51 MPa) มีค่าที่สูงกว่าหรือดีกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทดสอบ พบว่า ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (1890.1 - 2110.0 MPa) และการพองตัวหลังการแช่น้ำ (20.02 – 31.01%) ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดและควรปรับปรุงค่าทั้งสองดังกล่าวต่อไป

¹ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

² นักวิชาการป่าไม้ 8ว งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้
สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

³ เผยแพร่ในรายงานผลการวิจัย ประจำปี 2549 สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ (รหัส ISBN : 974-7627-39-6)

คำนำ

ความสำคัญและที่มาในการผลิตวัสดุทดแทนไม้ (Wood substitute materials) จากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรสืบเนื่องมาจากสาเหตุหลัก คือ 1. สภาพปัญหาด้านทรัพยากรป่าไม้ที่จำเป็นต้องลดการใช้ไม้ธรรมชาติในประเทศเพื่อรอการฟื้นฟูป่าไม้ ให้เพียงพอจนเกิดความสมดุล ต่อสิ่งแวดล้อม 2. เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่มีอยู่จำนวนมากในประเทศ 3. อุตสาหกรรมไม้ประกอบ (Wood composite) ได้แก่ แผ่นซีเอ็มเอ (particleboard) แผ่นไฟเบอร์บอร์ด (Fiberboard) และแผ่นไม้อัดสารแร่ (inorganic - bonded wood composite) เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญและมีขนาดใหญ่ วัตถุดิบและองค์ประกอบหลักของไม้ประกอบคือ เศษไม้ขนาดเล็กและกาวซึ่งปริมาณกาวที่ใช้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของไม้ประกอบ เช่น 6-8 % กาวโดยน้ำหนักสำหรับแผ่นซีเอ็มเอ 8-10% กาวสำหรับแผ่นไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density fiberboard, MDF) 3-5% กาวสำหรับ Plywood และ 2-5 % กาวสำหรับแผ่นโอเอสบี (OSB, oriented strand board) (Peshkova and Li, 2003) กาวติดไม้ที่นิยมใช้อยู่ในอุตสาหกรรมปัจจุบัน คือ กาวยูเรีย - ฟอรั่มัลดีไฮด์ (UF, urea - formaldehyde) กาวฟีนอล - ฟอรั่มัลดีไฮด์ (PF, phenal - formaldehyde) และกาวเมลานิลฟอรั่มัลดีไฮด์ (MF, melamine - formaldehyde) กาวเหล่านี้จะปลดปล่อยฟอรั่มัลดีไฮด์ออกมาในขั้นตอนการผลิตไม้ประกอบ ซึ่งเป็นอันตรายกันดีว่าไอระเหยของฟอรั่มัลดีไฮด์ เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็ง) ทำให้เกิดการระคายเคืองตา คอ และระบบทางเดินหายใจ ดังนั้นหน่วยงานด้านความปลอดภัย จึงได้จำกัดปริมาณฟอรั่มัลดีไฮด์ที่ถูกปลดปล่อยในขั้นตอนการผลิตไม้ประกอบไว้ที่ประมาณ 1 ppm (Peshkova and Li, 2003) และด้วยความตระหนักถึงสุขภาพและเหตุที่กาวเหล่านี้เป็น ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม ที่มีปริมาณมีแวนโน้มลดลงเรื่อยๆ ในอนาคตความสนใจและความต้องการกาวติดไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงมีสูงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกาวติดไม้ที่ได้จากธรรมชาติ

จึงมีการวิจัยกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขึ้น และนำกาวที่ได้มาทำการ ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ โดยนำมาเป็นตัวประสานในการผลิตแผ่นซีเอ็มเอจากเศษไม้ยูคาลิปตัส นำแผ่น ซีเอ็มเอที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ และนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards ภายใต้โครงการ วิจัยการศึกษาความเป็นไปได้ของสายการผลิต แผ่นวัสดุทดแทนไม้จาก ไม้ปาล์มน้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อชุมชน แผนงานวิจัยการพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้จาก ไม้ปาล์มน้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอื่นๆ (เริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549 – 2553)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณสมบัติของกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งพัฒนาขึ้น สำหรับใช้เป็นตัวประสานในการผลิตแผ่นซีเอ็มเอจากเศษวัสดุไม้และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

วิธีการดำเนินการ

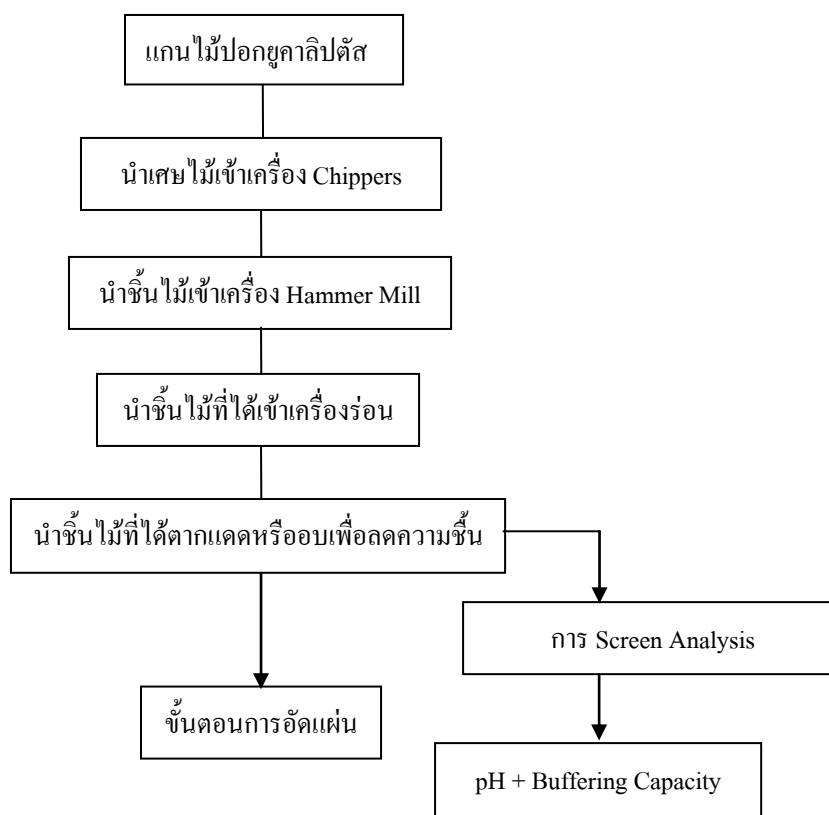
การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาคุณสมบัติของกาวโดยใช้ตัวอย่างเศษไม้ยูคาลิปตัสที่เหลือ จากการแปรรูปผลิตเป็นแผ่นซีเมนต์ โดยการทดสอบใช้กาControl กาวFormula 1 กาวFormula 2 และกาว Formula 3 เป็นตัวประสานในการอัดแผ่นต่อน้ำหนักอบแห้งของไม้ แล้วนำแผ่นซีเมนต์อัดที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ โดยใช้มาตรฐาน JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD. Particleboards, JIS A 5908 – 1994 โดยกำหนดแผ่นปรกติเกิลที่มีความหนาแน่นระดับ 800 กก./ม.³

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นซีเมนต์ได้ปฏิบัติดำเนินงานที่ห้องทดลองของงานวิจัยแผ่นประกอบของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

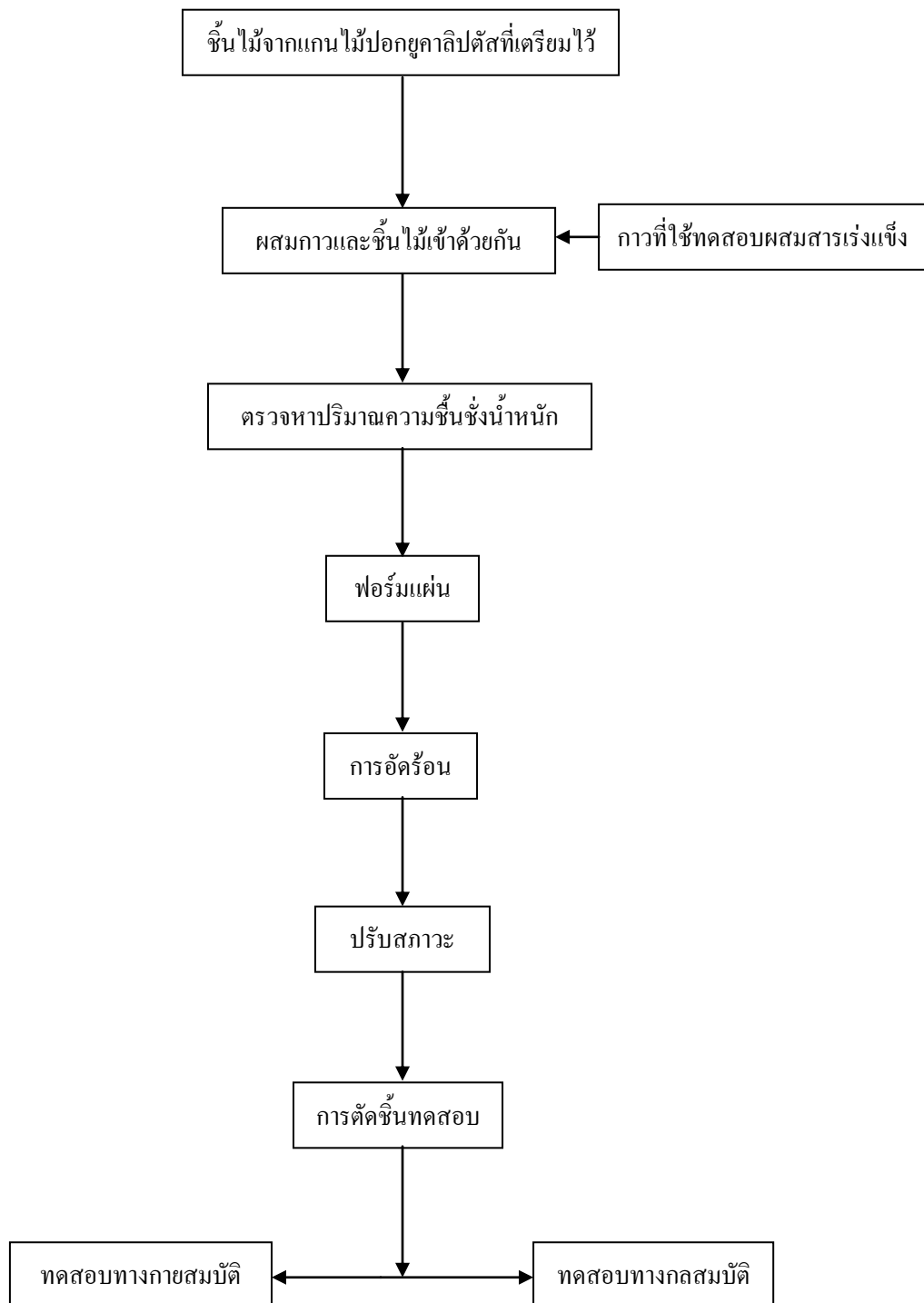
1. การเตรียมวัสดุและการดำเนินงาน

1.1 วัสดุทดลองและการเตรียม

การเตรียมซีเมนต์ทดลองการวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งต้องนำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้ซีเมนต์ที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ในการเตรียมไม้ ได้ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการเตรียมซีเมนต์ก่อนการอัดแผ่น



ภาพที่ 2 แสดงการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้ออกยูกาลิปตัส

1.2 การเตรียมกาวในการศึกษาผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์เนื้อกาวต่อน้ำหนักแห้งของขึ้นไม้อยู่ที่ระดับ 25% กาวที่ใช้ในการอัดแผ่น คือ

กาว Control : PVA (14%) + Citric acid (1%) + น้ำ

กาว Formula 1 : PVA (14%) + Citric acid (1%) + ไคโตซาน (0.4%) + น้ำ

กาว Formula 2 : PVA (14%) + Citric acid (1%) + ลิกนิน (0.4%) + แป้ง (1.25%) + น้ำ

กาว Formula 3 : PVA(14%) + Citric acid (1%) + ลิกนิน (0.1%) + ไคโตซาน (0.22%) + น้ำ

1.3 สารเร่งแข็ง (Hardener) เป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้นลดระยะเวลาการอัดร้อนให้สั้นขึ้น สารเร่งแข็งที่ใช้ในการผสมครั้งนี้ทุกสูตรกาวใช้สารเร่งขึ้น เฮกซามะทอกซีเมทิล เมลามีน (Hexamethoxy methyl melamine) เมื่อเติมสารเร่งนี้ลงในเนื้อกาวแล้ว ปฏิกิริยาของกาวก็จะเกิดเร็วขึ้น จึงส่งผลให้อายุการใช้งานของกาวสั้นลงด้วย ซึ่งในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดนี้ มีการผสมสารเร่งแข็ง X - Linker ลงในการผสมกาวในระดับความเข้มข้น 17.6% ของน้ำหนักของสารเร่งแข็งต่อน้ำหนักของกาวเหลว

1.4 การตรวจสอบหาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่ง พิจารณาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่งนี้ ทำเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลวิจารณ์การทดลอง อีกทั้งยังศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติแผ่นทดลองโดยทำการควบคุมแรงดัน ลมที่มีผลต่อละอองกาว ที่ได้จากการทดลองในสภาวะต่าง ๆ กัน

1.5 ปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นขึ้นอัดจากไม้ยูคาลิปตัส มีดังนี้

สภาวะต่าง ๆ ที่กำหนดในการผลิต

ความหนาแน่น	800 กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10 มม.
ขนาดของแผ่น	250 x 250 x 10 มม.
ความชื้นของขึ้นไม้ก่อนผสม	6.78%
ปริมาณกาว*	25%
ปริมาณสารเร่งแข็ง**	17.6%
ความชื้นของขึ้นไม้หลังการผสม	18.32%
อุณหภูมิในการอัด	150°c
ระยะเวลาในการอัด	15 นาที

หมายเหตุ *เทียบเป็นน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้งของขึ้นไม้

**เทียบเป็นน้ำหนักสดต่อน้ำหนักของกาวเหลว

1.6 ปริมาณส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการผลิต แผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส คือ ชินไม้ กาว สารเร่งแห้งและน้ำ ซึ่งมีอัตราส่วนผสมตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมต่าง ๆ ของการผสมกาวเพื่อการโรยแผ่นประกอบก่อนอัดร้อน

(กำหนดความหนาแน่นของแผ่น = 800 กก./ ลบ.ม. ขนาดแผ่น = 250 x 250 x 10 มม.

กาว 25% * และ Hd. 17.6% **)

ลำดับที่	สภาวะทดลอง	ปริมาณการผสมกาวเพื่อ 15% (กรัม)			ปริมาณส่วนผสมเพื่อการโรยแผ่น (กรัม)
		น้ำหนักชินไม้ที่ MC 6.78%	น้ำหนักกาวเหลวที่ใช้	น้ำหนักของ X-linker เหลวที่ใช้	
1	กาว Control	651	162.65	28.62	592
2	กาว Formula 1	651	162.65	28.62	592
3	กาว Formula 2	651	162.65	28.62	592
4	กาว Formula 3	651	162.65	28.62	592

หมายเหตุ *เทียบเป็นน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้งของชินไม้

**เทียบเป็นน้ำหนักสดต่อน้ำหนักของกาวเหลว

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

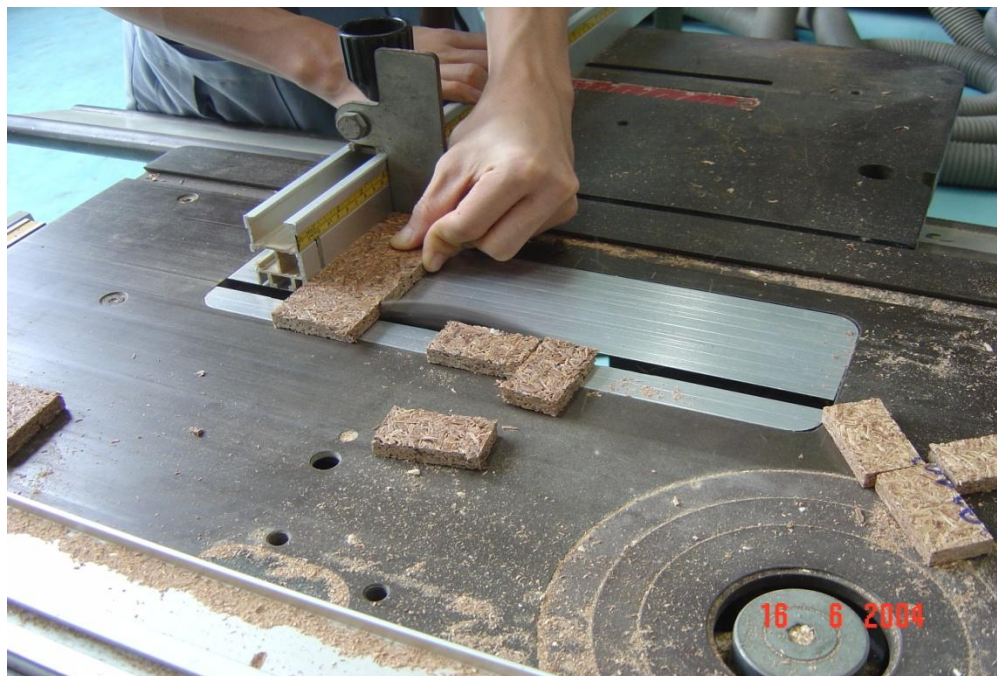
1. ในการผสมกาวกับชินไม้ ผสมเนื้อกาวและสารเร่งแห้งได้ตามสัดส่วนที่กำหนดแล้วนำ กาวเทใส่กระบอกสเปรย์กาวแล้วชั่งชินไม้ให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณไปเทใส่เครื่องผสมกาวกับชินไม้ใช้กำลังอัดของลมจากเครื่องปั๊มลม 7.4 กก./ ซม.² เข้าช่วยในการผสม ความชื้นของชินไม้หลังการ ผสมกาวและสารเติมแต่ง เรียบร้อยแล้วอยู่ประมาณ 18.32%

2. การโรยแผ่นเตรียมอัด นำชินไม้ที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วนำไปชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณแล้วนำชินไม้มาโรยแผ่น โดยใช้แผ่นสแตนเลสแผ่น โรยชินไม้ลงบนแผ่นสแตนเลสขนาด 250 x 250 มม. เมื่อโรยชินไม้หมดแล้ววางแผ่นสแตนเลสทับบนชินไม้ วางแท่งเหล็กหนา 10 มม. ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน

3. การอัดร้อนหลังจากโรยแผ่นเตรียมอัดเสร็จแล้วให้นำไปเข้าเครื่องอัดร้อนโดยใช้แรงดันประมาณ 200 กก./ ซม.² ใช้ระยะเวลาในการอัด 15 นาที แล้วจึงนำแผ่นชินไม้อัดออกจากเครื่องอัดร้อน

4. การปรับความชื้นแผ่นขึ้นอัดเมื่ออัดด้วยเครื่องอัดร้อนแล้ว จะมีความชื้นกระจายอยู่ไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น นำไปปรับความชื้นในห้องปรับความชื้นที่อุณหภูมิปกติเป็นระยะเวลานาน 7 วัน แล้วจึงนำแผ่นขึ้นอัดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและทางกลสมบัติต่อไป

5. การเตรียมชิ้นทดสอบ ในการทดสอบทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ นำแผ่นชิ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสที่ผลิตได้ตัดเป็นชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 โดยตัดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้แต่ละคุณสมบัติ



ภาพที่ 3 ภาพแสดงการตัดขนาดแผ่นชิ้นทดสอบ



ภาพที่ 4 ภาพแสดงแผ่นชิ้นทดสอบ

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสที่ผลิตได้จากสถานะการทดลองทางกายสมบัติ และทางกลสมบัติ

3.1 การทดสอบทางกายสมบัติ

1. ทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ตัดแผ่นขึ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 วัดความหนาแน่น ซึ่งกำหนดขนาดของชิ้นไม้ไว้ 100 x 100 มม. วัดความกว้างและความยาวของแผ่นขึ้นทดสอบ ขนานกับขอบ แล้วหาค่าเฉลี่ยวัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง หาค่าเฉลี่ยใช้ไมโครมิเตอร์เป็นตัววัด ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มม. วัดที่บริเวณขอบของแผ่นปาร์ติเกิล ทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกลงเข้าไปจากขอบประมาณ 25 มม. รายงานค่าความหนาแน่นของแผ่นขึ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย อบแผ่นขึ้นทดสอบในเตาอบที่อุณหภูมิ $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำแผ่นขึ้นทดสอบมาใส่โถทำแห้ง (Desicator) ปล่อยให้เย็น ชั่งแผ่นขึ้นทดสอบหลังอบแห้ง รายงานค่าความชื้นของแผ่นขึ้นทดสอบแต่ละชิ้นและหาค่าเฉลี่ย

2. ทดสอบหาการดูดซึมน้ำและการพองตัวตัดแผ่นขึ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 วัดความหนาแน่น และปริมาณความชื้นก่อน ซึ่งกำหนดขนาดของชิ้นไม้ไว้ 50 x 50 มม. แล้ววัดความหนาทั้ง 4 มุม ของแผ่นทดสอบแล้วชั่งน้ำหนักแผ่น นำไปแช่น้ำโดยแช่แผ่นขึ้นทดสอบในภาชนะที่บรรจุน้ำที่นิ่ง และสะอาดที่อุณหภูมิห้องโดยวางแผ่นขึ้นทดสอบไว้ในระนาบเดียวกับระดับผิวน้ำ และขอบบนอยู่ใต้น้ำ ประมาณ 20 มม. แผ่นขึ้นทดสอบแต่ละแผ่นต้องวางห่างกัน และต้องห่างผนังภาชนะพอสมควร เมื่อแช่แผ่นขึ้นทดสอบครบ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง นำแผ่น ขึ้นทดสอบขึ้นจากน้ำ รายงานค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำ และการขยายตัว ตามความหนาของตัวอย่างแต่ละแผ่น

3.2 การทดสอบทางกลสมบัติ

1. การทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น ตัดแผ่นขึ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 ซึ่งกำหนดขนาดของแผ่นขึ้นไม้ไว้ 50 x 200 มม. วางขึ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับ ซึ่งมีระยะห่าง 15 เท่าของความหนาของแผ่นขึ้นทดสอบ ให้ปลายแผ่นขึ้นทดสอบยื่นออกไปจากแท่นรองรับ ประมาณข้างละ 25 มม. เท่า ๆ กัน ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของแผ่นขึ้นทดสอบ โดยมีอัตราแรงกดอย่างสม่ำเสมอ ประมาณ 10 mm / min เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งแผ่นขึ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างแรงกดกับค่าการแอ่นตัว (Deflection)

2. ทดสอบความต้านแรงดึงดึงจากกับผิวหน้า ตัดแผ่นขึ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 ซึ่งกำหนดขนาดของแผ่นขึ้นไม้ไว้ 50 x 50 มม. โดยทำการวัดทุกแผ่นติดผิวหน้าทั้งสองของแผ่นขึ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวแผ่นขึ้นทดสอบ ให้ยึดติดแผ่นขึ้นทดสอบเข้ากับแผ่นดึง ซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม เพื่อหาค่า แรงดึงสูงสุด โดยดึงในแนวตั้ง ใช้ความเร็วในการดึง 2 mm / min เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งแผ่นขึ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านทานแรงดึงดึงจากกับผิวหน้าของตัวอย่างแต่ละแผ่น

ผลการดำเนินงาน

การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากเศษไม้ยูคาลิปตัสด้วยกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้เศษไม้ยูคาลิปตัสที่มีความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. มาผลิตเป็นชิ้นเกล็ดไม้เพื่อใช้เป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดครั้งนี้

1. การวิเคราะห์ขนาดชิ้นเกล็ดไม้ยูคาลิปตัส

โดยการนำเอาชิ้นเกล็ดไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการย่อยให้ได้ชิ้นขนาดเล็ก นำไปชั่งน้ำหนักแล้วเข้าเครื่องร่อน แล้วนำไปการวิเคราะห์ขนาดชิ้นเกล็ดไม้ยูคาลิปตัส ดังนี้

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ขนาดชิ้นเกล็ดไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

ตัวอย่าง	ตระแกรง*	ขนาด			สัดส่วนความเพรียว	ปริมาณโดยน้ำหนัก (%) เฉลี่ย
		กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)	หนา (มม.)		
เกล็ดไม้ยูคาลิปตัส	+ 5	3.96	11.20	1.78	6.31	0.19
	- 5+12	2.13	11.94	1.34	8.89	32.93
	- 12+20	1.01	10.32	1.31	7.86	55.45
	- 20 +40	0.9	8.0	0.48	16.68	10.89
	- 40+60	0.25	5.73	0.21	27.28	0.45
	- 60	-	-	-	-	0.08

* การวัดขนาดชิ้นเกล็ดไม้แต่ละ mesh เป็นค่าเฉลี่ยจากการวัดขนาดชิ้นเกล็ดไม้ จำนวน 100 ชิ้น

จากตารางพบว่า ชิ้นเกล็ดไม้ที่ใช้ผลิตแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส มีขนาดของชิ้นไม้ที่ใช้ในการอัดแผ่นมีขนาดความกว้างประมาณ 1.01 มม. ความยาวประมาณ 10.32 มม. และความหนา 1.31 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 55.45% และมีสัดส่วนความเพรียว 7.86 เท่า

3. ความเป็นกรดเป็นด่างของชิ้นเกล็ดไม้ยูคาลิปตัส

การหาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) และความสามารถในการฟ่อนความเป็นกรดของไม้ (Buffering Capacity) โดยนำชิ้นไม้ที่บดละเอียด 40 เมช แช่และกวนในน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้ไปหาค่า pH และฟ่อนความเป็นกรดให้ pH ของสารละลายที่ 5.5 โดยใช้สารละลายซัลฟูริกเจือจาง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อน ความเป็นกรดของชิ้นไม้ยางพาราและ ไม้ยูคาลิปตัส

ชนิดไม้	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของไม้ (pH Average)	การฟ่อนความเป็นกรดของไม้ (Acid Buffering Capacity) Milliequivalent (x 10 ⁻²)
ไม้ยูคาลิปตัส	5.13	36.18
ไม้ยางพารา*	5.78	40.8

* วรธรรม, 2543: หน้า 91

สรุปค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดของไม้

จากตารางจะเห็นได้ว่าชิ้นไม้ยูคาลิปตัสจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและการฟ่อนความเป็นกรดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.13 และ 36.18 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไม้ยางพารา โดยไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.78 และ 40.8 ตามลำดับ

4. สมบัติต่าง ๆ ของกาวชนิดต่างๆ

ผลการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของกาวชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นอัดมีดังนี้
ตารางที่ 4 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของสมบัติต่างๆ ของกาวที่พัฒนาขึ้นชนิดต่าง ๆ

ชนิดกาว	Control	Formula1	Formula2	Formula3	X-linker
ค่า pH	3.16	3.47	3.36	3.44	3.81
ความหนืด (cps)	110	265.50	123.17	164.50	2180.00
Non-volatile content (%)	14.97	13.98	15.16	13.81	*
Gel time (sec) at 100 °C ผสม X – linker 17.6%	48	47	40	44	*
Specific gravity	1.035 (31 ⁰ c)	1.04 (31.8 ⁰ c)	1.042(32.2 ⁰ c)	1.040 (32 ⁰ c)	1.21 (34 ⁰ c)

หมายเหตุ * ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นซีเมนต์จากเศษไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งใช้กาว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 เป็นตัวประสาน

ชนิดกาวที่ทดสอบ	ค่า TS (%)		ค่า WA (%)		ค่าที่ทดสอบ				
	แช่น้ำที่ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง	แช่น้ำที่ 2 ชั่วโมง	แช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง	MOR (MPa)	MOE (Mpa)	IB (Mpa)	Density (kg/m ³)	Moisture Content (%)
Control	23.21 ก*	31.01 ก	48.98 ก	59.61 ก	24.51 ก	1890.1 ก	1.02 ก	831 ก	7.26 ก
Formula 1	19.29 ก	24.69 ข	35.03 ข	50.32 ก	25.65 ก	2135.5 ก	1.51 ข	813 ก	7.20 ก
Formula 2	12.73 ข	20.02 ค	37.70 กข	53.23 ก	26.65 ก	2168.3 ก	1.40 ก	834 ก	7.04 ก
Formula 3	12.99 ขค	23.92 ขง	33.64 ขค	53.27 ก	22.90 ก	2110.0 ก	1.32 ก	847 ก	7.10 ก
UF**	8.43 ง	13.90 จ	23.90 ง	41.59 ข	15.70 ข	1811.90 ข	1.39 ก	795 ข	12.10 ข
JIS (18 type)	-	<12	-	-	>18	>3000	>0.3	400-900	5-13
JIS (13 type)	-	<12	-	-	>13	>2500	>0.2	400-900	5-13

* ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดสอบด้วยวิธี Least Significant Difference test

** ที่มา : วรธรรม และคณะ , 2547

5. ผลการทดสอบแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

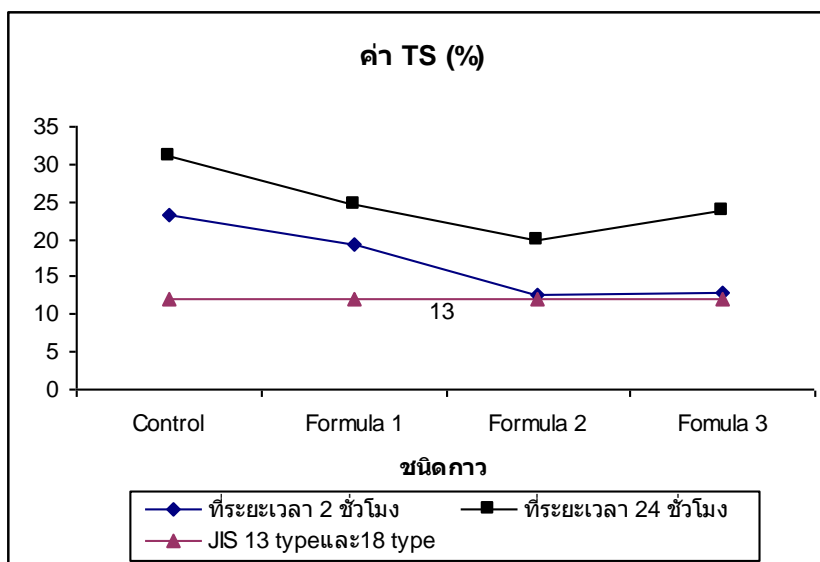
1.การพองตัวหลังการแช่น้ำ 2 ชั่วโมง

กาว Control และ Formula 1 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กาว Formula 2 และ Formula 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และกาว Control มีความแตกต่างกันจากกาว Formula 2 และ Formula 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.การพองตัวหลังการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

กาว Control Formula 1 และ Formula 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและกาว Formula 1 และ Formula 3 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 ปรากฏว่าค่าการพองตัวของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสต่อกาว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 ที่ทดสอบมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด



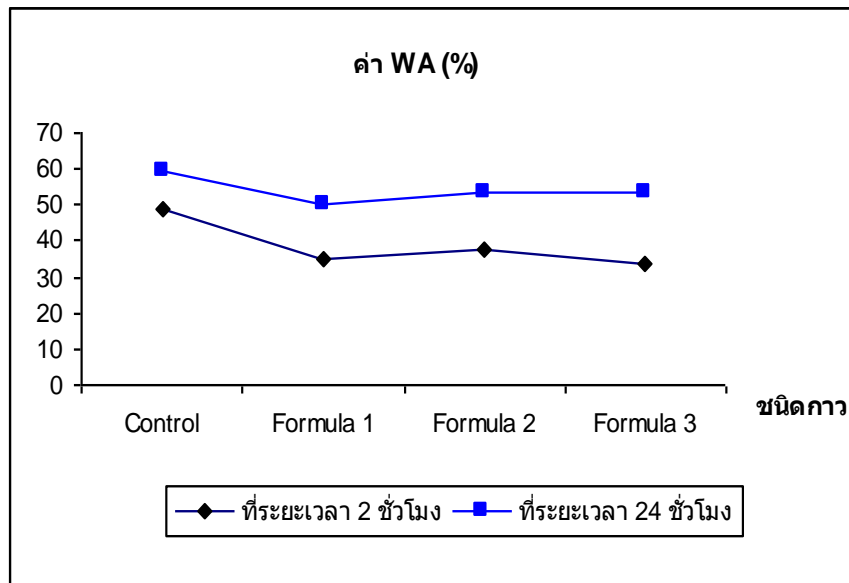
ภาพที่ 5 แสดงค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

3.การดูดซึมน้ำหลังการแช่น้ำที่ 2 ชั่วโมง

กาว Control และ Formula 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กาว Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กาว Control และ Formula 2 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4. การดูดซึมน้ำหลังการแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง

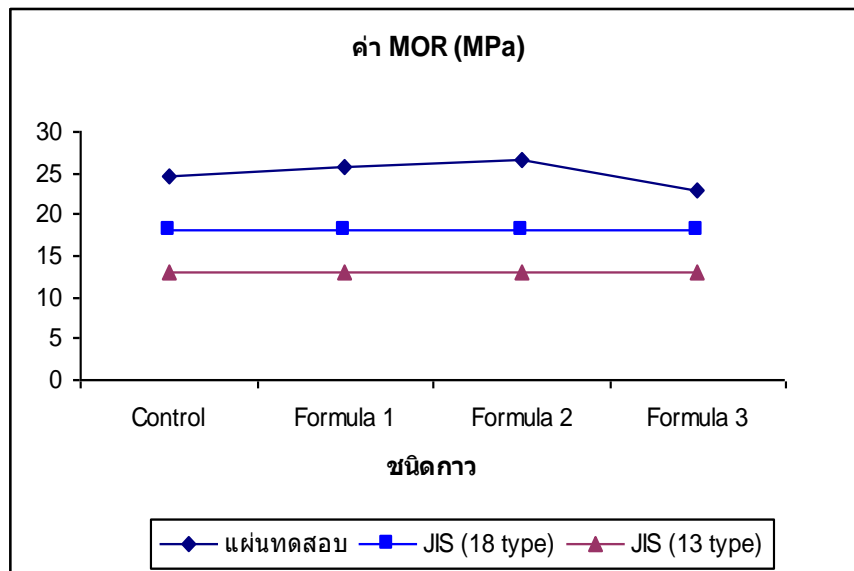
ถาวร Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 6 แสดงค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

5. ค่าความต้านทานแรงดัน (MOR)

ถาวร Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

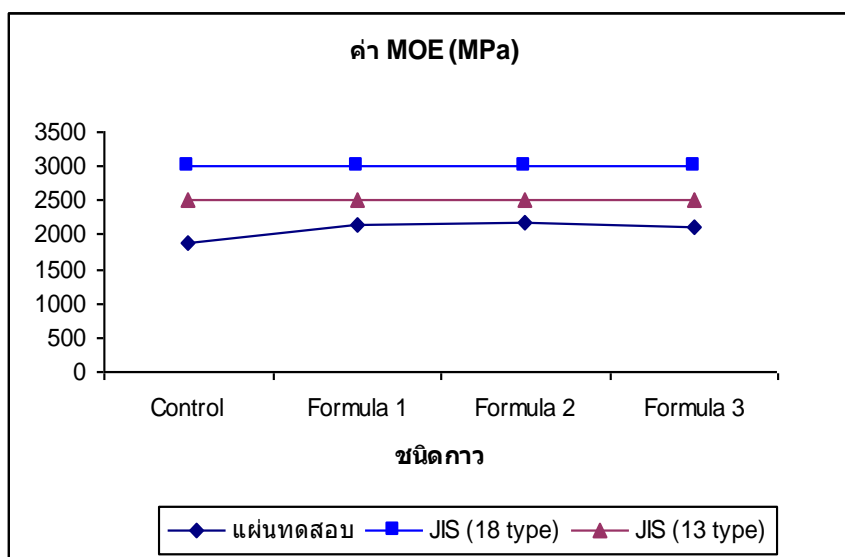


ภาพที่ 7 แสดงค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

จากผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 ปรากฏว่าค่าความต้านทานแรงดัน (MOR) ของแผ่นซีเมนต์อัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสต่อท้าว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 ที่ทดสอบมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดย Formula 2 มีแนวโน้มของค่า MOR สูงสุด

6.ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MOE)

ท้าว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

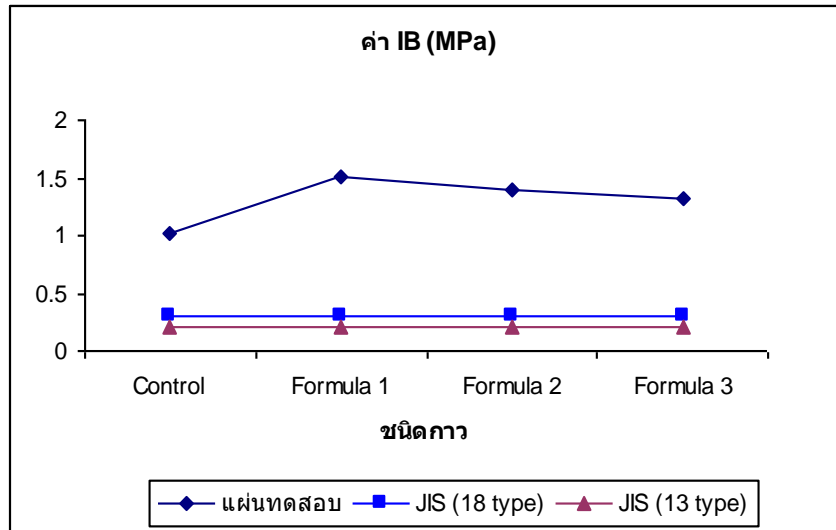


ภาพที่ 8 แสดงค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์อัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

จากผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 ปรากฏว่าค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) ของแผ่นซีเมนต์อัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสต่อท้าว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 ที่ทดสอบมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

7. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB)

ท้าว Control Formula 2 และ Formula 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
ท้าว Control และ Formula 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

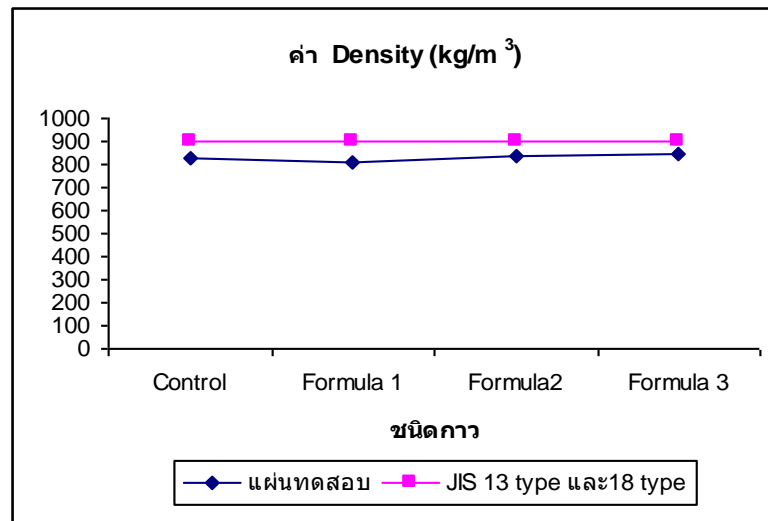


ภาพที่ 9 แสดงค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นชิ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

จากผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 ปรากฏว่าค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) ของแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสต่อกาว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 ที่ทดสอบมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดย กาว Formula 1 และ Formula 2 มีแนวโน้มที่ให้ค่าดังกล่าวสูงที่สุด ตามลำดับ

8.ความหนาแน่น

กาว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

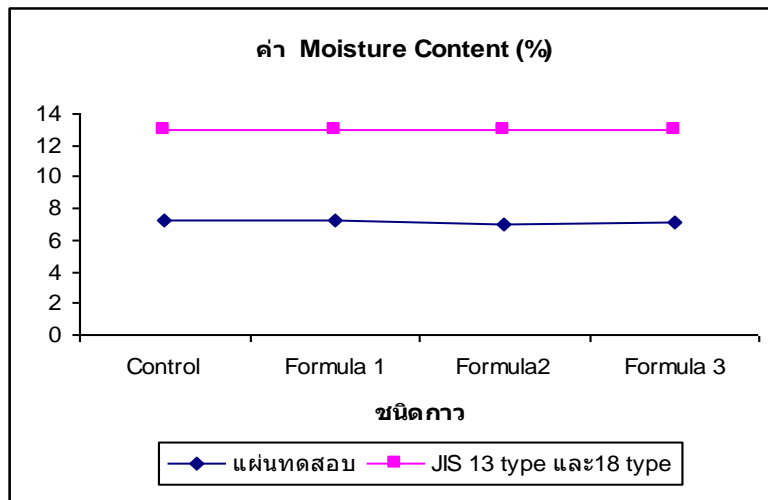


ภาพที่ 10 แสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นชิ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

จากผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 ปรากฏว่าค่าความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสต่อกาว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 ที่ทดสอบมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

9. ความชื้น

ถ้าว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 11 แสดงค่าความชื้นของแผ่นขึ้น อัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส

จากผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 ปรากฏว่าค่าความชื้นของแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสต่อถ้าว Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 ที่ทดสอบมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

สรุปผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์ชิ้นเกล็ดไม้

ชิ้นเกล็ดไม้ที่ใช้ผลิตแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส มีขนาดของชิ้นไม้ที่ใช้ในการอัดแผ่นมีขนาดความกว้างประมาณ 1.01 มม. ความยาวประมาณ 10.32 มม. และความหนา 1.31 มม. มีปริมาณมากที่สุดถึง 55.45% และมีสัดส่วนความเพียว 7.86 เท่า

2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส

เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยางพารา ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของชิ้นเกล็ดไม้ยูคาลิปตัส จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของไม้ยางพารา

3. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายสมบัติของแผ่นขึ้นอัดจากไม้ยูคาลิปตัส เปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994

3.1 ความหนาแน่นของแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส ค่าที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 พบว่ามีความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 18 type และ 13 type โดยถ้าว Formula 3 มีความหนาแน่นมากที่สุด (847 กก./ ลบ.ม.) และถ้าว Formula 1 มีความหนาแน่นน้อยที่สุด (813 กก./ ลบ.ม.)

3.2 ความชื้นของแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส ค่าที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 พบว่ามีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดทั้ง 18 type และ 13 type โดยกา Formula 2 มีความชื้นน้อยที่สุด (7.04%) และกา Control มีความชื้นมากที่สุด (7.26%)

3.3 การพองตัวในเวลาหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เมื่อใช้กาสูตรต่างๆ Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 จะได้ค่าการพองตัวที่แตกต่างกัน แต่จะมีกา Formula 1 และ Formula 3 จะมีค่าการพองตัวใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 พบว่ามีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดทั้ง 18 type และ 13 type โดยกา Control จะมีค่าสูงสุดคือ 31.01 %

4. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกลสมบัติของแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส เปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994

4.1 ค่าความต้านแรงดัด (MOR) เมื่อใช้กาสูตรต่างๆ Control Formula 1 Formula 2 และ Formula 3 มีค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 พบว่าค่าที่ได้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดทั้ง 18 type และ 13 type โดยกา Formula 3 มีค่าความต้านแรงดัดน้อยที่สุด คือ 22.90 MPa และกา Formula 2 มีค่าความต้านแรงดัดมากที่สุด คือ 26.65 MPa

4.2 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) เมื่อใช้กาสูตรต่างๆ Control, Formula 1, Formula 2 และ Formula 3 มีอัตราส่วนที่แตกต่างกันใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 พบว่ากาทุกชนิดมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดทั้ง 18 type และ 13 type โดยกา Control มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นน้อยที่สุด คือ 1890.1 MPa และ กา Formula 2 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมากที่สุดคือ 2168.3 MPa

4.3 ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) กา Control Formula 2 และ Formula 3 มีอัตราส่วนที่แตกต่างกันมีค่าใกล้เคียงกัน แต่กา Formula 1 จะมีค่าที่แตกต่างจากกา Control Formula 2 และ Formula 3 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908 – 1994 พบว่ากาทุกชนิดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดทั้ง 18 type และ 13 type โดยกา Control มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้าน้อยที่สุด คือ 1.02 MPa และ กา Formula 1 มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวน้านมากที่สุด คือ 1.51 Mpa

5. การเปรียบเทียบกับแผ่นขึ้นอัดที่ใช้กาชนิดอื่นเป็นตัวประสาน

เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นขึ้นอัดที่ได้จากการศึกษาการผลิตแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้กายูเรีย – ฟอรั่มลดีไฮด์ เป็นตัวประสาน พบว่า แผ่นขึ้นอัดที่ใช้กา Control กา Formula 1 กา Formula 2 และกา Formula 3 เป็นตัวประสาน มีค่าการพองตัวหลังและการดูดซึมน้ำการแช่นานาน 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง ค่าความต้านทานแรงดัด (MOR) ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) และค่าความแน่นของแผ่นขึ้นอัดสูงกว่าแผ่นขึ้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้กายูเรีย – ฟอรั่มลดีไฮด์ เป็นตัวประสาน แต่จะมีค่าความชื้นของแผ่นขึ้นอัด มากกว่า ส่วนค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) พบว่าแผ่น ขึ้นอัดที่ใช้กา Control กา Formula 1 กา Formula 2 กา Formula 3 และกายูเรีย – ฟอรั่มลดีไฮด์ เป็นตัวประสาน จะมีค่าใกล้เคียงกัน (ดังที่ได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 5)



ภาพที่ 12 แผ่นชั้นอัดจากเศษไม้ยูคาลิปตัส โดยใช้กาว Control กาว Formula 1
กาว Formula 2 และกาว Formula 3

เอกสารอ้างอิง

- วรรณม อุจน์จิตติชัย. 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีการผลิต เอกสารวิชาการ เลขที่ ร. 514 ส่วนพัฒนาอุตสาหกรรมป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ สำนักงานจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 202 หน้า.
- วรรณม อุจน์จิตติชัย. 2543. แผ่นปาร์ติเกิลจากเศษไม้กฤษณาชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม , น. 87 – 105 . ใน รายงานผลการวิจัยสายงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ 2541 – 2542. เลขที่ ร. 572 ส่วนพัฒนา อุตสาหกรรมป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ สำนักงานจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรม ป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- วรรณม อุจน์จิตติชัย. 2547 .การใช้ประโยชน์จากไม้ยางนาและไม้ยูคาลิปตัสที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเป็น แผ่นวัสดุทดแทนไม้ชนิดแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด . ในรายงานผลการวิจัยสายงานอุตสาหกรรมวัสดุ ทดแทนไม้ ส่วนพัฒนาอุตสาหกรรมป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ สำนักงานจัดการป่าไม้และผลิตผล ป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- Kollman, F.F.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975. Principles of Wood Science and Technology. Vol.II Springer – Verlag, New York.

- Lanthrop, E.C. and T.R. Naffziger. 1948a. Evaluation of fibrous agricultural residue for structural building board products. I. Methods and equipment. Paper Trade Journal. 127 (27) : 53 – 60
- Lanthrop, E.C. and T.R. Naffziger. 1948a. Evaluation of fibrous agricultural residue for structural building board products.II. Fundamental studies on wheat straw fiber. Tappi. 32 (2) : 91 – 96
- Lanthrop, E.C. and T.R. Naffziger. 1948a. Evaluation of fibrous agricultural residue for structural building board products.III. A process for the manufacture of high grade products from wheat straw. Tappi, 32 (7) : 319 – 330
- Peshkova, S. and Li, K. (2003) Investigation of chitosan – phenolics systems as wood adhesives, Journal of Biotechnology ,102, 199 - 207

การศึกษาการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลหวง^{1,4}

A Study of using Leaves of Cat-tail for Particleboard Production

พัฒนา โสภณ²

Phattana Sophon²

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์²

Poosit Lertwatanarak²

วรรณธรรม อุ๋นจิตติชัย³

Woratham Oonjittichai³

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลหวง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลหวงเพื่อใช้ทดแทนไม้จากธรรมชาติ โดยผ่านตะแกรงร่อนแยกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดใหญ่ (A) เท่ากับ 5.5 x 5.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง (B) เท่ากับ 3.4 x 3.4 มิลลิเมตร และขนาดเล็ก (C) เท่ากับ 1.4 x 1.4 มิลลิเมตร โดยแผ่นที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบแบบชั้นเดียวในขั้นตอนการผลิตใช้กาวไอโซไซยานาต 7% นำแผ่นที่เตรียมไว้ในเครื่องอัดร้อนโดยใช้แรงดัน 150 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แผ่นขึ้นอัดที่ได้มีความหนาแน่น 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และความหนา 8 มิลลิเมตร แล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 876-2547 และคุณสมบัติความเป็นฉนวนเปรียบเทียบกับไม้อัดสักหนา 4 มิลลิเมตร ยิปซัมบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร และวัสดุฉนวนทางการค้า

ผลการศึกษาพบว่า ใบหญ้าสลาบลหวงสามารถนำมาอัดเป็นแผ่นขึ้นอัดได้ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพตามที่ต้องการและคุณสมบัติเชิงกลผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.876-2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ) ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น ค่าการพองตัวหลังแช่น้ำ ความต้านแรงดัด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จากการเปรียบเทียบแผ่นขึ้นอัดทั้ง 3 ขนาด พบว่า แผ่นขึ้นอัด B มีคุณสมบัติดีที่สุด โดยมีความต้านแรงดัดเท่ากับ 31.26 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 3,109.4 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.56 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับไม้อัดสักและยิปซัมบอร์ด พบว่า แผ่นขึ้นอัดที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลหวงมีค่าความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่นและแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าดีกว่ายิปซัมบอร์ด ในด้านคุณสมบัติความเป็นฉนวนพบว่า แผ่นขึ้นอัด A มีคุณสมบัติดีที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.204 วัตต์/เมตรเคลวิน ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่ายิปซัมบอร์ดทางการค้า ดังนั้น แผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลหวงจึงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างภายใน

คำหลัก : แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ใบหญ้าสลาบลหวง กาวไอโซไซยานาต

¹ โครงการบูรณาการร่วมระหว่างงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้ และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

² คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

³ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

⁴ เผยแพร่ในรายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2551 สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ (รหัส ISBN : 978-974-7627-54-1)

Abstract

This research aimed to study the feasibility of producing particleboard by using the cat-tail leaves as raw materials. The cat-tail leaves were peeled off and classified into 3 sizes, A(5.5x5.5 mm), B (3.4x3.4 mm) and C (1.4x1.4 mm). The particleboard were made by high temperature pressing in the machine with 7% isocyanate (pMDI) glue to produce single layered board. The compressed force used 150 kg/cm² with the temperature of 120 °c for 5 minutes. The desired density of the particleboard is around 800 kg/m³ and the thickness is 8 mm. These boards were tested as specified in the Thai industrial standards (TISI 876-2547) and thermal properties were compared with 4 mm thick plywood, 9 mm thick Gypsum plasterboard and thermal insulation board.

The results showed that the cat-tail leaves can be used to produce particleboard. The physical and mechanical properties pass the Thai industrial standards (TISI 876-2547) including density, moisture content, thickness swelling, modulus of rupture, modulus of elasticity and tensile strength. It showed that board B provided best properties of modulus of rupture 31.26 N/mm², modulus of elasticity 3,109.4 N/mm² and tensile strength 0.56 N/mm². When boards compared with plywood and Gypsum plasterboard, it showed that the cat-tail leave particleboard yielded the modulus of rupture, modulus of elasticity and tensile strength more than those of Gypsum plasterboard. In case of thermal properties, the board A provided the best-fit thermal conductivity 0.204 W/mK which is lower than those of the commercial Gypsum plasterboards. The above results suggest that the cat-tail leaves particleboard can be used for interior construction.

Key words : Particleboard, cat-tail leaf, isocyanate

คำนำ

ปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยถูกทำลายเป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณพื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างรวดเร็วเพราะความต้องการของมนุษย์ที่นำไม้มาแปรรูปเป็นวัสดุในการก่อสร้างและงานตกแต่งอาคาร เช่น เครื่องเรือน บานประตู บานหน้าต่าง เป็นต้น นับวันความต้องการใช้ไม้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นแต่ปริมาณไม้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ การแก้ปัญหาและการป้องกันในปัจจุบัน คือ การจัดสรรทรัพยากรไม้ให้เพียงพอต่อความต้องการในการใช้ประโยชน์จากไม้ โดยภาครัฐจะต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการ เช่น การปลูกป่า การป้องกันการลักลอบตัดไม้ เป็นต้น แต่สิ่งสำคัญควรหาทางเลือกเพิ่มขึ้น โดยการหาวัสดุทดแทนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนไม้จากธรรมชาติได้ เพื่อช่วยตอบสนองความต้องการใช้ไม้

ไม้เทียม (Artificial wood) เป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยทดแทนไม้จากธรรมชาติ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยการใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างและทดแทนผลิตภัณฑ์ไม้ ปัจจุบันไม้เทียมเป็นที่ยอมรับและเป็นที่ต้องการของตลาดมาก แต่การผลิตไม้เทียมยังต้องสั่งเส้นใยแก้วจากต่างประเทศเข้ามาเป็น

จำนวนมากเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไม้เทียม ทั้งที่ในประเทศไทยมีวัสดุที่ใช้ทดแทนไม้แก้วได้คือ วัชพืชจากธรรมชาติ เช่น ต้นหญ้าสลาบลวง ผักตบชวา เป็นต้น วัชพืชเหล่านี้ โดยเฉพาะต้นหญ้าสลาบลวงจะมีการเจริญเติบโตได้ดีทั่วทุกภูมิภาคในประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและเพาะพันธุ์ สัตว์ร่ายหลายชนิด การกำจัดต้นหญ้าสลาบลวงนิยมเผาทำลายทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ แต่ลำต้นของต้นหญ้าสลาบลวงที่ฝังตัวอยู่ใต้ดินทนต่อความร้อนได้จึงสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ดังนั้นการนำต้นหญ้าสลาบลวงมาผลิตเป็นไม้เทียมประเภทแผ่นขึ้นไม้อัด จึงเป็นการช่วยควบคุมการเจริญเติบโต ช่วยเพิ่มมูลค่าของวัชพืชต้นหญ้าสลาบลวงและยังเป็นการเพิ่มทางเลือกในการทดแทนไม้ ลดการใช้ไม้จากธรรมชาติและไม้เทียมที่ต้องใช้เส้นใยแก้วเป็นวัตถุดิบ งานวิจัยนี้จึงมีส่วนช่วยในการพัฒนาวัชพืชต้นหญ้าสลาบลวง โดยนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด เพื่อทดแทนไม้ธรรมชาติในงานก่อสร้าง งานตกแต่งอาคารทางสถาปัตยกรรมและลดการนำเข้าวัสดุใยแก้วจากต่างประเทศที่ใช้ในการผลิตไม้เทียม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเตรียมหญ้าสลาบลวง ที่ใช้ในก่อสร้างและการตกแต่งอาคารที่เกี่ยวกับงานสถาปัตยกรรมได้ ภายใต้โครงการวิจัยการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากไม้ปาล์ม น้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แผนงานวิจัยการพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้จากไม้ปาล์ม น้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอื่นๆ (เริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549 – 2553) เพื่อทดแทนไม้จากธรรมชาติในก่อสร้างและการตกแต่งอาคารที่เกี่ยวกับงานสถาปัตยกรรมได้ ศึกษาขนาดของใบหญ้าสลาบลวงที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกลและการเป็นฉนวนเปรียบเทียบคุณลักษณะและคุณสมบัติเชิงกลกับแผ่นขึ้นไม้อัดและแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้ำวมถึงเปรียบเทียบคุณสมบัติการเป็นฉนวนกับวัสดุฉนวนทางการค้า

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณที่ศึกษาเชิงทดลองและเปรียบเทียบ โดยมีการทดสอบคุณลักษณะคุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก . 876 -2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ) และคุณสมบัติการเป็นฉนวนของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลวง เปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลและความเป็นฉนวนของไม้อัดสักและยิปซัมบอร์ดที่นิยมใช้เป็นฝ้าผนังภายในที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและทดสอบแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องย่อยชิ้น ไม้(Hammer mill)
2. เครื่องอัดร้อน (Hot pressure)
3. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง(Screening Machine)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก(Electric balance)
5. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ(Universal Testing Machine)

1. การเตรียมวัสดุและการศึกษา

ใช้ใบหญ้าสลาบลวง เป็นวัตถุดิบในการ ผลิตแผ่น ชี้นอัด โดยกำหนด ใช้กาว pMDI เป็นตัวประสาน ปริมาณกาวที่ใช้ 7% ในการอัดแผ่นต่อน้ำหนักอบแห้งของ ชี้น ไม้ แล้วนำแผ่น ชี้นอัด ที่ได้มา เปรียบเทียบค่าทางกายสมบัติและทางกลสมบัติ กับมาตรฐาน มอก. 876 –2547 (แผ่นชี้นไม้อัดชนิดอัดราบ) โดยกำหนดให้แผ่นชี้นอัดมีความหนาแน่น 800 kg/m³

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบ แผ่น ชี้นอัด ได้ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิ ตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ขั้นตอนการเตรียมชี้นไม้ก่อนการอัดแผ่น

1. นำใบหญ้าสลาบลวงตามแหล่งน้ำที่มีการเจริญเติบโตของต้นหญ้าสลาบลวง โดยเลือกที่มีขนาดและอายุใกล้เคียงกัน คือ ต้นหญ้าสลาบลวง 1 ต้น จะต้องมีใบประมาณ 10-15 ใบ แต่ละใบมีความยาว 3.00-3.50 เมตร กว้าง 1.50-2.50 เซนติเมตร และป็นใบหญ้าสลาบลวงที่เขียวสด
2. แยกใบหญ้าสลาบลวงออกจากต้น แยกใบแก่ที่อยู่ด้านนอกและใบอ่อนที่อยู่ด้านในทิ้ง และแยกใบหญ้าสลาบลวงออกจากลำต้น โดยไม่ให้ใบของหญ้าสลาบลวงเกิดการหักงอ เพราะจะทำให้การรับแรงลดน้อยลง
3. นำใบหญ้าสลาบลวงที่แยกออกจากกัน ผึ่งแดดแผ่ใบให้ทั่ว และให้แสงแดดส่องได้ทั่วถึง เพื่อไล่ความชื้นออกได้ทั่วจนใบหญ้าสลาบลวงแห้ง
4. นำใบหญ้าสลาบลวงที่แห้งจากการผึ่งแดดมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง
5. นำใบหญ้าสลาบลวงที่ได้จากการชั่งมาคัดขนาด ด้วยเครื่องคัดขนาด ซึ่งขนาดจะกำหนดด้วยขนาดของตะแกรงร่อน มี 3 ขนาด คือ
 - ขนาดใหญ่ (A) มีความยาว 5.5 มิลลิเมตร และกว้าง 5.5 มิลลิเมตร
 - ขนาดกลาง (B) มีความยาว 3.4 มิลลิเมตรและกว้าง 3.4 มิลลิเมตร
 - ขนาดเล็ก (C) มีความยาว 1.4 มิลลิเมตร และกว้าง 1.4 มิลลิเมตร
6. นำใบหญ้าสลาบลวงที่คัดขนาดแล้วเข้าเครื่องอบเพื่อลดความชื้น โดย ให้ความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4-13 %
7. นำใบหญ้าสลาบลวงที่ผ่านเกณฑ์ของค่าความชื้นเข้าสู่กระบวนการผลิตแผ่นชี้นไม้ต่อไป



Figure 1. Leaves of cat-tail.

2. กระบวนการอัดแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลวง

1. นำใบหญ้าสลาบลวงผสมกับ pMDI ให้ทั่ว โดยใช้เครื่องพ่นกับเครื่อง ผสมกาว โดยใช้ใบหญ้าสลาบลวงและ pMDI เพิ่มปริมาณอีก 10% ของน้ำหนัก เพื่อป้องกันการสูญหายในขณะที่ทำการผสม
2. นำใบหญ้าสลาบลวงผสมกับ pMDI แล้วมาชั่งน้ำหนักตามความหนาแน่นที่ 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
3. นำใบหญ้าสลาบลวงที่ผสมแล้ว มาร้อนกับตะแกรงใส่ในแบบขนาด กว้าง 35 เซนติเมตร และยาว 35 เซนติเมตร ที่รองพื้นด้วยแผ่นเหล็กและแผ่นเทปล่อน ซึ่งการรอนด้วยตะแกรงจะทำให้แผ่นผนังที่อัดมีความหนาแน่นสม่ำเสมอทั่วแผ่น
4. เอาแบบออก ปิดด้วยแผ่นเทป ล่อนและแผ่นเหล็ก ซึ่งมี Stopper กันระหว่างแผ่นเทป ล่อนและแผ่นเหล็กบนและล่าง
5. เปิดเครื่องอัดร้อน โดยใช้แรงอัด 150 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลาในการอัด 5 นาที (วรรณม, 2541)
6. เมื่ออัดเสร็จนำแผ่นที่อัดได้มาฝั่งที่อุณหภูมิห้องปกติ เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง เพื่อให้แผ่นอัดได้ปรับสภาพก่อนนำไปตัดหรือแปรรูป

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ผลิตได้จากสถานะที่ศึกษา

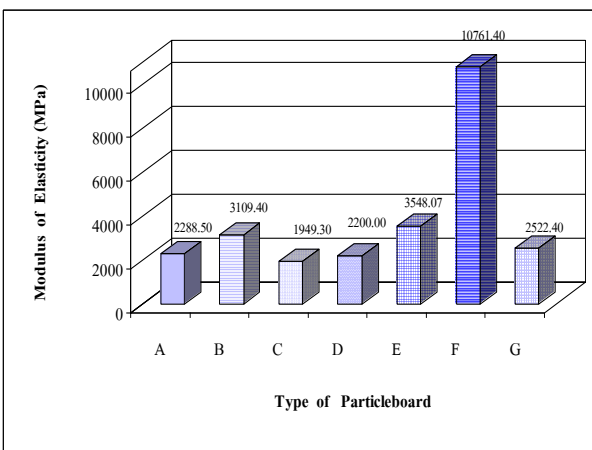
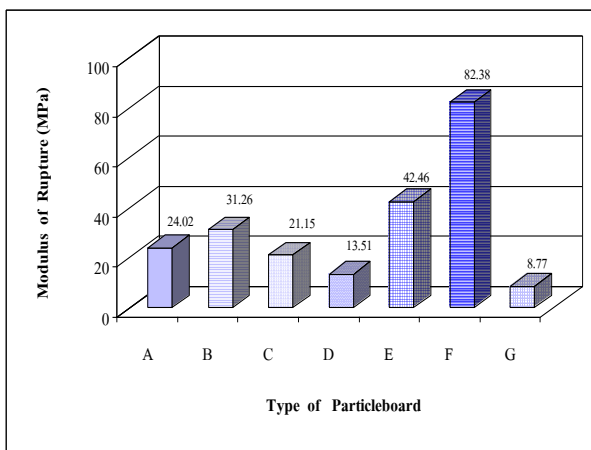
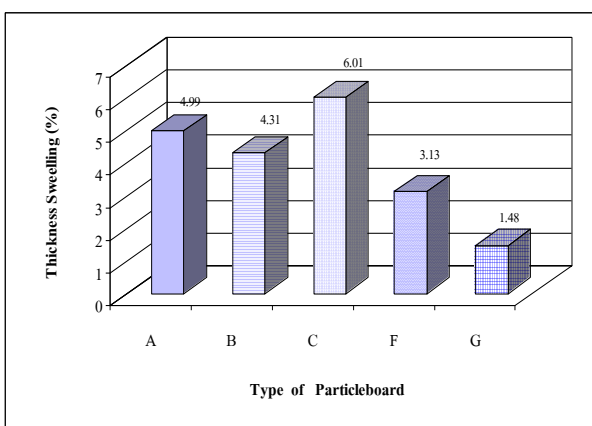
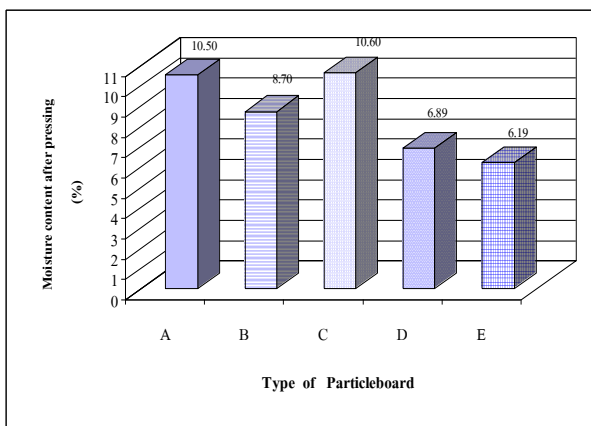
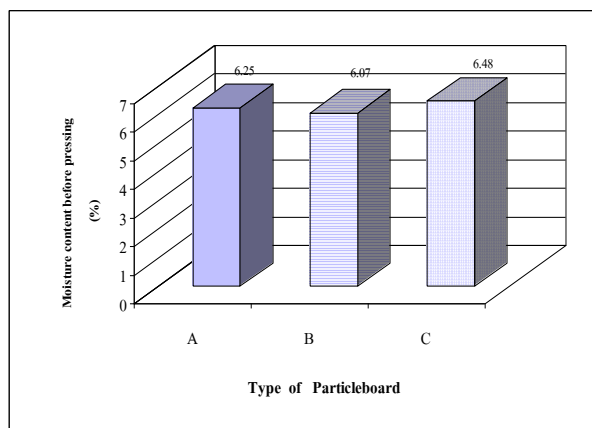
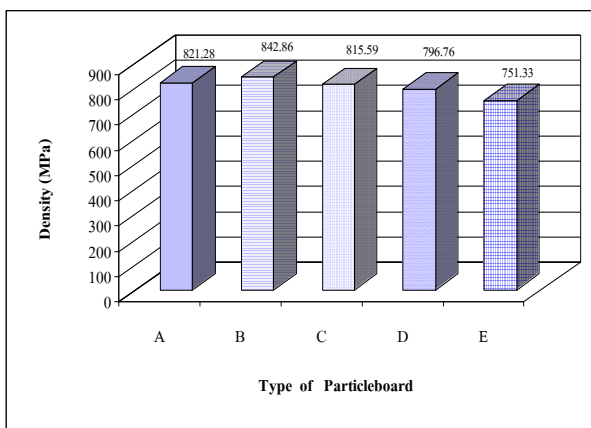
การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวหลังแช่น้ำและการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่นและแรง ดึงตั้งฉากกับผิวหน้าทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876 – 2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ)

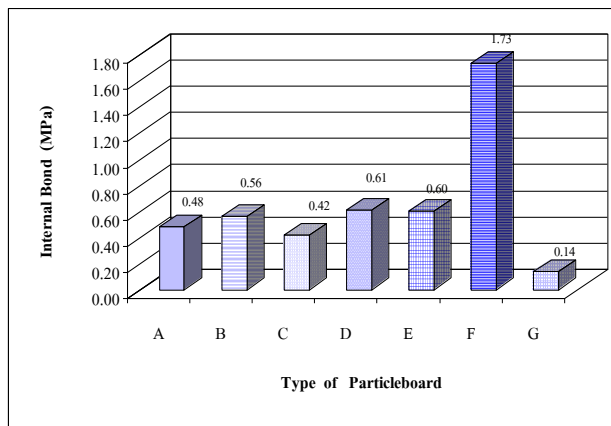
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลวง โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดเพื่อใช้ในการก่อสร้าง และใช้ตกแต่งอาคารในงานสถาปัตยกรรม ทำการทดสอบและนำข้อมูลที่ได้มาศึกษา วิเคราะห์ และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติการเป็นฉนวนของแผ่นขึ้นไม้อัดกับวัสดุทางการค้า ได้แก่ แผ่นขึ้นไม้อัดทางการค้า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า (พงศวิทย์ ลิมปี่พิศุทธิ์ และศกสรรค์ วิวัฒน์ธนเสถียร 2547) แผ่นไม้อัดสัก แผ่นยิปซัมและวัสดุฉนวนทางการค้า (กิตติศักดิ์ บัวศรี, 2544)

ผลการทดสอบคุณสมบัติแผ่นขึ้นไม้อัด

1.1 ผลการทดสอบทางกายคุณสมบัติและกลสมบัติ





A = Particleboard from large leaves of cat-tail. B = Particleboard from medium leaves of cat-tail.
 C = Particleboard from small leaves of cat-tail. D = Commercial particleboard.
 E = Commercial MDF. F = Plywood
 G = Gypsum plasterboard.

Figure 2. The properties of particleboard.

1.1.1 ความหนาแน่น

การศึกษาความหนาแน่นของแผ่นฉั้้นอัดจากใบหญ้าสลาบลวงทั้ง 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก ใช้กาวไอโซไซยานเนต 7% เป็นตัวประสาน พบว่าแผ่นฉั้้นอัดที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลวงขนาดกลางมีความหนาแน่นของแผ่นสูงที่สุด รองลงมาคือ แผ่นที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลวงขนาดใหญ่และขนาดเล็กตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นอัดทางการค้า (แผ่นฉั้้นไม้อัดทางการค้าและแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า) พบว่าแผ่นฉั้้นอัดจากใบหญ้าสลาบลวงทั้ง 3 ขนาด มีความหนาแน่นของแผ่นสูงกว่าแผ่นอัดทางการค้าดังกล่าว โดยสามารถเรียงลำดับ แผ่นที่มีความหนาแน่นสูงไปหาความหนาแน่นน้อย คือ $B > A > C > D > E$ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 ซึ่งกำหนดให้ มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10% พบว่า แผ่นฉั้้นอัดทั้ง 3 ขนาด มีค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

1.1.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นก่อนอัดของแผ่นฉั้้นอัดแต่ละชนิด

การทดสอบ ค่าความชื้นของฉั้้นใบหญ้าสลาบลวงก่อนการผลิตแผ่น พบว่าฉั้้นใบหญ้าสลาบลวงขนาดเล็กมีค่าความชื้นสูงที่สุด รองลงมา คือ ฉั้้นใบขนาดใหญ่และฉั้้นใบขนาดกลาง โดยมีค่าความชื้นของแผ่นเท่ากับ 6.48 6.25 และ 6.07% ตามลำดับ

1.1.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นหลังอัดของแผ่นฉั้้นอัดแต่ละชนิด

การศึกษาค่าความชื้นของแผ่นฉั้้นอัดจากใบหญ้าสลาบลวงทั้ง 3 ขนาด พบว่าขนาดเล็กและขนาดใหญ่ มีค่าความชื้น ใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ขนาดกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นอัดทางการค้า (แผ่นฉั้้นไม้อัดทางการค้าและแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า) พบว่าแผ่นฉั้้นอัดจากใบหญ้า

สลาบลวงทั้ง 3 ขนาด มีค่าความชื้นสูงกว่าแผ่นอัดทางการค้า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 พบว่ามีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 4-13%

1.1.4 ค่าเฉลี่ยการพองตัวหลังการแช่น้ำของแผ่นขึ้นอัดแต่ละชนิด

คุณสมบัติการพองตัวหลังการแช่น้ำของแผ่นขึ้นอัดจากไบโหลูสลาบลวง ทั้ง 3 ขนาด มีค่าการพองทางความหนา คือ $B < A < C$ แผ่นขึ้นอัดจากไบโหลูสลาบลวงขนาดกลางมีค่าน้อยที่สุด แสดงว่ามีคุณสมบัติการพองตัว หลังการแช่น้ำ ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นอัดชนิดอื่น (แผ่นไม้อัดสักและชิปซัมบอร์ค) และมาตรฐาน มอก . 876-2547 พบว่าถึงแม้ทั้ง 3 ขนาดมีค่าการพองตัว หลังการแช่น้ำ สูงกว่าแผ่นอัดชนิดอื่น แต่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ มีค่าน้อยกว่า 12%

1.1.5 ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดัด

คุณสมบัติทางกลด้านความแข็งแรงของแผ่น พบว่าการใช้ ชี้นไบโหลูสลาบลวงขนาดกลางเป็นวัตถุดิบในผลิตแผ่นจะมีผลทำให้แผ่นที่ผลิตได้มีค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นสูงที่สุด รองลงมาคือ ชี้นไบโหลูขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับ มาตรฐาน มอก . 876-2547 พบว่ามีค่าผ่านมาตรฐานกำหนดทั้ง 3 ขนาด คือ มีค่ามากกว่า 14 MPa

การเปรียบเทียบกับ แผ่นขึ้นอัดทางการค้า (แผ่นขึ้น ไม้อัดทางการค้า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า แผ่นไม้อัดสักและชิปซัมบอร์ค) พบว่าแผ่นขึ้นอัดทั้ง 3 ชนิด มีค่าสูงกว่าแผ่นขึ้น ไม้อัดทางการค้าและชิปซัมบอร์ค แต่มีค่าน้อยกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้าและไม้อัดสัก

1.1.6 ค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่น

การศึกษาคุณสมบัติ มอดูลัสยืดหยุ่น ของแผ่นขึ้นอัดจากไบโหลูสลาบลวง 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก พบว่า แผ่นขึ้นอัดที่ผลิตจากไบโหลูสลาบลวงขนาดกลาง จะมีค่าคุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นสูงที่สุด รองลงมาคือ แผ่นที่ผลิตจากขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876-2547 ซึ่งกำหนดให้แผ่นมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีค่ามากกว่า 1,800 MPa พบว่า แผ่นขึ้นอัดมีค่าผ่านมาตรฐานกำหนดทั้ง 3 ขนาด

การเปรียบเทียบกับ แผ่นขึ้นอัดทางการค้า (แผ่นขึ้น ไม้อัดทางการค้า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า แผ่น ไม้อัดสักและชิปซัมบอร์ค) เรียงจากแผ่นที่มีค่ามากไปแผ่นที่มีค่าน้อย ผลการเปรียบเทียบ คือ $F > E > B >> G > A > D > C$

1.1.7 ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นขึ้นอัด

แผ่นขึ้นอัดจากไบโหลูสลาบลวงขนาดกลางมีค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าสูงที่สุด คือ 0.56 MPa รองลงมาคือ แผ่นขึ้นอัดจากไบโหลูสลาบลวงขนาดใหญ่ คือ 0.48 MPa และขนาดเล็กคือ 0.42 MPa ทั้ง 3 ขนาดมีค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านมาตรฐานกำหนด มอก. 876-2547 ซึ่งกำหนดไว้ให้แผ่นขึ้นอัดมีค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่ามากกว่า 0.4 MPa และเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นขึ้นอัดทางการค้า(แผ่นขึ้น ไม้อัดทางการค้า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้า แผ่นไม้อัดสัก

และยิปซัมบอร์ด) พบว่าแผ่นฉนวนทั้ง 3 ขนาดมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่ายิปซัมบอร์ด แต่ยังมีค่าน้อยกว่าแผ่นฉนวนอัดทางการค้า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้าและแผ่นอัดสัก

1.2 คุณสมบัติความเป็นฉนวน

1.2.1 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

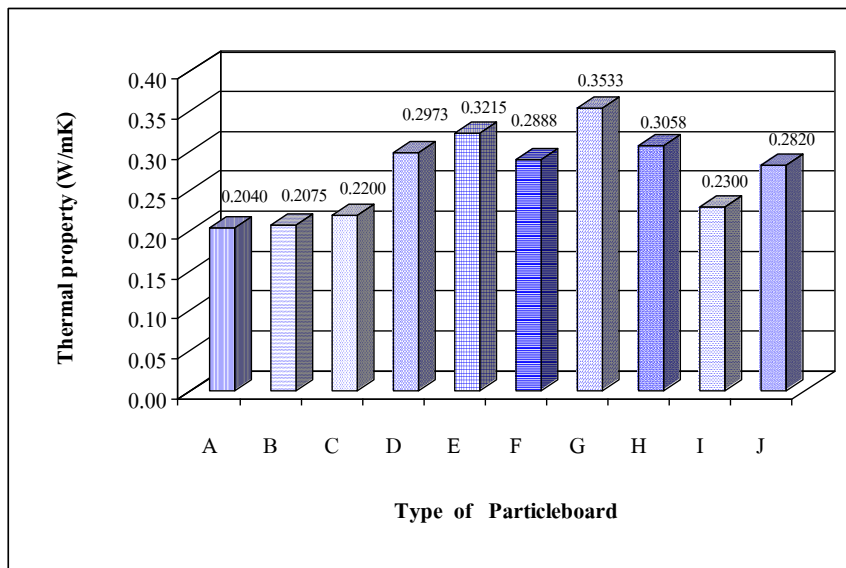


Figure 9. Thermal conductivity of particleboard.

- Note :
- A = Density of Particleboard from large leaves of cat-tail (A) 821.28 kg./m³.
 - B = Density of Particleboard from medium leaves of cat-tail (B) 842.86 kg./m³.
 - C = Density of Particleboard from small leaves of cat-tail. (C) 815.59 kg./m³.
 - D = Density of tolerated moisture Gypsum plasterboard (D) 796.76 kg./m³.
 - E = Density of aluminum foil Gypsum plasterboard (E) 751.33 kg./m³.
 - F = Density of perforated stripes Gypsum plasterboard (F) 775.00 kg./m³.
 - G = Density of tolerated fiery Gypsum plasterboard (G) 775.00 kg./m³.
 - H = Density of commercial Gypsum plasterboard (H) 775.00 kg./m³.
 - I = Density of plywood (I) 775.00 kg./m³.
 - J = Density of Gypsum plasterboard (J) 775.00 kg./m³.

การศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวน โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนอัด แผ่นฉนวนอัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของแผ่น น้อย แสดงว่า มีความเป็นฉนวน สูง ทั้งนี้ผลการทดสอบความเป็น ฉนวนของแผ่นฉนวนอัดจากใบหญ้าสลาบลวงขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก พบว่า แผ่นฉนวนอัดจากใบ หญ้าสลาบลวงขนาดใหญ่มีความเป็นฉนวนสูงที่สุด ร วมลงมาก็คือ ขนาดกลางและขนาดเล็กตามลำดับ และ ทั้ง 3 ขนาดมีความเป็นฉนวนสูงกว่าแผ่นฉนวนอัดทางการค้า (แผ่นยิปซัมตราช้างชนิดทนความชื้น แผ่นยิปซัม

ตราช่างชนิดอลูมิเนียมพอยล์ แผ่นยิปซัมตราช่างชนิดปรุลายรุ่นพินโฮล แผ่นยิปซัมตราช่างชนิดทนไฟ แผ่นยิปซัมตราช่างชนิดธรรมดาและแผ่นยิปซัมบอร์ดและแผ่นไม้อัด)

สรุปผลการศึกษา

การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลวง โดยใช้ขึ้นใบหญ้าสลาบลวง 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด ด้วยเครื่องอัดร้อน เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างและตกแต่งอาคารทางสถาปัตยกรรม โดย นำแผ่นขึ้นอัดที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติความเป็นฉนวน นำข้อมูลที่ได้มาศึกษาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ) และวัสดุทางการค้าที่ใช้ในการก่อสร้างและตกแต่งอาคารประเภทฝ้าผนังภายในและฉนวนกันความร้อนซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้นก่อนอัด ความชื้นหลังอัด และการพองตัว หลังการแช่น้ำ ของ แผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลวงทั้ง 3 ขนาด ผ่านเกณฑ์ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก . 876-2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ) กำหนดไว้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ส่วนการเปรียบเทียบวัสดุทางการค้า พบว่ามีค่าคุณสมบัติความหนาแน่นดีกว่าแผ่นขึ้นอัดทางการค้าแต่มีค่าคุณสมบัติการพองตัวหลังการแช่น้ำ และความชื้นหลังอัดน้อยกว่า ทั้งนี้ แผ่นขึ้นอัดจากใบสลาบลวงขนาดกลางมีคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นดีที่สุด

2. คุณสมบัติเชิงกล

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลวง ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบแรงดัด ความต้านทานมอดูล ลีสยืดหยุ่น และแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก . 876-2547 (แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ) และแผ่นขึ้นอัดทางการค้า พบว่าแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบต้นหญ้าสลาบลวงทั้ง 3 ขนาด ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเปรียบเทียบกับแผ่นขึ้นอัดทางการค้า พบว่า แผ่นขึ้นอัดมีค่าคุณสมบัติเชิงกลสูงกว่าแผ่นขึ้นอัดทางการค้าบางชนิด เช่น มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่าแผ่นขึ้นไม้อัดทางการค้าและยิปซัมบอร์ด มีค่ามอดูลลีสยืดหยุ่นและค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าใกล้เคียงกับแผ่นขึ้นไม้อัดทางการค้า แผ่นขึ้นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทางการค้าและยิปซัมบอร์ด เป็นต้น

3. คุณสมบัติความเป็นฉนวน

การทดสอบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบหญ้าสลาบลวง ด้วยการทดสอบและเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ค่านำความร้อนกับวัสดุฉนวนทางการค้า พบว่าแผ่นขึ้นไม้อัด จากใบหญ้าสลาบลวงทั้ง 3 ขนาด มีความเป็นฉนวนที่ดี คือ มีสัมประสิทธิ์ การนำความร้อนน้อยกว่าฉนวนทางการค้าประเภทยิปซัมบอร์ดทุกชนิดและวัสดุก่อสร้างประเภทไม้อัด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณชัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้เป็นผนังภายในจากใบหญ้าสลาบลหวงที่มีขนาดอื่น เพื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ
2. ควรทำการศึกษาคุณสมบัติแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีวัตถุดิบขบ งใบหญ้าสลาบลหวงขนาดใหญ่ กลางและเล็กผสมกัน
3. ควรทำการศึกษาความแตกต่างของตัวประสานอื่น เพื่อทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ
4. ควรมีการทดสอบคุณสมบัติและความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง
5. ควรทำการศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากใบหญ้าสลาบลหวงที่ใช้เป็นผนังภายนอก หรือวัสดุประกอบอาคารอื่น ๆ
6. ในการทดสอบนี้ทำเพียงการหาค่าคุณสมบัติความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวหลังแช่น้ำ ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และการเป็นฉนวนกันความร้อนเท่านั้น ดังนั้น การศึกษาขั้นต่อไปควรทดสอบค่าคุณสมบัติการดูดซับเสียง การปล่อยสารพิษและการทนไฟเพิ่มเติม



Figure 10. Sample particleboard form leaves of cat-tail.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ขอเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ บัวศรี . 2544. การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว . วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร.
- พงษ์วิทย์ ลิ้มปีพิศุทธิ์ และ เสกสรรค์ วิวัฒน์ชนเสถียร 2547. การศึกษาแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากต้นไมยราบยักษ์ ปรียญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “ แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ.” เอกสาร มอก. 876–2547.
- วรรณ อุ่นจิตติชัย . 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นขึ้นไม้อัด) และกรรมวิธีการผลิต . งานวิจัยเลขที่ ร.514 . กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการ กรมป่าไม้.

ฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ^{1,4}

The Thermal Insulation Material Fabricated made from Natural Agricultural Wastes

สมพร ปัญญาไว²

Somporn Panyawai²

อธิพงษ์ บุญส่ง²

Athiphong Boonsong²

เดชา ไชยเคน²

Dacha Chaiken²

กนกกาญจน์ ว่องวัชรพร²

Kanokkarn Wongwatcharaphon²

วรธรรม อุ่นจิตติชัย³

Woratham Oonjittichai³

บทคัดย่อ

การศึกษาฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตและสมบัติของแผ่นฉนวนความร้อนที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติ ได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพด ผักตบชวา และผสมรวมกันทั้ง 4 ชนิด โดยใช้กาวสังเคราะห์ ยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ เป็นสารยึดติด การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนกระทำโดยวิธีการอัดร้อนโดยแผ่นที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบแบบชั้นเดียว มีขนาดความกว้าง 350×350×10 มิลลิเมตร ความหนาแน่นกำหนด 200 400 และ 800 กก./ม.³ นำไปศึกษาคุณสมบัติการนำความร้อนเปรียบเทียบกับแผ่น ฉนวนที่ผ่านมาตรฐานเชิงพาณิชย์ และทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลตามมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboards)

ผลการศึกษาคุณสมบัติการนำความร้อน พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากแกลบมีค่าการนำความร้อนต่ำสุด รองลงมาคือ แผ่นฉนวนที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าว ผักตบชวา ชังข้าวโพดและวัสดุทั้ง 4 ชนิด ตามลำดับ และเปรียบเทียบกับแผ่นมาตรฐานเชิงพาณิชย์ที่มีลักษณะการใช้งาน ใกล้เคียง กัน เช่น ใยแก้ว อลูมิเนียมฟอยล์ 1 ด้าน แผ่นเซลโลกรีซชนิดโฟม เป็นต้น

ผลการศึกษาคุณสมบัติ ทางกายภาพและ ทางกลของแผ่น พบว่า เมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น จะมีผลทำให้คุณสมบัติของแผ่นดีขึ้น ทั้งนี้ ที่ความหนาแน่นกำหนด 800 กก./ม.³ แผ่นที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าวจะมีคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboard) ชนิดที่ 15 25 และ 30 พบว่า มีค่าความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

คำหลัก : ฉนวนกันความร้อน วัสดุสังเคราะห์ ฉนวนมวลสาร วัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ

¹ โครงการบูรณาการร่วมระหว่างงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้ และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้และภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

³ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

⁴ เผยแพร่ในรายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2551 สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ (รหัส ISBN : 978-974-7627-54-1)

Abstract

The study on property of heat insulator made from natural agricultural wastes such as coconut peel, husk, corn cob, water hyacinth and mixture of four substances. The boards were investigated with 10% urea formaldehyde at 200 400 and 800 kg./m³. The products were characterized as single smooth plate with size of 350x350x10 mm. The properties were tested by JIS A 5905-1994 (Fiberboard).

The results showed that the insulation boards made from husk were the lowest heat induction value. The insulation boards could compare with commercial standard (Aluminum foil and cellogress). The physical and mechanical properties showed that the thermal insulation boards at high density had better quality than boards at low density and the insulation boards made from coconut peel at density 800 kg./m³ had best properties .

Keywords : Thermal Insulator, Synthetic Material, Mass Insulator, Natural Agricultural Wastes

บทนำ

ปัจจุบันวัสดุเหลือทิ้ง จากธรรมชาติมีปริมาณมากไม่ว่าจะเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรโดยตรง และจากอุตสาหกรรมเกษตรต่าง ๆ ในภาคอุตสาหกรรมหรือกระทั่งวัสดุเหลือทิ้งตามแม่น้ำลำคลองแล้วก็ตาม ในแต่ละปีทั่วโลกจะมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประมาณ 10-50×10⁹ ตัน ยังมีวัสดุเหลือทิ้งประเภทอื่น ๆ อีก ซึ่งวัสดุเหล่านี้ส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ และเป็นเชื้อเพลิง แต่ในบางท้องที่วัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ยังคงมีอยู่เป็นจำนวนมากที่ยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ หากนำวัสดุเหล่านี้มาเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ทดแทนกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม และยังเป็นการลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติด้วย จากการศึกษาความเป็นไปได้ของวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติ โดยเฉพาะวัสดุที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และลิกนิน (Lignin) ซึ่งสารประกอบดังกล่าวนี้ โดยเฉพาะเซลลูโลส มีปริมาณที่สูงถึงร้อยละ 60-80 ของสารประกอบทั้งหมด และมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนความร้อนได้เป็นอย่างดี มีน้ำหนักเบาและสามารถหาได้ไม่ยาก ย่อยสลายได้ด้วยตัวเอง ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้ จะเป็นการส่งเสริมการวิจัยด้วย ภูมิปัญญาของบุคลากรและใช้เทคโนโลยีพื้นฐานที่ทำได้ภายในประเทศแล้วยังสามารถทดแทนไม้ในอุตสาหกรรมไม้อัดไม้ ประกอบได้ด้วย เช่น อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัด (Particle Board Industries) อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัด (Fiber Board Industries) และอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้อัดสารแร่ (Wood Mineral-Bonded Panel Industries) จากการประเมินพบว่าวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติเหล่านี้ นับได้ว่าเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งที่มีประโยชน์ มหาศาลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม โดยส่วนใหญ่ในปี ปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะนำวัสดุดังกล่าว มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น และเหมาะที่จะมีการพัฒนาการนำไปใช้ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนได้ ซึ่งวัสดุประเภทนี้สามารถนำมาบดหรือย่อย โดยใช้

เครื่องจักรย่อยออกเป็นชิ้นตามลักษณะที่ต้องการ และนำไปอบจนได้ความชื้นที่พอเหมาะด้วยเครื่องอบแล้วทำการแยกขนาดต่าง ๆ ตามที่ต้องการแล้วนำไปผสมหรือคลุกเคล้ากับกาวตามอัตราที่เหมาะสม กาวที่ใช้เป็นตัวประสานส่วนมากจะเป็นกาวสังเคราะห์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัดไม้ประกอบ เช่น กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ กาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ต่อจากนั้นนำวัสดุไปทำเป็นแผ่นอัดด้วยเครื่องอัดร้อนในแนวราบ ทั้งนี้ต้องมีอุณหภูมิ เวลาและความดัน ในการอัดร้อน แล้วนำแผ่นที่ได้จากการขึ้นรูปไปทดสอบสมบัติการนำความร้อน สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล

งานวิจัยนี้เป็นการ นำวัสดุเหลือ ใช้อใช้จากธรรมชาติมา ผลิตเป็นวัสดุในการผลิตฉนวน กันความร้อน ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการนำความร้อนของฉนวน รวมทั้งศึกษาถึงขั้นตอนในการผลิตฉนวนจากวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติ ภายใต้โครงการวิจัยการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากไม้ปาล์ม น้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แผนงานวิจัยการพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้จาก ไม้ปาล์ม น้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือทิ้ง จากการเกษตรอื่นๆ (เริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549 – 2553) เพื่อเป็นการ ช่วยส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตได้โดยไม่ต้องพึ่งเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เป็นการประหยัดพลังงาน และช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติและเป็นการพัฒนาประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

วิธีการศึกษา

ฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation) เป็นวัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานที่สำคัญในการศึกษานี้ได้ศึกษาสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนจากวัสดุเหลือทิ้ง จากธรรมชาติ และทำการขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นฉนวนความร้อนตามกระบวนการ ผลิตที่ระดับความหนาแน่น 200 600 และ 800 กก./ม.³ ทำการอัดในแนวราบโดยใช้เครื่องอัดด้วยความร้อน การเชื่อมประสานของชิ้นวัสดุโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งมีปริมาณเนื้อกาวแห้งที่ 10% ของน้ำหนักชิ้นวัสดุอบแห้ง และใช้แรงดันในการอัด 150 กก./ม.³ อุณหภูมิที่ใช้ในการอัดแผ่น 130 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการอัด 5 นาที วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการศึกษามี 4 ชนิด ได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพดและฝักคอบชวานำมาย่อยลดขนาดเพื่อนำมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ความหนาแน่นปานกลาง โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นตัวประสาน นำไปทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อน โดยเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนตามมาตรฐานเชิงพาณิชย์ ส่วนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลจะทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboards) ชนิดที่ 15 25 และ 30

ในการผลิตและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นฉนวนที่ความหนาแน่นปานกลางจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติได้ทำการผลิตที่ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้ และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ และ การทดสอบคุณสมบัติ การนำความร้อนที่ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตและทดสอบแผ่นได้ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการของงานอุตสาหกรรม วัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และปออง กั้นรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัย การจัดการป่าไม้และ ผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

อุปกรณ์ในการศึกษา

1. เครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper)
2. เครื่องย่อยชิ้นไม้ (Hammer mill)
3. เครื่องอัดร้อน (Hot – press)
4. เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง (Screening Machine)
5. เครื่องทดสอบกำลังวัสดุ (Universal Testing Machine)

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมวัสดุและการศึกษา

1.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

ชิ้นไม้ทดลองการวิจัยครั้งนี้ใช้วัสดุ 4 ชนิด ได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพด และ ผักตบชวา นำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ได้ชิ้นไม้ที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวนการอัดแผ่น โดยสรุปเป็น ขั้นตอนต่างๆ ในการเตรียมได้ดังนี้



Chaff



Corn cob after screening



Coconut peel after screening



Water hyacinth after screeni

Figure 1. Raw material from agricultural wastes.

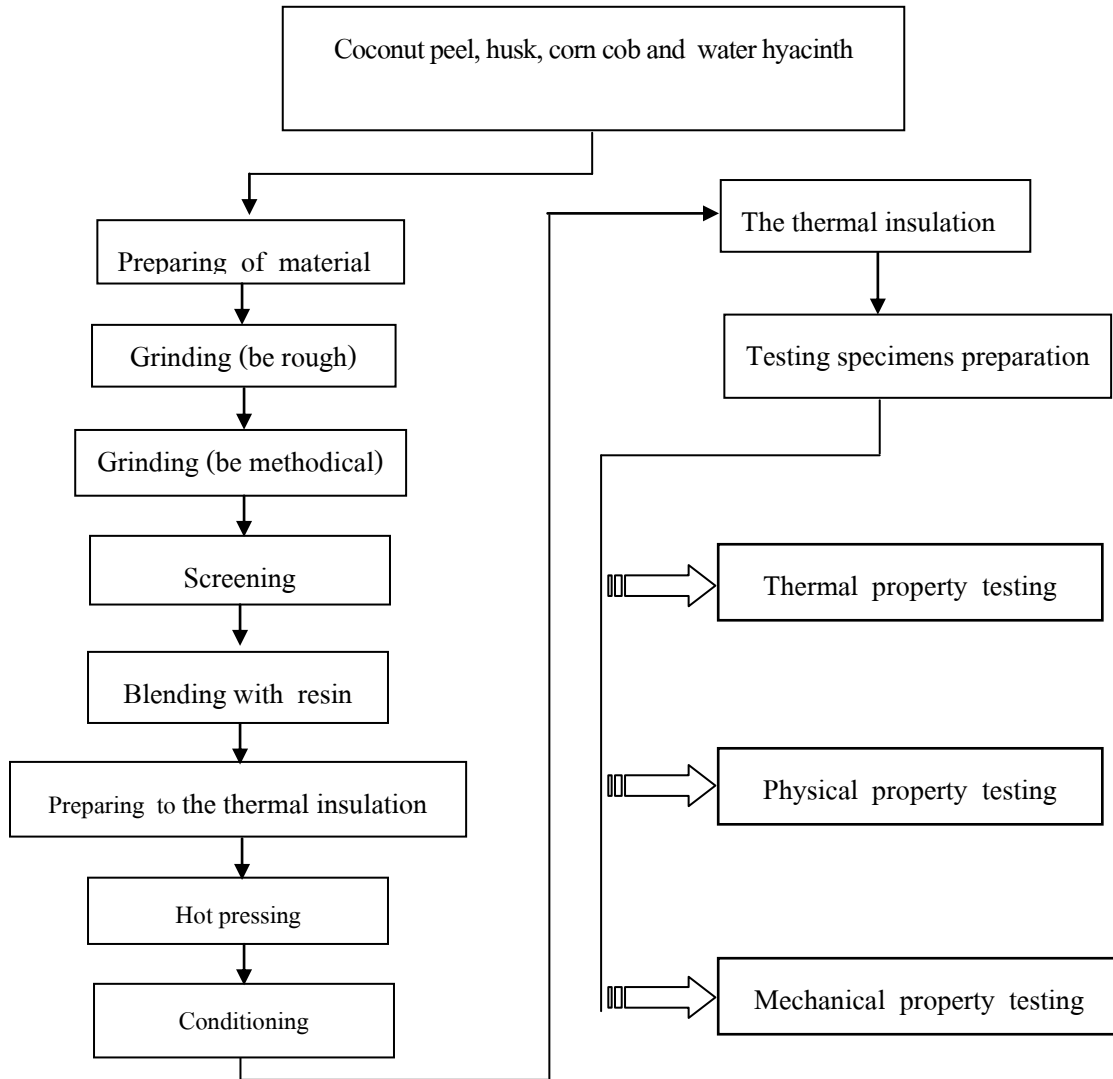


Figure 2. Production and test of thermal insulation.

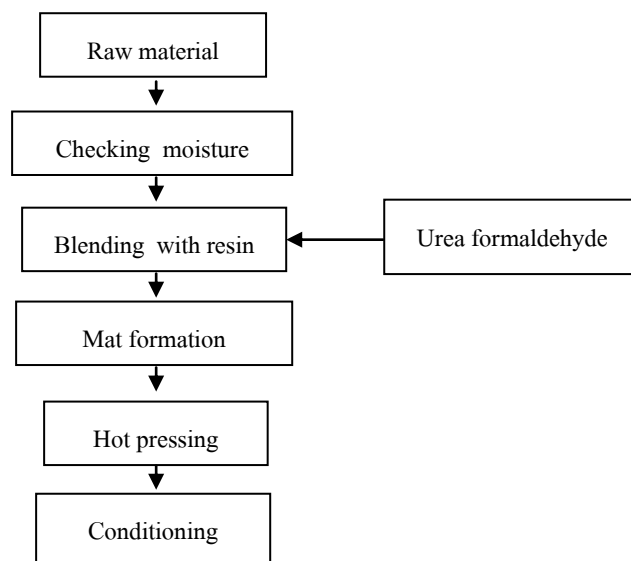


Figure 3. The preparation of thermal insulation.

1.2 การเตรียมกาว ในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน โดย เตรียม กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณ 10% ของน้ำหนักชิ้นวัสดุแห้ง จากนั้นนำชิ้นวัสดุที่เตรียมไว้เข้าเครื่องผสมกาวเพื่อทำการผสมกาวและ ชิ้นวัสดุ ให้ผสมกันอย่างสม่ำเสมอ

1.3 สารเร่งแข็ง (Hardener) เป็นตัวช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของกาวให้เร็วขึ้นลดระยะเวลาการอัดร้อนให้สั้นลง สารเร่งแข็งที่ใช้ในการผสมครั้งนี้ใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เมื่อเติมสารเร่งนี้ลงในเนื้อกาวแล้วปฏิกิริยาของกาวก็จะเกิดเร็วขึ้น จึงส่งผลให้อายุการใช้งานของกาวสั้นลงด้วย (วรรณม, 2545) ซึ่งในการผลิต ฉนวนกันความร้อน นี้มีการผสมสารเร่งแข็งลงในกาวในระดับความเข้มข้น 2% ของน้ำหนักของสารเร่งแข็งต่อน้ำหนักของกาวแห้ง

1.4 การตรวจสอบหาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่ง พิจารณาคุณลักษณะของสารผสมระหว่างกาวและสารเติมแต่งนี้ โดยทำการศึกษาคูสมบัติของกาวผสม อีกทั้งยังศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติแผ่นทดลองโดยทำการควบคุมแรงดันลมที่มีผล ต่อละอองกาวที่ได้จากการทดลองในสถานะต่างๆ กัน

1.5 ปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน มีดังนี้

สถานะต่างๆ ที่กำหนดในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน

ความหนาแน่น	200* 400 และ 800 กก./ม. ³
ความหนาของแผ่น	10 มม.
ขนาดของแผ่น	350 x 350 มม.
ความชื้นของชิ้นวัสดุไม้ก่อนผสมกาว	8-9 %
ปริมาณเนื้อกาวยูเรียที่ผสม	10 %
อุณหภูมิในการอัด	130 °C
แรงดันในการอัด	150 กก./ม. ²
ระยะเวลาในการอัด	5 นาที

* ใช้เฉพาะในการผลิตฉนวนกันความร้อนจากเปลือกมะพร้าว ผักตบชวา และแผ่นฉนวนผสมกันทั้ง 4 ชนิดอัตราส่วน 1: 1: 1: 1

2. วิธีการผสมและผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน

2.1 วิธีการผสมกาวกับวัสดุคิบที่นำมาผลิตแผ่นฉนวนความร้อน นำชิ้นวัสดุที่ผ่านการบดหยาบแล้วเข้าเครื่องบดละเอียด อีกครั้งก่อนการผสม จากนั้นนำชิ้นวัสดุที่ได้ซึ่งน้ำหนักตามที่ทำการคำนวณไว้ เตรียม กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ในปริมาณ 10% ของน้ำหนัก ชิ้นวัสดุแห้งจากนั้นนำ ชิ้นวัสดุ ที่เตรียมไว้เข้าเครื่องผสมกาวเพื่อทำการผสมกาวและ ชิ้นวัสดุ ให้ผสมกันอย่างสม่ำเสมอ ในการผสมกาวกับชิ้น วัสดุสิ่งจำเป็นอย่างยี่งที่ คือ กำลังอัดของลมจากเครื่องปั๊มลมและหัวฉีดไม่ต่ำกว่า 9 กก./ซม.² เข้าช่วย โดยนำชิ้นวัสดุใส่เครื่องผสมกาวแล้วนำกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ใส่กระบอบอกหัวฉีด แล้วฉีดกาวให้กระจายทั่ว ชิ้นวัสดุโดยใช้เวลาในการผสมกาว

กับชิ้นวัสดุประมาณ 10 นาที พร้อมกันนั้นชิ้นวัสดุซึ่งจะถูกกวนอยู่ในเครื่องผสมกาวจะทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากันได้ดียิ่งขึ้น นิดกาวจนกว่ากาวจะหมด

2.2 วิธีการโรยชิ้นวัสดุเตรียมอัด ทำการโรยชิ้นวัสดุหลังจากการชั่งด้วยเครื่องฟอร์มแผ่นสี่ เหลี่ยม ขนาด 350 x 350 มม. โรยชิ้นวัสดุโดยผ่านตะแกรงร่อนให้ทั่วอย่างสม่ำเสมอและจะต้องพยายามควบคุมความสูงขณะโรยชิ้นวัสดุให้มีระดับเดียวกัน

2.3 นำแผ่นที่เตรียมอัดเข้าเครื่องอัดร้อน โดยใช้อุณหภูมิในการอัดร้อน 130°C ใช้เวลาในการอัด 5 นาที แรงดันในการอัด 150 กก./ม.³ เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำแผ่นที่ได้ออกจากเครื่องอัดร้อน แล้วเก็บไว้ในสภาวะบรรยากาศห้อง 24 ชั่วโมง (Conditioning) ก่อนนำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบ

2.4 การปรับสภาวะแผ่นขึ้นอัดเมื่ออัดด้วยเครื่องอัดร้อนแล้ว จะมีความชื้นกระจายไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น และแผ่นยังมีความร้อนอยู่จึงต้องปล่อยให้ปรับสภาวะสมดุลของแผ่นไว้ในบรรยากาศปกติเป็นระยะเวลานาน 7 วัน (วรรกรรม, 2541) แล้วจึงนำแผ่นขึ้นอัดไปทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและคุณสมบัติทางกลสมบัติต่อไป

3. การทดสอบคุณสมบัติแผ่นฉนวนกันความร้อน

3.1 การทดสอบสมบัติเชิงความร้อน

โดยทำการทดสอบค่าการนำความร้อนด้วยเครื่อง GUNT WL 376 ชุดศึกษาการนำความร้อน พื้นฐานและค่าพารามิเตอร์สำหรับการนำความร้อนในสภาพของแข็งโดยใช้ชิ้นทดสอบขนาด 300×300×10 มม.

3.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำและการพองตัวหลังแช่น้ำและการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่นและแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboards)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity Testing)

ในเบื้องต้นได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ ได้แก่ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพด ผักตบชวา และนำวัสดุทั้ง 4 ชนิดมาผสมกันที่อัตราส่วนผสม 1: 1: 1 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน

Table 1. Conductivity of thermal insulation compared with other type

Type of material	Density (kg /m ³)	Conductivity (W/m.°C)	Note
Thermal insulation from coconut peel	200	0.0454	Result
	400	0.0531	
	800	0.0806	
Thermal insulation from husk	400	0.0416	Result
	800	0.0554	
	400	0.0675	
Thermal insulation from corncob	800	0.0753	Result
	200	0.0489	
Thermal insulation from water hyacinth	400	0.0583	Result
	200	0.0640	
Thermal insulation from mixture of 4 substances	400	0.0670	Result
	800	0.0911	
	200	0.0640	
Refractory gypsum	885	0.3533	Commercial thermal insulation
Aluminum foil gypsum	745	0.3215	
Gypsum	725	0.3058	
Tolerated moisture gypsum	775	0.2973	
Perforate strip gypsum	745	0.2888	
Plywood	907	0.2290	
Cellogress	608	0.1143	
Cellogress form	377	0.0728	
Resin insulation	74	0.0483	
Gypsum plasterboard	800	0.0483	
Aluminum foil glasswool	130	0.0460	
Glasswool	69	0.0410	
Foam	20	0.0408	
Polyurethane form	55	0.0303	

2. ผลศึกษาคุณสมบัติการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุทางธรรมชาติกับแผ่นฉนวนกันความร้อน เซิงพาณิชย์ ที่มีลักษณะการใช้งานคล้ายคลึงกัน พบว่า มีค่าการเป็นฉนวนที่ดี เนื่องจากมีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกับฉนวน เซิงพาณิชย์ เช่น แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุ

ธรรมชาติ ความหนาแน่น 200 กก./ม.³ มีค่าใกล้เคียงกับใยแก้วลุมิเนียมพอยล์ 1 ด้าน และที่ความหนาแน่น 400 กก./ม.³ มีค่าใกล้เคียงกับแผ่น เซลโลกรีตชนิดโฟม เป็นต้น

3. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล (Physical and Mechanical Properties Testing)

Table 2. The properties of thermal insulation form Natural Agricultural Wastes compared with JIS A 5908-1994 (Fiberboards) type 15, 25 and 30.

Thermal insulation		Property						
Board density (kg/m ³)	Material	TS (%)	WA (%)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	IB (MPa)	Density (kg/m ³)	MC (%)
200	Coconut peel	22	309	1.50	54.1	0.03	216	5.99
	Husk*	-	-	-	-	-	-	-
	Corncob*	-	-	-	-	-	-	-
	Water hyacinth	26.9	360	0.55	17.6	0.02	268	12.4
	mixture of 4 substances	19.5	470	0.34	10.3	0.03	245	7.94
400	Coconut peel	38.1	194	9.93	404	0.10	464	6.13
	Husk*	-	-	-	-	-	-	-
	Corncob	10.4	134	0.64	49.6	0.24	478	7.19
	Water hyacinth	34.3	187	2.84	182	0.13	470	10.8
	mixture of 4 substances	27.1	199	1.81	95.9	0.15	434	8.12
800	Coconut peel	32.7	54	59.5	3012	1.83	881	6.84
	Husk	127	104	6.12	1093	0.04	784	8.24
	Corncob	44.9	89.9	9.82	1398	0.71	810	7.40
	Water hyacinth**	-	-	-	-	-	-	-
	mixture of 4 substances	58.3	96.2	22.8	2556	0.74	853	7.21
JIS A 5905-1994 (Fiberboard) type 15		≤12	-	≥15	≥1,300	≥0.30	350-800	5-13
JIS A 5905-1994 (Fiberboard) type 25		≤12	-	≥25	≥2,000	≥0.40	350-800	5-13
JIS A 5905-1994 (Fiberboard) type 30		≤12	-	≥30	≥2,500	≥0.50	350-800	5-13

Note : * Can't production because low density.

** Can't production because high moisture.

จากการศึกษาคุณสมบัติของแผ่น ฉนวนกันความร้อน จากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ คือ เปลือกมะพร้าว แกลบ ชังข้าวโพด และผสมกันทั้ง 4 ชนิด ที่ความหนาแน่นกำหนด 200 400 และ 800 กก./ม.³ พบว่า การใช้ความหนาแน่นที่สูงขึ้นมีผลทำให้คุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboards) ชนิดที่ 15 25 และ 30 พบว่า ที่ความหนาแน่นกำหนด 200 กก./ม.³ มีค่าคุณสมบัติความชื้น (MC) ผ่านมาตรฐานกำหนดทุกแผ่น ส่วนคุณสมบัติการพองตัวหลังแช่น้ำ (TS) ความต้านทานแรงดัด (MOR) โมดูลัสยืดหยุ่น (MOE) และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) ยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน กำหนด ที่ความหนาแน่นกำหนด 400 กก./ม.³ มีค่าความหนาแน่น (Density) และค่าความชื้น (MC) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น และค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำ (TS) มีแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากชังข้าวโพดมี ค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน กำหนด และที่ความหนาแน่นกำหนด 800 กก./ม.³ มีค่าคุณสมบัติความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทุกแผ่น มีค่าคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกมะพร้าว และแผ่นที่ผสมกันทั้ง 4 ชนิด สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ชนิดที่ 15 และ 25 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเปลือก มะพร้าว และแผ่นที่ผสมกันทั้ง 4 ชนิด สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดทั้ง 3 ชนิด ชังข้าวโพด สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน กำหนดชนิดที่ 15 ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแผ่นจากเปลือกมะพร้าว ชังข้าวโพดและแผ่นที่ผสมกันทั้ง 4 ชนิดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ส่วนค่าความหนาแน่นมีเพียงแผ่นจากแกลบที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

สรุปผล

ผลการศึกษาคุณสมบัติเชิงความร้อนที่ความหนาแน่น 200 400 และ 800 กก./ม.³ พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากแกลบ มีค่าการนำความร้อนต่ำสุด รองลงมาคือแผ่นฉนวนที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าว ผักตบชวา ชังข้าวโพดและวัสดุทั้ง 4 ชนิด ตามลำดับ และเปรียบเทียบกับ แผ่นมาตรฐานเชิงพาณิชย์ ชัยที่มีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกัน พบว่า มีค่าการเป็นฉนวนที่ดี เนื่องจากมีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกับฉนวนเชิงพาณิชย์ เช่น แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ ความหนาแน่น 200 กก./ม.³ มีค่าใกล้เคียงกับใยแก้วอูมิเนียมฟอยล์ ด้าน และที่ความหนาแน่น 400 กก./ม.³ มีค่าใกล้เคียงกับแผ่น เซลโลกรีต ชนิดโฟม เป็นต้น

ผลการศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลของแผ่น พบว่า ความหนาแน่น ของแผ่นเป็นปฏิภาคกับคุณสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อน คือเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้นจะมีผลทำให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นดีขึ้น และที่ความหนาแน่นกำหนด 800 กก./ม.³ แผ่นที่ผลิตจากเปลือกมะพร้าวจะมีค่าคุณสมบัติโดยรวมของแผ่นดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboard) ชนิดที่ 15 25 และ 30 พบว่า มีค่าความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าเกณฑ์ มาตรฐานกำหนด และมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด



Figure 4. Sample of thermal insulation form Natural Agricultural Wastes.

ข้อเสนอแนะ

1. ชั้นวัสดุเปลือกมะพร้าวหลังจากสเปรย์กาวแล้วจะเกิดลักษณะจับตัวเป็นก้อน ทำให้การโรยแผ่นทันทีทำได้ล่าช้า ก่อนทำการโรยแผ่นจากวัสดุเปลือกมะพร้าวหลังการสเปรย์กาว ควรทำให้ชั้นวัสดุที่เกาะเป็นก้อนแตกออกจากกันก่อนทำการโรย
2. ในการผลิตแผ่นฉนวนจากเกล็ดโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นตัวประสาน แผ่นที่ผลิตได้จะมีลักษณะของการยึดติดแผ่นไม่สมบูรณ์ และไม่สามารถนำไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ได้ทั้งนี้ควรมีการศึกษาการใช้กาวหรือสารยึดติดชนิดอื่นที่สามารถทำการยึดติดเกล็ดได้ดีขึ้น
3. ในการผลิตแผ่นฉนวนจากผักตบชวา ที่ความหนาแน่น 800 kg/m^3 โดยมีค่าความชื้นวัสดุที่สูงเกินไป แผ่นที่ได้จะมีลักษณะเป็นจุดสีดำ (resin mark) บวม และเกิดการระเบิด จึงไม่สามารถ นำแผ่นไปทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ได้ เนื่องจากค่าที่ได้จากการทดสอบจะไม่ถูกต้อง มีข้อเสนอแนะว่าควรทำการอบวัสดุให้มีค่าความชื้นเหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

วรรณม อุ่ฉฉฉฉฉฉ , 2541. อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นฉฉฉฉฉฉ) และกรรมวิธีผลิต . เอกสารวิชาการเลขที่ ร. 514. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 202 หน้า.

วรรณม อุ่ฉฉฉฉฉฉ, 2545. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการใช้กากบงานไม้. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

Japanese Industrial Standard. Japanese Standards Association, 1994. JIS A 5905 Standard Specification for Medium Density Fiberboards. Hohbunsha Publ. Co. Inc. Tokyo. 35 p.

การพัฒนาวัสดุหลังคาและผนังจากไม้ไผ่^{1,4}

The Development of Woody Bamboo as Roof and Wall Materials

รุ่งคุณ ราษีนาว²

Rungkhun Rasinaun²

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์²

Poosit Lertwatanarak²

วรธรรม อุ่นจิตติชัย³

Woratham Oonjittichai³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ในการศึกษา วัสดุพื้นถิ่น ได้แก่ ไม้ไผ่ในลักษณะของไม้ไผ่สานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในชนบท ซึ่งมีอายุการใช้งานน้อยและไม่มีความคงทน เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตไม้ไผ่สานให้เป็นวัสดุที่มีความคงทน และมีมาตรฐานสำหรับการนำไปใช้ในผนังและหลังคา

ในด้านของวัสดุผนัง ได้ทำการศึกษาไม้ไผ่สานอัด 3 4 และ 5 ชั้น ซึ่งใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นตัวประสาน และเปรียบเทียบกับ ไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้นในท้องตลาด ซึ่งใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ตามผลการทดลอง พบว่า ไม้ไผ่สานอัด 3 และ 4 ชั้น ซึ่งใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-Mat Plywood ทั้งในด้านปริมาณความชื้น ความต้านแรงดัดในสภาวะแห้ง และความต้านแรงดัดในสภาวะบ่มเหมาะสำหรับผนังภายนอก โดยจัดเป็นไม้ไผ่สานอัดเกรด 3 ชนิดบาง (ความหนาระหว่าง 2 – 6 มิลลิเมตร) ที่มีความแข็งแรงปานกลาง ในส่วนของไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น พบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจาก ไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนามากขึ้นจะมีการยึดติดกันแบบหลวม ๆ เนื่องจากความร้อนในการอัดไม้ไม่ถึง ดังนั้น จึงควรเพิ่มระยะเวลาในการอัด สำหรับไม้ไผ่สานที่มีความหนาเพิ่มขึ้น ในส่วน ไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้นในท้องตลาด ซึ่งใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ผลการทดสอบ พบว่า ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นผนังภายนอก เนื่องจากกาวที่ใช้มีความสามารถในการทนสภาวะอากาศที่รุนแรงได้น้อย

ในส่วน ของวัสดุหลังคา พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานมีความแข็งแรงกว่า กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน ลอนลูกฟูก ลอนเล็กและสี่ กงะสีลอนเล็ก โดย สามารถรับน้ำหนัก ได้ถึง 1,647 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ด้านน้ำหนักของวัสดุ พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานเบากว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหิน ลอนลูกฟูก ลอนเล็ก ทำให้การออกแบบโครงสร้างมีความประหยัดกว่า และสามารถขนส่งได้สะดวกกว่า ด้านคุณสมบัติความไม่รื้อ วม พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีการรื้อ วม โดยบางจุดมีน้ำซึมออกมาแต่ไม่ถึงกับเป็นหยดน้ำ

ด้านต้นทุนการผลิต ผนังไม้ไผ่สานอัดเปรียบเทียบกับไม้อัดภายนอกทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งความหนาใกล้เคียงกัน พบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัดมีต้นทุนวัสดุที่ถูกกว่า ไม้อัดสัก และนอกจากประโยชน์ ใช้สอยแล้ว

¹ โครงการบูรณาการร่วมระหว่างงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้ และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

² คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

³ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

⁴ เผยแพร่ในรายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2551 สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ (รหัส ISBN : 978-974-7627-54-1)

ลวดลายของไม้ไผ่สานยังมีความสวยงามเช่นกัน ส่วนราคาต้นทุนของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน ยังสูงกว่าหลังคาทั่วไป จึงเหมาะสำหรับผู้มีรายได้อันกลาง

คำหลัก : ไม้ไผ่สาน ผนังไม้ไผ่สานอัด หลังคาลอนไม้ไผ่สาน กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

Abstract

The objective of this research was to study the local materials, bamboo, in the form of bamboo mat typically used for a temporary purpose. The production process was developed to produce the bamboo mat to be used as wall and roofing materials with enhanced properties and suitable for construction.

For wall materials 3, 4 and 5 layered bamboo mats were constructed with Phenol Formaldehyde resin for comparing with the 3 layered bamboo mat plywood constructed with Urea Formaldehyde resin, generally found in the market. The results showed that 3 and 4 layered bamboo mat plywood constructed with Phenol Formaldehyde resin passed the GB 13123-91 Bamboo-Mat Plywood standard including moisture content, modulus of rupture and remaining strength for exterior wall. They were classified as Grade 3 thin bamboo mat plywood (2 - 6 mm. thickness) with medium strength. The 5-layered bamboo mat plywood did not pass the standard tests due to its thickness. This resulted in bonding strength loss due to the fact that the heat did not spread entirely over the layers of bamboo mat. Therefore, more time should be provided to press the bamboo mat with more layers. For the 3-layered bamboo mat plywood found in the market, it was not suitable for exterior use due to the lack of durability for inclement weather.

Regarding roofing materials, the results also revealed that the bamboo mat corrugated sheet was stronger than both Asbestos cement corrugated sheet and corrugated galvanized metal sheet, with the bending strength of 1,647 kg/m². Also, the bamboo mat corrugated sheet is lighter than the Asbestos cement corrugated sheet, making it more economical and easier to transport. For the leakage test, the result showed that there were very few points of leakage.

In economic perspective, when compared the layered bamboo mat plywood to teak plywood with similar thickness, it was found that bamboo mat plywood production cost was cheaper than the teak plywood. The bamboo mat plywood not only functioned as an exterior wall but also had the esthetics of wood carving design.

However, the cost of bamboo mat corrugated sheet was generally high, so that, it was suitable for middle class market.

Key word : Bamboo mat , bamboo mat plywood , bamboo roof, Phenol Formaldehyde resin

คำนำ

ในหัวข้อการวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติของเนื้อไม้ไผ่และข้อดีของไม้ไผ่ เพื่อนำมาพัฒนาเป็นวัสดุหลังคาและผนัง โดยมีการนำเนื้อไม้ไผ่ที่สานกันเป็นผืนในลักษณะของขัดแตะ (bamboo mat) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีพื้นถิ่นของชาวบ้านมาทำการปรับปรุงคุณภาพ เพื่อความคงทนและมีมาตรฐานขึ้น โดยทำการปรับปรุงเป็นวัสดุหลังคาและผนัง การนำไม้ไผ่ที่มีการสาน (bamboo mat) มาพัฒนานั้น ในอดีตรูปแบบของสถาปัตยกรรมได้มีการนำไม้ไผ่สานนำมาใช้ในรูปของส่วนประกอบอาคาร ได้แก่ ผนัง และหลังคา ทำให้เกิดการเรียนรู้สืบทอดและพัฒนา แต่ในอดีตจนถึงปัจจุบันการสร้างอาคารจากไม้ไผ่อายุ การใช้งาน 4 – 5 ปี ที่ผู้พักมีการซ่อมแซม ปรับเปลี่ยน และขาดความคงทนถาวร จนการใช้วัสดุไม้ไผ่เลือนหายไป (กานต์ คำแก้ว, 2547) ขาดการพัฒนาการใช้วัสดุพื้นถิ่นที่มีความต่อเนื่องทางด้านการพัฒนาของวัสดุพื้นถิ่น ในหัวข้อการวิจัยนี้จะเป็นการทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุไม้ไผ่ที่มีการปรับปรุง เพื่อนำคุณสมบัติของวัสดุที่มีการปรับปรุงไปใช้ในการก่อสร้าง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพไม้ไผ่ของวัสดุหลังคาและผนังไม้ไผ่ ภายใต้โครงการวิจัยการศึกษาความเป็นไปได้ของสายการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากไม้ปาล์ม น้ำ มัน เศษไม้ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อชุมชน แผนงานวิจัยการพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้จาก ไม้ปาล์ม น้ำมัน เศษไม้ และวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอื่นๆ (เริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549 - 2553) เพื่อให้มีคุณสมบัติทางกำลังวัสดุที่ดี กันแมลง เชื้อรา สัตว์ การกันน้ำ เหมาะกับการใช้สอย และการรับน้ำหนักกับการใช้งานแต่ละประเภท ซึ่งมีปรับปรุงคุณภาพของวัสดุผนังไม้ไผ่สาน และเปรียบเทียบค่ามาตรฐานที่กำหนด โดยใช้มาตรฐาน GB 13123 Bamboo-mat Plywood ในการเปรียบเทียบเกณฑ์ที่กำหนด และทดสอบโดยใช้มาตรฐาน GB 13124 – 91 Method of Testing Bamboo-mat Plywood มาใช้ในการทดสอบ รวมถึงศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลังคาไม้ไผ่สาน โดยเปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่ในปัจจุบัน

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไม้ไผ่สานอัดและหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

การผลิตไม้ไผ่สานอัดและหลังคาลอนไม้ไผ่สานสำหรับใช้ในงานวิจัย โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ของห้องปฏิบัติการงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้และป้องกันรักษาเนื้อไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ ดังมีรายการดังนี้

1. ไม้ไผ่สาน เป็นไม้ไผ่สานที่เรียกตามลักษณะของการสานว่า ไม้ไผ่สานลายสอง ความหนาของไม้ไผ่สานเฉลี่ย 1.43 มิลลิเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 558.22 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 7.87 เปอร์เซ็นต์ โดยไม้ไผ่สานมีลักษณะเป็นผืนคล้ายเสื่อมีขนาด 1.35 X 1.45 เมตร



Figure 1. Bamboo mat before process.

2. เครื่องอัดไฮดรอลิกส์ โดยสามารถปรับแรงดัน และอุณหภูมิได้
3. ตู้อบสำหรับอบลดความชื้นของไม้
4. แม่พิมพ์หลังคาลอน สำหรับอัดขึ้นรูปหลังคาลอนไม้ไผ่สาน
5. เลื่อยไฟฟ้าความเร็วสูง
6. กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลแดง เป็นกาวสำหรับงานภายนอก ทนแดด และทนฝน โดยกาวที่ใช้มีความเข้มข้น 45 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และมีอายุของกาว ประมาณ 3 อาทิตย์

2. การผลิตไม้ไผ่สานอัด

1. เตรียมไม้ไผ่สานตัดให้มีขนาด 55 X 60 เซนติเมตร โดยไม้ไผ่สานมีความชื้นประมาณ 6 – 9 เปอร์เซ็นต์
2. เตรียมกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 2:1 ทำให้กาวโดยปกติความเข้มข้น 45 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์
3. นำไม้ไผ่สานที่ตัดได้ขนาดตามต้องการแล้ว แชลงในอาคารพลาสติกที่มีกาวอยู่ให้ท่วมไม้ไผ่สาน โดยมี ปริมาณของกาวในการแช่หลังแช่ 47.54 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักไม้ไผ่สาน และใช้เวลาในการแช่ 60 นาที
4. นำไม้ไผ่สานที่แช่กาว ผึ่งในที่ที่อากาศถ่ายเท แต่ไม่ควรโดนแดดจัดมาก เพราะจะทำให้กาวแห้งเกินไป และทำให้ประสิทธิภาพของกาวลดลง โดยใช้ระยะเวลาในการผึ่ง 30 นาที
5. นำไม้ไผ่ที่ผึ่งกาวแล้วเข้าสู่ตู้อบเพื่อลดความชื้นเหลือประมาณ 8 – 11 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 77 – 85 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอบ 25 นาที
6. นำไม้ไผ่สานที่อบได้ความชื้นตามต้องการแล้วเข้าสู่กระบวนการอัด ใช้แรงดัน 25 – 30 กิโลกรัมต่อ ตารางเซนติเมตร ความร้อนในการอัดที่อุณหภูมิ 145 – 150 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการอัดปกติไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น ใช้เวลา 6 นาที ถ้าไม้ไผ่สานอัดเกิน 3 ชั้น ให้เพิ่มระยะเวลาในการอัดขึ้นละ 2 นาที
7. วางไม้ไผ่สานอัดที่ทำการอัดเสร็จเรียบร้อยแล้วในสภาวะอากาศอุณหภูมิห้องประมาณ 1 คืน เพื่อให้ไม้ไผ่สานอัดปรับสภาพ แล้วจึงตัดขอบให้เรียบร้อย

3. การผลิตหลังกาลอนไม้ไผ่สถาน 5 ชั้น

กระบวนการผลิตหลังกาลอนไม้ไผ่สถาน 5 ชั้น มีกระบวนการผลิตเหมือนกับการผลิตไม้ไผ่สถานอัดแผ่นเรียบ แต่จะมีกระบวนการบางขั้นตอนที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

1. การอบไม้ไผ่ โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 55 – 62 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาในการอบ 20 นาที จนไม้ไผ่สถานมีความชื้นประมาณ 17-20 เปอร์เซ็นต์
2. กระบวนการอัดขึ้นรูปหลังกาลอน ใช้จำนวนไม้ไผ่สถานซ้อนกัน 5 ชั้น ใช้แรงอัด 35 – 40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอุณหภูมิในการอัดอยู่ระหว่าง 60 – 165 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอัด 5 นาที
3. ดัดขอบและการผลิตบางแผ่นอาจมีการแตกที่ผิวบ้าง ต้องมีการขัดโดยใช้เครื่องขัดหัวกระดาษทรายขัดไม้ แล้วทากาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่เข้มข้นโดยไม่ต้องผสมน้ำเคลือบ ตรงบริเวณที่ผิวหลังกาลอนไม้ไผ่สถานแตก

4. การทดสอบคุณสมบัติของไม้ไผ่สถานอัด

4.1 การทดสอบไม้ไผ่สถานอัด

การทดสอบไม้ไผ่สถานอัดแบบแผ่น เรียบนั้น ได้กำหนดลักษณะคุณสมบัติของไม้ไผ่สถานอัดตามมาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดชนิดของไม้ไผ่สถานอัด และประเภทของการนำไปใช้งาน เพื่อนำไปพิจารณาในการเลือกวิธีการทดสอบที่เหมาะสมกับวัสดุที่ทดสอบ โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน GB 13124 – 91 Method of Testing Bamboo-mat Plywood ซึ่งทั้งสองมาตรฐานข้างต้นเป็นมาตรฐานการกำหนดคุณสมบัติของไม้ไผ่สถานอัด และวิธีการทดสอบของประเทศจีน

4.2 การทดสอบหลังกาลอนไม้ไผ่สถาน

1. การทดสอบหาคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ เตรียมชิ้นตัวอย่าง ขนาด 40 X 40 มิลลิเมตร ผิวหน้าเรียบ ซึ่งในส่วนหลังกาลอนไม้ไผ่สถาน เนื่องจากวัสดุมีความโค้งไม้เรียบจึงผลิตเป็นแผ่นเรียบแทน โดยควบคุมการผลิตเหมือนกับการผลิตหลังกาลอนไม้ไผ่สถานทุกประการ ต่างกันเพียงในการอัดไม้ไม่ได้ใช้แม่พิมพ์ลอนหลังคาเท่านั้น ในส่วนของหลังคาในท้อง ตลาดที่ใช้มาเปรียบเทียบ ใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ เนื่องจากพอมีสวนเรียบที่ตัดได้ขนาดตามต้องการ มาใช้ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุตัวอย่างทดสอบเข้าเครื่อง Hot Disk Thermal Constant Analyser เทคนิคที่ใช้ในการทดสอบ คือ Thermal Constant Analysis (TCA) และ disk type ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ Kapton Insulation (Sensor No. C5501) ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิห้องให้มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยเครื่องจะบันทึกค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) แล้วนำมาคำนวณหาการนำความร้อน (C) และค่าความต้านทานความร้อน (R)

2. การทดสอบความไม่รั่วซึม การทดสอบแรงกดสูงสุด และความต้านแรงแตกหัก การทดสอบใช้หลักการทดสอบเดียวกับมาตรฐาน มอก . 18 - 2529 กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน : ลอนลูกฟูก การทดสอบ โดยเครื่องทดสอบแรงกดชื่อ Timius Olsen ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การหาน้ำหนักของห ลังคาต่อพื้นที่ 1 หน่วยตารางเมตร โดยการชั่งน้ำหนักหลังคาขนาด 44 X 45 เซนติเมตร ที่มีความละเอียดในการชั่ง 0.1 กิโลกรัม แล้วนำมาเทียบกับหลังคา ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ในส่วนการทดสอบของผนังไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบ นอกจากมีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบแต่ละตัวอย่างแล้ว ต้องนำค่าที่ได้จากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับ มาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood ซึ่งเป็น ไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง คือ ไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนาหระหว่าง 2 – 6 มิลลิเมตร (ไม้ไผ่สานอัดชนิดหนา คือ ไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนาดั้งแต่ 7 มิลลิเมตร ขึ้นไป) ส่วนประเภทของการใช้งานแบบใช้งานภายนอกจัดเป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท 1 ซึ่งต้องทนต่อสภาวะภูมิอากาศและน้ำเดือด เนื่องจากเป็นผนังไม้ไผ่อัดแผ่นเรียบที่ใช้กาาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นกาาสำหรับใช้ทำไม้อัดภายนอก และพิจารณาผนังไม้ไผ่อัดแผ่นเรียบแต่ละตัวอย่างผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่โดยเปรียบเทียบกับค่าคุณสมบัติต่าง ๆ

Table 1. Standard of thin bamboo-mat plywood , type bamboo-mat plywood of category 1 form

GB 13123-91 Bamboo-Mat Plywood standard

Testing	Wall form bamboo-mat plywood category 1.		
	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Moisture Content (%)	≤12	≤15	≤15
MOR (MPa)	≥ 90	≥ 80	≥ 60
Remaining Strength Through Boiling			
Water(Soaking)-Freezing-Drying (MPa)	≥60	≥ 50	≥ 40
MOE (MPa)	-	-	-

State Standard of the People's Republic of China, 1991.

2. ในส่วนการทดลองของหลังคาตอนไม้ไผ่สาน การเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานได้ใช้เกณฑ์มาตรฐาน มอก. 18-2529 กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน: ลอนลูกฟูก ในส่วนของการทดสอบความไม่รั่วซึมว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ ส่วนของการทดสอบประเภทอื่นจะเป็นการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบกับวัสดุทั่วไปตามท้องตลาด

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่ผลิตจากไม้ไผ่สาน (bamboo mat) โดยได้ทำการศึกษาวัสดุใน 2 ลักษณะ ได้แก่

1.การศึกษาคุณสมบัติของผนังไม้ไผ่สานอัด

โดยศึกษาแบบชนิดผนังไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง คือ มีความหนาหระหว่าง 2 – 6 มิลลิเมตร และประเภทใช้งานภายนอกจัดเป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท 1 เนื่องจากเป็นผนังไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบที่ใช้กาาฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

ซึ่งเป็นกาวสำหรับใช้ทำไม้อัดภายนอก ซึ่งไม้ไผ่สานอัดชนิดประเภทใช้งานภายนอกชนิด ประกอบด้วย ไม้ไผ่สานอัด 3 4 และ 5 ชั้น นอกจากตัวอย่างผนังไม้ไผ่สานอัดที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังได้นำผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมาเปรียบเทียบกับ ซึ่งใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกาวสำหรับใช้ทำไม้อัดภายใน เมื่อทำการศึกษาคุณสมบัติของผนังไม้ไผ่สานอัดของแต่ละประเภทแล้วต้องนำมาพิจารณากับเกณฑ์มาตรฐาน

1.1.ผลการทดสอบปริมาณความชื้น

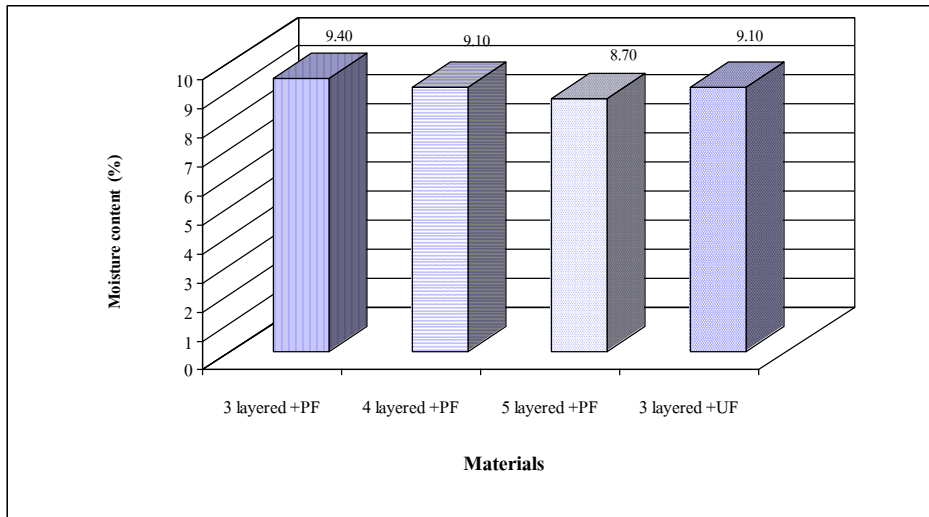


Figure 2. Moisture content of wall form bamboo-mat plywood.

จากการทดสอบหาปริมาณความชื้นของผนังไม้ไผ่สานอัด ดังภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยของผนังไม้ไผ่สานอัดแต่ละชนิด พบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ 9.4 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีปริมาณความชื้นเท่ากัน คือ 9.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผนังไม้ไผ่สานอัดที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด คือ 8.7 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยตัวอย่างที่มากที่สุดและน้อยที่สุดแตกต่างกันเพียง 0.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันน้อยมาก

จากการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-Mat Plywood ไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง ลักษณะการใช้งานเป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท 1 ใช้งานภายนอกอาคาร โดยเปรียบเทียบกับตารางที่ 1 พบว่า ไม้ไผ่สานอัดทั้ง 4 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์ไม้ไผ่สานอัดเกรด 1 โดยมาตรฐานกำหนดมีความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์ และผ่านเกณฑ์ไม้ไผ่สานอัดเกรด 2 และ 3 โดยมาตรฐานกำหนดมีความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์

1.2 ผลการทดสอบความต้านแรงค้ดในสภาวะแห้งและมอดูลัสยืดหยุ่น

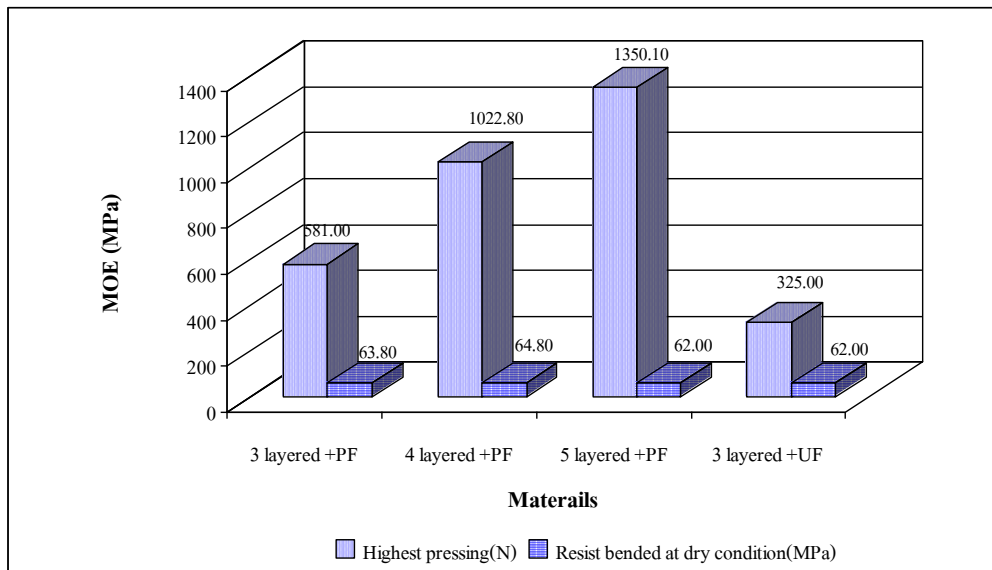


Figure 3. Compare with highest pressed, and the resist bended at dry condition of wall form bamboo-mat plywood.

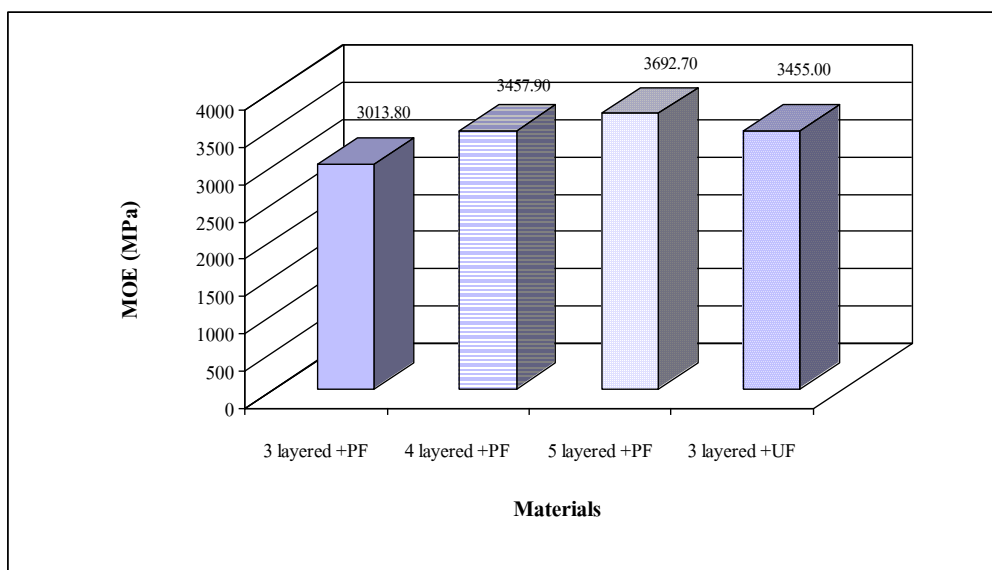


Figure 4. Modulus of Elastic of bamboo-mat plywood.

จากภาพที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด พบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์ มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดมากที่สุด ที่ 1,350.1 นิวตัน ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์ มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 1,022.8 นิวตัน ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์ มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 581.0 นิวตัน และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ห้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์ มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 325.0 นิวตัน ตามลำดับ

ในส่วนของค่าเฉลี่ยความต้านแรงค้ดในสภาวะแห้งนั้น ไม่ได้มีค่ามากหรือน้อยตามและค่าเฉลี่ยแรง กดสูงสุด โดยจากการทดสอบ พบว่า ค่าเฉลี่ยความต้านแรงค้ดผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์ มัลดีไฮด์

มีค่ามากที่สุดที่ 64.8 เมกะพาสคัล ที่ ความหนาเฉลี่ย 4.36 มิลลิเมตร รองลงมา คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟินอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด 63.8 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 3.28 มิลลิเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟินอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด 62.0 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 5.10 มิลลิเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ห้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด 62.0 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 2.51 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-Mat Plywood ไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง ลักษณะการใช้งาน เป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท 1 ใช้งานภายนอกอาคาร ดังตารางที่ 1 พบว่า ไม้ไผ่สานอัดทั้ง 4 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์ไม้ไผ่สานอัดเกรด 3 โดยมาตรฐานกำหนดค่าความต้านแรงดัดในสภาวะแห้งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 60 เมกะพาสคัลแต่ไม่ถึง 80 เมกะพาสคัล

จากภาพที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่น พบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟินอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่นมากที่สุด ที่ 3,692.7 เมกะพาสคัล รองลงมา คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟินอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่น 3,457.9 เมกะพาสคัล ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ห้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่น 3,455.0 เมกะพาสคัล และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟินอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยมอดุลัสยืดหยุ่น ที่ 3,013.8 เมกะพาสคัลตามลำดับ

1.3 ผลการทดสอบความต้านแรงดัดในสภาวะบ่ม

การทดสอบความต้านแรงดัดในสภาวะบ่มใช้วิธีการทดสอบเดียวกับการทดสอบความต้านแรงดัดในสภาวะแห้ง แตกต่างกันเพียงก่อนนำชิ้นทดสอบไปทดสอบกับเครื่อง Testometric ต้องมีการปรับสภาพวัสดุ ก่อน ประกอบด้วย การนำชิ้นทดสอบไปต้มในน้ำเดือด 3 ชั่วโมง การนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเข้าตู้อบ 3 ชั่วโมง และปรับสภาพที่อุณหภูมิห้องก่อนเข้าเครื่องทดสอบ

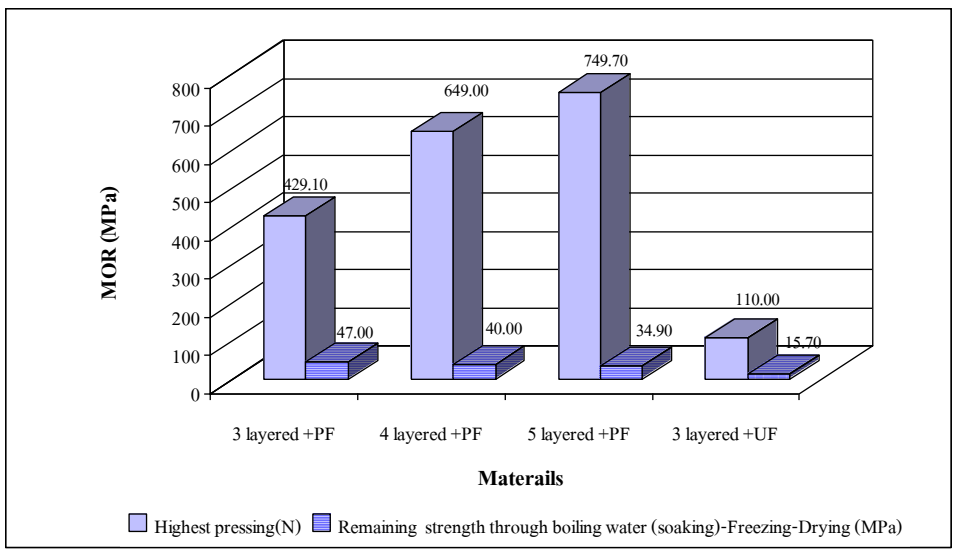


Figure 5. Highest pressing and remaining strength through boiling water (Soaking)-Freezing-Drying of wall form bamboo-mat plywood.

จากภาพที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด พบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด ที่ 749.7 นิวตัน ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 649.0 นิวตัน ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 429.1 นิวตัน และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 110.0 นิวตัน ตามลำดับ

ในส่วนของค่าเฉลี่ยความต้านแรงคัดในสภาวะบ่มนั้น ไม้ไผ่ได้มีค่ามากหรือน้อยตามค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด โดยจากการทดสอบ พบว่า ค่าเฉลี่ยความต้านแรงคัด ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่ามากที่สุดที่ 47.0 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 3.30 มิลลิเมตร รองลงมา คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงคัด 40.0 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 4.42 มิลลิเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงคัด 34.9 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 5.07 มิลลิเมตร และผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงคัด 15.7 เมกะพาสคัล ที่ความหนาเฉลี่ย 2.88 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน GB 13123 - 91 Bamboo-Mat Plywood ไม้ไผ่สานอัดชนิดบาง ลักษณะการใช้งาน เป็นไม้ไผ่สานอัดประเภท ใช้งานภายนอกอาคาร โดยเปรียบเทียบกับตารางที่ พบว่า ไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และ ไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ผ่านเกณฑ์ ไม้ไผ่สานอัดเกรด 3 โดยมาตรฐานกำหนดค่าความต้านแรงคัดในสภาวะบ่ม มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 40 เมกะพาสคัล แต่ไม่ถึง 50 เมกะพาสคัล ส่วน ไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และ ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงคัดในสภาวะบ่มไม่ผ่านเกณฑ์

1.4 ค่าความหนาแน่น

การศึกษาความหนาแน่นทำการศึกษาร่วมเปรียบเทียบกับไม้ไผ่สานอัดชนิดต่างๆ และศึกษาในส่วนน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตรของผนังไม้ไผ่อัดแต่ละชนิด ซึ่งมีผลการทดสอบ ดังนี้

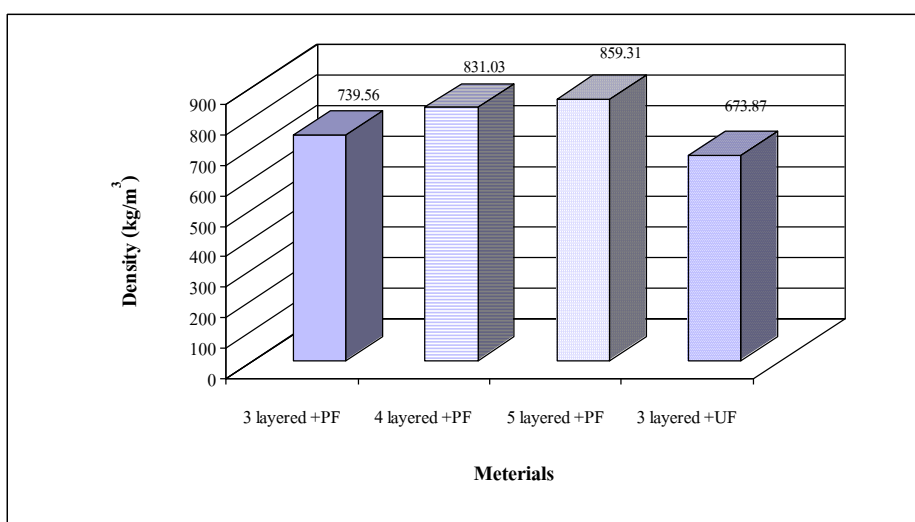


Figure 6. Density of wall form bamboo-mat plywood.

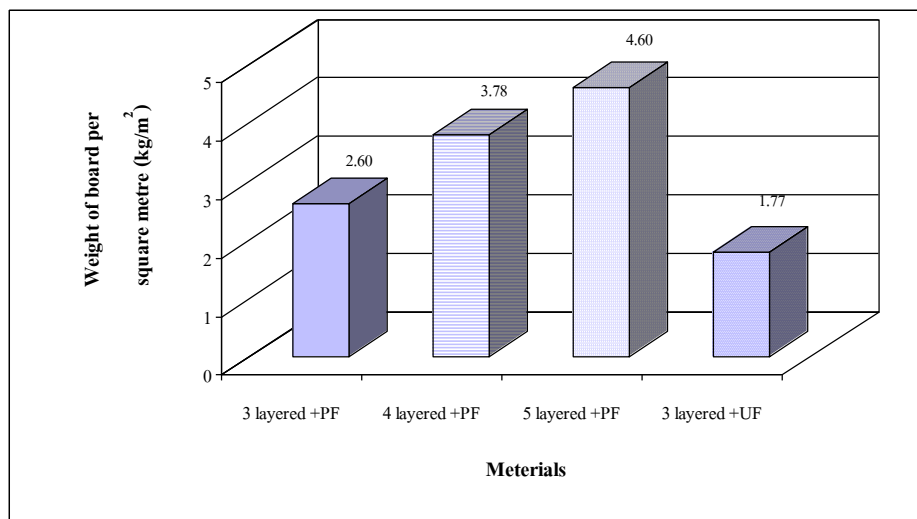


Figure 7. Weight per square metre of wall bamboo-mat plywood.

จากภาพที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ไผ่สานอัดแต่ละชนิดพบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นมากที่สุด คือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 859.31 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 831.03 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 739.56 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่น 673.87 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร ของผนังไม้ไผ่สานอัดแต่ละชนิด ดังภาพที่ 7 พบว่ามีค่าเรียงลำดับจากค่าที่มากที่สุดไปน้อยที่สุดเหมือนค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ไผ่สานอัดที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยมีค่าตามลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร 4.60 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร 3.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร 2.60 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และ ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น (ท้องตลาด) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแผ่นต่อตารางเมตร 1.77 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งเราสามารถนำน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยตารางเมตร ไปใช้ในการคำนวณการออกแบบอาคารได้ในส่วนของการรับน้ำหนักผนัง

1.5 ต้นทุนวัสดุของไม้ไผ่สานอัด

โดยมีการเปรียบเทียบกับราคาของวัสดุในท้องตลาด ซึ่งราคาวัสดุในท้องตลาดนั้นเป็นราคาขาย ดังนั้น หากเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนของวัสดุในท้องตลาดเป็นราคาต้นทุนวัสดุ โดยคิดราคาลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ของราคาขายวัสดุ ในการคิดราคาต้นทุนของไม้ไผ่สานกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีการคำนวณจากจำนวนแผ่นไม้ไผ่สานและปริมาณกาวที่ใช้ในการผลิต โดยมีการเปรียบเทียบต้นทุนของวัสดุ ดังตารางที่ 2

Table 2. Capital of bamboo-mat plywood materials compared with material of teak plywood.

Wall materials	Thickness (mm.)	Size of wall Per board (cm.Xcm.)	Price per board (Baht)	Price per square matre (Baht)
1. 3 layers bamboo-mat plywood, PF resin	3.28	120X240	234	82
2. 4 layers bamboo-mat plywood, PF resin	4.36	120X240	312	109
3. 5 layers bamboo-mat plywood, PF resin	5.10	120X240	390	136
4. 3 layers bamboo-mat plywood, UF resin (teak plywood)	2.51	120X240	200	70
5. 4 mm. outside of plywood	4.00	120X240	1,296	450
6. 5 mm. outside of plywood	5.00	120X240	1,464	508

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์แผ่นไม้อัดชนิดต่าง ๆ ที่ขนาดเท่ากันที่ 120 X 240 เซนติเมตร หรือขนาด 4 X 8 ฟุต ที่นิยมจำหน่ายกันในท้องตลาด พบว่า ไม้อัดสักภายนอกมีราคาต้นทุนสูงมากที่สุด ตามความหนาของไม้ โดยที่ 5 มิลลิเมตร ต้นทุนแผ่นละ 1,464 บาท รองลงมา คือ ไม้อัดสักภายนอก หนา 4 มิลลิเมตร ต้นทุนแผ่นละ 1,296 บาท ในส่วนของไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบนั้น มีราคาต้นทุนการผลิตต่างกัน โดยไม้ไผ่ที่มีจำนวนชั้นมากกว่า จะมีต้นทุนการผลิตที่มากกว่าจำนวนชั้นน้อยกว่า โดยไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีราคาต้นทุนสูงมากที่สุด ที่แผ่นละ 390 บาท รองลงมา คือ ไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีราคาต้นทุนแผ่นละ 312 บาท และไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีราคาต้นทุนแผ่นละ 234 บาท ซึ่งไม้ไผ่สานที่เพิ่มขึ้น 1 ชั้น ราคาต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นชั้นละ 78 บาท ในส่วนของจำนวนไม้ไผ่สานที่ใช้ในการอัดเท่ากัน แต่ใช้กาวชนิดชนิดมีราคาต้นทุนแตกต่างกัน โดยไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีราคาสูงกว่าไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (จากท้องตลาด) อยู่ 34 บาท เนื่องจาก กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ มีราคาสูงกว่ากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

2. การศึกษาคุณสมบัติของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

2.1. การทดสอบแรงกดสูงสุดและความต้านแรงแตกหัก

โดยได้ทำการทดสอบหาค่าแรงกดสูงสุด และความต้านแรงแตกหักของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น ที่มีความหนาใกล้เคียงกับหลังคาที่ใช้กันทั่วไป โดยเปรียบเทียบกับหลังคากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูก ลอนเล็ก และหลังคาสังกะสีลอนเล็ก ในการทดสอบนั้นได้ประยุกต์วิธีการทดสอบเดียวกับมาตรฐาน มอก. 18-2529 กระเบื้องซีเมนต์ไยหินแผ่นลอน: ลอนลูกฟูก โดยต่างกันที่ระยะระหว่างที่รองรับหลังคา 2 จุด ในการทดสอบได้กำหนดตำแหน่งระหว่างที่รองรับหลังคาห่างกัน 33 เซนติเมตร โดยมีระยะห่างของที่รองรับหลังคาน้อยกว่าระยะตามที่มาตรฐานกำหนดอยู่ 3.48 เท่า โดยวัสดุที่รองรับหลังคาเป็นไม้เนื้อแข็งคล้ายแปะรองรับหลังคา เนื่องจากขนาดของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีขนาดจำกัด ซึ่งมีขนาด 44 X 45 เซนติเมตร

เล็กกว่าหลังคาทั่วไปที่จำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้น ในการทดสอบเปรียบเทียบกับหลังคาทั่วไป จึงต้องตัดขนาดหลังคาที่ใช้ในการเปรียบเทียบให้มีขนาดเท่ากัน โดยตัดให้มีขนาด 44 X 45 เซนติเมตร

การทดสอบเปรียบเทียบได้ทำการทดสอบหลังคอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น กับหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กและหลังคาสังกะสีลอนเล็ก แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน

Table 3. Average of highest pressure and MOR of roofs.

Test Pieces	Size of roof		Highest	MOR	Moving from side to side
	Width (mm.)	Thickness (mm.)	Pressure (N)		
5 layered undulation bamboo roof	440.00	5.3	12,357.0	16,140.3	1.27
Asbestos-cement tiny corrugated roof	440.00	4.5	3,184.2	4,159.2	0.46
Galvanized undulated tiny iron roof					

จากตารางที่ 3 พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 12,357.0 นิวตัน ค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ย 16,140.3 นิวตันต่อตารางเมตร ที่ความหนาของหลังคาเฉลี่ย 5.3 มิลลิเมตร และมีค่าการแอ่นตัวหรือการเสียรูป เมื่อมีแรงกดสูงสุดที่ 1.27 มิลลิเมตร หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กมีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 3,184.2 นิวตัน ค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ย 4,159.2 นิวตันต่อตารางเมตร ที่ความหนาของหลังคาเฉลี่ย 4.5 มิลลิเมตร และมีค่าการแอ่นตัวหรือการเสียรูป เมื่อมีแรงกดสูงสุดที่ 6 มิลลิเมตรหลังคาสังกะสีลอนเล็ก มีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 1,322.2 นิวตัน ค่าความต้านแรงแตกหัก เฉลี่ย 1,727.0 นิวตันต่อตารางเมตร ที่ความหนาของหลังคาเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร และมีค่าการแอ่นตัวหรือการเสียรูป เมื่อมีแรงกดสูงสุดที่ 1.48 มิลลิเมตร

จากการเปรียบเทียบหลังคาทั้งสามชนิด พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีความแข็งแรงมากที่สุด โดยมีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ยมากที่สุดที่ 12,357.0 นิวตัน ที่ความหนาเฉลี่ย 5.3 มิลลิเมตร รองลงมา คือ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก มีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 3,184.2 นิวตัน ที่ความหนาเฉลี่ย 4.5 มิลลิเมตร และหลังคาสังกะสีลอนเล็กมีค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย 1,322.2 นิวตัน ที่ความหนาเฉลี่ย 0.5 มิลลิเมตร โดยการทดสอบเป็นการกดแรงในแนวตั้งจากกระทำกับหลังคาในลักษณะของคานขึ้นไปเหยียบบนหลังคาสรุปได้ว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีความแข็งแรงมากที่สุดในการรับแรงกดตั้งจากกับหลังคาในลักษณะของการรับน้ำหนักเมื่อมีการขึ้นไปเหยียบบนหลังคา

หากพิจารณาค่าความต้านแรงแตกหัก พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ยมากที่สุดที่ 16,140.3 นิวตันต่อตารางเมตร รองลงมา คือ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กมี

ค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ย 4,159.2 นิวตันต่อตารางเมตร และหลังคา สังกะสีลอนเล็กมีค่าความต้านแรงแตกหักเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 1,727.0 นิวตันต่อตารางเมตร

หากเปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวหรือการเสยรูป เมื่อมีแรงกดสูงสุด พบว่า หลังคาสังกะสีลอนเล็กมีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ยมากที่สุดที่ 1.48 มิลลิเมตร รองลงมาคือ หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้นมีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ย 1.27 มิลลิเมตร ส่วนหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กมีค่าการแอ่นตัวเฉลี่ย 46 มิลลิเมตร

2.2. การทดสอบความไม่รั่วซึม

ทดสอบใช้หลักการทดสอบเดียวกับมาตรฐาน มอก 18-2529 กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอนลอนลูกฟูก

Table 4. Results of 5 layered undulated bamboo roof not leaked testing, time 24 hr.

Specimen of roof	Time of testing (hr.)	Quality of under roof area
1	24	Not absorption and drop under roof area
2	24	Not absorption and drop under roof area
3	24	Under roof area absorb but not drop

จากการทดสอบการรั่วซึมของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น ทั้ง 3 แผ่น ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 18-2529 กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอนลอนลูกฟูก โดยมาตรฐานกำหนดให้มีน้ำซึมได้แต่ไม่ถึงกับเป็นหยดน้ำ

3. น้ำหนักของหลังคาต่อพื้นที่ 1 หน่วยตารางเมตร

โดยการชั่งน้ำหนักหลังคาขนาด 44 x 45 เซนติเมตร เครื่องชั่งที่มีความละเอียดในการชั่ง 0.1 กิโลกรัม แล้วนำมาเทียบกับหลังคา ต่อพื้นที่ ตารางเมตร

Table 5. Compare weight average of roof per square metre.

Types of roof	Average weight of roof size 44 x 45 cm. (kg.)	Weight average per square metre. (kg. /m ² .)
5 layered undulated bamboo roof	1.0	5.0
Asbestos-cement tiny corrugated roof	1.5	7.7
Galvanized undulated tiny iron	0.4	1.9

จากตารางที่ 5 พบว่า หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกเล็กมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของหลังคาต่อพื้นที่ 1 หน่วยตารางเมตรมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 7.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร รองลงมา คือ หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น โดยมีค่าเท่ากับ 5.0 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ส่วนหลังคาสังกะสีลอนเล็กมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของหลังคาต่อพื้นที่ 1 หน่วยตารางเมตมน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

สรุปหลังคาขนาด 1 ตารางเมตร หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น เบากว่าหลังคากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกเล็กอยู่ 2.7 กิโลกรัม แต่หนักกว่าหลังคาสังกะสีลอนเล็กอยู่ 3.1 กิโลกรัม

4. คุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

ในการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของหลังคานั้น ได้ทำการทดสอบวัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ หลังคาลอนไม้ไผ่สาน และกระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนคู่ ซึ่งทดสอบด้วย เครื่อง Hot Disk Thermal Constant Analyser เทคนิคที่ใช้ในการทดสอบ คือ Thermal Constant Analysis (TCA) ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิห้องให้มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยเครื่องจะบันทึกค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) แล้วนำมาคำนวณหาค่า การนำความร้อน (C) และค่าความต้านทานความร้อน (R) นอกจากนี้เครื่องทดสอบยังสามารถหาค่าความจุความร้อน โดยมีผลการทดสอบ

Table 6. Result of thermal property of undulated bamboo roof and fiber stone corrugation cement tile.

Types of roof	Thickness (mm.)	Thermal		
		conductivity (k) (W/ mK)	Heat resistance (R) (m ² K/ W)	Conductivity (C) (W/ m ² K)
Undulated bamboo roof	5	0.305	0.016	61.0
Asbestos-cement asymmetrical section corrugated sheets	5	0.839	0.006	167.8

วัสดุที่มีคุณสมบัติในการกันความร้อนที่ดี ควรมีค่าความต้านทานความร้อนที่สูง และมีค่าความนำความร้อนต่ำ ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำกว่ากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนคู่เท่ากับ 0.534 วัตต์ต่อเมตรเควิน

หลังคาลอนไม้ไผ่สาน มีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่ากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนคู่เท่ากับ 0.010 ตารางเมตรเควินต่อวัตต์ และมีค่าความนำความร้อนต่ำกว่ากระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนคู่เท่ากับ 106.800 วัตต์ต่อตารางเมตรเควิน

Table 7. Result of Thermal capacity of undulation bamboo roof and fiber stone corrugation cement tile

Types of roof	Thermal capacity (MJ/ m ³ K)
Undulated bamboo roof	1.436
Asbestos-cement asymmetrical section corrugated sheets	1.970

ค่าความจุความร้อน คือค่าปริมาณความร้อนที่กักเก็บต่อ 1 หน่วยปริมาตร วัสดุที่คิดควรมีค่าความจุความร้อนที่มีค่าน้อย จากตารางที่ 7 ผลปรากฏว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานมีค่า ความจุความร้อนต่ำกว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่เท่ากับ 0.534 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตรเคลวิน

Table 8. Thermal property of undulation bamboo roof compared with general material roof.

Types of roof	Thermal conductivity	Thermal capacity
	(k) (W/ mK)	(MJ/ m ³ K)
Undulated bamboo roof	0.305	1.436
Asbestos-cement asymmetrical section corrugated sheets	0.839	1.970
Clay plain roofing tiles *	0.860	2.012
10 cm. concrete roof *	1.870	2.012
Undulated aluminium roof *	115.310	2.280
Undulate iron roof *	108.100	3.286

Center for Development Technology, 1971.

จากตารางที่ 8 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และค่าความจุความร้อน พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุหลังคาทั่วไป ดังนั้นหลังคาลอนไม้ไผ่สานมีคุณสมบัติในการกักความร้อนของวัสดุหลังคาดีที่สุด

5. ต้นทุนวัสดุของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

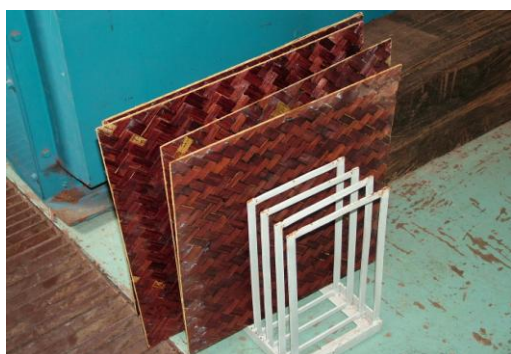
โดยมีการเปรียบเทียบกับราคาของวัสดุในท้องตลาด ซึ่งราคาวัสดุในท้องตลาดนั้นเป็นราคาขาย ดังนั้น หากเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนของวัสดุในท้องตลาดเป็นราคาต้นทุนวัสดุ โดยคิดราคาลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ของราคาขายวัสดุ ในกรณีราคาต้นทุนของหลังคาลอนไม้ไผ่สานมีการคำนวณจากจำนวนแผ่นไม้ไผ่สานและปริมาณกาวที่ใช้ในการผลิต โดยมีการเปรียบเทียบต้นทุนของวัสดุทั่วไปในท้องตลาด ดังตารางที่ 9

Table 9. Capital of undulation bamboo roof materials compared with material of general roof.

Type of roof	Thickness (mm.)	Size of roof Per board (cm.Xcm.)	Price per board (Baht)	Price per square mater (Baht)
Undulation bamboo roof	5.3	55X135	117	156
Asbestos-cement tiny corrugated roof	3.0	54X120	34	53
Fiber stone corrugation cement tile	4.0	50X120	38	64
Galvanized undulation tiny iron	0.2	57.5X150	70	82

จากตารางที่ 9 พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่सान 5 ชั้น มีค่าต้นทุนของวัสดุมากที่สุดที่ 117 บาทต่อแผ่น รองลงมา คือ หลังคาสังกะสีลอนเล็กมีค่าต้นทุนของวัสดุที่ 82 บาทต่อแผ่น กระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนคูมีค่าต้นทุนของวัสดุที่ 38 บาทต่อแผ่น และกระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกเล็กมีค่าต้นทุนของวัสดุที่ 34 บาทต่อแผ่น

เมื่อเปรียบเทียบขนาดแผ่นหลังคาที่มีขนาดเท่ากันที่ต่อหนึ่งหน่วยตารางเมตร พบว่า ค่าต้นทุนวัสดุของกระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนคูมีค่าน้อยกว่าอยู่ 58.97 เปอร์เซ็นต์ กระเบื้องซีเมนต์ไยหินลอนลูกฟูกเล็กมีค่าน้อยกว่าอยู่ 66.02 เปอร์เซ็นต์ และสังกะสีลอนเล็กค่าน้อยกว่าอยู่ 47.44 เปอร์เซ็นต์ ของราคาค่าต้นทุนวัสดุหลังคาลอนไม้ไผ่सान 5 ชั้น

**Figure 8.** Wall form bamboo mat plywood.**Figure 9.** Undulation roof form bamboo-mat.

สรุปผล

การศึกษาและพัฒนาวัสดุผนังแผ่นเรียบและหลังคาลอน ไม้ไผ่สาน ซึ่งใช้วัตถุดิบในลักษณะของพื้น ใต้อิฐ ใต้อิฐมาทำการศึกษาและพัฒนา โดยประยุกต์ให้เข้า กับเทคโนโลยีการก่อสร้างสมัยใหม่ วัสดุผนังทำการ ทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบไม้ไผ่สานอัด (GB 13124 – 91 Method of Testing Bamboo-mat Plywood) ส่วนวัสดุหลังคาลอน ไม้ไผ่สาน โดยทดสอบคุณสมบัติทั่วไปของวัสดุหลังคา ซึ่งเน้นเป็นหลังคาชนิดลอน โดยศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุหลังคาที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

วัสดุแผ่นเรียบไม้ไผ่สานอัด

1. คุณสมบัติทางด้านปริมาณความชื้นของไม้ไผ่สานอัด

พบว่า คุณสมบัติทางด้านปริมาณความชื้นของไม้ไผ่สานอัด 3, 4 และ 5 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ และ 3 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ (ในท้องตลาด) มีค่าปริมาณความชื้นแตกต่างกันน้อยมาก โดยปริมาณ ความชื้นสูงสุดกับต่ำสุดต่างกันเพียง 0.7 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 8.7 – 9.4 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นของพื้นไม้ไผ่สานก่อนการ อัดแผ่น พบว่า มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ 7.87 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น เมื่อมีการแปรรูปอัดแผ่นแล้ว มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น 0.83 – 1.53 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมี ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นน้อยมาก

สรุปไม้ไผ่สานอัดมีการยืดตัวและหดตัวน้อย จึงนำไปใช้ในการก่อสร้าง เช่น ไม้แบบ มีความทนทาน และใช้ได้หลายครั้ง (พงศพันธ์ วรสุทโรสถ และ วรพงษ์ วรสุทโรสถ , 2544) สังเกตได้จากไม้ไผ่สาน มีความชื้นก่อนอัดและหลังอัดแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้น การยืดตัวและหดตัวมีน้อย

2. คุณสมบัติความต้านแรงดัดในสภาวะแห้งและมอดูลัสยืดหยุ่น

คุณสมบัติความต้านแรงดัดในสภาวะแห้ง พบว่า ไม้ไผ่สานอัด 4 และ 5 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ และ 3 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ (ในท้องตลาด) ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood โดยมีค่าความต้านแรงดัดที่สภาวะแห้งเกิน 60 เมกะพาสคัล แต่ไม่ถึง 80 เมกะพาสคัล โดยจัดเป็นไม้ไผ่เกรด 3 ของประเภทใช้งานภายนอก โดยถือว่ามีความแข็งแรงปานกลางถึงน้อย

คุณสมบัติมอดูลัสยืดหยุ่นของ ไม้ไผ่สานอัด โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3,405 เมกะพาสคัล เมื่อนำค่าที่ได้ไป เปรียบเทียบกับค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ที่ยังไม่มีการแปรรูป ซึ่งมีลักษณะเนื้อไม้ไผ่เป็นลำ หรือไม้ไผ่สด พบว่า มีค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่นที่ 15,690 เมกะพาสคัล (Sipongco, Joaquin O. and Muandar, Murdaiti, 1987) ซึ่งมีค่า มากกว่าไม้ไผ่ที่มีการแปรรูปเป็น ไม้ไผ่สานอัดถึง 4.6 เท่า

3. คุณสมบัติความต้านแรงดัดในสภาวะบวม

ความต้านแรงดัดในสภาวะบวมของผนังไม้ไผ่สานอัด 3 4 และ 5 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ เมื่อมีการปรับสภาพขึ้นทดสอบก่อนการทดสอบ โดยผ่านการดมึมน้ำเดือด การแช่เย็น และการอบ โดยจำลอง สภาวะที่รุนแรง เนื่องจากเป็นไม้อัดประเภทใช้งานภายนอก ต้องทนต่อสภาวะภูมิอากาศที่รุนแรง แดด และฝน

โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งเป็นกาวสำหรับผนังภายนอกอาคาร พบว่า ความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่มมีค่าความต้านทานแรงดัดลดลง 30 – 35 เปอร์เซ็นต์ ของความต้านทานแรงดัดในสภาวะแห้ง

ส่วนผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (ในท้องตลาด) พบว่า ความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่มมีค่าลดลง 75 เปอร์เซ็นต์ ของความต้านทานแรงดัดในสภาวะแห้ง

จากการทดสอบ พบว่า ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 และ 4 ชั้น ที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น มีค่าการผ่านเกณฑ์ มากที่สุด ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่มเกิน 40 เมกะพาสคัล แต่ไม่ถึง 50 เมกะพาสคัล โดยจัดเป็นไม้ไผ่สานอัดเกรด 3 ของประเภทใช้งานภายนอก ส่วนผนังไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น ที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานถึง 6 เมกะพาสคัล ผนัง ไม้ไผ่สานอัด 3 ชั้น ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (ในท้องตลาด) ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานถึง 25 เมกะพาสคัล จะสังเกตเห็นได้ว่า การทดสอบความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่ม เป็นการบอกคุณสมบัติของกาวสำหรับการนำไปผลิตแผ่นไม้ไผ่สานอัดซึ่งไม้ไผ่สานอัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เมื่อมีการทดสอบในสภาวะที่รุนแรงก่อนนำไปทดสอบคุณสมบัติความต้านทานแรงดัดลดลงน้อยกว่าไม้ไผ่สานอัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เพราะกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ใช้สำหรับงานไม้อัดภายใน จึงไม่ทนต่อสภาวะภูมิอากาศที่รุนแรง และไม่ทนแดดทนฝน ส่วนกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นกาวประเภทใช้งานภายนอก จึงต้องทนสภาวะภูมิอากาศที่รุนแรงได้ดีกว่า

ในการผลิตไม้ไผ่สานอัด 3 4 และ 5 ชั้น โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่า ไม้ไผ่สานอัดที่มีจำนวนชั้นน้อยกว่าจะมีความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่มที่มากกว่าไม้ไผ่สานอัดที่มีจำนวนชั้นมากกว่า เนื่องจากในการอัดแผ่นที่มีความบาง ความร้อนจะทั่วถึงกว่ากาวที่ใช้อัดสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าการอัดวัสดุที่มีความหนากว่า ดังนั้น ไม้ไผ่สานอัดที่มีความบางจะอัดแน่นติดกันได้ดีกว่า

เมื่อผ่านกระบวนการต้ม การแช่เย็น และการอบ การแยกกันของชั้นไม้ ของไม้ไผ่สานที่บางกว่าจะน้อยกว่าไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนากว่า ดังนั้น ความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่มของไม้ไผ่สานอัดที่มีความบางจะดีกว่าไม้ไผ่สานอัดที่มีความหนากว่า ส่วนไม้ไผ่สานอัดที่หนากว่ารับแรงสูงสุด และดีกว่า เพราะมีความหนากว่า

สรุปผนังไม้ไผ่สานที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานภายนอกตามมาตรฐาน โดยจัดอยู่ในระดับเกรดมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ผนังไม้ไผ่สานอัด 3 และ 4 ชั้น ที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เนื่องจากผ่านเกณฑ์มาตรฐาน GB 13123 – 91 Bamboo-mat Plywood ซึ่งผ่านเกณฑ์คุณสมบัติปริมาณความชื้นที่กำหนด ค่าความต้านทานแรงดัดในสภาวะแห้ง และค่าความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่ม

4. คุณสมบัติความหนาแน่น

เมื่อมีการเพิ่มจำนวนชั้นในการอัดความหนาแน่นไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยมีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 673.87 – 859.31 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ร ซึ่งมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับไม้เนื้ออ่อนถึงไม้เนื้อแข็งปานกลาง ระหว่าง 90 – 990 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กวี หวังนิเวศน์กุล, 2546)

5. สรุปราคาต้นทุนวัสดุไม้ไผ่สานอัดแผ่นเรียบ

ราคาค่าต้นทุนวัสดุของไม้ไผ่สานอัดมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความหนาของไม้ไผ่สานอัด เนื่องจากต้องมีจำนวนชั้นของไม้ไผ่สานมากขึ้น เมื่อต้องการความหนามากขึ้น และขึ้นอยู่กับราคาของกาว โดยไม้ไผ่สานอัดที่มีจำนวนชั้นเท่ากัน ไม้ไผ่สานอัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าต้นทุนมากกว่าการใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เพราะกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีราคาสูงกว่า

จากการเปรียบเทียบราคาค่าต้นทุนวัสดุของไม้ไผ่สานที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่าในการผลิตไม้ไผ่สานอัดขนาด 4 X 8 ฟุต โดยมีต้นทุนไม้ไผ่สานและกาวต่อไม้ไผ่สาน 1 แผ่น มีต้นทุนแผ่นละ 78 บาท ดังนั้นในการเพิ่มต้นทุนของการเพิ่มจำนวนชั้น ให้คิดเพิ่มต้นทุนชั้นละ 78 บาท

จากการเปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้ภายนอกในท้องตลาดขนาด 4 x 8 ฟุต โดยเปรียบเทียบกับไม้อัดสักภายนอกที่ความหนาใกล้เคียงกัน พบว่าไม้อัดสักภายนอกหนา 4 มิลลิเมตร มีต้นทุนวัสดุที่แพงกว่าไม้ไผ่สานอัด 4 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ความหนา 4.36 มิลลิเมตร ถึง 984 บาทต่อแผ่น คิดเป็น 75.93 เปอร์เซ็นต์ของราคาไม้อัดสักภายนอกหนา 4 มิลลิเมตร

ไม้อัดสักภายนอกหนา 5 มิลลิเมตร มีต้นทุนวัสดุที่แพงกว่าไม้ไผ่สานอัด 5 ชั้น กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ความหนา 5.10 มิลลิเมตร ถึง 1,074 บาทต่อแผ่น คิดเป็น 73.36 เปอร์เซ็นต์ของราคาไม้อัดสักภายนอกหนา 5 มิลลิเมตร

จากข้อความข้างต้นสรุปได้ว่า วัสดุไม้อัดภายนอกในท้องตลาด โดยไม้อัดสักมีค่าต้นทุนวัสดุที่แพงกว่าไม้ไผ่สานอัดที่ความหนาใกล้เคียงกัน เนื่องจากไม้อัดสักเน้นในเรื่องของความงามด้วยนอกจากการใช้สอยอย่างเดียว หากเทียบกับไม้ไผ่สานอัดที่ใช้ภายนอกแล้ว ถือว่าไม้ไผ่สานอัดประเภทภายนอกที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ นอกจากจะเน้นประโยชน์การใช้สอยที่เหมือนกันแล้ว ยังมีผลลดการคายน้ำของไม้ที่สวนดอกไม้ที่สวยงาม และมีต้นทุนวัสดุน้อยกว่าไม้อัดสักภายนอกอีกด้วย

วัสดุหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น

1. คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น

โดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติการรับแรงกดสูงสุด และค่าความต้านแรงแตกหักของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กและหลังคาสังกะสีลอน พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีค่าแรงกดสูงสุดมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก และหลังคาสังกะสีลอนเล็ก มีค่าแรงกดสูงสุดน้อยที่สุด สรุปได้ว่าหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งมีความแข็งแรงกว่าหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กประมาณ 4 เท่า มีความแข็งแรงกว่าหลังคาสังกะสีลอนเล็ก 9 เท่า

หากเปรียบเทียบค่าความต้านแรงแตกหัก พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีค่าความต้านทานแรงแตกหักมากที่สุด รองลงมา คือ หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก และน้อยที่สุด คือ หลังคาสังกะสีลอนเล็ก สรุปได้ว่า ค่าความต้านแรงแตกหักมีค่าแปรผันตรงกับค่าแรงกดสูงสุด

การแอ่นตัว พบว่า เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำ หลังคาสังกะสีลอนเล็กเกิดการแอ่นตัวมากที่สุด รองลงมาได้แก่หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น และหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็กมีการแอ่นตัวน้อยที่สุด สรุปได้ว่า หลังคาสังกะสีมีความยืดหยุ่นมากที่สุดเมื่อมีแรงมากระทำกับหลังคา และเกิดการเสียรูปง่ายที่สุด

เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำกับหลังคาแล้ว วัสดุแต่ละชนิดจะมีการเสีย รูป หรือมีการแตกหักที่แตกต่าง กัน ดังนี้

1. หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำแล้ว จะเกิดการแอ่นตัวจนไม่สามารถรับแรงได้ โดยไม่เกิดการแตกหักของหลังคา แต่เกิดการเสียรูปเท่านั้น สังกะสีไม้ไผ่จะคืนรูปดั้งเดิม หรือเกือบคงรูปดั้งเดิม ซึ่งเป็นข้อดีของไม้ไผ่ที่มีความเหนียว และมีความยืดหยุ่นดีในลักษณะของการเป็นเส้นใย
2. หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำแล้วจะเกิดการแตกหักเป็นชิ้น ๆ ของวัสดุเลย เนื่องจากการยึดกันของเนื้อวัสดุไม่ใช่ลักษณะการยึดกันของเส้นใย เมื่อเกิดแรงสูงสุดกระทำจะมีความเปราะและแตกง่าย
3. หลังคาสังกะสีลอนเล็ก เมื่อมีแรงกดสูงสุดกระทำแล้วจะไม่เกิดการแตกหัก แต่จะเกิดการเสียรูปเนื่องจากเป็นโลหะและมีความเหนียว แต่โลหะเมื่อมีการเสียรูปแล้วจะไม่มีการคืนรูปเหมือนเดิม โดยเกิดการบิดและงอ

สรุปข้อดีของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น เมื่อมีการรับแรงสูงสุดแล้ว จะไม่เกิดการแตกหักและ จะเกิดการแอ่นตัวเท่านั้น ดังนั้น ข้อดีในด้านความปลอดภัยจะไม่มีเศษวัสดุแตกหักตกลงใส่ผู้อยู่อาศัย ภายในอาคารหากหลังคารับแรงสูงสุด

2. คุณสมบัติความไม่รั่วซึมของหลังคาไม้ไผ่สาน

เมื่อทดสอบใต้น้ำบนหลังคานาน 24 ชั่วโมง ปรากฏว่า หลังคาลอนไม้ไผ่สานส่วนใหญ่ ไม่มีหยดน้ำ และน้ำซึมออกมาเลย โดยมีน้ำซึมออกมาแต่ไม่ถึงกับเป็นหยดน้ำน้อยมาก เพียงแผ่นเดียว จุดเดียวของการทดสอบหลังคาตัวอย่าง 3 แผ่น ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน สรุปได้ว่า กาวพินอลพอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในการประสานระหว่างชั้นของไม้ไผ่สาน นอกจากจะเป็นกาวที่ใช้สำหรับงานภายนอกแล้ว ยังเป็นกาวที่มีคุณสมบัติในการยึดของวัสดุที่สามารถอุดช่องว่างระหว่างไม้ได้ดี จึงไม่มีการรั่วซึมของน้ำ ซึ่งกาวชนิดนี้นอกจากใช้ในการผลิตไม้ประสานสำหรับงานภายนอกแล้ว ยังใช้ในการผลิตไม้ประสานที่สัมผัสน้ำ เช่น ไม้ประสานสำหรับการต่อเรือ เป็นต้น(กวี หวังนิเวศน์กุล 2546)

3. คุณสมบัติน้ำหนักของหลังคา

น้ำหนักของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีน้ำหนักเบากว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก 2.7 กิโลกรัม แต่หนักกว่าหลังคาสังกะสีลอนเล็กอยู่ 3.1 กิโลกรัม โดยหลังคาทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกันที่พื้นที่หลังคาขนาด 1 ตารางเมตร ซึ่งจากข้อมูลที่ได้นี้จะนำไปใช้ในการออกแบบโครงหลังคาในส่วนการรับน้ำหนักของหลังคาด้วย โดยโครงหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีขนาดของโครงหลังคาที่เล็กกว่าและ

ประหยัดกว่าโครงหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก และมีการขนส่งวัสดุที่สะดวกกว่า เนื่องจากมีน้ำหนักของหลังคาที่เบากว่า

4. คุณสมบัติทางความร้อนของหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาทั่วไป พบว่า หลังคาลอนไม้ไผ่ สานมีค่าสัมประสิทธิ์การนำ ความร้อน (k) น้อยที่สุด ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีที่สุดของหลังคาทั่วไปที่นำมาเปรียบเทียบและมีค่าความจุความร้อนน้อยที่สุด ซึ่งเป็นคุณสมบัติในการกักเก็บปริมาณความร้อนในวัสดุหลังคาน้อยที่สุด

5. สรุปราคาต้นทุนวัสดุหลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น

หลังคาลอนไม้ไผ่สาน 5 ชั้น มีราคาต้นทุนวัสดุที่แพงกว่าหลังคาทั่วไปในท้องตลาด โดยเปรียบเทียบกับหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนลูกฟูกลอนเล็ก กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่ และสังกะสีลอนเล็ก ดังนั้น หลังคาลอนไม้ไผ่สานเหมาะสมสำหรับผู้มีรายได้ปานกลางในชนบท ซึ่งนอกจากมีคุณสมบัติการกันความร้อน และมีความแข็งแรงที่ดีกว่ากระเบื้องซีเมนต์ใยหินและสังกะสีลอนเล็กแล้ว ยังมีตลาดขายการสานที่สวยงาม ถือว่าคุ้มค่ากับการใช้ประโยชน์และในด้านความงามที่กลมกลืนกับวัสดุพื้นถิ่น

การคิดราคาต้นทุนวัสดุ หลังคาลอนไม้ไผ่สานสำหรับการวิจัยนี้ มีค่าต้นทุนวัสดุมากกว่า เมื่อกระบวนการผลิตเป็นระบบอุตสาหกรรม เนื่องจากในการผลิตไม้ไผ่สานให้เป็นผืนในโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตไม้ไผ่สานอัด จะใช้เครื่องปอกและลอกไม้ไผ่ให้เป็นดอก แล้วมีเครื่องสานตอกไม้ไผ่ให้เป็นผืน ซึ่งใน ส่วนของต้นทุนไม้ไผ่สานจะเป็นต้นทุนในการซื้อท่อนไม้มาแปรรูปอย่างเดียว ทำให้ประหยัดต้นทุนในส่วนของการจ้างชาวบ้านมาสานเสื่อไม้ไผ่ ในส่วนของต้นทุนท่อน ถ้าหากมีการใช้ท่อนในปริมาณมากก็สามารถมีการสังเคราะห์ท่อนในการผลิตไว้ใช้เอง ซึ่งสามารถลดต้นทุนในส่วนของการซื้อท่อนได้มาก กว่า การสั่งซื้อท่อนจาก โรงงานที่ผลิต

ข้อเสนอแนะ

1. ในการผลิตหลังคาลอนไม้ไผ่สาน เครื่องอัดไฮดรอลิกส์ ควรมีที่สำหรับปรับเปลี่ยนการใช้แม่พิมพ์โดยยึดกับตัวเครื่องได้ เพราะในการผลิตหลังคาแต่ละแผ่น ต้องมีการยกแม่พิมพ์ออกมาซึ่งมีน้ำหนักมากและร้อน เพื่อนำแผ่นหลังคาที่ผลิตออกมา และใส่ไม้ไผ่สานในการผลิตแผ่นต่อไป ถ้าแม่พิมพ์ลอนสามารถยึดกับตัวเครื่องได้จะมีความสะดวก เมื่ออัดแผ่นเสร็จ สามารถดึงชิ้นงานออกมา โดยไม่ต้องยกแม่พิมพ์ออกมาด้วย และสามารถใส่วัสดุที่จะอัดชิ้นต่อไปได้ ทำให้มีความสะดวกและรวดเร็วในการผลิตหลังคาลอนไม้ไผ่สาน

2. การผลิตหลังคาลอนไม้ไผ่สาน หากมีการฝังตัวให้ความร้อน (heater) ที่ตัวโลหะแม่พิมพ์จะให้ความร้อนในการอัดได้ดีกว่าและเร็วกว่า การอาศัยความร้อนจากแท่นอัดแผ่น ซึ่งมีลักษณะเรียบจากเครื่องอัด เพราะต้องใช้เวลาานกว่าความร้อนจะเดินทางผ่านอลูมิเนียมที่มีความหนามากที่สุดที่ใช้อัด

3. การผลิตหลังคาลอนไม้ไผ่สาน ในระหว่างการเพิ่มแรงดันของเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ ต้องค่อย ๆ ปรับเพิ่มแรงดันทีละน้อย จนถึงแรงดันสูงสุดที่ 35 – 40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หากปรับแรงดันให้เพิ่ม

มากขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจทำให้ไม้ไผ่सान เกิดการฉีกขาด เนื่องจากไม้ไผ่सानเกิดแรงดึงระหว่างลอนของแม่พิมพ์ ดังนั้นจึงควรเพิ่มแรงดันที่ละน้อย เพื่อให้ไม้ไผ่सान ได้ปรับสภาพคลายตัว ไม่ทำให้เกิดแรงดึงที่ทำให้ไม้ไผ่सानเกิดการฉีกขาด

4. การเก็บรักษาไม้ไผ่सान ก่อนที่จะนำไปผลิต ต้องเก็บไว้ในที่ที่แห้ง อากาศถ่ายเทสะดวก และในบริเวณที่เก็บไม้ไผ่सान ควรเทน้ำยากันปลวก มอด และแมลง

5. เมื่อนำไม้ไผ่सानมาจากแหล่งผลิต ก่อนที่จะมีการเก็บรักษา ควรนำเข้าสู่ตู้อบ เนื่องจากความร้อนจากตู้อบสามารถทำลายไขอ่อนของมอด และแมลง ที่มากับไม้ไผ่सानที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธี นี้ไม่ใช่วิธีป้องกันการทำลายของแมลงได้ตลอดในระหว่างการเก็บรักษา หากเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของมอด และแมลง โดยหากเก็บไว้ในระยะเวลาไม่นาน มอด และแมลง สามารถกลับมาวางไข่อ่อนและทำลายไม้ไผ่सानได้

6. การฟุ้งไม้ไผ่सानหลังจากการแช่กาว ไม่ควรฟุ้งไม้ไผ่सानบริเวณที่มีแสงแดด หรือบริเวณกลางแจ้ง เพราะแสงแดดมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาของกาว ควรฟุ้งในที่ร่ม และอากาศสามารถถ่ายเทได้สะดวก

7. ไม้ไผ่सानที่นำมาใช้ในการผลิตวัสดุ ไม่ควรนำตอกไผ่บริเวณผิวนอกของไม้ไผ่ ที่มีลักษณะผิวมันมาผลิตไม้ไผ่सान เนื่องจากบริเวณผิวของตอกไผ่ที่มีความมัน กาวไม่สามารถซึมผ่านเนื้อไม้ได้ เมื่อนำไปผลิตไม้ไผ่सानอัด หรือหลังกาลอนไม้ไผ่सान บริเวณผิวของตอกไผ่ที่มีความมัน ไม่สามารถยึดติดกันได้

8. การอบไม้ไผ่सानเพื่อให้ได้ความชื้นที่ต้องการก่อนกระบวนการอัด ในการวางไม้ไผ่सानภายในตู้อบ ไม่ควรวางไม้ไผ่सानซ้อนทับกัน เนื่องจากจะทำให้ปริมาณความชื้นของไม้ไผ่सानแต่ละชั้นมีความแตกต่างกัน ไม้ไผ่सानที่ถูกซ้อนทับด้านในไม่สามารถคายความชื้นได้ดีกว่าไม้ไผ่सानที่วางทับไว้ชั้นบน ดังนั้นในการอบเพื่อลดความชื้นของไม้ไผ่सानควรวางไม้ไผ่सानให้สามารถคายความชื้นได้โดยสะดวก

9. ในการตัดผนังแผ่นเรียบ และหลังคาที่ผลิตจากไม้ไผ่सान ควรใช้เลื่อยที่มีความเร็วสูง และมีใบเลื่อยที่มีความละเอียด เนื่องจากในการตัดขอบของวัสดุจะได้ไม่เกิดการแตก

10. ในการอัดผนังไม้ไผ่सानอัดเมื่อมีการเพิ่มจำนวนชั้นของแผ่นไม้ไผ่सान ควรที่จะเพิ่มระยะเวลาในการอัดด้วย และควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของระยะเวลาในการอัดของผนังไม้ไผ่सानอัดที่มีจำนวนชั้นของไม้ไผ่सानแตกต่างกัน เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอัดแผ่นไม้ไผ่सानที่มีจำนวนชั้นแตกต่างกัน เนื่องจากไม้ไผ่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวน(ณรงค์ เฟื่องปรีชา และ สิริพงษ์ ตระการไทย 2534) ดังนั้นผนังไม้ไผ่सानอัดที่มีความหนา หรือมีจำนวนชั้นของแผ่นไม้ไผ่सानที่มากจึงต้องมีระยะเวลาในการอัดมากกว่าผนังไม้ไผ่सानอัดที่มีความบางกว่าหรือมีจำนวนชั้นของแผ่นไม้ไผ่सानที่น้อยกว่า

11. วัสดุผนังแผ่นเรียบและหลังคาจากไม้ไผ่सानควรมีการทดสอบเพิ่มเติมในเรื่องของการกันไฟ และผลกระทบของรังสียูวีที่มีผลต่อวัสดุ เนื่องจากเป็นวัสดุใช้ภายนอกอาคาร

12. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของสารที่เคลือบผิววัสดุที่สามารถเพิ่มความแข็งแรง คงทนของวัสดุผนังแผ่นเรียบ และหลังคาจากไม้ไผ่सान

13. ควรมีการศึกษาพืชชนิดอื่นที่มี คุณสมบัติคล้ายไม้ไผ่มาทำการพัฒนาและทดลองทำผนังและหลังคาในลักษณะการแปรรูป โดยการอัดและใช้กาวที่มีคุณสมบัติในการกันน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธวัช จิรายุส นักวิชาการป่าไม้ 8ว เจ้าหน้าที่อาวุโสสังกัดงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนเป็นผู้ตรวจสอบผลงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของงานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และของสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- กานต์ คำแก้ว “ไม้ไผ่กับสถาปัตยกรรมที่เลียนหาารออกแบบศาลาประชาสมิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร 2547
- กวี หวังนิเวศน์กุล. วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2546.
- จารุณี วงศ์ข้าหลวง . “ความทนทานตามธรรมชาติของไม้ไผ่บางชนิดในประเทศไทย .” เอกสารการสัมมนาเรื่องไม้ไผ่ครั้งที่ 2 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 8 -10 พฤศจิกายน 2532. (อัดสำเนา)
- ณรงค์ เฟื่องปรีชา และ สิริพงษ์ ตรีการไทย . “การผลิตแผ่นไม้อัด .” เอกสารกองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2534. (อัดสำเนา)
- ทีโอเอ – โดฟเคม อินดัสตรีส์, บจก. “คุณสมบัติของกาวฟินอลฟอร์มัลดีไฮด์ .” ประกาศนียบัตรรับรองการทดสอบกาวฟินอลฟอร์มัลดีไฮด์, เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2550. (อัดสำเนา)
- ป่าไม้, กรม. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้. “ความรู้เกี่ยวกับการผึ่งและอบไม้.” เอกสารประกอบคำบรรยาย กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, 2524. (อัดสำเนา)
- พงศ์พันธ์ วรสุทโรสถ และ วรพงศ์ วรสุทโรสถ. วัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544.
- มนตรี พรหมโชติกุล และ ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์ . “ความแข็งแรงของไม้ไผ่.” เอกสารการสัมมนาเรื่อง ไม้ไผ่ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 6 – 7 มิถุนายน 2528. (อัดสำเนา)
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม , สำนักงาน. ระเบียบซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน : ลอนลูกฟูก มอก.18 - 2529. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2524.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม , สำนักงาน. ระเบียบซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน : ลอนคู่ มอก .79 - 2529. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2524.
- มิลเลเนียม เว็ป, บจก. “ราคาวัสดุก่อสร้าง.” <http://www.thaicontractor.com>, 5 เมษายน 2550.
- วรรณ อุ่นจิตติชัย “อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีผลิตกลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ 2541. (อัดสำเนา)

- _____ . “การปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์จากแผ่นบอร์ด เอกสารประกอบภาสอน วิชา361354ภา
และทฤษฎีการยึดติด วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
_____ . นักวิชาการป่าไม้ ว. สัมภาษณ์ 28 เมษายน 2550
- วรัท พรหมโชติกุล. “ไม้ประดับโครงสร้างจากไม้ขนาดเล็ก.” ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการ
ป่าไม้ กรมป่าไม้, 2541. (อัดสำเนา)
- วิรัช ชื่นวาริน. “ลักษณะโครงสร้างองค์ประกอบและสมบัติทางฟิสิกส์ของไม้ไผ่” เอกสารการสัมมนาเรื่องไม้ไผ่
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ – 7 มิถุนายน 2528. (อัดสำเนา)
- วิวัฒน์ เตมียพันธ์ “เรือนพักอาศัย รูปแบบสำคัญของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ภาษา(มกราคม 2541): 61-63.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้นพิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
- สอาด บุญเกิด ไม้ไผ่บางชนิดในประเทศไทยกรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2528.
- สุทัศน์ เดชวิสิทธิ์. ไม้ไผ่สำหรับคนรักไฟ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อโศกมิมวินิก้า, 2537.
- อนันต์ อนันตโชติ. ไม้ไผ่ในประเทศไทยที่นำรู้จัก. กรุงเทพมหานคร: อักษรสยามการพิมพ์, 2534.
- Center for Development Technology. “Development of a Tropical Roofing Material.” Washington
University Saint Louis Missouri, 1971. (Mimeographed.)
- Department of Building and Architecture at Eindhoven University of Technology. “The Advantages of the
Use of Bamboo as a Structural Material.” <http://www.bwk.tue.nl/bko/research/Bamboo/bamboo.htm>, 5 April 2007.
- India Plywood Industries Research and Training Institute. “Bamboo Mat Flat Board.”
<http://www.bamboocomposites.com/primary%20processing.htm>, 5 April 2007.
- Mardjono, Fitri. “Bamboo Knowledge Based Building Design Decision Support System.”
<http://www.bwk.tue.nl/bko/research/Bamboo/Fitri.htm>, 5 April 2007.
- Rottke, Evelin. “Mechanical Properties of Bamboo.” <http://www.bambus.rwth.aachen.de/eng>, 5 April 2007.
- Sipongco, Joaquin O. and Muandar, Murdiati. “Technology Manual on Bamboo as Building material .” United
Nations Development Program (UNDP), 1987. (Mimeographed.)
- State Standard of the People’s Republic of China. “Bamboo-mat Plywood GB 13123-91.” Chinese
Industrial Standard, 1991. (Mimeographed.)
- _____ . “Methods of Testing Bamboo-mat Plywood GB 13124-91.” Chinese Industrial Standard, 1991.
(Mimeographed.)