



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่อง การเตรียมผลิตภัณฑ์แผ่นประกอบชนิดน้ำหนักเบา
ด้วยยางฟองน้ำเป็นแกนกลาง

โดย ประชิด สระโมฬี

สิงหาคม 2554

สัญญาเลขที่ RDG5350025

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่อง การเตรียมผลิตภัณฑ์แผ่นประกอบชนิดน้ำหนักเบา
ด้วยยางฟองน้ำเป็นแกนกลาง

ผู้วิจัย

ประจิด สระโมฬี

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

ชุดโครงการยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ การเตรียมผลิตภัณฑ์แผ่นประกอบชนิดน้ำหนักเบาด้วยยางฟองน้ำเป็นแกนกลาง
Preparation of light weight particles board by using natural rubber sponge
as core layer

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

นายประชิด สระโมฬี

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

222 ต.ไทยบุรี อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80161

โทรศัพท์ (075)672-337 โทรสาร (075)672-399 E-mail address sprachid@wu.ac.th

นักศึกษา นางสาวนิภารัตน์ ขวัญพร้อม นายนิรุทธิ์ สุขอุ่น

งบประมาณทั้งโครงการ 122,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินการ 9 เดือน ตั้งแต่วันที่ 15 ส.ค. 2553 ถึงวันที่ 14 พ.ค. 2554

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลถูกพัฒนาจากอุตสาหกรรมไม้แข็ง เพื่อต้องการนำวัสดุเหลือใช้มาแปรรูปและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุที่ทำจากไม้ ต่อมาอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ได้มีความต้องการวัสดุประกอบในการผลิตที่ทำจากไม้หรือวัสดุที่ใช้ทดแทนไม้มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้านวัสดุที่นำมาผลิตและนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007 จนถึงปัจจุบันอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ได้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตเฟอร์นิเจอร์ที่มีน้ำหนักเบาและยังได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่อง จากความสำคัญดังกล่าวในการทำให้เฟอร์นิเจอร์ที่มีน้ำหนักเบาได้ถูกพัฒนาโดยใช้วัสดุอื่นๆเข้ามาทดแทนไม้ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติในการนำไปใช้และการทำให้น้ำหนักของเฟอร์นิเจอร์น้อยลง ดังนั้นจึงมีความสนใจในการเลือกใช้อย่างฟองน้ำจากยางธรรมชาติเป็นแกนกลางของแผ่นปาร์ติเกิล รวมทั้งศึกษาเงื่อนไขในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบา โดยอาจจะสามารถเพิ่มทางเลือกในการใช้วัสดุที่นำมาผลิตเฟอร์นิเจอร์ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษากระบวนการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดน้ำหนักเบา โดยใช้ฟองน้ำยางธรรมชาติเป็นวัสดุประกอบแกนกลางและมีสมบัติตามมาตรฐานสากล

ผลการดำเนินการ

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของสารฟู 3 ชนิด ได้แก่ Azo dicarbonamide (ADCA), N,N'-Dinitroso pentamethylene tetramine (DPT) และ 4,4'-Oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSH) ที่ปริมาณ 2.5, 5 และ 10 phr ในยางคอมเพาด์ เมื่อใช้น้ำหนักยางคอมเพาด์เท่ากันพบว่าค่าความหนาแน่นของยางพองน้ำที่ใช้สารฟูชนิด DPT จะมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นของยางพองน้ำของสารฟูชนิด ADCA และ OBSH ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้สารฟูทำให้ค่าความหนาแน่นของยางพองน้ำลดลง และทำการตรวจสอบลักษณะเซลล์ของฟองอากาศ พบว่าจากค่าความหนาแน่นของยางพองน้ำที่ใช้ OBSH มีค่าสูงกว่าการใช้สารฟูชนิดอื่นๆ เนื่องจากลักษณะเซลล์ที่ได้เป็นเซลล์ปิดขนาดเล็ก กระจายตัวสม่ำเสมอทั่วชิ้นตัวอย่าง เมื่อนำยางคอมเพาด์สูตรที่ใช้สารฟูชนิด OBSH ไปทดลองขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิล โดยแปรปริมาณกายูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) ความชื้นของขึ้นไม่ผสมกาวและแรงที่ใช้ในการอัดรีด โดยอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลที่อุณหภูมิ 160°C เป็นเวลารวม 8 นาที โดยทำการคลายระยะแม่พิมพ์ให้สารฟูแตกตัวที่เวลา 3, 4, 5 และ 6 นาที ตามลำดับ พบว่าค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ปริมาณกาวที่ 12% สูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ปริมาณกาวที่ 14 % รวมทั้งค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักด้วย ส่วนการดูดซับน้ำและการพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการศึกษาผลของความชื้นของขึ้นไม่ผสมกาวที่ 7% และ 12% ของน้ำหนักขึ้นไม่ที่อบแห้ง ทำให้ทราบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสของการแตกหักของแผ่นปาร์ติเกิลลดลง ส่วนการดูดซับน้ำและการพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบการใช้แรงอัดรีดที่ 24 และ 40 kg/cm^2 เมื่อใช้แรงในการอัดรีด 40 kg/cm^2 จะได้แผ่นปาร์ติเกิลที่มีค่าความหนาแน่นสูงกว่า นอกจากนี้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงอัด 24 kg/cm^2 มีค่าสูงกว่าการใช้แรงอัด 40 kg/cm^2 การพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการดูดซับน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงอัด 24 kg/cm^2 มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย นอกจากนี้เมื่อทดสอบค่าการนำความร้อนพบว่าแผ่นปาร์ติเกิลมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำอยู่ในช่วง $0.6921\text{--}0.8355\text{ W/m.K}$ และความชื้นของขึ้นไม่ผสมกาวสูงขึ้นจะมีผลต่อค่าการนำความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลน้ำหนักเบาด้วยการใช้ฟองน้ำยางธรรมชาติเป็นแกนกลาง ซึ่งเริ่มต้นโดยการออกสูตรยางคอมเพาด์ที่ใช้สารฟูชนิด 4,4'-Oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSH) ปริมาณ 10 phr ลักษณะของฟองอากาศเป็นเซลล์ปิดมีขนาดเล็กและรูปร่างกลม โดยมีค่าความหนาแน่นประมาณ 0.29 g/cm^3 จึงนำยางคอมเพาด์ที่ได้ไปทำการขึ้นรูป

โดยศึกษาปริมาณการที่ 12% และ 14% ของน้ำหนักขึ้นไม้อบแห้ง โดยค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ปริมาณการที่ 12% สูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ปริมาณการที่ 14 % รวมทั้งค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักด้วย ส่วนการดูดซับน้ำและการพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการศึกษาผลของความชื้นของขึ้นไม้ผสมการที่ 7% และ 12% ของน้ำหนักขึ้นไม้ที่อบแห้ง ทำให้ทราบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสของการแตกหักของแผ่นปาร์ติเกิลลดลง ส่วนการดูดซับน้ำและการพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบการใช้แรงอัดร้อนที่ 24 และ 40 kg/cm² เมื่อใช้แรงในการอัดร้อน 40 kg/cm² จะได้แผ่นปาร์ติเกิลที่มีค่าความหนาแน่นสูงกว่า นอกจากนี้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงอัด 24 kg/cm² มีค่าสูงกว่าการใช้แรงอัด 40 kg/cm² การพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการดูดซับน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงอัด 24 kg/cm² มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ดังนั้นจากการทดลองนี้สามารถเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบาที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.5 g/cm³ ได้ โดยการใช้ปริมาณการยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ที่ 12% ของขึ้นไม้อบแห้ง และค่าความชื้นของขึ้นไม้ที่ใช้ประมาณ 7% ของขึ้นไม้ที่ผสมการ แรงในการอัดร้อน 24 kg/cm² อุณหภูมิ 160 °C เวลาในอัดร้อนก่อนคลายระยะแม่พิมพ์ (prepress time) 5 นาทีและเวลาอัดรวม 8 นาที ซึ่งจากการทดลองสภาวะการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลที่ได้ เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความแข็งแรงได้

ข้อเสนอแนะที่ควรวิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

1. จากผลการทดสอบสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิล ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมทางด้านการปรับปรุงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสของการแตกหักให้แผ่นปาร์ติเกิลมีความแข็งแรงมากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาการควบคุมความหนาของแกนกลางของแผ่นปาร์ติเกิลที่เป็นส่วนของยางพองน้ำให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น
3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านการเลือกใช้การที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับแผ่นปาร์ติเกิล เช่นการใช้กายวาทธรรมชาติโอพอกซีไคซ์ทดแทนการสังเคราะห์ยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์
4. ควรศึกษาเพิ่มเติมด้านการใช้วัสดุชนิดอื่นเสริมแรงในยางคอมปาวด์ เพื่อความแข็งแรงให้กับแผ่นปาร์ติเกิล

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

บทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับชาติ 1 บทความ
สิทธิบัตร 1 ชิ้น

1. ชื่อเรื่อง การเตรียมผลิตภัณฑ์แผ่นประกอบชนิดน้ำหนักเบาด้วยยางฟองน้ำเป็นแกนกลาง

Title Preparation of light weight particles board by using natural rubber sponge as core layer

2. ชื่อผู้เขียน ประชิด สระโมฬี

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ตำบลไทยบุรี
อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161

Author Prachid SARAMOLEE

School of Engineering and Resources, Walailak University, Nakhon si
Thammarat, 80161 THAILAND

3.เนื้อหา

3.1 บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบาด้วยการใช้ฟองน้ำยางธรรมชาติเป็นแกนกลาง โดยใช้สารฟู 3 ชนิดคือ Azo dicarbonamide (ADCA), N,N'-Dinitroso pentamethylene tetramine (DPT) และ 4,4'-Oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSH) ที่ปริมาณ 0 - 10 phr พบว่ายางคอมเปาต์ที่ใช้สารฟู OBSH มีลักษณะของฟองอากาศเป็นเซลล์ปิดมีรูปร่างกลมขนาดเล็กและมีกระจายตัวที่สม่ำเสมอกว่าการใช้สารฟูอีก 2 ชนิด การเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบาด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป โดยศึกษาผลของปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde; UF) ผลของความชื้นของขึ้นไม้ผสมกาวและแรงที่ใช้ในการอัดรีด จากการทดลองพบว่าสามารถเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบาที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรได้ โดยการใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12 % ของขึ้นไม้อบแห้ง ค่าความชื้นของขึ้นไม้ประมาณ 7% ของขึ้นไม้ที่ผสมกาว โดยใช้แรงในการอัดรีดเท่ากับ 24 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอัดรีดก่อนคลายระยะแม่พิมพ์ (prepress time) 5 นาทีและเวลาอัดรวม 8 นาที ซึ่งสภาวะการขึ้นรูปนี้เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบาที่มีความแข็งแรงได้ นอกจากนี้ยังมีค่าการนำความร้อนต่ำเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านฉนวนกันความร้อนได้

คำสำคัญ: แผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบา ยางฟองน้ำ ยางธรรมชาติ

3.2 Abstract

This article studied the methods to prepare light weight particle board by using natural rubber sponge as a core layer. Azo dicarbonamide (ADCA), N,N'-Dinitroso pentamethylene tetramine (DPT) and 4,4'-Oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSH) were used as the blowing agents with the dosages varying from 0 - 10 phr. OBSH provides rubber foam with smaller closed cell and better cell dispersion when compared with the other blowing agents. The light weight particle boards were prepared by compression molding technique. The effects of urea formaldehyde (UF) resin concentrations, moisture contents of flake and compression pressure on processing and properties of particle boards were investigated. This research illustrates the success in preparation of light weight particle board with density below 0.5 g/cm^3 by using parameters such as amount of urea formaldehyde resin (12% of dry flake), moisture content of flake (7% of flake mixed with adhesive), pressure (24 kg/cm^2), press temperature (160°C), pre-press time (5 min.) and total press time (8 min.). These parameters were as the suitable condition to prepare the light weight particle board with good mechanical strength. Moreover, they exhibited lower thermal conductivity and it can be used for thermal insulation applications.

Key words: light weight particle board, rubber sponge, natural rubber

3.3 คำนำ

อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลเริ่มต้นที่ทวีปยุโรปในปี 1941¹ จากนั้นก็เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ในช่วงแรกของการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อนำวัสดุเหลือใช้มาแปรรูปและเพิ่มราคาให้กับวัสดุที่ทำจากไม้ ในประเทศไทยอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลได้เข้ามาในปี พ.ศ. 2501 แต่ยังไม่เป็นที่รู้จัก จนกระทั่งเกิดการขาดแคลนไม้และวัสดุที่นำมาแปรรูป จึงทำให้แผ่นชิ้นไม้ประกอบได้รับความนิยมมากขึ้นและเกิดอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ขึ้นในประเทศไทย ในปี ค.ศ. 2006 ทวีปยุโรปมีการผลิตเป็นแผ่นประกอบและไฟเบอร์บอร์ด (MDF) ถึง 37 ล้านลูกบาศก์เมตรและ 13 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีการนำแผ่นประกอบและไฟเบอร์บอร์ดนี้มาใช้งานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ถึง 53% และ 25 % ตามลำดับ ทำให้ในปัจจุบันมีการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดเพื่อตอบสนองต่ออุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์มากขึ้น จึงต้องมีการออกแบบและพัฒนาเฟอร์นิเจอร์เพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการของผู้บริโภคโดยตรง เช่นมีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพการใช้งานและน้ำหนักเบา เป็นต้น สำหรับแผ่นปาร์ติเกิลที่มีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงจะมีข้อได้เปรียบในเรื่องของการเคลื่อนย้ายหรือการขนส่ง นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาและมีการนำมาใช้งานในด้านการทหาร เช่นการใช้แทนเหล็กในเรือดำน้ำของการทหารเพื่อลดน้ำหนักและป้องกันการตรวจจับจากศัตรู และยังลดค่าใช้จ่ายด้านวัสดุที่นำมาผลิต รวมถึงวัสดุชนิดน้ำหนักเบาที่ประกอบอยู่ในกระสวยอวกาศหรือดาวเทียม เป็นต้น

น้ำหนักของผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์จะมากหรือน้อยในปริมาณที่เท่ากันขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิล โดยค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลทั่วไปมีค่าประมาณ 650 kg/m^3 และไฟเบอร์บอร์ดประมาณ 800 kg/m^3 ทำให้ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์มีน้ำหนักมาก ในช่วงแรกของการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบาด้วยการลดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลลง แต่มีข้อด้อยคือจะทำให้ความแข็งแรงของบอร์ดลดลง ต่อมามีการพัฒนาแผ่นปาร์ติเกิลชนิด 3 ชั้น (Three layers particleboard) ทำให้สามารถลดน้ำหนักลงได้ ซึ่งแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบาโดยทั่วไปจะมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่า 500 kg/m^3 จึงมีการพยายามนำชิ้นไม้ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นต่ำๆ เช่น ไม้ Balsa (*Ochroma spp.*) และ Cotton wood (*Ceiba spp.*)² สามารถผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความหนาแน่นประมาณ $50\text{-}300 \text{ kg/m}^3$ และ 300 kg/m^3 ได้ตามลำดับ ต่อมา มีการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่มีแกนกลางเป็นท่อกลวง (Tube core) การใช้กระดาษรังผึ้งเป็นแกนกลาง (Paper honeycomb core) และการใช้โฟมพอลิเมอร์พวกโพลียูรีเทนหรือโพลีสไตรีนเป็นแกนกลาง (Polymer foam core) ซึ่งสามารถผลิตแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความหนาแน่นได้ตั้งแต่ $100\text{-}350 \text{ kg/m}^3$

จากความสำคัญดังกล่าวในการทำเฟอร์นิเจอร์ที่มีน้ำหนักเบา จึงได้มีการพัฒนาโดยการใช้วัสดุอื่นๆ เข้ามาทดแทนไม้ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติในการนำไปใช้และลดน้ำหนักของเฟอร์นิเจอร์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะเลือกใช้ยางพองน้ำจากยางธรรมชาติเป็นแกนกลางในการนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลเพื่อลดน้ำหนัก รวมทั้งศึกษาเงื่อนไขในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบา ซึ่งมีราคาถูกกว่าโฟมโพลียูรีเทน

หรือโพลีโพลีไตรีน และผลิตจากวัสดุจากธรรมชาติ ซึ่งอาจจะสามารถเพิ่มทางเลือกในการใช้วัสดุที่นำมาผลิตเฟอร์นิเจอร์ได้

3.4 อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมคอมเปาวด์ยางฟองน้ำ

ผสมยางคอมเปาวด์ ตามสูตรในตารางที่ 1 ด้วยเครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง (Two roll mills) ตามขั้นตอนใน ASTM D 3184-2000 โดยแปรชนิดสารฟูล์ใช้ 3 ได้แก่ Azo dicarbonamide (ADCA), N,N'-Dinitroso pentamethylene tetramine (DPT) และ 4,4'-Oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSH) ที่ปริมาณ 2.5, 5 และ 10 phr ทดสอบค่าทอร์กสูงสุด (M_H), ค่าทอร์กต่ำสุด (M_L), ระยะเวลาสก็อช (Scorch time; ts_s), ระยะเวลาการสุกตัว (Cure time; tc_{90}) ด้วยเครื่อง Oscillating Disk Rheometer (ODR) และอัดรีดเพื่อตรวจสอบลักษณะฟองอากาศ

การเตรียมแผ่นปาร์ติเกิล

ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในการทดลองนี้คือ 2.0 เซนติเมตร ดังรูปที่ 1 และความหนาแน่นของขึ้นไม้อยู่ที่ 0.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นสามารถคำนวณหาหน้าหนึ่งของขึ้นไม้ในแต่ละชั้น โดยทราบได้จากความกว้างและความยาวของแม่พิมพ์

การเตรียมขึ้นไม้อัด คัดขนาดของขึ้นไม้โดยผ่านตะแกรงให้มีขนาดช่วง 0.8-2.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ เพื่อให้ได้ขนาดขึ้นไม้สำหรับส่วนที่เป็นชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิลหลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อปรับความชื้นของขึ้นไม้

การผสมกาว นำขึ้นไม้ที่อบไล่ความชื้นแล้ว มาผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (E2) โดยการสเปรย์กาวด้วยเครื่องผสมกาว จากนั้นเก็บขึ้นไม้ที่ผสมกาวไว้ในถุงและปิดปากถุงเพื่อป้องกันความชื้นเปลี่ยนแปลง

การเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลก่อนอัดรีด (Forming) การอัดแผ่นปาร์ติเกิลจะต้องทำการอัดขึ้น (Forming) เพื่อฟอร์มแผ่นก่อนการอัดรีด โดยการโรยขึ้นไม้ที่ผสมกาวลงในแม่แบบฟอร์มแผ่นให้สม่ำเสมอ แล้วกดให้ขึ้นไม้ผสมกาวแน่นสามารถถอดแม่แบบออกได้ แล้วนำไปอัดรีดด้วยเครื่องอัดรีด (Hot Plate) โดยในการทดลองนี้ การอัดแผ่นปาร์ติเกิลโดยใช้ยางฟองน้ำเป็นแกนกลาง ทำการอัดขึ้น (Forming) โดยการโรยขึ้นไม้ผสมกาวชั้นผิวล่างลงในแม่แบบฟอร์มแผ่นให้ความหนาสม่ำเสมอแล้วกดให้ขึ้นไม้แน่น จากนั้นวางแผ่นยางคอมเปาวด์แล้วโรยขึ้นไม้ผสมกาวชั้นบนให้ความหนาสม่ำเสมอแล้วกดให้ขึ้นไม้แน่นอีกครั้ง

การอัดรีดแผ่นปาร์ติเกิล การอัดแผ่นปาร์ติเกิลสามารถแบ่งการอัดรีดเป็น 2 ขั้นตอน คือการอัดรีดในช่วงแรก (Prepress time) จะอัดให้แผ่นมีความหนา 1.5 เซนติเมตร เพื่อส่งผ่านความร้อนไปยังแผ่นปาร์ติเกิลทำให้กาวสุกตัวและยางคอมเปาวด์ได้รับความร้อนเป็นเวลา 3, 4, 5 และ 6 นาที และในขั้นตอนที่ 2

คือการคลายแรงอัดเพื่อให้สารฟูในยางคอมปาวด์แตกตัวเป็นฟองอากาศ โดยกำหนดความหนาของแผ่นไว้ที่ 2.0 เซนติเมตร อัดร้อนต่อไปจนครบเวลา 8 นาที ใช้แรงในการอัดร้อนที่ 24 kg/cm^2

การทดลองอื่นๆ

- การทดสอบความหนาแน่น (Density) การผลิต Light weight panels จะต้องมีความหนาแน่นต่ำกว่า 500 kg/m^3 ดังนั้นต้องเตรียมชิ้นตัวอย่างขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับ $50 \times 50 \text{ mm}^2$ และชั่งน้ำหนัก โดยความหนาแน่นจากชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้นจะต้องมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 10 วัดตำแหน่งที่มุมทั้งสี่ของชิ้นตัวอย่าง โดยวัดเข้าไปในชิ้นตัวอย่างด้านละ 20 mm. นำมาคำนวณความหนาแน่นดังสูตรต่อไปนี้อยู่ตามมาตรฐาน (มอก. 180-2519) ทุกๆการทดสอบสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลใช้จำนวน 3 ตัวอย่าง

$$\text{ความหนาแน่น (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบ (g)} \times 10^6}{\text{ปริมาตร(mm}^3\text{)}} \quad \dots(1)$$

- การทดสอบความทนทานต่อการบิด (Bending strength) เตรียมชิ้นทดสอบขนาด $50 \times 350 \text{ mm}^2$ (เพื่อหาค่าโมดูลัสของการแตกหัก Modulus of rupture; MOR ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น Modulus of elastic; MOE) ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ความยาวของ Span 300 mm และใช้ load cell ขนาด 10 kN กดด้วยความเร็วคงที่ 6.6 mm/min . ตามมาตรฐานการทดสอบ EN 310 ดังรูปที่ 2 สมการที่ใช้หาค่าโมดูลัสของการแตกหัก Modulus of Rupture; MOR (N/mm^2)

$$\text{MOR (N/mm}^2\text{)} = \frac{3P_m L}{2bt^2} \quad \dots(2)$$

เมื่อ P_m = Maximum load (N)

L = ความยาว span (mm)

b = ความกว้างของชิ้นทดสอบ (mm)

t = ความหนาของชิ้นทดสอบ (mm)

สมการที่ใช้หาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น Modulus of Elastic; MOE (N/mm^2)

$$\text{MOE (N/mm}^2\text{)} = \frac{L^3 \Delta W}{4bd^3 \Delta S} \quad \dots(3)$$

เมื่อ L = ความยาวของ span (mm)

ΔW = load ที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง (N)

ΔS = คือระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง (mm)

b = คือความกว้างของชิ้นทดสอบ (mm)

d = คือความหนาของชิ้นทดสอบ (mm)

- การทดสอบแรงยึดติดภายใน (Internal bond) เพื่อหาค่าแรงยึดติดของแผ่นประกอบและวิเคราะห์ส่วนที่ล้มเหลวระหว่างยาง-ยาง, ยาง-ไม้ หรือไม้-ไม้ โดยเตรียมชิ้นทดสอบขนาด 50x50 mm² ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) โดยใช้ load cell 10 kN ด้วยความเร็วคงที่ 6.6 mm/min. ภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิ 20±1 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65±5 % ดึงจนตัวอย่างเกิดการขาดหรือล้มเหลว ตามมาตรฐาน EN 317 ดังรูปที่ 3 และสมการที่ใช้หาค่าแรงยึดติดภายใน (Internal bond) (N/mm²)

$$\text{Internal bond (N/mm}^2\text{)} = \frac{P'}{b \times L} \quad \dots(4)$$

เมื่อ P' = Maximum Load (N)

b = ความกว้างของชิ้นทดสอบ (mm)

L = ความยาวของชิ้นตัวอย่าง (mm)

- การทดสอบการดูดซับน้ำ (Water adsorption) และการพองตัว (Thickness swelling) เตรียมชิ้นทดสอบขนาด 50x50 mm² โดยวัดขนาดความหนา ความยาว ความกว้าง และชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบ นำชิ้นทดสอบแช่น้ำโดยควบคุมสภาวะอุณหภูมิ 20±1 °C และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 65±5% โดยชิ้นตัวอย่างต้องอยู่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำไม่น้อยกว่า 3 cm และไม่วางชิ้นทดสอบซ้อนทับกัน เมื่อแช่ไว้ครบ 2 ชั่วโมง โดยนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำวางไว้ 10 นาที แล้ววัดขนาดความหนา ความยาว ความกว้าง และชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบ นำไปแช่น้ำอีกครั้งจนครบ 24 ชั่วโมงนำชิ้นตัวอย่างมาวางไว้ 10 นาที แล้วจึงวัดขนาดชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน EN 317 ดังรูปที่ 4

สมการที่ใช้หาค่าการดูดซับน้ำ (Water Adsorption)

$$\text{อัตราการเพิ่มขึ้นของการดูดซับน้ำ (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad \dots (5)$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (g)

W_2 = น้ำหนักหลังแช่น้ำครบ 24 ชั่วโมง (g)

สมการที่ใช้หาค่าการพองตัว (Thickness Swelling)

$$\text{อัตราการเพิ่มขึ้นของความหนา (\%)} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad \dots(6)$$

เมื่อ t_1 = ความหนาก่อนแช่น้ำ (mm)

t_2 = ความหนาหลังแช่น้ำครบ 24 ชั่วโมง (mm)

3.5 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.5.1 การออกสูตรยางคอมเปาต์ที่มีความหนาแน่น ระยะเวลากการสุกตัวและมีฟองอากาศที่เหมาะสมต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบา

จากการทดสอบลักษณะการวัดคาโนซ์ของยางคอมเปาต์ พบว่าสารฟูลินิค OBSH จะมีค่าทอร์คสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสารฟูลิกสองชนิด และระยะเวลากการสุกตัวของยางทุกๆคอมเปาต์อยู่ในช่วง 2.5 – 5.0 นาที ที่อุณหภูมิการทดสอบ 160 °C เมื่อนำยางคอมเปาต์มาอัดเข้าโดยใช้ปริมาณ 30 % ของปริมาตรแม่พิมพ์ เพื่อทดสอบความหนาแน่นของยางฟองน้ำ รวมถึงลักษณะของฟองอากาศที่ได้จากยางฟองน้ำแต่ละสูตรจะได้ผลดังตารางที่ 2 พบว่าค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ใช้สารฟูลินิค DPT จะมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำของสารฟูลินิค ADCA และ OBSH ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้สารฟูลินิคทำให้ค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำลดลง และทำการตรวจสอบลักษณะเซลล์ของฟองอากาศ พบว่าจากค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ใช้ OBSH มีค่าสูงกว่าการใช้สารฟูลินิคอื่นๆ เนื่องจากลักษณะเซลล์ที่ได้เป็นเซลล์ปิดขนาดเล็ก กระจายตัวสม่ำเสมอทั่วชิ้นตัวอย่าง ดังรูปที่ 5

เมื่อนำยางคอมเปาต์สูตรที่ใช้สารฟูลินิค OBSH ไปทดลองขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิล โดยทำการวัดอุณหภูมิที่ขึ้นผิว (ขึ้นไม้) ทั้งด้านบนและด้านล่าง รวมทั้งชั้นไส้ (ชั้นยาง) เพื่อดูการสุกของยางและลักษณะการเกิดฟองอากาศ ซึ่งต้องสัมพันธ์กับการสุกตัวของกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ (UF) โดยเตรียมขึ้นไม้ผสมกาวที่ 12% ของน้ำหนักขึ้นไม้ที่อบแห้ง แล้วอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลารวม 8 นาที โดยแปรเวลาการคลากระยะแม่พิมพ์ให้สารฟูลินิคแตกตัวที่เวลา 3, 4, 5 และ 6 นาที ใช้แรงอัด 24 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และบันทึกอุณหภูมิที่ขึ้นผิวบน ผิวล่าง และชั้นไส้ทุกๆ 1 นาที จากการทดสอบอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดำทำให้ทราบอุณหภูมิในชั้นไส้หรือชั้นยางคอมเปาต์ พบว่าอุณหภูมิชั้นไส้มีค่าประมาณ 120-130 °C จะเห็นว่าอุณหภูมิที่ส่งผ่านไปยังชั้นไส้ต่ำกว่า 160 °C ทำให้อยางคอมเปาต์ไม่สุกตัว สารฟูลินิคแตกตัวได้น้อย และเมื่อเพิ่มเวลาในการคลากระยะแม่พิมพ์นานขึ้นทำให้ชั้นผิวของปาร์ติเกิลมีลักษณะขึ้นไม้หลุดจากกัน แสดงว่าเมื่อใช้ระยะเวลาในการคลากระยะแม่พิมพ์มากขึ้นจะทำให้กาว UF สุกตัวเกินไป (Over cure) ทำให้ขึ้นไม้ไม่สามารถยึดติดกันได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีการปรับสูตรยาง เพื่อให้ยางสุกได้ที่อุณหภูมิ 120-130 °C ในเวลา 8 นาที และต้องทำให้สารฟูลินิคสามารถแตกตัวได้สมบูรณ์ ดังตารางที่ 3

3.5.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิล

3.5.2.1 การศึกษาผลของปริมาณกาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ที่ 12 % และ 14 % ของน้ำหนักขึ้นไม้อบแห้ง

การศึกษาค่าผลของปริมาณกาวที่ 12 % และ 14 % ของน้ำหนักขึ้นไม้ที่อบแห้ง ความชื้นของขึ้นไม้ 7% ของขึ้นไม้ผสมกาว ทำการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลที่อุณหภูมิ 160 °C เวลาอัดรวม 8 นาที ใช้แรงอัดที่ 24 kg/cm² ทำการคลากระยะแม่พิมพ์ให้สารฟูลินิคแตกตัวที่เวลา 3, 4, 5 และ 6 นาที สามารถแสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลดังรูปที่ 6 พบว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาวยูเรียฟอรัลดีไฮด์ 12% ของน้ำหนักขึ้นไม้มีค่าความ

หนาแน่นสูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาวยูเรีย 14% เพียงเล็กน้อย เนื่องจากการใช้กาวยูเรีย 14% ซึ่งมีความชื้นสูงกว่า ทำให้การส่งผ่านความร้อนจากชั้นผิวมายังชั้นยางได้สูงกว่า ทำให้สารฟู่สามารถแตกตัวได้ดีเกิดฟองอากาศสม่ำเสมอ การเพิ่มระยะเวลาคลายแม่พิมพ์จนถึง 6 นาที จะพบว่าค่าความหนาแน่นของบอร์คจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากยางได้รับแรงอัดที่ระยะกดเริ่มต้นนานเกินไป ทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์ที่สมบูรณ์ไปแล้ว และเมื่อคลายระยะแม่พิมพ์จึงทำให้เกิดการแตกออกของชั้นยางฟองน้ำหรือเป็นโพรงขนาดใหญ่ จากรูปที่ 7-8 พบว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ ที่ 12% และ 14% มีค่าการยึดติดกันของรอยต่อระหว่างผิวของยางและชั้นไม้มีค่าใกล้เคียงกัน โดยความแข็งแรงของการยึดติดจะเพิ่มขึ้นตามการคลายระยะแม่พิมพ์ นอกจากนี้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ ที่ 12% และ 14% ของน้ำหนักขึ้นไม้ที่อบแห้ง จะมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นสูงสุดที่เวลาในการคลายระยะแม่พิมพ์ที่เวลา 5 นาที และการคลายระยะแม่พิมพ์ที่เวลา 6 นาที ทำให้มีค่าโมดูลัสลดลงเนื่องจากการให้ความร้อนที่เวลาก่อนคลายแม่พิมพ์นานเกินไป ทำให้กาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ที่ผสมในชั้นไม้ระหว่าง interface ชั้นยางกับชั้นไม้เกิดการสุกตัวเกินกำหนด (over cure) ทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างกาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์กับชั้นไม้ลดลง และผลการทดสอบการบวมพองและการดูดซับน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลพบว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ 14% ของน้ำหนักขึ้นไม้ มีค่าการพองตัวและการดูดซับน้ำต่ำกว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ ที่ 12% เนื่องจากมีปริมาณกาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์มากกว่า โดยการพองตัวและการดูดซับน้ำสูงขึ้นอย่างชัดเจนที่เวลา 6 นาที เนื่องจากเกิดช่องว่างระหว่างชั้นยางกับชั้นไม้จากก๊าซที่แตกตัวออกมาและเกิดฟองอากาศขนาดใหญ่ในชั้นยางฟองน้ำ ทำให้น้ำสามารถเข้าไปแทรกอยู่ได้มากขึ้น ส่วนเวลาการคลายตัวที่ 3 นาทีอาจจะเกิดจากการหดตัวของยางขณะคลายระยะแม่พิมพ์ออก ทำให้เกิดการแยกชั้นและเกิดช่องว่างระหว่าง interface ของชั้นไม้กับชั้นผิว

3.5.2.2 การศึกษาผลของความชื้นที่ 7% และ 12% ของชั้นไม้ที่ผสมกาวยูเรีย

การศึกษาผลของความชื้นที่ 7% และ 12% ของชั้นไม้ที่ผสมกาวยูเรีย ขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลโดยอัดร้อนที่อุณหภูมิ 160 °C เวลาอัดรวม 8 นาที ใช้แรงอัดที่ 24 kg/cm² ทำการคลายระยะแม่พิมพ์ให้สารฟู่แตกตัวที่เวลา 3, 4, 5 และ 6 นาที จากการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลโดยควบคุมความชื้นของชั้นไม้ที่ 12% ทำการอัดที่ระยะเริ่มต้น 3 นาทีแล้วคลายแม่พิมพ์ออก ไม่สามารถนำมาทดสอบได้เนื่องจากเกิดการแยกชั้นระหว่างชั้นไม้ที่เป็นยางกับชั้นผิวที่เป็นชั้นไม้ และจากรูปที่ 9 พบว่าที่ระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลลดลง ในช่วง 4-5 นาทีและเพิ่มขึ้นที่ 6 นาที เนื่องจากความชื้นสามารถนำความร้อนส่งผ่านจากชั้นผิวไปยังชั้นยางได้ดีขึ้น ทำให้สารฟู่แตกตัวได้มากขึ้น โดยความชื้นของชั้นไม้ที่ 12% ได้แผ่นปาร์ติเกิลที่มีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความชื้นของชั้นไม้ 7% ส่วนผลของค่าแรงยึดติดภายในพบว่าความแข็งแรงของการยึดติดภายในเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ เนื่องจากในช่วงแรกของการให้ความร้อน ทำให้การส่งผ่านความร้อนจากชั้นผิวไปยังชั้นยางต่ำ ทำให้กาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์สุกตัวได้ช้า ทำให้การยึดติดภายในระหว่างชั้นยางกับชั้นผิวดำ และเมื่อเวลาในการให้ความ

ร้อนเพิ่มขึ้น ทำให้การสุกตัวของกาวเพิ่มขึ้น โดยความชื้นที่น้อยกว่าสามารถส่งผ่านความร้อนช้าแต่สามารถทำให้กาวสุกตัวได้เร็วกว่า ดังนั้นจึงทำให้ค่าแรงยึดติดภายในของแผ่นปาร์ติเกิลที่ความชื้นของชิ้นไม้ผสมกาวที่ 7% มีค่าสูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ความชื้นของชิ้นไม้ผสมกาวที่ 12% ดังรูปที่ 10 เมื่อทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและค่าโมดูลัสการแตกหักได้ผลดังแสดงในรูปที่ 11 พบว่าแผ่นปาร์ติเกิลจากชิ้นไม้ผสมกาวที่ความชื้น 7% มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักสูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลจากชิ้นไม้ผสมกาวที่ความชื้น 12% เนื่องจากความชื้นสูงทำให้การสุกตัวของกาวช้า การยึดติดกันของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับชิ้นไม้ในชั้นผิวต่ำลง มีผลต่อค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำลงด้วย และการคลายระยะแม่พิมพ์ที่เวลา 6 นาที ทำให้มีค่าโมดูลัสลดลงเนื่องจากการให้ความร้อนที่เวลาก่อนคลายแม่พิมพ์นานเกินไป ทำให้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ผสมในชิ้นไม้ระหว่าง interface ชั้นยางกับชิ้นไม้ไม่เกิดการสุกตัวเกินกำหนด (over cure) นอกจากนี้แผ่นปาร์ติเกิลมีการพองตัวและการดูดซับน้ำมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ และระยะเวลาที่ 6 นาทีจะมีค่าสูงสุด เนื่องจากเกิดช่องว่างระหว่างชั้นยางกับชิ้นไม้จากก๊าซที่แตกตัวออกมา จึงทำให้น้ำสามารถเข้าไปแทรกอยู่ได้มากขึ้น

3.5.2.3 การศึกษาผลของแรงอัดที่ใช้ในกระบวนการอัดร้อน

การขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิล โดยใช้แรงในการอัดร้อนที่ 24 และ 40 kg/cm² โดยเตรียมชิ้นไม้ผสมกาวที่ 12 % ของน้ำหนักชิ้นไม้อบแห้ง ความชื้น 7% ของชิ้นไม้ผสมกาว ทำการอัดร้อนที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 8 นาที โดยคลายระยะแม่พิมพ์ที่เวลา 3, 4, 5 และ 6 นาที จากการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิล สามารถแสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลดังรูปที่ 12 พบว่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงอัดที่ 40 kg/cm² มีค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลสูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลจากการใช้แรงอัดที่ 24 kg/cm² เนื่องจากการใช้แรงอัดที่ 40 kg/cm² ทำให้การส่งผ่านความร้อนจากชั้นผิวไปยังชั้นยางได้เร็ว ทำให้ยางสุกตัวก่อนที่จะสารฟูจะแตกตัวได้และทำให้ก๊าซที่ออกมาไม่สามารถขยายตัวได้ นอกจากนี้ชิ้นไม้ก็ถูกอัดด้วยแรงอัดที่สูงกว่าจึงทำให้อนุภาคชิ้นไม้เกิดการอัดตัวกันแน่นกว่า จึงส่งผลต่อการยึดติดกันของ interface ระหว่างชิ้นไม้กับชั้นยางลดลงซึ่งสัมพันธ์กับค่าแรงยึดติดภายในดังรูปที่ 13 นอกจากนี้แผ่นปาร์ติเกิลจากการใช้แรงอัดที่ 24 kg/cm² มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและค่าโมดูลัสการแตกหักสูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลจากการใช้แรงอัดที่ 40 kg/cm² เนื่องจากการใช้แรงอัดสูง ทำให้เกิดการแผ่ตัวกันของชิ้นไม้สูงเกินไป ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นปาร์ติเกิลมีแนวโน้มลดลงที่ระยะการคลายแม่พิมพ์ที่ 6 นาที เนื่องจากการระหว่าง interface เกิดการสุกตัวเกินกำหนด (over cure) จึงทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นลดต่ำลง ดังแสดงในรูปที่ 14 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบการบวมพองและการดูดซับน้ำของแผ่นปาร์ติเกิล พบว่าแผ่นปาร์ติเกิลจากการใช้แรงอัดที่ 40 kg/cm² ในการอัดร้อนมีการพองตัวและการดูดซับน้ำสูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลจากการใช้แรงอัดที่ 24 kg/cm² เนื่องจากการใช้แรงอัดที่สูงเกินไป ทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่าง interface ของชิ้นไม้กับยางพองน้ำ น้ำจึงสามารถแทรกเข้าไปในช่องของ interface ได้มากขึ้น และมีแนวโน้มค่าการพองตัวเพิ่มขึ้นเมื่อ

ระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลาในการอัดนานขึ้นอาจจะทำให้การสุกตัวของกาวเกินกำหนด (over cure) การยึดติดของกาวกับชิ้นไม้ต่ำ จึงทำให้แนวโน้มค่าการพองตัวเพิ่มขึ้น

3.5.3 การศึกษาสมบัติการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิล

การวิจัยนี้ได้ศึกษาค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตขึ้น โดยใช้ปริมาณกาวที่ 12 % และ 14% ของน้ำหนักชิ้นไม้บอบแห้ง ความชื้นของชิ้นไม้ผสมกาวเท่ากับ 7% และ 12% ทำการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 160 °C เวลาอัดก่อนคลายแม่พิมพ์ (prepress time) เท่ากับ 5 นาที และเวลาอัดรวม 8 นาที ใช้แรงอัดที่ 24 kg/cm² เมื่อทดสอบค่าการนำความร้อนพบว่าแผ่นปาร์ติเกิลมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำอยู่ในช่วง 0.6921-0.8355 W/m.K ดังตารางที่ 4 โดยแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความชื้นของชิ้นไม้ผสมกาวเริ่มต้นสูง ก็จะมีผลต่อค่าการนำความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

3.6 สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลน้ำหนักเบาด้วยการใช้ฟองน้ำยางธรรมชาติเป็นแกนกลาง โดยการออกสูตรยางคอมเปาต์ที่ใช้สารฟูลซินิก 4,4'-Oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSH) ปริมาณ 10 phr จะมีลักษณะของฟองอากาศเป็นเซลล์ปิด มีรูปร่างกลมขนาดเล็กและมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ มีค่าความหนาแน่นประมาณ 0.29 g/cm³ จึงนำยางคอมเปาต์ที่ได้ไปทำการขึ้นรูปโดยศึกษาปริมาณกาวที่ 12% และ 14% ของน้ำหนักชิ้นไม้บอบแห้ง โดยค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ปริมาณกาวที่ 12% สูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ปริมาณกาวที่ 14 % รวมทั้งค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักด้วย ส่วนการดูดซับน้ำและการพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการศึกษาผลของความชื้นของชิ้นไม้ผสมกาวที่ 7% และ 12% ของน้ำหนักชิ้นไม้ที่บอบแห้ง ทำให้ทราบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสของการแตกหักของแผ่นปาร์ติเกิลลดลง ส่วนการดูดซับน้ำและการพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบการใช้แรงอัดร้อนที่ 24 และ 40 kg/cm² เมื่อใช้แรงในการอัดร้อน 40 kg/cm² จะได้แผ่นปาร์ติเกิลที่มีค่าความหนาแน่นสูงกว่า นอกจากนี้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงอัด 24 kg/cm² มีค่าสูงกว่าการใช้แรงอัด 40 kg/cm² การพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการดูดซับน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงอัด 24 kg/cm² มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ดังนั้นจากการทดลองนี้สามารถเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบาที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.5 g/cm³ ได้ โดยการใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอर्मัลดีไฮด์ที่ 12% ของชิ้นไม้บอบแห้ง และค่าความชื้นของชิ้นไม้ที่ใช้ประมาณ 7% ของชิ้นไม้ที่ผสมกาว แรงในการอัดร้อน 24 kg/cm² ที่อุณหภูมิ 160 °C ใช้เวลาในการอัดร้อนก่อนคลายแม่พิมพ์ (prepress time) 5 นาที และเวลาอัดรวม 8 นาที ซึ่งจากการทดลองสภาวะการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลที่ได้ เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นปาร์ติเกิลที่มีความแข็งแรงได้

3.7 คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) เป็นอย่างสูงในการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย (RDG5350025)

3.8 ตารางและรูปประกอบ

ตารางที่ 1 สูตรยางที่ใช้ในการทดลองชนิดและปริมาณของสารฟูล

Ingredients	Quantity (part per hundred rubber, phr)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
STR 5L	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Stearic acid	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ZnO	5	5	5	5	5	5	5	5	5
OBSH	2.5	5	10	-	-	-	-	-	-
ADCA	-	-	-	2.5	5	10	-	-	-
DPT	-	-	-	-	-	-	2.5	5	10
Kicker*	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CBS	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
TMTD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Sulphur	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

หมายเหตุ : Kicker คือสารกระตุ้นการเกิดฟองของสารฟูล

ตารางที่ 2 ค่าความหนาแน่นของยางคอมปาวด์ที่ใช้ 30% ของปริมาตรแม่พิมพ์

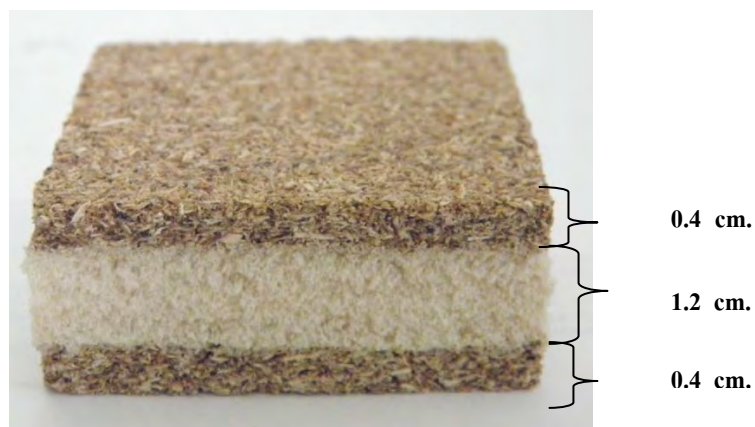
Formula	Density (g/cm ³)
A (OBSH 2.5)	0.30
B (OBSH 5)	0.29
C (OBSH 10)	0.24
D (ADCA 2.5)	0.26
E (ADCA 5)	0.24
F (ADCA 10)	0.22
G (DPT 2.5)	0.23
H (DPT 5)	0.22
I (DPT 10)	0.22

ตารางที่ 3 สูตรที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบา

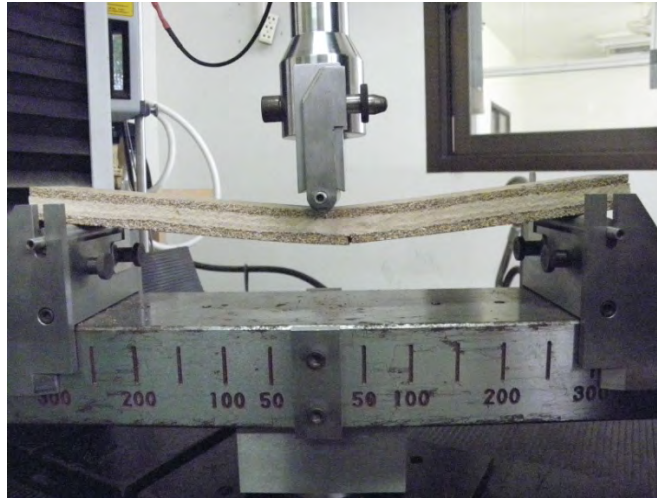
Ingredients	Quantity (phr)
STR 5L	100
Stearic Acid	1
ZnO	5
Kicker	1
OBSH	10
ZDEC	2
Sulfur	2.5

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลชนิดน้ำหนักเบา

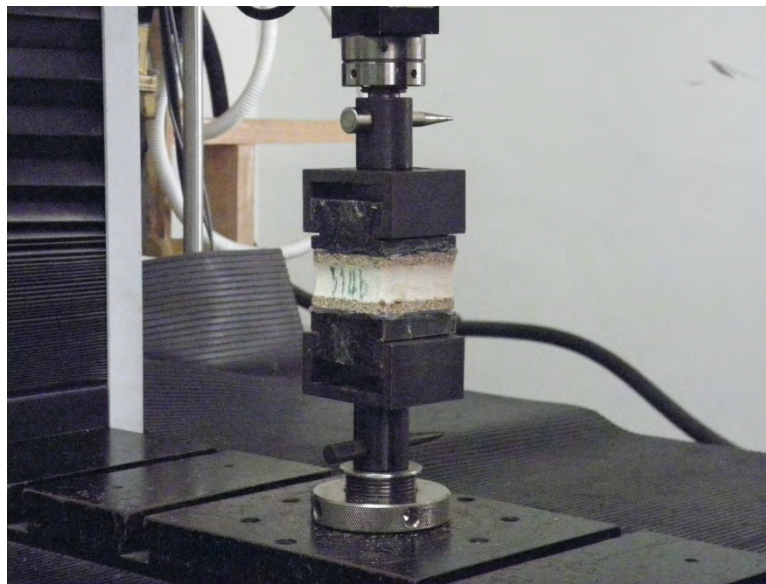
ชนิดทดสอบ	ค่าการนำความร้อน (W/m.K)	ความหนาของชนิดทดสอบ (mm)
แผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาว 12% ความชื้น 7%	0.6921	20.10
แผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาว 14% ความชื้น 7%	0.7183	20.15
แผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาว 12% ความชื้น 12%	0.8355	20.15



รูปที่ 1 ลักษณะแผ่นปาร์ติเกิลน้ำหนักรา



รูปที่ 2 การทดสอบ modulus of rupture; MOR และ modulus of elastic; MOE



รูปที่ 3 การทดสอบแรงยึดติดภายใน (Internal bond) ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM)



รูปที่ 4 การทดสอบการดูดซับน้ำและการฟองตัว

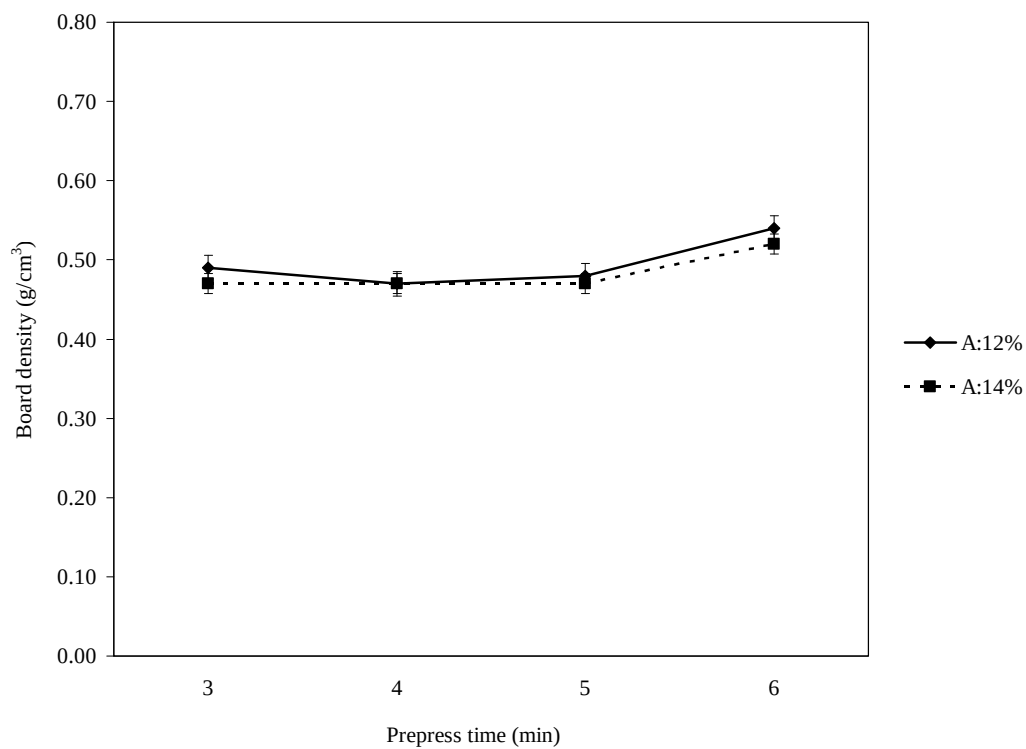


OBSH

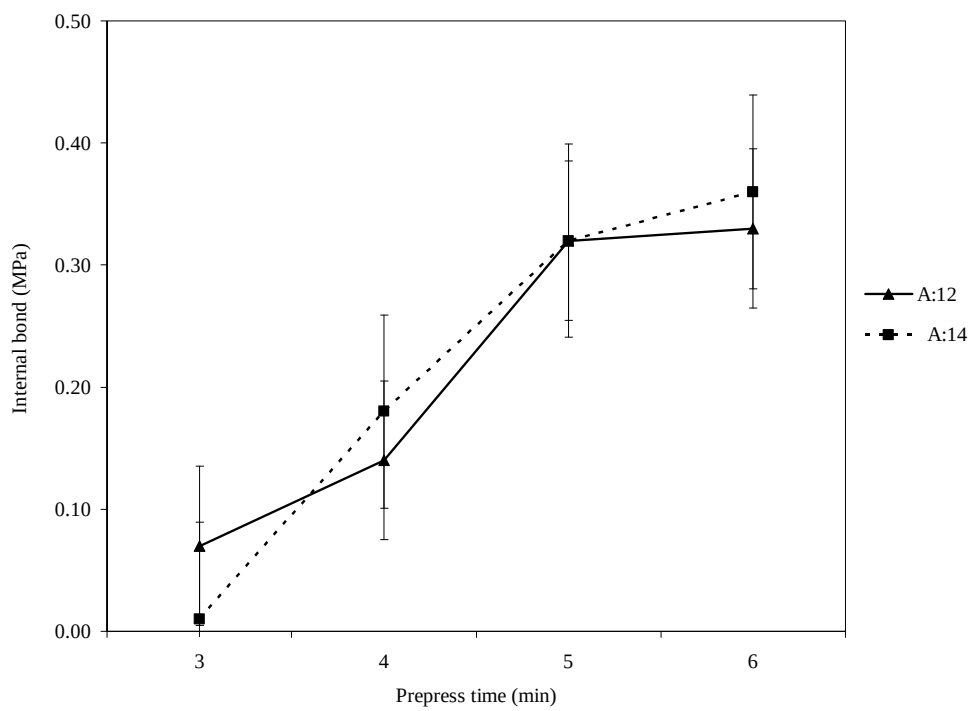
ADCA

DPT

รูปที่ 5 ลักษณะฟองอากาศของยางฟองน้ำที่ใช้สารฟุ้งชนิดต่างๆ

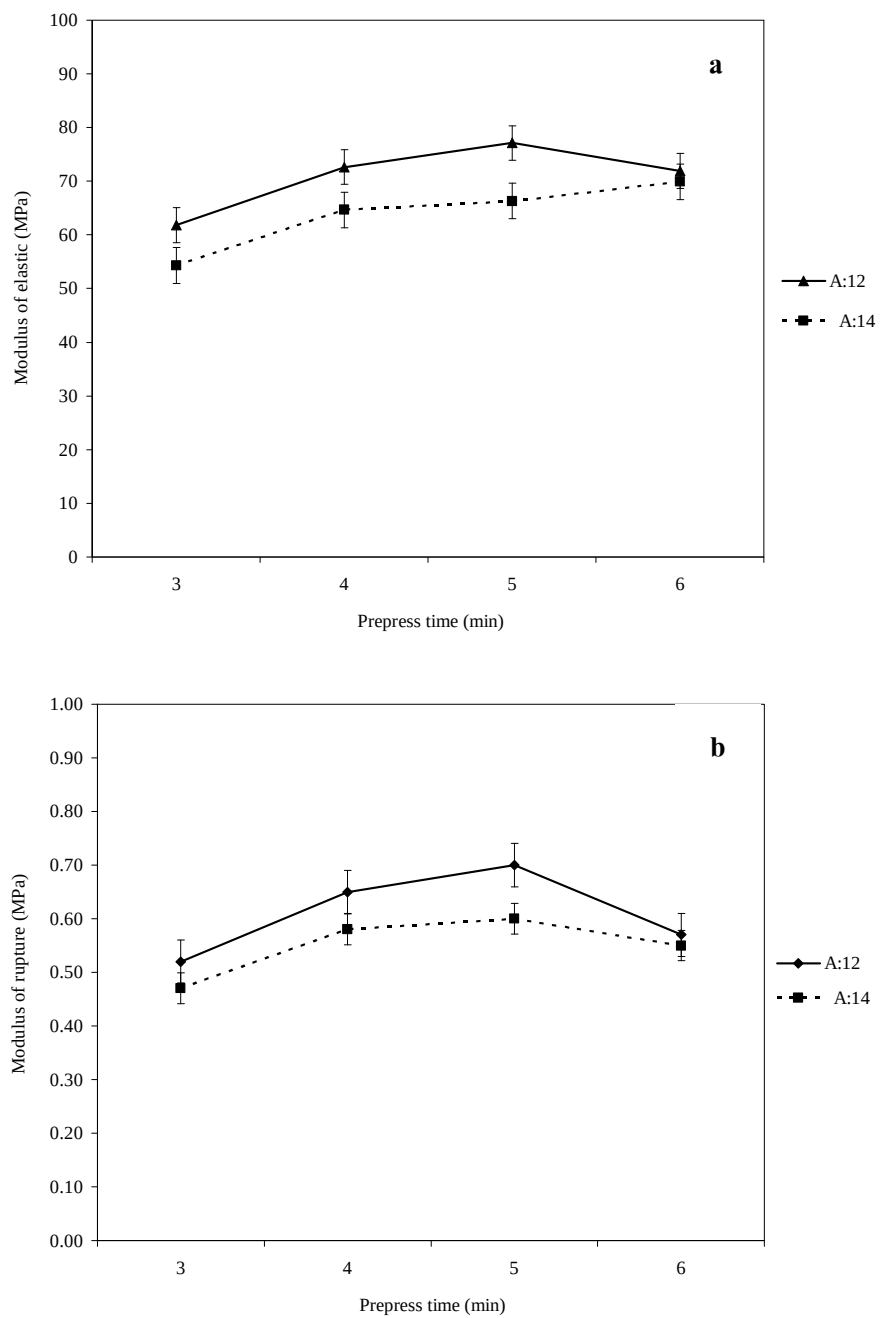


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น ของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาว 12% และ 14% ของน้ำหนักรีดขึ้น
ไม่กับระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ให้สารฟุ้งแตกต่างกัน

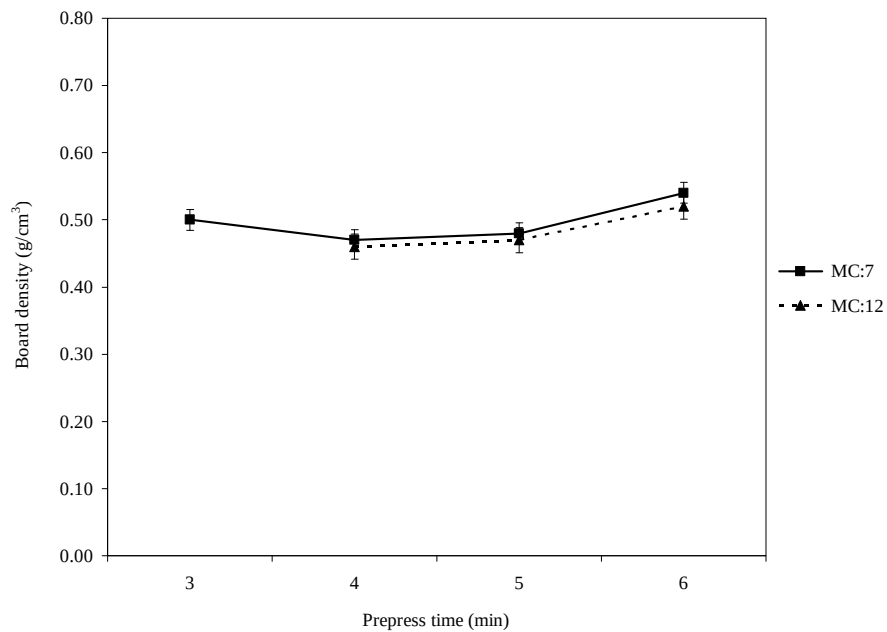


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดติดภายในของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้กาว 12% และ 14% ของน้ำหนักรีดขึ้น

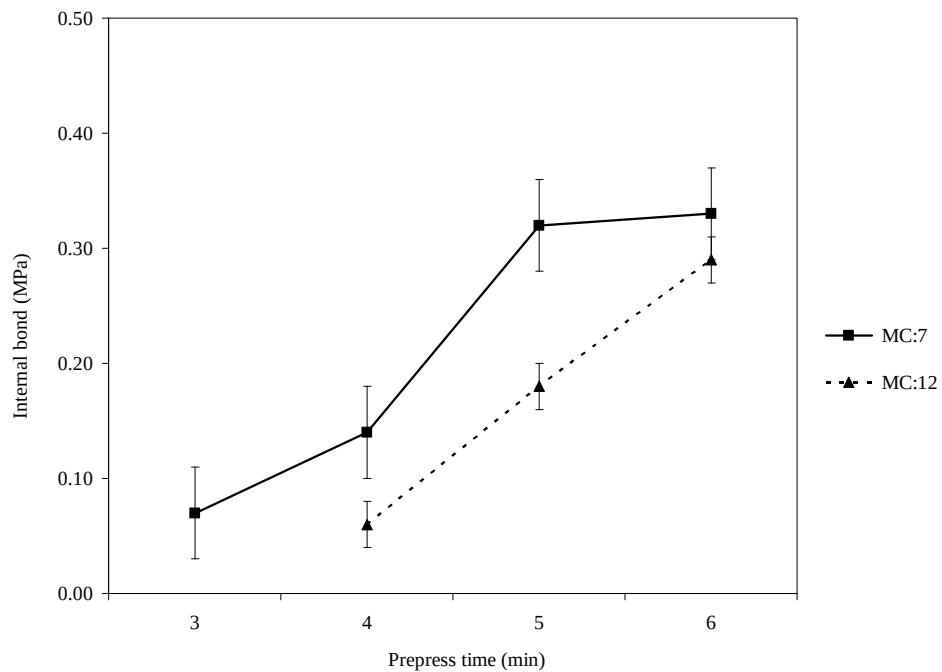
ไม่กับระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ให้สารฟูแตกตัวต่างกัน



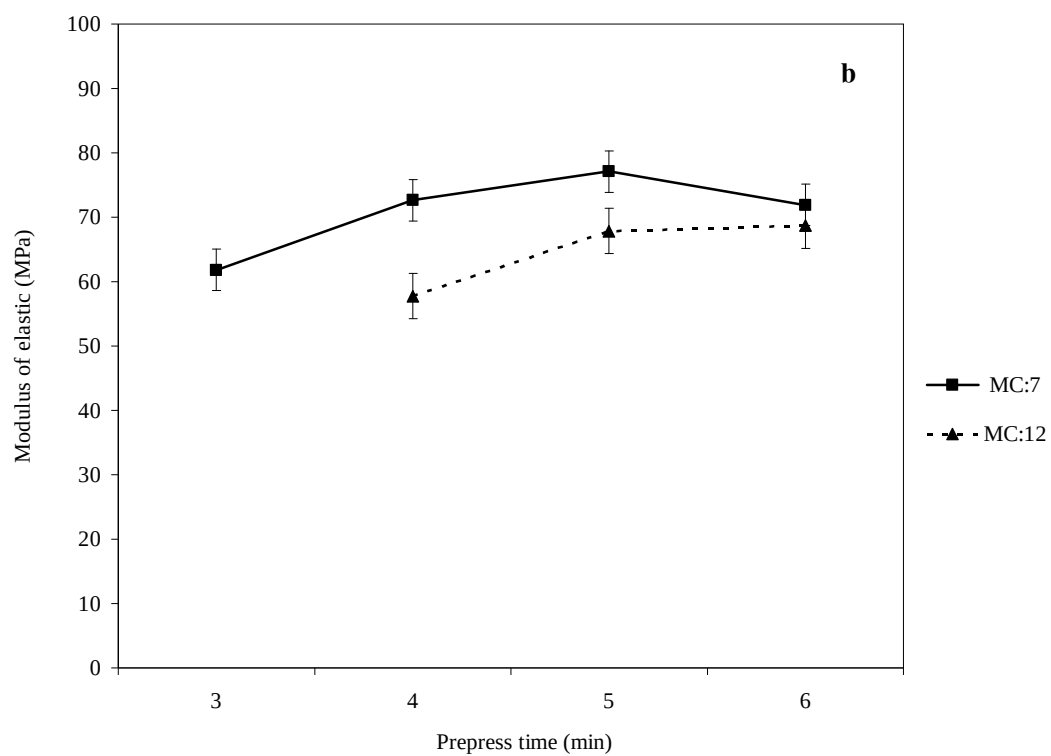
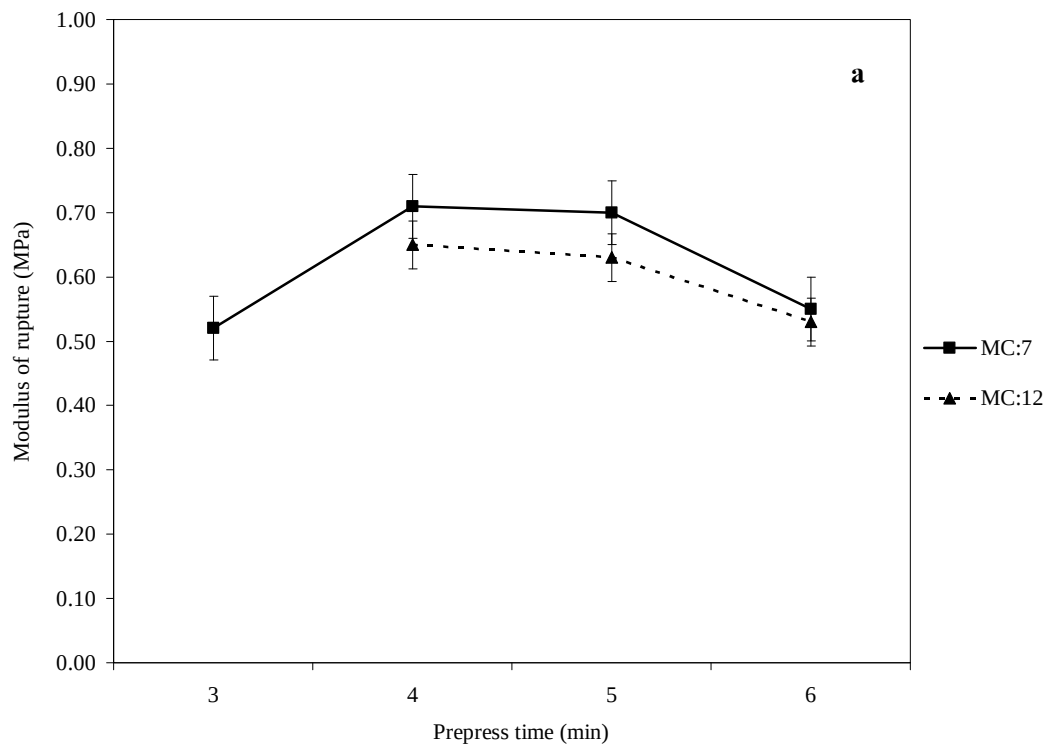
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (a) และค่าโมดูลัสการแตกหัก (b) ของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ กาว 12% และ 14% ของน้ำหนักขึ้น ไม่กับระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ที่เวลาต่างกัน



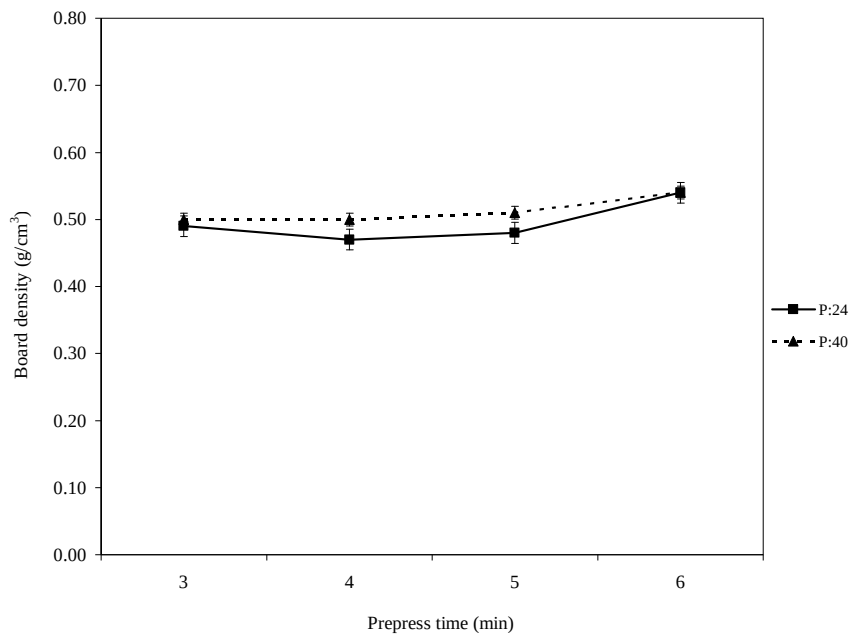
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ความชื้นของชิ้นไม้ที่ 7% และ 12% กับระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ต่างกัน



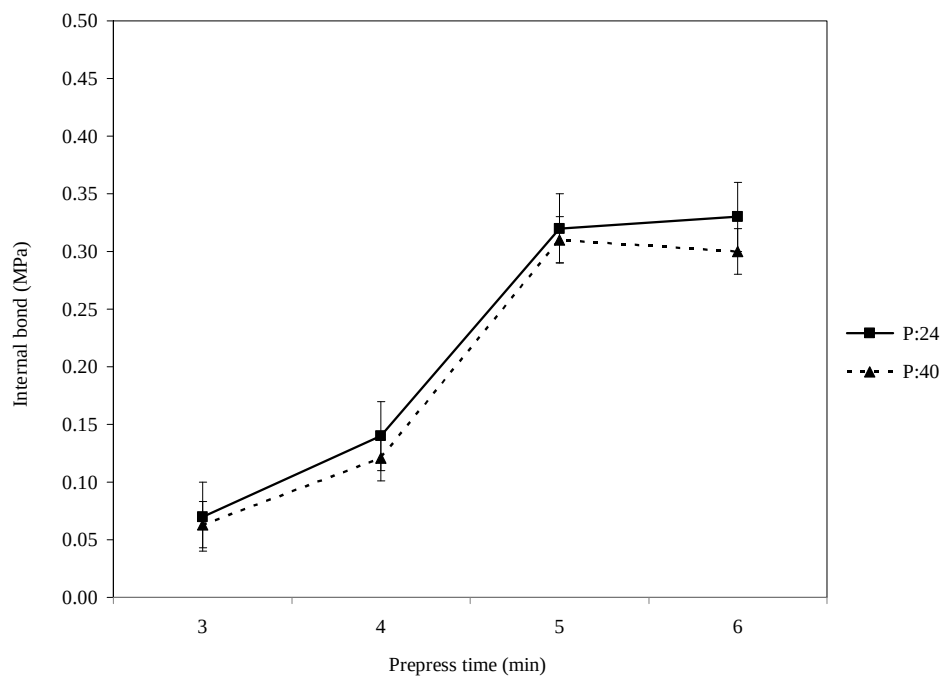
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดติดภายในของแผ่นปาร์ติเกิลที่ความชื้นของชิ้นไม้ที่ 7% และ 12% กับระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ต่างกัน



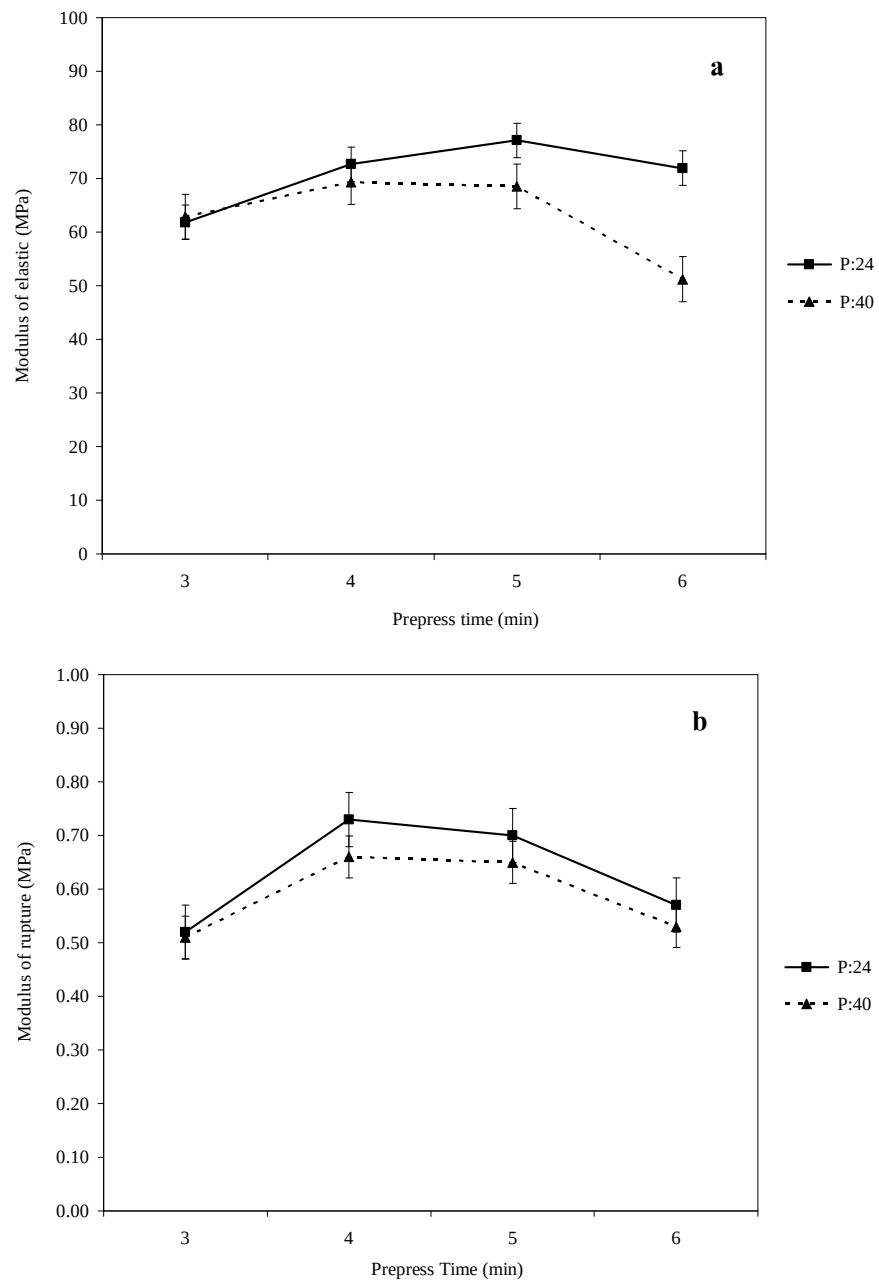
รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (a) และค่าโมดูลัสการแตกหัก (b) ของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้
 จีนไม้ผสมกาวมีความชื้น 7 และ 12% กับระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ที่เวลาต่างกัน



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงในการอัดร้อน 24 kg/cm^2 และ 40 kg/cm^2 กับระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ต่างกัน



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงยึดติดภายในของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงในการอัดร้อน 24 kg/cm^2 และ 40 kg/cm^2 กับระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ต่างกัน



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (a) และค่าโมดูลัสการแตกหัก (b) ของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้แรงในการอัดรีด 24 kg/cm² และ 40 kg/cm² กับระยะเวลาในการคลายแม่พิมพ์ที่เวลาต่างกัน

3.9 เอกสารอ้างอิง

- วรรณม อุ้นจิตติชัย, “อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีผลิต”, เอกสารวิชาการเลขที่ ร.514 ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541, 201 หน้า
- Denes L., Kovacs Z., Lang E.M. and McGraw B. 2008. Investigation of the Compression and Bending Strength of Veneer-Polyurethane Foam Composites. Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology. 10-12 November 2008, Concepción, Chile.
- สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบความหนาแน่นปานกลาง”, มอก. 876-2532. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2532, 30 หน้า
- Luedtke J., Welling J., Thoemen H. and Barbu M.C., Development of a continuous process for the production of lightweight panel boards, 8th International Conference on Sandwich Structures, 2008.
- Akay M. and Hanna R., A comparison of honeycomb-core and foam-core carbon-fibre/epoxy sandwich panels, *Composite*, 1990, 21, 325-331.
- Kim J. and Swenson S.R., Design of sandwich structures for concentrates loading, *Compos. Struc.*, 2001, 52, 365-373.
- Sampathrajan A. and Vijayaraghavan N.C., Mechanical and thermal properties of particle board made from farm residues, *Biores. Technol.*, 1992, 40, 249-251.



การเตรียมผลิตภัณฑ์แผ่นประกอบชนิดน้ำหนักเบาด้วยยางฟองน้ำเป็นแกนกลาง Preparation of light weight particles board by using natural rubber sponge as core layer



นิภารัตน์ ขวัญพร้อม นิจวุฒิ สุขขุ่น ประจิด สระโหมพิ

เรื่องย่อ

- ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบา โดยแปรสารฟู่ 3 ชนิดคือ Azo dicarbonamide (ADCA), N,N'-Dinitroso pentamethylene tetramine (DPT) และ 4,4'-Oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSh) ที่ปริมาณ 0 - 10 phr พบว่ายางคอมปาวด์ที่ใช้สารฟู่ OBSh ปริมาณ 10 phr สามารถขึ้นรูปได้และได้สมบัติตามต้องการ
- การเตรียมแผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบาด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป โดยศึกษาผลของปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde; UF) ผลของความชื้นของขึ้นไม้ผสมกาวและแรงที่ใช้ในการอัดรีด พบว่าสามารถเตรียมแผ่นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.5 g/cm³ หรือ 500 kg/m³ ซึ่งจัดเป็นแผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบาได้

คำนำ

อุตสาหกรรมแผ่นผลิตภัณฑ์พัฒนาจากอุตสาหกรรมไม้แข็ง เพื่อต้องการนำวัสดุเหลือใช้มาแปรรูปและเพิ่มราคาให้กับวัสดุที่หาจากไม้ ต่อมาอุตสาหกรรมฟอรันิเจอร์ได้มีความต้องการวัสดุประกอบในการผลิตที่หาจากไม้หรือวัสดุที่ไร้ทดแทนไม่มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้านวัสดุที่นำมาผลิตและนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007 จนถึงปัจจุบันอุตสาหกรรมฟอรันิเจอร์ได้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตฟอรันิเจอร์ที่มีน้ำหนักเบาและยังได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง จากความสำคัญดังกล่าวในการทำให้ฟอรันิเจอร์ที่มีน้ำหนักเบาได้ถูกพัฒนาโดยการนำวัสดุอื่นๆเข้ามาทดแทนไม้ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติในการนำไปใช้และการทำให้น้ำหนักของฟอรันิเจอร์น้อยลง ดังนั้นจึงมีความสนใจในการเลือกใช้อย่างฟองน้ำจากยางธรรมชาติเป็นแกนกลางของแผ่นผลิตภัณฑ์ รวมทั้งศึกษาเงื่อนไขในการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบา โดยอาจจะสามารถเพิ่มทางเลือกในการนำวัสดุที่นำมาผลิตฟอรันิเจอร์ได้

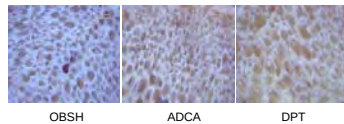
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษากะบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดน้ำหนักเบา โดยใช้ฟองน้ำยางธรรมชาติเป็นวัสดุประกอบแกนกลางและมีสมบัติตามมาตรฐานสากล

ผลการทดลอง

การเตรียมยางคอมปาวด์

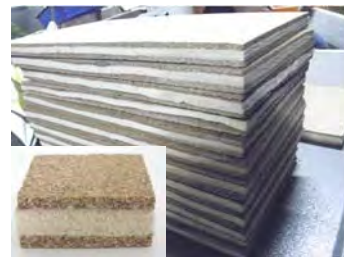
จากการศึกษาชนิดและปริมาณของสารฟู่ 3 ชนิดได้แก่ Azo-dicarbonamide (ADCA), N,N'-Dinitrosopentamethylene tetramine (DPT) และ 4,4'-Oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSh) ที่ปริมาณ 2.5, 5 และ 10 phr เมื่อใช้น้ำหนักยางคอมปาวด์เท่ากันพบว่าค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำที่ใช้สารฟู่ชนิด OBSh จะมีค่าสูงกว่ายางฟองน้ำที่ใช้สารฟู่ชนิด ADCA และ DPT ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้สารฟู่ทำให้ค่าความหนาแน่นของยางฟองน้ำลดลง จากการตรวจสอบลักษณะของยางฟองน้ำพบว่ายางฟองน้ำที่ใช้สารฟู่ OBSh มีลักษณะเป็นเซลล์ปิดขนาดเล็กรวมตัวกันมาเสมอทั้งชั้นตัวอย่าง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะฟองอากาศของยางฟองน้ำที่ใช้สารฟู่ต่างชนิดกัน

การเตรียมแผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบา

การขึ้นรูปแผ่นผลิตภัณฑ์จะต้องทำการอัดขึ้นรูปก่อนการอัดรีด โดยการโรยชั้นไม้ผสมกาวยูเรียฟอรันิเจอร์ (UF, E2) เป็นชั้นล่างลงในแม่แบบให้มีความหนาสม่ำเสมอแล้วกดให้แน่น จากนั้นวางแผ่นยาง คอมปาวด์ แล้วโรยชั้นไม้ผสมกาวยูเรียฟอรันิเจอร์ให้มีความหนาสม่ำเสมอแล้วกดให้แน่นไม้เนื้ออีกครั้ง ทำการอัดรีดแผ่นผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ การอัดรีดในช่วงแรก (Prepress time) จะอัดให้แผ่นมีความหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร เพื่อส่งผ่านความร้อนไปยังแผ่นผลิตภัณฑ์ทำให้กาวยูเรียฟอรันิเจอร์และยางคอมปาวด์ได้รับความร้อนเป็นเวลา 5 นาที ขั้นตอนที่สอง ทำการคลายแรงอัดเพื่อให้สารฟู่ในยางคอมปาวด์แตกตัวเป็นฟองอากาศและขยายตัวขึ้น โดยกำหนดความหนาของแผ่นไว้ที่ 2.0 เซนติเมตร อัดรีดต่อเนื่องประมาณเวลา 8 นาที โดยใช้แรงในการอัดรีดที่ 24 kg/cm² ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะแผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบา

สมบัติแผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบา

ค่าความหนาแน่นของแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ใช้การปริมาณ 12% สูงกว่าแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปริมาณกาว 14

% รวมทั้งค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักด้วย โดยใช้ขึ้นทดสอบดังรูปที่ 3 ส่วนการดูดซับน้ำและการพองตัวมีค่าใกล้เคียงกัน จากการศึกษาค่าของความชื้นของขึ้นไม้ผสมกาวที่ 7% และ 12% ของ

น้ำหนักขึ้นไม้ที่อบแห้ง พบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสของการแตกหักของแผ่นผลิตภัณฑ์ลดลง ส่วนการดูดซับน้ำและการพองตัวของตัวมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อใช้แรงใน

การอัดรีด 40 kg/cm² จะได้แผ่นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นสูงกว่าการใช้แรงอัด 24 kg/cm² แต่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหักได้ผลตรงข้ามกัน นอกจากนี้เมื่อทดสอบค่าการนำความร้อน

ของแผ่นผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำอยู่ในช่วง 0.6921-0.8355 W/m.K และความชื้นของขึ้นไม้ที่อบแห้งพบว่าขึ้นไม้ที่อบแห้งมีความชื้นที่ต่ำลงจะส่งผลให้ค่าการนำความร้อนของแผ่นผลิตภัณฑ์ต่ำลง และจะต้องให้เกิดการยึดเกาะระหว่างผิวหรือ interface ของยางกับขึ้นไม้ที่แห้งแข็งจะทำให้สมบัติของบอร์ดดีขึ้น นอกจากนี้ต้องควบคุมความหนาแน่นของยางคอมปาวด์เพื่อให้แกนกลางของแผ่นผลิตภัณฑ์เป็นส่วนของยางฟองน้ำที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอหลังจากอัดขึ้นแล้ว

สรุปผลการทดลอง

สามารถเตรียมแผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบาที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.5 g/cm³ ได้ โดยใช้สภาวะการขึ้นรูปดังนี้ ใช้กาวยูเรียฟอรันิเจอร์ปริมาณ 12% ของขึ้นไม้อบแห้ง ค่าความชื้นของขึ้นไม้ที่ใช้ปริมาณ 7% ของขึ้นไม้ที่ผสมกาว แรงที่ใช้ในการอัดรีด 24 kg/cm² อุณหภูมิ 160 °C เวลาในการคลายระยะเมีพิมพ์ (prepress time) 5 นาทีและเวลาอัดรีด 8 นาที นอกจากนี้ยังได้แผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบาที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนกันความร้อนได้อีกด้วย



รูปที่ 3 การทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่นและโมดูลัสการแตกหัก

ตารางที่ 1 สมบัติของแผ่นผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบาที่ได้จากการทดลอง

Properties	
Board density (g/cm ³)	0.48
Modulus of elastic; MOE (Mpa)	77.11
Modulus of rupture; MOR (Mpa)	0.7
Internal bond (Mpa)	0.32
Thickness swelling (%)	4.83
Water adsorption (%)	64.17