



การพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร



อากม ปาสีโต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

พ.ศ. 2550

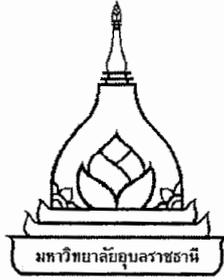
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



**DEVELOPMENT OF PARTICLE BOARD USING
AGRICULTURAL RESIDUE**

ARKOM PASILO

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
MAJOR IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UBON RAJATHANEE UNIVERSITY
YEAR 2007
COPYRIGHT OF UBON RAJATHANEE UNIVERSITY**



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ผู้วิจัย นายอคม ปาสีโล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทินบุญมา)
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์)
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์)
..... คณบดี
(รองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร โภคา)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2550

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี โดยได้รับการดูแลและข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัย ซึ่งได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทิบุญญา ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้การเอาใจใส่ ฝึกฝน ให้เป็นนักวิจัยที่มีคุณธรรมและแนะนำแนวทางการเรียน การทำวิจัย ส่งเสริมความรู้ด้านวิชาการต่างๆ อีกทั้งยังช่วยแก้ไขข้อบกพร่องของงานตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษารั้งนี้ รวมถึงความช่วยเหลือและสนับสนุนด้านทุนการศึกษาด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และได้ให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัย จนทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณอมรเทพ จิตใจตรง บริษัท อีเทอนัล เรซิน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กาวยางเคราะห้ที่ใช้เป็นสารยึดติดในการศึกษารั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประยูร สุรินทร์ ที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำ รวมทั้งช่วยให้คำปรึกษาแนะนำอันมีประโยชน์ในการทำงาน และเอื้อเพื่อเครื่องมือ เครื่องทดสอบต่างๆ ซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ คุณวุฒิพร วันชัย ที่ให้การสนับสนุนทุกๆ ด้าน และกำลังใจ เพื่อให้งานศึกษารั้งนี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณ ครอบครัวปาสีโล สำหรับกำลังใจ เพื่อให้การศึกษารั้งนี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ที่ให้ทุนในการศึกษาวิจัยรั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้คุณความดีและประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศมอบให้คุณพ่อโอกาส ปาสีโล ผู้ล่วงลับ ซึ่งเป็นแรงบันดาลใจในการทำงานและการใช้ชีวิตตลอดมา



(นายอาคม ปาสีโล)

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

โดย : อาคม ปาสีโล

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทิบุญญา

ศัพท์สำคัญ : ปาร์ติเกิลบอร์ด สารยึดติด ฟางข้าว แกลบ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาศึกษา คือ ฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติดที่อัตราส่วน 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสมบัติที่ทำการศึกษา ได้แก่ สมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกล

ผลจากการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่า มีความเป็นไปได้ในการนำเอาฟางข้าวมาอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยสัดส่วนที่มีความเหมาะสมในการผลิต คือ ฟางข้าวต่อกาวในสัดส่วน 75:25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการทดสอบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปภายใต้เงื่อนไขนี้มีดังนี้ ความหนาแน่น 702 kg/m^3 ค่ามอดูลัสแตกร้า 30.08 MPa ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 3393 MPa ค่าความต้านทานแรงกระแทก 33.87 MPa และค่าการนำความร้อน 0.0855 W/m.K

ABSTRACT

TITLE : DEVELOPMENT OF PARTICAL BOARD USING
AGRICULTURAL RESIDUE
BY : ARKOM PASILO
DEGREE : MASTER OF ENGINEERING
MAJOR : MECHANICAL ENGINEERING
CHAIR : ASST. PROF. UMPHISAK TEEBOONMA, Ph.D.

KEYWORDS : PARTICLE BOARD / BINDER / RICE STRAW / RICE HUSK

This objective of this research was to study properties of particle board manufactured from agricultural residue such as rice husk, rice straw and black rice husk. Urea formaldehyde resin was selected as the binder. The binder was mixed with other contents ranging from 10 to 30 percentages. Main properties of particle board investigated in this work were thermal, physical and mechanical properties.

The experimental results revealed that rice straw has the potential to produce a particle board, especially for the ratio of rice straw 75 per binder 25 percentages. Under this condition, particle board properties are density (D) of 702 kg/m^3 , modulus of rupture (MOR) of 30.08 MPa, modulus of elasticity (MOE) of 3393 MPa, impact resistance (IR) of 33.87 MPa and thermal conductivity (K) of 0.0855 W/m.K.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	5
1.4.1 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางกายภาพ	5
1.4.2 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางกล	5
1.4.3 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางความร้อน	7
1.4.4 เครื่องมือทดสอบและอุปกรณ์อื่นๆ	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
2 ข้อมูลพื้นฐาน ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ลักษณะของฉนวนความร้อน	10
2.1.1 การนำความร้อน	12
2.1.2 โยเซลลูโลส	14
2.2 ประเภทของฉนวนความร้อน	14
2.2.1 วัสดุประเภทใยแร่	14
2.2.2 วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.3 วัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ	14
2.2.4 วัสดุประเภทเซลล์แร่	14
2.3 คุณสมบัติของฉนวนความร้อน	15
2.3.1 ชนิดของฉนวนความร้อน	15
2.3.2 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนความร้อน	16
2.3.3 สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อน ของวัสดุและฉนวนของอาคาร	17
2.4 ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	18
2.4.1 ลักษณะความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	18
2.4.2 ลักษณะของชั้นไม้ที่ใช้ในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด	19
2.4.3 ลักษณะกรรมวิธีการอัดแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	19
2.4.4 ลักษณะ โครงสร้างของปาร์ติเกิลบอร์ด	19
2.5 ลักษณะการนำปาร์ติเกิลบอร์ดไปใช้ประโยชน์	20
2.5.1 ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดการใช้งานภายในอาคาร	20
2.5.2 ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดการใช้งานภายนอกอาคาร	20
2.5.3 ปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับใช้ปูรองพื้น	20
2.5.4 ปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับเก็บเสียง	20
2.6 ลักษณะรูปแบบการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด	20
2.6.1 ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเปลือย	20
2.6.2 ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเคลือบหรือปิดผิว	20
2.7 วัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด	21
2.7.1 ไม้	21
2.7.2 วัสดุเหลือใช้ที่ให้เส้นใย	22
2.8 ลักษณะและคุณสมบัติของแคลบ	22
2.9 ลักษณะและคุณสมบัติของฟางข้าว	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10 ลักษณะและคุณสมบัติของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน	25
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุต่างๆ	26
3 วิธีการศึกษาและการทดสอบ	
3.1 การออกแบบแม่พิมพ์และการติดตั้งอุปกรณ์	32
3.1.1 การออกแบบชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	32
3.1.2 การประกอบและติดตั้งแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	33
3.2 การออกแบบและโครงสร้างของอุปกรณ์ในการขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	34
3.3 อุปกรณ์ให้ความร้อนชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	36
3.4 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	37
3.5 การสอบเทียบอุณหภูมิชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	38
3.6 สภาพะของการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิลเพื่อศึกษาอุณหภูมิของชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป	41
3.7 แผนผังการทำงานของวงจรควบคุมอุณหภูมิชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป	43
3.8 ขั้นตอนการขึ้นรูปและการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ด	45
3.9 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	46
3.10 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	46
3.11 ขั้นตอนการพ่นสารยึดติด	47
3.11.1 การอบฟางข้าวก่อนพ่นสารยึดติด	47
3.11.2 ขั้นตอนการเตรียมสารยึดติด	48
3.11.3 ขั้นตอนการพ่นสารยึดติด	49
3.12 เงื่อนไขการทดลอง	50
3.13 การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.14 รายละเอียดขนาดขึ้นทดสอบสมบัติแผ่นเส้นใยอัด ความหนาแน่นปานกลาง มอก. 966-2533	53
3.15 การทดสอบความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ด	54
3.16 การทดสอบปริมาณความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ด	56
3.17 การทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น ของปาร์ติเกิลบอร์ด	56
3.18 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า ของปาร์ติเกิลบอร์ด	59
3.19 การทดสอบการดูดซึมน้ำของปาร์ติเกิลบอร์ด	60
3.20 การทดสอบการขยายตัวตามความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด	62
3.21 การทดสอบค่าต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ด	62
3.22 การทดสอบค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด	63
4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	
4.1 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากส่วนผสม 2 ชนิด	65
4.2 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด	69
4.2.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด	70
4.2.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด	71
4.2.3 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด	73
4.3 ผลการศึกษาสัดส่วนวัตถุดิบต่อสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ด	74

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากส่วนผสม 4 ชนิด	75
4.5 ผลการทดสอบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด	76
4.5.1 สมบัติทางกายภาพ	77
4.5.2 สมบัติทางกล	78
4.5.3 สมบัติทางความร้อน	78
4.6 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	79
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	81
เอกสารอ้างอิง	83
ภาคผนวก	87
ประวัติผู้วิจัย	131

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงปริมาณผลผลิตและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ประเมินไว้ในปี พ.ศ. 2539 – 2540	2
2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของวัสดุฉนวนความร้อน	16
2.2 สมบัติทางกายภาพ ความร้อนของวัสดุและฉนวนของอาคาร	17
2.3 ชนิดของความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	18
2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของเกลบ	23
2.5 ส่วนประกอบของเกลบ	23
2.6 ส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าว	24
2.7 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน	25
3.1 ผลการสอบเทียบอุณหภูมิสายเทอร์โมคัปเปิล ที่ 100 องศาเซลเซียส	39
3.2 ผลการสอบเทียบอุณหภูมิสายเทอร์โมคัปเปิล ที่ 180 องศาเซลเซียส	40
3.3 ผลการทดสอบเทียบอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียสของแม่พิมพ์	42
4.1 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 2 ชนิด	65
4.2 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 3 ชนิด	69
4.3 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 3 ชนิด ที่มีปริมาณสัดส่วนสารยึดติด 20 เปอร์เซ็นต์	74
4.4 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 4 ชนิด	75
4.5 การเปรียบเทียบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปกับมาตรฐานและ ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป	76
4.6 ปริมาณการใช้วัสดุดิบต่อแผ่น	79
4.7 ความต้องการกระแสไฟของอุปกรณ์แต่ละชนิด	80

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แผนผังการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ด	4
1.2 ชุดทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ด	5
1.3 เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น	6
1.4 เครื่องทดสอบความแข็งแรงทนการกระแทก	6
1.5 เครื่อง Thermal Conductivity Analyzer รุ่น Model 88	7
1.6 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค	8
1.7 ชุดเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล	8
2.1 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร	12
2.2 ลักษณะของแผ่นฉนวนใยเซลลูโลส	13
2.3 ลักษณะของแผ่นฉนวนใยเซลลูโลส แบบติดแผ่นยับซึม	13
3.1 แสดงการออกแบบชุดแม่พิมพ์	32
3.2 แสดงเครื่องอัดไฮดรอลิกสักรุ่น TMC ขนาด 100 ตัน	34
3.3 ตำแหน่งของการติดตั้งแท่งให้ความร้อน	35
3.4 แสดงตำแหน่งของการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล	35
3.5 เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ	36
3.6 ชุดควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Digicon รุ่น DG-8	37
3.7 ขั้นตอนการสอบเทียบอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิล	38
3.8 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลกับแม่พิมพ์	42
3.9 วงจรการควบคุมอุณหภูมิ	44
3.10 แผนผังการดำเนินการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด	45
3.11 เครื่องตัดย่อยเส้นใย	47

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.12 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Precias 1212 M รุ่น SuperBal – Series	48
3.13 คู่มือฟางข้าว ยี่ห้อ SFL รุ่น EC67A	48
3.14 เครื่องผสมสารยึดติดกับวัสดุอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	50
3.15 ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากฟางข้าว	51
3.16 ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากเกลบ	52
3.17 ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากเถ้าเกลบดำ	52
3.18 การติดตั้งแม่พิมพ์กับเครื่องอัดไฮดรอลิกส์	53
3.19 ลักษณะของการเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ด	54
3.20 ตำแหน่งที่วัดความกว้างความยาวและความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	55
3.21 เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นระบบไฮดรอลิกวอลเปิร์ต (Otto Wolpert Werke Germany)	57
3.22 ลักษณะการวางชิ้นทดสอบความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น	58
3.23 เครื่องทดสอบความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น	59
3.24 ลักษณะของการจับยึดชิ้นงานทดสอบการดึงผิวหน้า (Internal Bonding)	60
3.25 เครื่องทดสอบแรงกระแทกยี่ห้อ INTRO รุ่น 4 J	63
3.26 เครื่องทดสอบค่าการนำความร้อน ยี่ห้อ Anacon รุ่น 88	64
4.1 สมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด	66
4.2 สมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด	67
4.3 สมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด	68
4.4 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ด	70
4.5 ผลการทดสอบค่าความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ด	70
4.6 ผลการทดสอบค่าการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด	71
4.7 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าวของปาร์ติเกิลบอร์ด	72
4.8 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของปาร์ติเกิลบอร์ด	72
4.9 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ด	73
4.10 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด	73

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Q	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อ 1 วินาที	[W], [N.m/s]
k	การนำความร้อน	[W/m.K]
A	พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนไหลผ่าน	[m ²]
T_1, T_2	อุณหภูมิสูงและต่ำที่ผิวแต่ละด้านตามลำดับ	[K]
x	ความหนา	[m]
D	ความหนาแน่น	[g/cm ³]
m	มวล	[g]
V	ปริมาตร	[cm ³]
MC	ปริมาณความชื้น	[%]
m_i	น้ำหนักก่อนอบ	[g]
m_o	น้ำหนักหลังอบ	[g]
MOR	ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว	[MPa]
P	แรงกดสูงสุดที่ขึ้นทดสอบรับได้	[N]
L	ระยะห่างของแท่นรองรับ	[mm]
b	ความกว้างของชิ้นทดสอบ	[mm]
d	ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ	[mm]
MOE	ค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น	[MPa]
L	ระยะห่างของแท่นรองรับ	[mm]
ΔW	แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง	[N]
ΔS	ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง	[N]
IB	แรงค้ำตั้งฉากผิวหน้า	[MPa]
P_{max}	แรงค้ำสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาด	[kg]
A_i	พื้นที่ของตัวอย่างไม้ที่รับแรงค้ำ	[mm ²]

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
WA	การดูดซึมน้ำ	[%]
M_o	น้ำหนักหลังแช่น้ำ	[g]
M_i	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ	[g]
SW	การพองตัวทางความหนา	[%]
T_i	ความหนาหลังแช่น้ำ	[mm]
T_o	ความหนาก่อนแช่น้ำ	[mm]
LE	การขยายตัวทางความยาว	[%]
L_o	ความยาวหลังแช่น้ำ	[mm]
L_i	ความยาวก่อนแช่น้ำ	[mm]
IR	ความต้านทานแรงกระแทก	[J/m]
MDF	แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard)	-

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยเริ่มเข้าสู่ช่วงวิกฤตของพลังงาน ดังนั้นจึงได้มีการหันกลับมาคิดถึงผลประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรืออุตสาหกรรม เช่น แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย ชี้เลื่อย เศษไม้ เปลือกไม้ มูลสัตว์รวมทั้งของเหลือหรือขยะจากครัวเรือน ซึ่งแกลบหรือเปลือกข้าว ในสมัยก่อนนั้นไม่ค่อยมีคุณประโยชน์ ตามโรงสีข้าวมักจะมีปัญหาในเรื่องการจัดเก็บ หรือการกำจัดเปลือกข้าว จะขายก็ไม่มีคนรับซื้อ ทางโรงสีข้าวต้องเสียค่าใช้จ่ายเองในการจัดเก็บ และกำจัดเปลือกข้าว ไม่ว่าจะนำไปเผาทิ้งเพื่อลดปริมาณแกลบลง หรือขนย้ายออกไปกองเป็นภูเขาในพื้นที่โรงสี ส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเศษฝุ่นละอองเล็กๆ จากแกลบได้สร้างความรำคาญและเดือดร้อนให้กับชุมชน ปัจจุบันมีการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมาใช้ประโยชน์ในสัดส่วนที่ไม่น้อยเลย โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างประเทศไทย ตามชนบทก็ยังมีการใช้ไม้ฟืนหรือถ่าน รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ได้จากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญมากและหาได้ในประเทศ โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก อาทิ แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย กากและกะลาปาล์ม เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า หรือนำแกลบมาใช้ในทางเกษตร เช่น ทำเป็นปุ๋ยหมัก ใส่ไปในคอกไก่กันความชื้น นำไปเผาอิฐ และเผาถ่านไม้ สำหรับโรงสีข้าวก็นำไปเผาทำให้เกิดความร้อนและนำความร้อนที่ได้ไปขับเครื่องจักรไอน้ำ เพื่อเป็นต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้าและสีข้าว ส่วนชี้เถ้าแกลบที่เหลือก็นำมาเป็นส่วนผสมในการทำปุ๋ยหมัก เครื่องกรองน้ำ ถ้าเผาแกลบให้เป็นเถ้าสีขาว จะมีคุณสมบัติความเป็นด่างนำไปเป็นส่วนผสมน้ำยาล้างจาน ยาสระผม สบู่จะเห็นได้ว่าคุณประโยชน์จากแกลบหรือเปลือกข้าวจนกลายมาเป็นชี้เถ้าแกลบมีมากมาย

จากข้อมูลแสดงปริมาณผลผลิตและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ประเมินไว้ในปี พ.ศ. 2539 – 2540 จากตารางที่ 1.1 พบว่าผลผลิตวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ข้าว ฟางข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง อ้อย ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ฝ้าย มะพร้าว สับปะรด มีปริมาณมาก โดยเฉพาะปริมาณฟางข้าวและแกลบมีประมาณร้อยละ 90 ของผลผลิต ช้างและใบลำต้นข้าวโพดมี 2 เท่าของผลผลิต [1] เป็นต้น

ดังนั้นหากนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาพัฒนาการใช้งานอย่างเต็มศักยภาพและจริงจังก็จะสามารถสร้างภูมิคุ้มกันทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ให้กับระบบพลังงานของประเทศไทย เป็นการลดการพึ่งพิงเทคโนโลยีและทรัพยากรจากต่างประเทศ โดยหันมาพัฒนาความรู้และเทคโนโลยี ใช้ทรัพยากรที่อยู่ในท้องถิ่นหรือทรัพยากรหมุนเวียนกับมาใช้ได้ และถือเป็นการพัฒนาพลังงานที่ให้ผลดีต่อการพัฒนาประเทศอย่างรอบด้าน

ตารางที่ 1.1 แสดงปริมาณผลผลิตและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ประเมินไว้ในปี

พ.ศ. 2539 – 2540 [2]

รายการ	ผลผลิตพืช (x 1,000 ตัน)	วัสดุเหลือทิ้ง (x 1,000 ตัน)
1. ข้าว	22,332	แกลบ : 2,904 - 8,933 ฟาง : 38,567 - 55,493
2. ข้าวโพด	4,533	ซัง : 680 ใบและลำต้น : 6,800 เปลือก : 45
3. มันสำปะหลัง	18,084	ต้น : 8,355 ใบ : 514
4. อ้อย	56,394	กากอ้อย : 10,906
5. ข้าวฟ่าง	225	ต้น : 1,027
6. ถั่วเขียว	218	ต้น : 698
7. ถั่วเหลือง	359	เปลือก ต้น ฝัก : 1,414
8. ถั่วลิสง	147	เปลือก : 90
9. ฝ้าย	75	ต้น : 184
10. มะพร้าว	1,419	กะลา : 428 กาบ : 2,129
11. สับปะรด	1,987	ใบ จุก และแขนง : 40 - 48
รวม	105,773	7,476,597,729

จากเหตุผลหรือความจำเป็นต่าง ๆ ที่ได้กล่าวในเบื้องต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นการส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต ได้โดยไม่ต้องพึ่งเทคโนโลยีจากต่างประเทศ และสามารถสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ขึ้นใช้เองในกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ โดยไม่ต้องนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ และเป็นการประหยัดพลังงานและวัสดุในด้านเศรษฐศาสตร์และยังช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและเป็นการพัฒนาประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางด้านกายภาพ ทางกลและทางด้านความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกับที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

1.2.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดคือ ฟางข้าว แกลบ และเถ้าแกลบดำ

1.3.2 สารยึดติดที่ใช้คือ กาวสังเคราะห์ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เกรด EU-617

1.3.3 สัดส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ศึกษามีเงื่อนไขการทดลองดังนี้

1.3.3.1 ส่วนผสม 2 ชนิด ได้แก่ 1) กาวกับฟางข้าว 2) กาวกับแกลบ

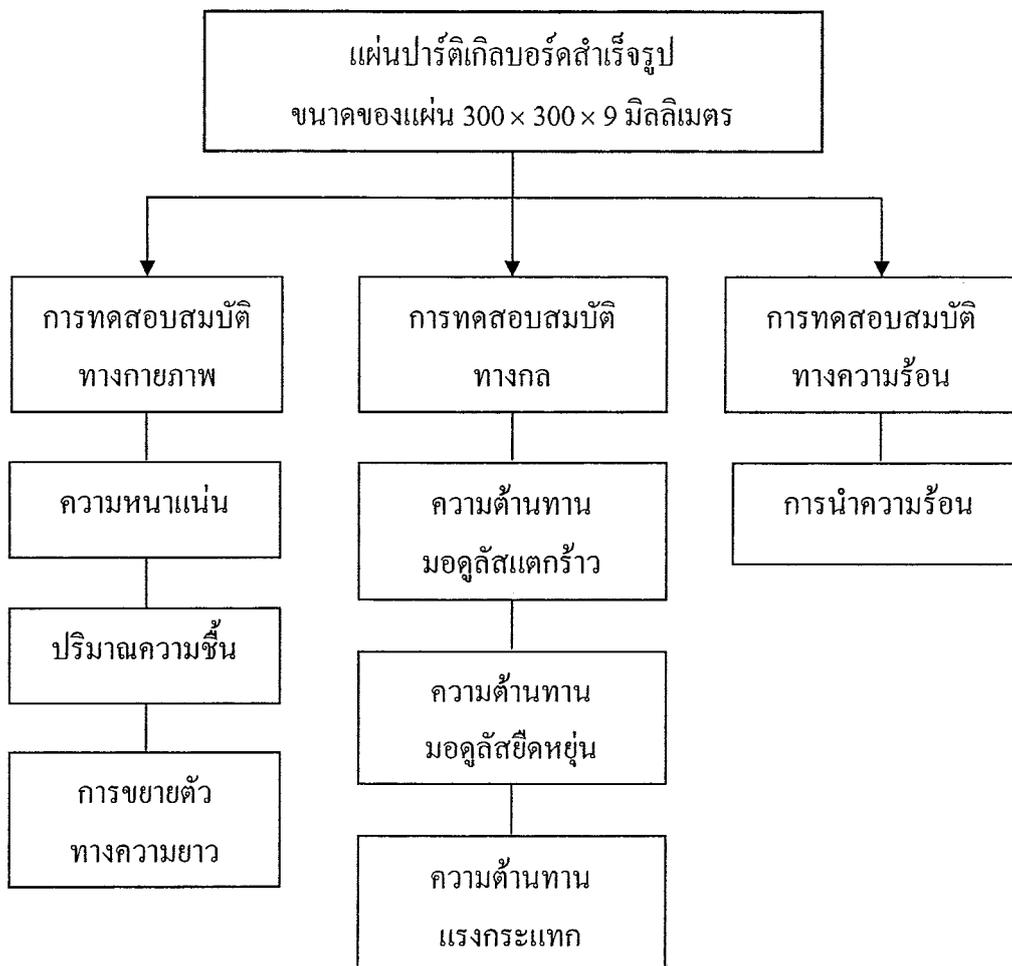
1.3.3.2 ส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ 1) กาว ฟางข้าวและแกลบ 2) กาว ฟางข้าว

และเถ้าแกลบดำ

1.3.3.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกลและสมบัติทางความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่จำหน่ายตามท้องตลาด .

1.3.4 พารามิเตอร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาเปรียบเทียบ ได้แก่ การทดสอบสมบัติทางกายภาพ การทดสอบสมบัติทางกล และการทดสอบสมบัติทางความร้อน

1.3.5 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

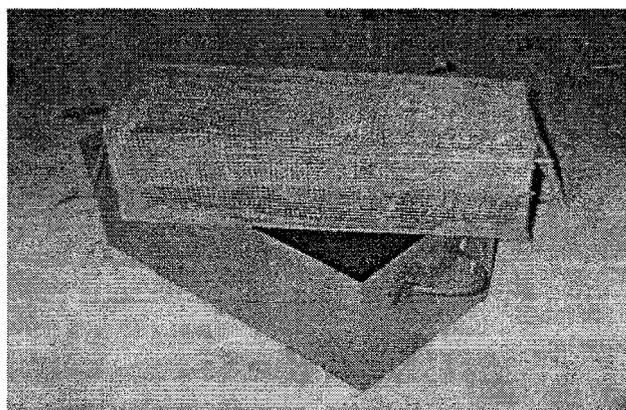


ภาพที่ 1.1 แผนผังการทดสอบสมบัติของปรกติเกลือบอร์ด

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1.4.1 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางกายภาพ

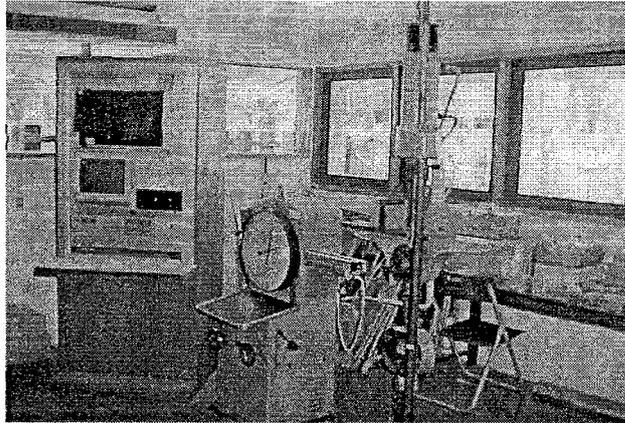
การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ (Physical properties tests) ประกอบด้วย การทดสอบหาค่าความหนาแน่น (Density) ค่าปริมาณความชื้น (Moisture content) และการขยายตัวตามความยาว (Linear expansion) ลักษณะของการตรวจสอบทั่วไปของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ต้องมีความหนาและความเรียบสม่ำเสมอทั้งแผ่น ขอบต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจตามลักษณะของการตรวจสอบสมบัติเชิงกายภาพดังภาพที่ 1.2 โดยทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2533



ภาพที่ 1.2 ชุดทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ด

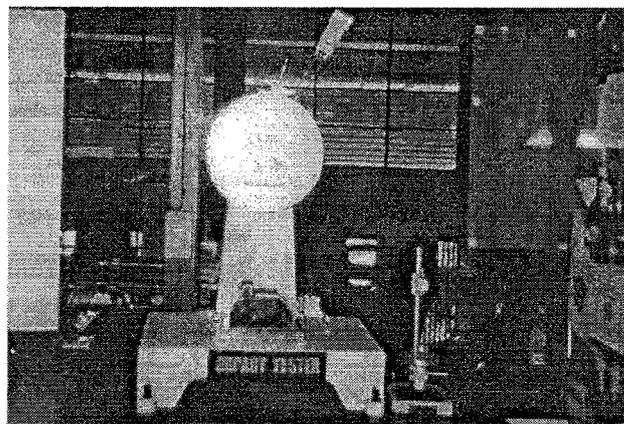
1.4.2 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางกล

การทดสอบสมบัติเชิงกล (Mechanical properties tests) ประกอบด้วย การทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture) และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) และค่าความแข็งแรงทนการกระแทก (Impact resistant) โดยทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2533 ภาพที่ 1.3 แสดงเครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นระบบไฮดรอลิกวอลเปิร์ต (Otto Wolpert Werke Germany)



ภาพที่ 1.3 เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น

การทดสอบสมบัติความแข็งแรงทนการกระแทก เป็นการบ่งบอกถึงความเหนียวและความเปราะของพาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งเป็นความสามารถของพาร์ติเกิลบอร์ดในการดูดซับพลังงาน โดยการทดสอบให้แรงกระแทกกับชิ้นงานที่มีรอยบาก (notch) ซึ่งเป็นจุดเริ่มของการเสียหาย ในการทดสอบของงานวิจัยนี้ทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 256-90 Standard Test Methods for Impact Resistance of Plastic and Electrical Insulating Materials ลักษณะดังภาพที่ 1.4

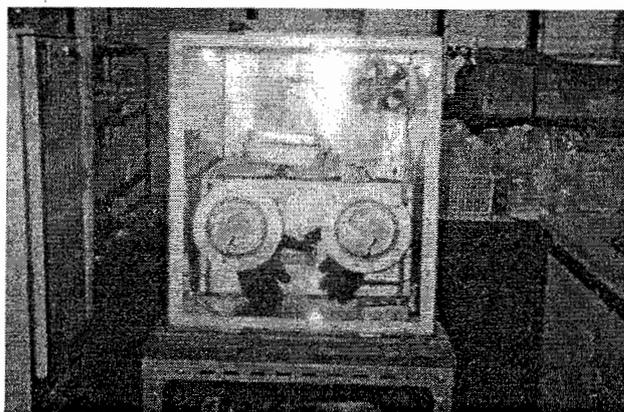


ภาพที่ 1.4 เครื่องทดสอบความแข็งแรงทนการกระแทก

1.4.3 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางความร้อน

การทดสอบสมบัติทางความร้อน (Thermal conductivity properties tests) เป็นการทดสอบการนำความร้อนที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง ในกระบวนการวัดค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยใช้เครื่อง Thermal Conductivity Analyzer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพการนำความร้อนของวัสดุ เช่น ไฟเบอร์กลาส โฟม หรือวัสดุอื่นๆ ปาร์ติเกิลบอร์ดที่จะทดสอบต้องมีขนาดความกว้างและความยาว 8 นิ้วและมีขนาดความหนาไม่เกิน 4.5 เซนติเมตร

การทดสอบวัดค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดของการวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบอ้างอิงตาม มาตรฐาน ASTM C 177-85 [27] Standard Test Methods for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus ลักษณะแสดงดังภาพที่ 1.5

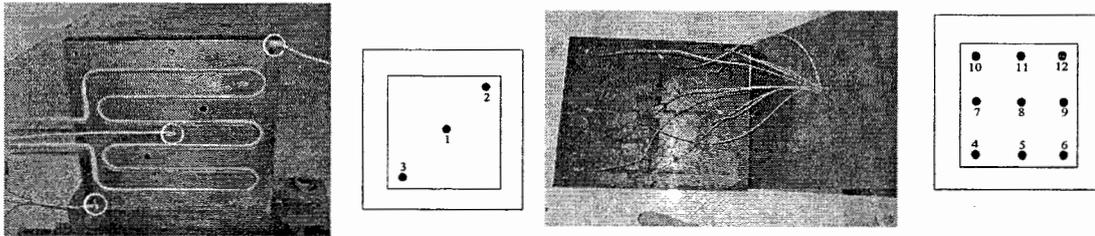


ภาพที่ 1.5 เครื่อง Thermal Conductivity Analyzer รุ่น Model 88

1.4.4 เครื่องมือทดสอบและอุปกรณ์อื่น ๆ

อุปกรณ์ให้ความร้อนเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าไหลในลวดโลหะจะทำการเชื่อมต่อปลายทั้งสองของสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค (Thermocouple type K) โดยตำแหน่งการติดตั้งแสดงในภาพที่ 1.6 ใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูลและวัดอุณหภูมิ (Temperature Recorder) การควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control) โดยต่อร่วมกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ เพื่อควบคุมชุดรีเลย์ (Relay) ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแท่งให้ความร้อน อุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิในการทดสอบเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ

สายเทอร์โมคัปเปิล ที่นำมาใช้กับแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดเทียบกับอุณหภูมิจะใช้ชุดสอบเทียบอุณหภูมิ (Temperature Calibration) ใช้ต่อร่วมกับเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (Portable Multi-Thermometer) ดังแสดงในภาพที่ 1.7



(ก)

(ข)

ภาพที่ 1.6 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค

(ก) ตำแหน่งการติดตั้งเข้ากับแม่พิมพ์แผ่นอยู่กับที่ (Bottom plate)

(ข) ตำแหน่งการติดตั้งเข้ากับแม่พิมพ์แผ่นเคลื่อนที่ (Top plate)



ภาพที่ 1.7 ชุดเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้องค์ความรู้ในการสร้างแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทราบข้อมูลเฉพาะด้านของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตและวางจำหน่ายทั้งภายในและต่างประเทศ

1.5.2 สามารถสร้างแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีราคาถูก และมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดี มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีวางจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป

1.5.3 เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.5.4 ทราบถึงความเป็นไปได้สำหรับการประยุกต์ใช้งานจริง

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

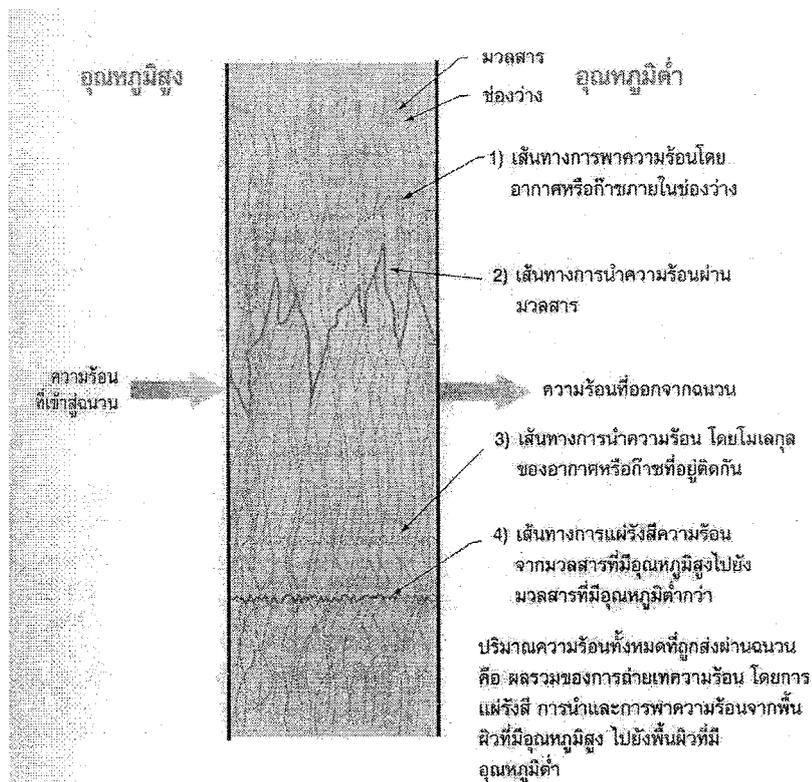
2.1 ลักษณะของฉนวนความร้อน

วัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานที่สำคัญเกือบทุกอาคารใช้ฉนวนกันความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ฉนวนกันความร้อนมีคุณสมบัติในการสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ในการใช้งานอาจใช้รักษาความร้อนและความเย็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของฉนวนและลักษณะการใช้งานของฉนวนนั้น ๆ เช่น ฉนวนกันความร้อนในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง ตลอดจนการขนส่งอาหารต้องใช้ฉนวนในการรักษาความเย็นของห้องบรรจุอาหาร สำหรับอุณหภูมิอาคาร สิ่งก่อสร้างอาจทำหน้าที่หลาย ๆ อย่าง เช่น ป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง ป้องกันไฟ สภาวะภูมิอากาศของประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นเพื่อให้ภายในอาคารมีสภาพเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและเกิดภาวะความสบาย จึงต้องลดความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร การใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับประเทศไทยจึงมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารเป็นสำคัญ [3]

กระบวนการถ่ายเทความร้อนผ่าน (Heat Transfer) ระหว่างวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน สำหรับวัสดุอาคารที่สัมผัสกับอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีอาทิตย์นั้น ผิวสัมผัสด้านนอกจะดูดซับความร้อนไว้ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าพื้นผิวที่อยู่ใกล้เคียงและอุณหภูมิของอากาศภายนอก จึงเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและพื้นผิวสัมผัสของวัสดุอาคารด้านนอก พลังงานความร้อนบางส่วนจึงเกิดการสูญเสียให้แก่อากาศภายนอก โดยเกิดการพา (Convection) และพื้นผิวนอก ๆ ข้างด้วยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) และขณะเดียวกันพลังงานความร้อนบางส่วนจะถ่ายเทให้กับผิวสัมผัสที่อยู่ติดกันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยการนำ (Conductivity) ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทไปในแต่ละทิศทางนั้นขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนและมวลของวัสดุอาคาร อุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน จะส่งผลให้อุณหภูมิด้านนอกของวัสดุอาคารร้อนและเกิดความไม่คงที่ของการถ่ายเทความร้อน ผ่าน โครงสร้างจากกระบวนการนี้จึงทำให้เกิดฉนวนชนิดต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนและค่าความจุความร้อนของวัสดุอาคารชนิดนั้น ๆ

การสร้างความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนแบบ Periodic ที่ผ่านวัสดุอาคารนั้น คือ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการนำความร้อนของสิ่งแวดล้อม และโครงสร้างภายในของวัสดุอาคาร [4] กลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวน มวลสารเกิดขึ้นได้โดยช่องเล็ก ๆ ที่อยู่ภายในวัสดุ และลักษณะเป็นโพรงอากาศ ที่ทำหน้าที่ต้านทานการไหล (Flow) ของอากาศหรือก๊าซทำให้มีความร้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ จะสามารถถ่ายเทผ่านจากด้านหนึ่งของวัสดุไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยกระบวนการพาความร้อนได้ เมื่อพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในฉนวนที่ค่าความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนเป็นสัดส่วนกับความพรุน (Porosity) [5] ค่าหนึ่งของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนใดๆ นั้น สภาพการนำความร้อนปรากฏ (Apparent Thermal Conductivity) ที่เกิดขึ้นจะลดลง เนื่องจากการพาความร้อนโดยอากาศ ภายในฉนวนกันความร้อนนั้นลดลง เพราะการลดขนาดของช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใย ที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกันความร้อนหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี ถึงแม้ว่าภายในเซลล์บางส่วนจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยแต่ละเส้นภายในฉนวนนั้นก็ตาม เมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มมากขึ้น (เส้นใยแต่ละเส้นชิดกัน) การแผ่รังสีตามทิศทางเคลื่อนที่ของความร้อนจะลดลง เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เส้นใยติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อความหนาแน่นของวัสดุหรือฉนวนกันความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยสู่เส้นใยและพื้นผิวสู่พื้นผิวจะลดลงทำให้สภาพการนำความร้อนปรากฏลดลงด้วย จนกระทั่งเมื่อเส้นใยหรือเซลล์ต่อเชื่อมจนเป็นเนื้อเดียวกัน จะเกิดการนำความร้อนขึ้นภายในวัสดุจนถึงจุดที่การแผ่รังสีความร้อนที่ลดลงมีค่าน้อยกว่า การนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น (จากผลของการเพิ่มความหนาแน่นของวัสดุที่ทำให้เส้นใยชิดกันมากขึ้น) สภาพการนำความร้อนปรากฏจะเริ่มเพิ่มขึ้นแสดงดังภาพที่ 2.1 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้ฉนวนมวลสารนั้น จะมีค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ผลิตฉนวนกันความร้อนแต่ละประเภทที่เหมาะสมค่าหนึ่งเท่านั้น และฉนวนกันความร้อนที่ดีควรเป็นฉนวนความร้อนที่มีค่าสภาพการนำความร้อนปรากฏรวมต่ำสุด



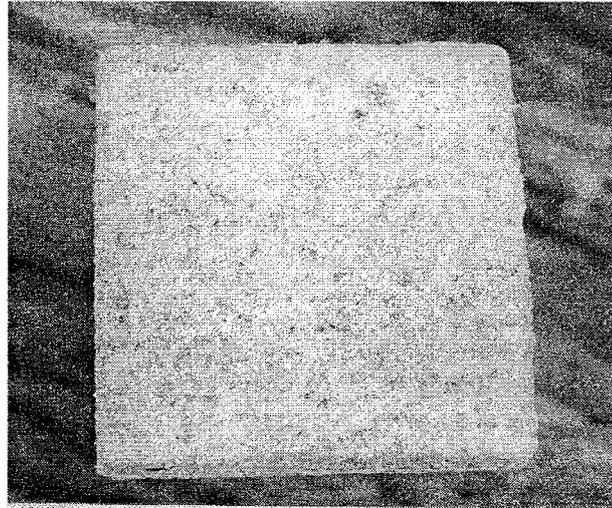
ภาพที่ 2.1 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร [6]

2.1.1 การนำความร้อน

การนำความร้อนในกระบวนการเกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาคพบว่า โลหะการนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพนำความร้อนต่ำ การสั่นของโมเลกุลข้างเคียง เป็นสาเหตุให้เกิดการนำความร้อนขึ้น ส่วนก๊าซการนำความร้อนเกิดขึ้นผ่านการสั่นระหว่างโมเลกุล ส่งผลของการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนซึ่งอัตราการถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนเป็นสัดส่วนตรงกับผลต่างของอุณหภูมิด้านสูงและต่ำ และพื้นที่ผิวความร้อนไหลผ่านตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน แต่จะเป็นสัดส่วนกับความหนาหรือระยะทางที่ความร้อนถ่ายเท การถ่ายเทของวัสดุนั้นสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ 2.1 [4]

$$Q = \frac{kA(T_1 - T_2)}{x} \quad (2.1)$$

- เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อ 1 วินาที มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)
 k คือ สภาพการนำความร้อน มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อเมตร เคลวิน ($W/m \cdot K$)
 A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนไหลผ่าน มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)
 T_1, T_2 คือ อุณหภูมิสูงและต่ำที่ผิวแต่ละด้านตามลำดับ มีหน่วยเป็น เคลวิน (K)
 x คือ ความหนา มีหน่วยเป็น เมตร (m)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะของแผ่นฉนวนใยเซลลูโลส



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของแผ่นฉนวนใยเซลลูโลส แบบติดแผ่นยิบซัม

2.1.2 ไยเซลลูโลส (Cellulose) เป็นฉนวนความร้อนที่ผลิตขึ้นจากการนำไม้ หรือกระดาษที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่อีกครั้ง แสดงดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 โดยย่อยสลายจนละเอียดประสานเข้าด้วยบอแรกซ์ ส่วนผสมวัสดุทั้งสองจะช่วยให้มีสภาพต้านทานการลุกไหม้ไฟและการดูดซับความชื้น การประยุกต์ใช้งานอาจใช้ในการเทบรรจุ (Loose Fill) ในช่องผนังหรือ เพดานของอาคาร ใช้ในลักษณะของฉนวนแบบแผ่น (Batt) แบบคลุมห่ม (Blanket) หรือเป็นแบบโฟมอัดสำหรับเป็นฉนวนกันความร้อนใต้คานฟ้าหรือหลังคาโดยทั่วไปแล้วฉนวนใยเซลลูโลสที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดปัจจุบันมักทำขึ้นจากเยื่อกระดาษที่ใส่สารกันไม่ให้ไฟลาม ทำให้สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ในระดับหนึ่งเมื่อโดนไฟไหม้จะมีควันและดับไปเองในที่สุด ถ้าเยื่อกระดาษมีสารเคมีผสมอย่างถูกต้องสามารถใช้เป็นวัสดุป้องกันไฟได้

2.2 ประเภทของฉนวนความร้อน [7], [8]

การจำแนกประเภทของฉนวนความร้อนสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ใช้หรือกำหนดขึ้น เพื่อสะดวกต่อการนำไปอ้างอิง ฉนวนความร้อนแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ฉนวนมวลสารและฉนวนสะท้อนความร้อน นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของฉนวนตามชนิดของวัสดุพื้นฐาน (basic materials) ที่ใช้ในการผลิตได้ 4 ประเภท ดังนี้

2.2.1 วัสดุประเภทใยแร่ (Mineral fibrous material) เช่น ใยหิน (rock wool) ใยโลหะที่ได้จากการถลุงโลหะ (slag) ใยแก้ว (glass fiber or glass wool)

2.2.2 วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ (Organic fibrous material) เช่น ไม้ (wood) ขานอ้อย (cane) ฝ้าย (cotton) ขนสัตว์ (hair) เส้นใยเซลลูโลส (cellulose) ใยสังเคราะห์ (synthetic fiber)

2.2.3 วัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ (Organic cellular material) เช่น ไม้ก๊อก โฟมยาง พอลีสไตรีน พอลิยูรีเทน

2.2.4 วัสดุประเภทเซลล์แร่ (Mineral cellular material) เช่น แคลเซียมซิลิเกต (calcium silicate) เพอร์ไลท์ (perlite) เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) โฟมคอนกรีต (foamed concrete)

2.3 คุณสมบัติของฉนวนความร้อน [7], [8]

2.3.1 ชนิดของฉนวนความร้อน ฉนวนความร้อนแบ่งออกได้เป็น 6 ชนิด ได้แก่

2.3.1.1 ชนิดฉนวนชั้นอากาศหรือฟิล์มอากาศ ประกอบเป็นพื้นผิวเดียวอย่างง่าย หรืออาจเป็นผิวพื้นหลาย ๆ ชั้น ซึ่งมีอากาศอยู่ระหว่างชั้นของพื้นผิว ความต้านทานความร้อนจะเกิดจากชั้นของพื้นผิวเอง และชั้นของอากาศเองในลักษณะการนำความร้อนหรือพาความร้อนคร่อมระหว่างชั้นอากาศ

2.3.1.2 ชนิดฉนวนแบบเส้นใย ประกอบด้วยเส้นใยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก ๆ จำนวนมาก วัสดุเส้นใยเหล่านี้อาจเป็นสารอินทรีย์ เช่น เส้นใยของพืชต่าง ๆ หรือเป็นเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว ใยแร่ ใยซีโลหะ ใยอะลูมินาซิลิกา ใยแร่ ใยหิน ใยคาร์บอน เป็นต้น

2.3.1.3 ชนิดฉนวนแบบช่องหรือเซลล์ ประกอบด้วย เซลล์เล็กๆ ที่ผนังของเซลล์แต่ละเซลล์จะผนึกติดกัน ผลิตจากวัสดุจำพวกแก้ว พลาสติก หรือยางตัวอย่างของฉนวนพวกนี้ได้แก่ โฟมชนิดยืดหยุ่น โฟมพอลิสไตรีน โฟมพอลิยูรีเทน เป็นต้น

2.3.1.4 ชนิดฉนวนแบบเป็นโพรงหรือช่องว่าง ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งเป็นโพรงหรือกลวง โพรงเหล่านี้ติดต่อกันได้โพรงอากาศระหว่างกันและกันได้ จึงทำให้แตกต่างจากฉนวนแบบเซลล์ วัสดุที่ใช้ทำฉนวนชนิดนี้อาจเป็น แมกนีเซียม แคลเซียม ซิลิเกต ดังนั้นความร้อนจึงสามารถถ่ายเทผ่านโพรงอากาศนี้ได้

2.3.1.5 ชนิดฉนวนแบบเป็นเกล็ดหรือแผ่นเล็ก ๆ ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก อนุภาคเหล่านี้จะถูกเทเข้าไปในโพรงอากาศ หรือทำให้เกาะตัวกันเข้าเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็ง ลักษณะเป็นบล็อกหรือแผ่นอัด ฉนวนแบบเกล็ดที่รู้จักกันทั่วไปได้แก่ เพอร์ไลท์ (perlite) และ เวอร์มิคูไลท์ (permiculite)

2.3.1.6 ชนิดฉนวนแบบเป็นแผ่นบางผิวสะท้อนรังสี ทำจากวัสดุที่มีสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูง หรือมีสภาพการแผ่รังสีต่ำ การใช้งานฉนวนแบบแผ่นบางนี้ ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุหลาย ๆ ชนิดประกอบกันเป็นระบบมากกว่าใช้วัสดุเพียงชนิดเดียว การใช้งานฉนวนแบบแผ่นที่มีประสิทธิภาพจะต้องใช้ร่วมกับฉนวนแบบที่มีช่องว่างอากาศที่มีสภาวะอากาศอยู่หนึ่งเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนและการพาความร้อน โดยแสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของวัสดุฉนวนไว้ในตารางที่ 2.1 และคุณสมบัติทางกายภาพ ทางความร้อนของฉนวนของอาคารในตารางที่ 2.2



2.3.2 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนความร้อน

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของวัสดุฉนวนความร้อน [7]

วัสดุฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
1. โยเซลลูโลส	1. การนำความร้อนต่ำ 2. ราคาต่ำถึงปานกลาง 3. ไม่เป็นพิษ	1. ติดไฟได้แต่ความสามารถในการต้านคาปลดลงเมื่อใช้สารหน่วงไฟ 2. การซึมเข้าไปได้ของน้ำสูง 3. อาจยุบตัวตามอายุ	1. สารหน่วงไฟที่ใช้ อาจเกิดการกัดกร่อนเหล็กกล้า อลูมิเนียม ทองแดง 2. ไม่เหมาะกับใช้งานในอาคารสาธารณะ
2. โฟมแบบยืดหยุ่น(ยาง)	1. การนำความร้อนต่ำ 2. ราคาต่ำ ติดตั้งและผนังง่าย 3. การซึมเข้าไปไอน้ำต่ำ 4. เสถียรภาพ ไม่เป็นพิษ	1. ติดไฟได้ และระดับการเกิดควันสูงเมื่อถูกไหม้ 2. ไวต่อแสงอุตราไวโอเลต	1. อุณหภูมิใช้งานสูงสุดจำกัดเพียง 105 °C 2. เป็นวัสดุติดไฟ มีข้อบ่งคับใช้งานภายในอาคาร
3. เซลลูลาร์กลาส	1. ไม่ติดไฟและความชื้นไม่สามารถแทรกซึมได้ 2. ทนแรงกดได้สูงและไม่เป็นพิษเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง	1. การนำความร้อนปานกลาง 2. มีราคาแพง	1. เกิดวัฏจักรแข็งตัวแล้วละลายของน้ำที่มีอยู่ในช่องฉนวน
4. โยแก้ว	1. การนำความร้อนต่ำ 2. ราคาต่ำในรูปของเส้นใยอัดแผ่นแบบคลุมแบบลูสฟิลล์สำหรับฉนวนหุ้มท่อ 3. ไม่เป็นพิษและการดูดซึมน้ำต่ำ มีเสถียรภาพดี	1. วัสดุจากใยอัดแผ่นอาจติดไฟและตัวประสานอาจลุกไหม้ 2. สมรรถนะทางความร้อน ถ้าไม่ใช่เปลือกหุ้มกันแทรกซึมของอากาศ 3. มีราคาปานกลางถึงสูงในรูปแบบแผ่นแข็ง	1. ต้องการเปลือกหุ้มกันไอน้ำเนื่องจากการซึมผ่านของไอน้ำสูง 2. ใช้ตัวประสานหรือวัสดุสำหรับฉาบจำกัด 3. อุณหภูมิเพียงปานกลาง

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของวัสดุฉนวนความร้อน [7] (ต่อ)

วัสดุฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
5. พอลิไตรนโฝม	1.การนำความร้อนต่ำ 2.อาจใช้ตัวฉนวนและ การดูดซึมน้ำต่ำ 3.เสถียรภาพไม่เป็นพิษ	1.ราคาปานกลาง 2.ติดไฟ 3.อุณหภูมิใช้งานต่ำ	1.อุณหภูมิใช้งาน สูงสุด จำกัดเพียง 82 °C
6. พอลิยูรีเทน / พอลิไอโซไซยานู เรตโฝม	1.การนำความร้อนต่ำสุด 2.ใช้เป็นตัวฉนวนและกันซึม ได้ 3.การดูดซึมน้ำต่ำ	1.ราคาปานกลางถึงสูง 2.ต้องการเปลือกหุ้มกันไฟ เมื่อติดตั้งในอาคารบังคับ	1.ต้องการอุปกรณ์ บรรจุทางกายภาพ 2.เป็นวัสดุติดไฟ มีข้อบังคับใช้งาน ภายในอาคาร
7. ฟีนอลิกโฝม	1.การนำความร้อนต่ำ 2.ไม่ติดไฟและการดูดซึมน้ำ ต่ำ 3.มีราคาต่ำ	1.ไวต่อแสงอุลตราไวโอเลต 2.การซึมของน้ำสูง	1.อุณหภูมิใช้งาน สูงสุด จำกัดเพียง 135 °C

2.3.3 สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อนของวัสดุและฉนวนของอาคาร

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพ สมบัติความร้อนของวัสดุและฉนวนของอาคาร [7]

ประเภทวัสดุ	ค่าความหนาแน่น (kg / m ³)	ค่าการนำความร้อน (W / m.K)
1.แผ่นยิปซัมบอร์ด	801	0.16
2.แผ่นฉนวนไม้อัดความหนาแน่นต่ำ	593	0.08
3.แผ่นฉนวนไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง	801	0.14
4.แผ่นฉนวนไม้อัดความหนาแน่นสูง	1001	0.17
5.แผ่นฉนวนไม้อัดใช้รองรับ	641	0.31

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพ ความร้อนของวัสดุและฉนวนของอาคาร [7] (ต่อ)

ประเภทวัสดุ	ค่าความหนาแน่น (kg / m ³)	ค่าการนำความร้อน (W / m.K)
6. ไม้อัด	545	0.14
7. แผ่นหุ้มความหนาแน่นปานกลาง	352	0.06
8. แผ่นหุ้มความหนาแน่นปกติ	288	0.05
9. แผ่นอัดแข็งหนาแน่นสูงภายใต้อุณหภูมิใช้งาน	881	0.12
10. แผ่นอัดแข็งหนาแน่นสูงภายใต้อุณหภูมิมาตรฐาน	1009	0.14
11. แผ่นอัดแข็งหนาแน่นปานกลาง	801	0.09

2.4 ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสามารถแบ่งออกได้หลายชนิด และถูกเรียกชื่อแตกต่างกันไป ตามลักษณะชนิดที่แบ่งนั้น ๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้โดยทั่วไปดังนี้

2.4.1 ลักษณะความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ลักษณะความหนาแน่นของแผ่นที่เป็นหลักเกณฑ์ที่ยึดถือเพื่อใช้จำแนกชนิดของปาร์ติเกิลบอร์ดในทางวิชาการ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ชนิดของความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด [9]

ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	ความหนาแน่น (kg / m ³)		
	FAO 1976	CS 236-66	TIS 876-2532
ความหนาแน่นต่ำ (Low density หรือ Insulation board)	250-400	< 590	-
ความหนาแน่นปานกลาง (Medium density)	400 – 800	590 – 800	500 – 800
ความหนาแน่นสูง (High density หรือ Hard board)	810 - 1200	> 800	-

2.4.2 ลักษณะของชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด

ชิ้นไม้ที่นำมาใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีลักษณะต่าง ๆ กันและถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกัน เช่น ชิปหรือชิ้นไม้สับ เกล็ด เกล็ดใหญ่ แกลบ ชีบ และฝอยไม้ เป็นต้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากชิ้นไม้ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง มักจะถูกเรียกเป็นแผ่นชิ้นไม้ลักษณะนั้น ๆ เช่น Chip board , Flak board , Wafer board , Strand board และ Shaving board เป็นต้น

2.4.3 ลักษณะกรรมวิธีการอัดแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ชิ้นไม้ที่ผสมตัวประสานและสารเติมแต่งแล้วจะถูกนำไปทำแผ่นเตรียมอัด (from mat) เพื่อทำการอัดร้อนและแรงอัดที่ใช้อัดร้อนมีใช้กันอยู่ 2 ทิศทาง หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นซึ่งอาจทำเป็นแผ่น ๆ หรือทำแบบต่อเนื่อง เรียกแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแบบนี้ว่า Flat – platen pressed particleboard เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่นิยมผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน หากใช้ทิศทางแรงอัดขนานกับระนาบของแผ่นไปตามความยาวของแผ่น เรียกแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแบบนี้ว่า Extrude particleboard ซึ่งแผ่นชนิดนี้จะอัดออกมาตามแบบ แผ่นที่หนามักจะใช้ท่อร้อนกลางแผ่นช่วยให้กาวแข็งตัวเร็วขึ้นจึงมีกรวยยาวกลางแผ่นและมีการผลิตกันน้อย

2.4.4 ลักษณะโครงสร้างของปาร์ติเกิลบอร์ด

ลักษณะโครงสร้างของแผ่นสามารถแบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ทางด้านความหนามีอยู่ 3 ชนิดด้วย

2.4.4.1 ปาร์ติเกิลบอร์ดชั้นเดียว หมายถึงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่ง (additive) อย่างเดียวกันตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

2.4.4.2 ปาร์ติเกิลบอร์ดสามชั้น หมายถึงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็นสามชั้นตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาด ตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกันปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบาง เป็นชั้นผิวหน้าและหลังส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกับที่ใช้ผิวหน้าและหลังก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หนามักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวแข็งและแน่นขึ้น

2.4.4.3 ปาร์ติเกิลบอร์ดลดหลั่น หมายถึงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากชิ้นไม้ขนาดและลักษณะแตกต่างกันโดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนาจากแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กไปหาผิวทั้งสองด้านโดยไม่มี การแบ่งชั้นแน่นอน

2.5 ลักษณะการนำปาร์ติเกิลบอร์ดไปใช้ประโยชน์ [9]

ลักษณะการใช้ประโยชน์ของปาร์ติเกิลบอร์ดในการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้อีกมากมายดังนี้

2.5.1 ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดการใช้งานภายในอาคาร (Interior particleboard)

เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีการผลิตเป็นส่วนใหญ่ ใช้กาวยูเรีย ฟอรัมาลดีไฮด์ เรซิน และกาวยูเรีย เมลามีนฟอรัมาลดีไฮด์ เรซิน เป็นตัวประสานใช้งานที่ ๆ มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมปานกลาง เช่น ใช้ทำเป็นฝ้าเพดาน ผนังห้อง หรือชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

2.5.2 ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดการใช้งานภายนอกอาคาร (Exterior particleboard)

เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้งานในที่ที่มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมสูง ใช้กาวยีนอลฟอรัมาลดีไฮด์ เรซิน และกาวเมลามีนฟอรัมาลดีไฮด์ เรซิน เป็นตัวประสาน เป็นต้น

2.5.3 ปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับใช้ปูรองพื้น (Particleboard floor underlayment)

ใช้สำหรับทำชั้นดาดฟ้าของบ้านเคลื่อนที่ (Mobile home decking) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเป็นแผ่นสีเหลี่ยมและจัดกระจายทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถใช้วัสดุอื่นปูพื้นได้ระดับและเรียบสม่ำเสมอ

2.5.4 ปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับเก็บเสียง (Acoustical particleboard)

เป็นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กรุผนังหรือเพดาน เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลงโดยทำการปรุรูหรือเจาะร่องเป็นแบบต่าง ๆ เช่น Acoustic board เป็นต้น

2.6 ลักษณะรูปแบบการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด [10]

ลักษณะรูปแบบการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจำหน่ายในประเทศไทยมี 2 รูปแบบคือ

2.6.1 ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเปลือย (Sanding board) คือ ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตออกมาจากเครื่องจักรและผ่านการขัดผิวเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจะนำไปปิดผิวด้วยวัสดุปิดผิวต่าง ๆ

2.6.2 ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเคลือบหรือปิดผิว (Pre - finished board) คือ ปาร์ติเกิลบอร์ดเปลือยที่ผ่านการปิดผิวหน้าด้วยวัสดุต่าง ๆ เช่น

2.6.2.1 การปิดทับด้วยแผ่นไม้บาง (wood veneering) โดยแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแผ่นเปลือยที่จะปิดทับด้วยแผ่นไม้บางควรมีความหนาไม่เกิน 22 มิลลิเมตร ปิดทับทั้งด้านหน้าและด้านหลัง การปิดใช้กาวยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ เรซิน หรือกาวพอลิไวนิลอะซีเตต

2.6.2.2 การปิดทับด้วยแผ่นกระดาษ และแผ่นพีวีซี (PVC laminated) โดยแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่จะปิดทับด้วยแผ่นกระดาษที่มีลวดลาย หรือแผ่นพีวีซีควรมีขนาดความหนา

ไม่เกิน 22 มิลลิเมตร สำหรับกระดาษที่ปิดทับจะใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ หรือกาวโคพอลิเมอร์ คิสเพอร์ซัน (copolymer dispersion)

2.6.2.3 การปิดทับผิวหน้าด้วยแผ่นวัสดุระบายความร้อน (heat transfer foil) หรือปิดทับด้วยวัสดุกันความร้อน ซึ่งนำมาปิดทับบนแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดโดยวิธีแห้งแบบธรรมดา

2.6.2.4 การปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกบาง (plastic laminate veneer) ซึ่งเป็น การปิดทับที่มีการนิยมทำมาก

2.6.2.5 การปิดทับด้วยเมลามีน (melamine) ทำโดยนำเอาแผ่นวัสดุที่เคลือบเมลามีนมาปิดทับบนผิวแผ่นไม้

2.7 วัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด [9]

วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด คือ ไม้หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้ เส้นใย นอกเหนือจากวัสดุดังกล่าวแล้วยังมีส่วนที่สำคัญอีกคือ กาว และสารเติมแต่ง ซึ่งเป็นปัจจัย สำคัญที่ทำให้คุณภาพในกระบวนการผลิตมีคุณภาพดียิ่งขึ้น

2.7.1 ไม้ (Wood)

ไม้เป็นวัสดุที่ใช้กันโดยทั่ว ๆ ไปในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งสามารถแบ่ง ออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 5 กลุ่มดังนี้

2.7.1.1 ผลผลิตจากป่าไม้ที่ยังไม่ได้แปรรูป (Unprocessed forestry product) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จากการตัดสายขยายระยะ (thinning) และมีขนาดของกิ่งก้านที่หนาหรือใหญ่ (thick branches)

2.7.1.2 เศษไม้ขนาดใหญ่ที่เหลือจากอุตสาหกรรม (Coarse industrial residues) เช่น ปีกไม้ (slabs) ขอบไม้ (edgings) เศษไม้ที่ตัดทิ้งจากโรงเลื่อย (off cuts from sawmills) ไม้ที่ เหลือจากการลอก (peeler cores) และส่วนเสี้ยวที่ถูกคัดทิ้งออกจากการผลิตไม้บาง (rejects from Veneer manufacture)

2.7.1.3 เศษเหลือขนาดเล็กจากอุตสาหกรรม (fine industrial residues) โดยเฉพาะขี้กบ (planer mill shaving) และขี้เลื่อย (sawdust)

2.7.1.4 ขี้ปไม้หรือขี้ไม้สับ (wood chips) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดขี้ไม้

2.7.1.5 เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้หรือเศษไม้ระแนงและส่วนอื่น ๆ ที่ถูก ตัดทิ้งจากเศษอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมไม้

2.7.2 วัสดุเหลือใช้ที่ให้เส้นใย (Other lignocellulosic materials)

นอกจากไม้แล้วยังมีการใช้วัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใยอื่นซึ่งถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ได้แก่ ชานอ้อย ฟางข้าว เปลือกถั่ว ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพด ชังข้าวโพด เป็นต้น ลักษณะการนำไปใช้งานเช่นเดียวกับไม้ แต่ต้องแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดออกให้เหลือน้อยที่สุด เช่น ฝุ่นผง ปริมาณน้ำตาล และพิต (pith) ที่เนื้อเยื่อทางเดินอาหาร (vascular tissues) ตลอดจนสารขี้ผึ้งที่เคลือบอยู่ตามผิวอันเป็นลักษณะประจำของวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมักเป็นอุปสรรคในการยึดติดกาวประเภทที่ใช้ น้ำเป็นสารละลาย

2.8 ลักษณะและคุณสมบัติของแกลบ

แกลบเป็นที่รู้จักกันมานานหลายปี เริ่มจากมนุษย์เริ่มรู้จักการบริโภคข้าว เพื่อการเจริญเติบโตของร่างกายแกลบก็คือ เปลือกข้าวนั่นเองในสมัยก่อนแกลบถือว่ายังไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก เนื่องจากความสมดุลอุดมสมบูรณ์ทางด้าน ธรรมชาติ ต้นไม้ ป่าไม้ และพลังงานธรรมชาติมีอยู่มากมาย รวมทั้งความสมดุลด้านการเพิ่มประชากร ตามโรงสีข้าวมีปัญหาในเรื่องการจัดเก็บหรือการกำจัดเปลือกข้าว ยังไม่มีคนรับซื้อโรงสีข้าวจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บกำจัดเปลือกข้าว ไม่ว่าจะนำไปเผาทิ้งเพื่อลดปริมาณแกลบ หรือขนย้ายออกไปกองนอกพื้นที่โรงสี ทำให้ส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากแกลบมากขึ้น เช่น ทำเป็นปุ๋ยหมัก ใส่ไปในคอกไก่กันความชื้น เผาอิฐ เผาถ่านไม้ เป็นต้น โรงสีข้าวก็นำไปเผาให้เกิดความร้อน นำความร้อนที่ได้ไปขับเครื่องจักรไอน้ำ เพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้าและสีข้าว ส่วนขี้เถ้าแกลบที่เหลือก็ทำเป็นส่วนผสมในการทำปุ๋ยหมัก ทำเครื่องกรองน้ำ หรือชิ้นส่วนด้านอิเล็กทรอนิกส์ หากเผาแกลบจะมีลักษณะสีขาว จะมีคุณสมบัติเป็นด่างหรือนำไปผสมทำนํ้ายาล้างจาน นํ้ายาสระผม สบู่ เป็นต้น ส่วนขี้เถ้าแกลบค่าที่ค้สังเกตุด้วยสายตาจะต้องมีสีดำสนิท

แกลบเป็นเปลือกข้าวที่ได้จากการสีข้าว มีสีตั้งแต่เหลืองจนถึงสีทอง และมีขนาดยาวประมาณ 5 – 10 มิลลิเมตร กว้าง 2.5 – 5 มิลลิเมตร ส่วนประกอบของแกลบเป็นเซลลูโลส (Cellulose) 40% เป็นลิกนิน(Lignin) 30% และขี้เถ้าแกลบ 20% ไม่เหมาะสมกับการนำมาเป็นอาหารสัตว์ คุณสมบัติทางกายภาพของแกลบดังแสดงในตารางที่ 2.4 และ 2.5

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของแกลบ [11]

สี	เหลือง / ทอง
ความยาว (mm)	5 - 10
ความกว้าง (mm)	2.5 - 5
ความแกร่ง (Moh's scale)	5.5 - 6.5
ความหนาแน่นรวม (kg/m^3)	96 - 160
มุมเอียงเวลากอง (Angle of repose)	35 °

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบของแกลบ [11]

ส่วนประกอบ	ร้อยละของส่วนประกอบโดยน้ำหนัก
Moisture	0 - 10.2
Crude protein	1.7 - 6.4
Crude fat	0.4 - 3.5
Nitrogen - free extract	25.0 - 37.8
Crude fiber	31.3 - 49.9
Pentosans	19.8 - 26.0
Cellulose	34.2 - 42.2
Lignin	19.2 - 32.9
Ash	14.5 - 29.0

เมื่อนำแกลบมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะเห็นพื้นผิวของแกลบ มีรูปร่างคล้ายข้าวโพด มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็กเรียงกันเป็นแนวและโครงสร้างภายในมีความพรุนมาก เพื่อใช้เป็นทางลำเลียงน้ำและอาหาร โครงสร้างนี้เกิดจากส่วนสำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์จำพวกเซลลูโลส ลิกนิน และส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งมีซิลิกา (SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลัก หากนำสมบัติเด่นของแกลบมาใช้ เช่น ความพรุนของแกลบ หรือซิลิกาในแกลบที่มีขนาดเล็กจึัวระดับนาโนเมตร (เท่ากับหนึ่งในสิบล้านส่วนของมิลลิเมตร) เป็นต้น ก็จะเกิดประโยชน์อย่างประเมินค่ามิได้ เช่น การนำซิลิกาและสารอินทรีย์มาใช้ประโยชน์โดยตรงของโรงสีข้าวคือการเผาแกลบ เพื่อใช้พลังงานจากสารอินทรีย์และขายเถ้าแกลบให้กับอุตสาหกรรมอื่น ที่ไม่ต้องการซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์มากนัก แต่ถ้าควบคุมการเผาให้เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นซิลิกาที่มีความ

บริสุทธิ์สูงและมีความละเอียดมาก สามารถใช้ในงานที่ทำให้มูลค่าเพิ่มสูงชันมาก เช่น ใช้เป็นองค์ประกอบยาตีฟัน เครื่องสำอาง สีทาบ้าน และโทนเนอร์สำหรับเครื่องพิมพ์ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถนำแคลสและเถ้าแคลสมาแปรรูปเป็นสารประกอบซิลิกอนอื่นๆ เช่น ซิลิกอน (Si) ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ซิลิกอนไนไตรด์ (Si₃N₄) ซิลิโคน เป็นต้น ซิลิกอนเป็นวัสดุที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้เป็นแผ่นรองแผงวงจรรวม ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น ซิลิกอนคาร์ไบด์/ซิลิกอนไนไตรด์ เป็นสารประกอบที่มีความแข็งแรงเกือบเทียบเท่าเพชร ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตซิลิโคนและสารประกอบซิลิกอนอื่นๆ เป็นสารที่อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีมีความต้องการใช้เป็นอย่างมาก

2.9 ลักษณะและคุณสมบัติของฟางข้าว

ส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าวประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน 0.94% ฟอสฟอรัส 0.20% โพแทสเซียม 1.70% ฟางข้าวเป็นผลพลอยได้จากการปลูกข้าว มีมากหลังฤดูเก็บเกี่ยวข้าว เป็นแหล่งอาหารหายสำหรับโค กระบือ มีคุณค่าทางอาหารต่ำ มีโปรตีน เส้นใยและค่าโภชนะย่อยได้ทั้งหมดทั้งหมดประมาณ 2.76% , 36.17% และ 45% ของวัตถุแห้งตามลำดับ อัตราการย่อยต่ำ ทำให้ฟางอยู่ในกระเพาะนาน สัตว์จึงได้รับโภชนะต่างๆ น้อย การปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าว เพื่อให้สัตว์ได้รับประโยชน์เพิ่มขึ้น ได้แก่ การทำฟางหมักยูเรียและฟางปรุงแต่งสด โดยใช้สารละลายยูเรีย - กากน้ำตาล ราดฟางให้ทั่ว

ตารางที่ 2.6 ส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าว

ส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าว	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)
Lignin	10.77
Pentosan	21.84
Alphacellulose	48.25
Holocellulose	74.80
Moisture	12.25
Ash	11.66
1% NaOH Solubility (Dry basis)	0.66
Hot Water Solubility (Dry basis)	6.72

2.10 ลักษณะและคุณสมบัติของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน

กาวสังเคราะห์เป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญมากต่อการผลิตอุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบ โดยเฉพาะกรรมวิธีแบบแห้ง (dry process) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) กาวธรรมชาติ ได้แก่ กาวหนังสัตว์และกระดูกสัตว์ กาวพืชหรือกาวแป้ง เป็นต้น 2) กาวสังเคราะห์ ได้แก่ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ กาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นต้น วัตถุดิบที่ใช้ผลิตกาวสังเคราะห์ ได้แก่ ฟอร์มาลดีไฮด์ ยูเรียและฟีนอล แหล่งของวัตถุดิบหลักเหล่านี้ได้มาจากแก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน และน้ำมันดิบ ยูเรียและฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากแก๊สธรรมชาติ ส่วนฟีนอลสังเคราะห์มาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีหรือจากอุตสาหกรรมถ่านหิน กาวสังเคราะห์ที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด มีอยู่ 3 ชนิดคือ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งใช้กันมากที่สุด รองลงมาคือ กาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน [12]

ชนิดของสารยึดติด	สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารยึดติด
กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์	<ul style="list-style-type: none"> - ชนิดเหลว มีสีขาว - มีค่าความหนืดกาวที่อุณหภูมิ 30°C 150-250 เซนติพอยส์ - ค่า pH ของกาวคือ 7.8-8.5 - ปริมาณเนื้อกาว (solid content) ความเข้มข้นของกาว 68.01 ± 1 - ปริมาตรจำเพาะของกาว (specific gravity) ที่อุณหภูมิ 30°C 1.270 - 1.290 - อายุการเก็บกาว (storage life) ที่อุณหภูมิ 30°C เก็บได้ 3 สัปดาห์

กาวยูเรียเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างก๊าซ 2 ชนิด คือ ก๊าซแอมโมเนียกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารใหม่ที่ได้รับเมื่อทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์ จะเกิดการรวมตัวทางเคมี (condensation กับ polymerization) กลายเป็นกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งสารนี้จะเกิดแข็งตัวในสภาพที่เป็นกรดและโดยการใช้ความร้อน สารที่ใช้เป็นตัวเร่งให้กาวแข็งตัวเร็ว เป็นพวกเกลือของแอมโมเนียมชนิดต่างๆ ซึ่งเกลือดังกล่าวจะทำปฏิกิริยาอย่างช้าๆ กับสารพวกฟอร์มาลดีไฮด์ และจะปลดปล่อยโมเลกุลของกรดชนิดต่าง ๆ หรือกรดอ่อนๆ เช่น กรดฟอร์มิกและแอสिटิก ออกมาเป็นผลพลอยได้ และคุณสมบัติของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน ดังแสดงในตารางที่ 2.6

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาการพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุต่าง ๆ

Viswanathan and Gothandapani [12] ศึกษาถึงสมบัติทางกลของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากกาวมะพร้าว โดยมีขนาดความยาว 0.45, 0.80, 1.2 และ 2.1 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณความชื้น 10 – 15% ทำการแยกที่มีเส้นใยและไม่มีเส้นใยโดยใช้สารยัดติดชนิด ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซินและฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน ที่ 20.4% และ 16.7% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าแผ่นที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน จะมีคุณสมบัติทางกลดีกว่าแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน และแผ่นที่ใช้ขนาดของเส้นใย 2.1 มิลลิเมตรจะมีคุณสมบัติทางกลที่สูงกว่า

คุณสมบัติ	ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์
	20.4%	16.7%
ความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว , MPa	3.6 – 10.4	7.4 – 15.5
แรงยึดเหนี่ยวตะปูเกลียวด้านหน้าและด้านข้าง , N	163 – 453	193 – 543
ความแข็งแรงทนการกระแทก , N	2.3 – 8.7	3.3 – 10.3
ความแข็งแรง , N	3.7	6.7

Charoenvai S. [13] ทำการศึกษาถึงการพัฒนาด้านแบบแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนและมะพร้าว ที่ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ โดยใช้เปลือกทุเรียนและใยมะพร้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด โดยทำการศึกษาปัจจัย 2 ประการได้แก่ กาวคือยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 12% ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 6% และไฮโซไซยานต 3% จากการทดลองพบว่า ชนิดของกาวไม่มีผลแตกต่างกันมากนักต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด แต่ความหนาแน่นส่งผลอย่างมากต่อสมบัติของแผ่น เมื่อความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น สมบัติเชิงกลก็เพิ่มขึ้น เช่น ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและความต้านทานมอดูลัสยึดหยุ่นสูงขึ้น แต่ไม่มากนัก แต่ถ้าค่าความหนาแน่นของการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และความหนาแน่นสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนก็จะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน .

ประยูร สุรินทร์, [14] ศึกษากระบวนการผลิตและสมบัติแผ่นฉนวนความร้อนจากชานอ้อย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะและปริมาณกาวที่เหมาะสม และสมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล โดยใช้เส้นใยจากชานอ้อยที่ผ่านการเตรียมมาแล้วผสมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เกรด EU – 617 แล้วนำไปอัดขึ้นรูปโดยกระบวนการอัดด้วยความร้อนพบว่า ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C - 177 ของแผ่นฉนวนความร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0724–0.0925 W/m.K ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและปริมาณกาวที่ใช้ ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาแน่นและปริมาณกาวเพิ่มขึ้น แผ่นฉนวนความร้อนที่ผลิตได้ใช้ปริมาณกาว 25% และ 33% มีความหนาแน่นระหว่าง 600 - 700 kg/m³

สามารถใช้เป็นฉนวนความร้อนที่ดีและยังใช้เป็นแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966 – 2533

Suttisonk B. [15] ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทผลไม้เพื่อทำเป็นวัสดุก่อสร้าง โดยใช้เปลือกมะพร้าวและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมเพิ่ม สามารถลดค่าการนำความร้อนและน้ำหนักของวัสดุ การทดสอบชิ้นงานมี 3 ลักษณะคือ ค่าการนำความร้อน ค่าแรงอัด และความหนาแน่น ในการทดลองได้แช่เส้นใยลงในน้ำและสารละลายโซเดียมคาบอเนตเข้มข้นร้อยละ 10 ก่อนนำไปผสมวัสดุก่อสร้าง ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยทุเรียนในส่วนผสมสามารถลดค่าการนำความร้อน ความยาวที่เหมาะสมคือ 2 มิลลิเมตร อัตราส่วนผสมคือ ปริมาณเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 20 ของปริมาณซีเมนต์ (โดยน้ำหนัก) จากการทดสอบพบว่ามีค่าการนำความร้อน 0.2543 W/m.K ค่าแรงอัด 24.52 kg/cm² (ระยะเวลาการบ่มในอากาศ 1 วันและในน้ำ 9 วัน) และค่าความหนาแน่น 958.8 kg/cm³ สำหรับปริมาณใยทุเรียนร้อยละ 10 ของปริมาณซีเมนต์ (โดยน้ำหนัก) จะให้ค่าการนำความร้อน 0.3506 W/m.K ค่าแรงอัด 33.6 kg/cm² (ระยะเวลาการบ่มในอากาศ 1 วัน ในน้ำ 9 วันบ่มต่อในอากาศอีก 12 วัน) และค่าความหนาแน่น 958.8 kg/cm³ จากการทดลองสามารถลดค่าการนำความร้อน และนำไปประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างอาคาร เช่น ผนังอาคารและหลังคาได้ รวมทั้งเป็นทางเลือกในการกำจัดเปลือกผลไม้จากอุตสาหกรรมและช่วยประหยัดการใช้พลังงานในอาคาร

Sampathrajan Vijayaraghavan and Swaminathan [16] ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลและเชิงความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทำมาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยนำวัสดุ 5 ชนิด ประกอบด้วย เปลือกข้าวโพด ชังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง กะลามะพร้าว และฟางข้าว ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 6% (โดยน้ำหนัก) เป็นสารยึดติดมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดความหนาแน่นต่ำ จากการทดสอบพบว่า แผ่นที่ทำด้วยชังข้าวโพด มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่สูงกว่าแผ่นที่ทำจากฟางข้าว ชังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสงจะมีค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวที่สูงกว่าแผ่นอื่น ๆ ส่วนค่าความแข็งแรงทนการกระแทก และค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน และแผ่นที่ทำจากชังข้าวโพดจะมีค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) สูงกว่าแผ่นจากฟางข้าว ส่วนแผ่นที่ทำจากเปลือกถั่วลิสง และชังข้าวโพดจะมีค่าความต้านทานการฉีก มากกว่าแผ่นอื่น ๆ ส่วนการทดสอบค่าการนำความร้อน ของแผ่นที่ทำจากฟางข้าวจะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำที่สุด และเปลือกถั่วลิสงจะมีค่าที่สูงกว่าแผ่นอื่น

Viswanathan Gotandapani and Kailappan [17] ได้ศึกษาถึงลักษณะการดูดซึมน้ำและการพองตัวของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำด้วยก้ามมะพร้าว โดยมีขนาดของแผ่นที่ใช้ในการทดลองความกว้าง 250 mm ความยาว 250 mm และความหนา 12 mm และค่าความหนาแน่น

ของแผ่น 0.9 g/cm^2 โดยใช้กาบมะพร้าวขนาด 2.1, 1.2, 0.80 และ 0.45 mm นำมาผสมรวมกัน โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นสารยึดติดชนิดเหลว โดยใช้สัดส่วนของกาวที่ 16.7% และ 20.4% ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า แผ่นที่ทำจากกาบมะพร้าวที่มีขนาดเล็ก ๆ มีค่าการดูดซึมน้ำที่สูงกว่า กาบมะพร้าวที่มีขนาดใหญ่และพบว่ากาบมะพร้าวขนาด 2.1 mm ที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 29.8% และ 74.4% ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อยคือ 25% และ 50% ส่วนแผ่นที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ใช้กาบมะพร้าวขนาด 0.45 mm หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงมีค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นเท่ากับ 126.1% และแผ่นที่มีขนาดกาบมะพร้าว 2.1 mm หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 24% ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นแผ่นที่ได้เหมาะกับการใช้งานภายนอกมากกว่า

Khristova Yossifow and Gabir [18] ได้ทำการศึกษาแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากต้นทานตะวัน โดยนำต้นทานตะวันมาตากแห้งที่ปริมาณความชื้น 7% ตัดให้ได้ขนาด 25 – 40 mm แล้วนำมาบดให้มีขนาด 40 -60 เมช แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี โดยวิธีของ TAPPI จากการเปรียบเทียบต้นทานตะวันจากแคว้นซูดาน และประเทศสเปนพบว่า ปริมาณขี้เถ้า (Ash) และลิกนิน (Lignin) ของต้นทานตะวันจากแคว้นซูดานมีปริมาณที่สูงกว่าจากประเทศสเปน จากการทดสอบพบว่าปริมาณการใช้กาวที่ 8 – 16% จะมีค่าความแข็งแรงการยึดเหนี่ยวภายใน (internal bond) และค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว เท่ากับ 0.08 – 0.12 และ 0.20 – 0.25 MPa ตามลำดับ ส่วนแผ่นที่ไม่ได้กำจัดพิท จะมีค่าการดูดซึมน้ำที่สูงกว่าแผ่นที่กำจัดพิทออก และพบว่าปริมาณกาว 12% จะมีสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลที่ดี ส่วนแผ่นชนิด 3 ชั้นที่ใช้ร่วมกับต้นทานตะวันผสมกันในอัตราส่วน 40 : 60 ใช้กาวที่ 12% ในส่วนของผิวหน้าและที่ 10% ในส่วนของไส้ พบว่าความหนาแน่นและความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวมีค่าต่ำลง ส่วนแรงยึดเหนี่ยวภายใน การดูดซึมน้ำและการพองตัวทางความหนาของแผ่นจะสูงขึ้น

Tedjwahjono [19] ศึกษาถึงกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยการนำกากอ้อยมาทำให้แห้งจนมีความชื้น 3% ของความชื้นเริ่มต้น ผ่านเครื่องกรองที่มีขนาด 14 เมช มาผสมกับกาว 35% เรซิน 19% และพาราฟินอิมัลชัน 1.9% ส่วนผสมของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน 80% สารเร่งแข็ง (hardener) 8% อัมโมเนียคลอไรด์ 2% และน้ำ 10% ต่อจากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดอัดด้วยความดัน 10 kg/cm^2 ที่อุณหภูมิ $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 นาที จะได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากอ้อยที่ต้นทุนในการผลิตต่ำ

Hsu et al. [20] ได้ศึกษาพบว่า การพองตัวทางความหนาของแผ่นเวเฟอร์บอร์ดด้วยกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน จะลดลงอย่างมากด้วยการใช้แทนอัดที่อุณหภูมิสูง $240 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ในช่วง

ระยะเวลาสั้น ๆ การติดกินตัวของแผ่นหลังจากทำการทดสอบบ่มสถานะขึ้นตัวอย่างตามมาตรฐาน 6 รอบ ก็พบว่ามีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดและในปีเดียวกัน Hsu et al. [28] ได้ชี้ให้เห็นว่าการพองตัวของความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจะลดลงอย่างมากโดยการอบไอน้ำกับชื้นไม้ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการบีบอัดของไม้ได้อีกด้วย เช่น การพองตัวของความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตด้วยกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมงจะลดลงจาก 25.4% เหลือ 6.4% ด้วยการอบไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที ผลที่ได้ยังพบว่า ความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวของแผ่นปาร์ติเกิลยังไม่ถูกทำให้เสียเมื่อใช้ระยะเวลาการอบไอน้ำสั้น ๆ

Kajata and Imamura [21] ได้ศึกษาแล้วรายงานไว้ว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดด้วยกาวยีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เข้าไป 10% จะยังคงรักษาความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวไว้ถึง 80% ของความแข็งแรงเดิมหลังจากต้มด้วยน้ำเดือด 2 ชั่วโมง ขณะที่แผ่นที่ไม่ได้อัดเรซินยังคงรักษาความแข็งแรงไว้เพียง 50 – 60% เท่านั้น และแผ่นที่อัดกาวยีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 20% แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวภายในได้ถึง 2 เท่ามากกว่าแผ่นที่ไม่ได้อัด นอกจากนี้ผลที่ได้เมื่อนำไปทดสอบบ่มสถานะเพื่อการทำลายของจุลินทรีย์ต่างๆ พบว่าการอัดเรซินเข้าไปเป็นการเพิ่มความต้านทานการทำลายของเชื้อราและปลวกด้วย

Fan et al. [22] ศึกษาผลกระทบทำให้รูปร่างของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้ซีเมนต์เป็นตัวยึดประสาน โดยพิจารณาน้ำหนัก ความยาว และความหนาที่เปลี่ยนแปลง ทำการทดสอบผลจากสภาวะเปียกและสภาวะแห้ง และเปรียบเทียบสภาพอากาศปกติกับสภาพอากาศที่ไม่มี CO₂ ผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเกิดจากปัจจัย 3 อย่างรวมกันคือ ปฏิกริยาจากความชื้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจะเกิดการดูดซับทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดพองตัว และถ้าความชื้นสัมพัทธ์ลดลงจะเกิดการคายซับทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดหดตัว และปฏิกริยาคาร์บอนเนชั่นของปูนซีเมนต์เกิดจากแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตทำปฏิกริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดหดตัว เนื่องจากความเค้นในซีเมนต์เพิ่มขึ้นส่งแรงอัดไปที่ชิ้นไม้ปริมาณของชื้นไม้จึงลดลง และปฏิกริยานี้ทำให้เกิดรอยแยก ความชื้นจึงเข้าไปทำปฏิกริยาได้มากขึ้น และการเปลี่ยนแปลงสภาพของชื้นไม้เนื่องจากสารละลาย Ca (OH)₂ มีความเป็นด่างสูง สามารถละลายส่วนประกอบของชื้นไม้ เช่น เฮมิเซลลูโลส ออกมาทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีน้ำหนักลดลงและมีขนาดเปลี่ยนแปลงไป

Yahya and Abdul-Kader [23] ทำการศึกษาสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทำจากไม้ Kelempayan (*Anthocephalus Chinensis*) ที่ไม่ได้ใช้แล้ว โดยใช้กาวยูเรียไซยาเนต (Isocyanate) และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน (Melamine urea formaldehyde) ที่ปริมาณเนื้อกาวยูเรีย 3% และ 7% ตามลำดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ การนำไม้ Kelempayan ที่ไม่ใช้

แล้ว มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล และทำการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 ผลการทดสอบ พบว่า ค่าความหนาแน่นของไม้ Kelempayan มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.36 g/cm^3 ที่ปริมาณความชื้น 10% โดยใช้กาวไอโซไซยานาต และกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด มีผลกระทบเล็กน้อยต่อค่าความหนาแน่น พบว่าขึ้นอยู่กับกระบวนการกระจายตัวของเกล็ดไม้ที่ไม่สม่ำเสมอในขณะที่ทำการโรยแผ่นเตรียมอัดขึ้นรูป ผลการทดสอบพบว่า เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ความคงขนาดของแผ่นก็สูงขึ้นด้วย โดยรวมแล้วแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้สารยึดติดไอโซไซยานาตจะมีคุณสมบัติดีกว่าแผ่นที่ใช้สารยึดติดกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน ยกเว้นค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ สารยึดติดกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน จะมีความเสถียรกว่าแผ่นที่ใช้กาวไอโซไซยานาต เรซิน

ประมวล คีประดวง และคณะ [24] ทำการศึกษา การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดความหนาแน่นปานกลางจากขุยมะพร้าวทำเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อน โดยใช้กาวสังเคราะห์เป็นสารยึดติด โดยกรรมวิธีการอัดร้อนโดยใช้อุณหภูมิประมาณ $130 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ความดันในการอัด $20\text{-}25 \text{ kg/cm}^2$ เวลาในการอัด 8 นาทีต่อแผ่น มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 371 kg/cm^3 จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนของกาวต่อน้ำหนักของขุยมะพร้าว (โดยน้ำหนัก) ทำให้สมบัติที่ดีที่สุดกว่า 12% ทำการอัดในแนวราบเป็นแบบ 3 ชั้น (3 layer) โดยชั้นกลางจะใช้เส้นใยซึ่งมีขนาดโตกว่า 5 mm ส่วนผิวด้านบนทั้ง 2 ด้านจะใช้ขุยมะพร้าวขนาด 1-5 mm โดยใช้อัตราส่วนเส้นใยต่อขุยมะพร้าวเท่ากับ 1 : 1 จากการทดสอบพบค่าการนำความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.0829 W/m.K หรือเท่ากับ 42.93% ค่าความชื้นเฉลี่ยประมาณ 11-13% โดยน้ำหนักและอัตราการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมงเท่ากับ 5.9% โดยปริมาณ

วาทิ ทองสัมฤทธิ์ และคณะ [25] ได้ศึกษาระดับปริมาณเนื้อกาวที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นเส้นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา โดยทำการทดลองเป็นแผ่นใยไม้อัดขึ้นเดียวผลิตโดยกรรมวิธีแห้ง มีลักษณะเป็นแบบ Smooth 2 side มีขนาดของแผ่น $350 \times 350 \times 10 \text{ mm}$ มีความหนาแน่น $750\text{-}800 \text{ kg/m}^3$ อุณหภูมิอัดร้อน $150\text{-}160 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เวลาในการอัด 5 นาที และใช้ความดัน 150 kg/cm^2 ใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และสารพาราฟินเหลว 1% โดยใช้อัตราส่วนของเนื้อกาวแห้งต่อเชื้อแห้งในอัตราส่วน 47% 52% 57% และ 62% ตามลำดับและความชื้นก่อนผสมและหลังผสมกาว 5% และ 15% ตามลำดับ จากการทดสอบระดับปริมาณกาวที่อัตราส่วนดังกล่าวมา แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่าปริมาณเนื้อกาวที่ 47% เป็นแผ่นทดลองที่ดีที่สุดคือมีค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว และมอดูลัสยืดหยุ่นสูง และมีค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption) น้อย ส่วนการขยายตัวทางความหนา (thickness swelling) ต่ำกว่าระดับปริมาณของเนื้อกาว

กิตติศักดิ์ บัวศรี, [26] ทำการศึกษากระบวนการผลิตและสมบัติของแผ่นฉนวนความร้อนที่ใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบ และใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เกรด EU-617 ทำหน้าที่เป็นสารยึดติด การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนใช้วิธีอัดร้อน โดยแผ่นที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบชั้นเดียวมีขนาดความกว้าง 350 mm ความยาว 350 mm และความหนา 9 mm จากการศึกษาพบว่าสภาพที่เหมาะสมในการผลิตคืออุณหภูมิอัดร้อนที่ 150 - 160 °C และความดันที่ใช้ในการอัด 105 kg/cm² เวลาในการอัด 4 นาที แผ่นฉนวนความร้อนมีความหนาแน่น 400 - 800 kg/m³ ปริมาณกาว 4%, 8%, 12%, 16% และ 20% โดยน้ำหนักของซินปาร์ติเกิลแห้ง ทำการศึกษาสมบัติเชิงความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C 177 สมบัติกายภาพและสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 876-2532 และ ASTM D 256 ผลการทดสอบพบว่าแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าวเป็นฉนวนความร้อนที่ดีและ ค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง 0.0564 - 0.0957 W/m.K โดยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและปริมาณกาวสังเคราะห์ ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มลดลงเมื่อความหนาแน่นและปริมาณกาวสังเคราะห์ลดลง นอกจากนี้ผลการทดสอบปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านทานแรงกระแทก มอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า แสดงให้เห็นว่าแผ่นฉนวนความร้อนที่ผลิตโดยใช้ปริมาณกาวสังเคราะห์ 12% และ 16% ที่ความหนาแน่นระหว่าง 600-700 kg/m³ เป็นฉนวนความร้อนที่ดีและสามารถใช้เป็นแผ่นฉนวนไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 876-2532

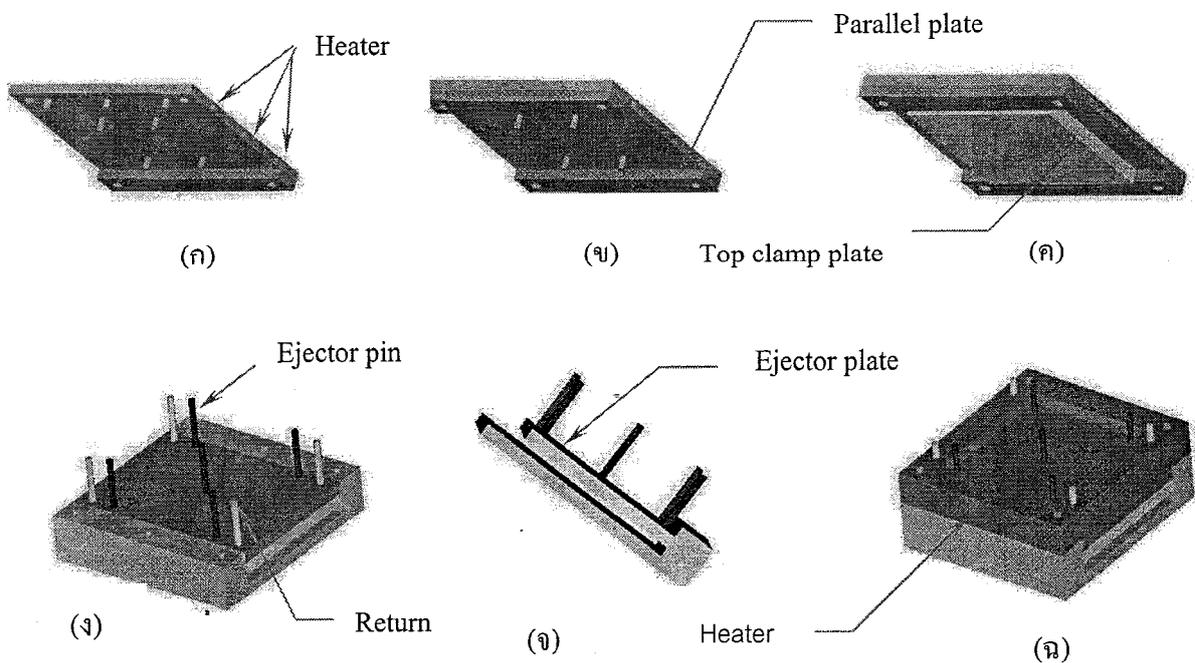
บทที่ 3

วิธีการศึกษาและการทดสอบ

3.1 การออกแบบแม่พิมพ์และการติดตั้งอุปกรณ์

3.1.1 การออกแบบชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

การออกแบบแม่พิมพ์จะต้องคำนึงถึงโครงสร้างที่แข็งแรงพอสำหรับป้องกันการโก่งตัว และไม่ทำให้ระบบการปลดชิ้นงานบดงอได้ แม่พิมพ์ทำจากเหล็กที่มีความหนาจะช่วยในด้านความแข็งแรง ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ ความสม่ำเสมอในการถ่ายโอนความร้อน ผิวโพรงแม่พิมพ์ (Cavity) ควรมีความแข็งและความลื่น เพื่อป้องกันการกัดกร่อนที่อาจเกิดจากการไหลของพลาสติกภายใต้แรงดันสูง ในการออกแบบแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดนี้ใช้ขนาดกว้าง 350 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร และหนา 42 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3.1 แสดงการออกแบบชุดแม่พิมพ์

(ค) ชุดแม่พิมพ์เคลื่อนที่ (Top plate)

(จ) แผ่นปลดชิ้นงาน (Ejector plate)

(ก) , (ข) การยึดแผ่น Parallel plate

(ง) ระบบปลดชิ้นงาน (Ejector System)

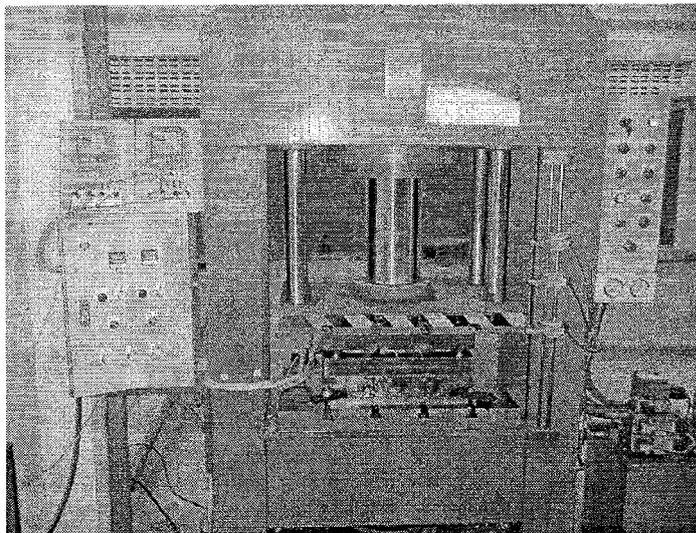
(ฉ) ชุดแม่พิมพ์อยู่กับที่ (Bottom plate)

สำหรับการออกแบบการอัดขึ้นรูปของฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ ที่ผ่านการพ่นกาวแล้วนั้น ใช้อุณหภูมิช่วง 150-160 องศาเซลเซียส เนื่องจากความดันและความชื้นเป็นตัวแปรที่สำคัญ โดยลิกนินจะถูกกระตุ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 160 องศาเซลเซียสและเป็นตัวเชื่อมแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเข้าด้วยกันและความชื้นช่วยเร่งการกระตุ้นลิกนิน [28] ได้มีการจัดสร้างชุดแม่พิมพ์ประกอบ ดังแสดงในภาพที่ 3.1

3.1.2 การประกอบและติดตั้งแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

โครงสร้างของแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดประกอบด้วยแผ่นยึดแม่พิมพ์ด้านอยู่กับที่โดยยึดติดกับแท่นของเครื่อง ส่วนแผ่นแม่พิมพ์ด้านเคลื่อนที่จะยึดติดกับแผ่นกดของเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ การเคลื่อนขึ้นและลงของแม่พิมพ์บังคับโดยสลักนำเคลื่อนที่ขยับแข็ง [29] ระบบการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ใช้สลักปลด ส่งกำลังจาก Cushion ของเครื่องไฮดรอลิกส์ อุปกรณ์จับยึดแม่พิมพ์ สำหรับการออกแบบของแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป กำหนดตามรูปแบบเครื่องอัดไฮดรอลิกส์รุ่น TMC ขนาด 100 ตัน ที่แท่นเครื่องที่เคลื่อนที่ และด้านอยู่กับที่จะมีสลักยึดในการใช้อุปกรณ์จับยึดให้ตรงกลางกระบอสูบไฮดรอลิกส์ของเครื่อง โดยมีรายละเอียด ดังภาพที่ 3.2 ดังนี้

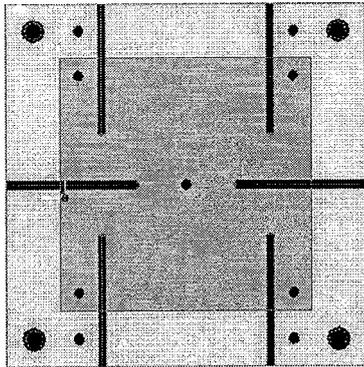
- 3.1.2.1 เครื่องอัดขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกส์และระบบหล่อลื่นอัตโนมัติ
- 3.1.2.2 สามารถทำงานได้ทั้งแบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ
- 3.1.2.3 มีกำลังอัดของเครื่องขนาด 100 ตัน
- 3.1.2.4 ระยะการเคลื่อนที่ของเครื่องสูงสุด 500 มิลลิเมตร
- 3.1.2.5 แรงดันของระยะสำรอง (Cushion) เท่ากับ 3.5 ตัน
- 3.1.2.6 ระยะการขึ้น-ลงของชุดคั่นชิ้นงาน (Cushion) เท่ากับ 200 มิลลิเมตร
- 3.1.2.7 พื้นที่จับยึดมีความกว้าง 600 มิลลิเมตรและความยาว 800 มิลลิเมตร
- 3.1.2.8 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่อง 15 มิลลิเมตรต่อวินาที
- 3.1.2.9 ความเร็วในการอัดของเครื่อง 3 มิลลิเมตรต่อวินาที
- 3.1.2.10 มอเตอร์สำหรับปั๊มระบบไฮดรอลิกส์ 55 กำลังแรง
- 3.1.2.11 แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220/230 โวลต์และความถี่ 50 เฮิรท์



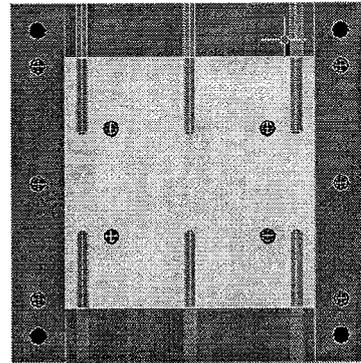
ภาพที่ 3.2 แสดงเครื่องอัดไฮดรอลิกสักรุ่น TMC ขนาด 100 ตัน

3.2 การออกแบบและโครงสร้างของอุปกรณ์ในการขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นฝ้าเพดานจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ ใช้เหล็ก St 42C ขนาดกว้าง 500 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตรและหนา 250 มิลลิเมตร ขนาดแผ่นทดลองอัดกว้าง 350 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตรและหนา 9 มิลลิเมตร ใช้กรรมวิธีในการขึ้นรูปแบบแห้ง (Dry processed) เป็นกรรมวิธีที่ใช้อากาศหรือลมเป็นตัวพาเส้นใยให้ประสานกันเป็นแผ่น ใช้แท่งฮีสเตอร์ ยี่ห้อ Cartridge Heater รุ่น HT ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ยาว 120 มิลลิเมตร กำลังงาน 96 วัตต์ ในการออกแบบแม่พิมพ์ที่มีขนาดความหนาของแผ่นใช้แท่งให้ความร้อน 12 แท่ง ติดตั้งที่แผ่นแม่พิมพ์เคลื่อนที่ 6 แท่งและแผ่นแม่พิมพ์อยู่กับที่ 6 แท่ง ฮีสเตอร์แต่ละแท่งใช้กระแสไฟแท่งละ 4.2 แอมแปร์ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบ ความร้อนไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากแผ่น Cavity จะสัมผัสกับแท่งฮีสเตอร์โดยตรงทำให้ความร้อนเกิดขึ้นสูงกับชิ้นงานทดสอบ การถ่ายเทความร้อนให้กับแผ่นเหล็กที่ใช้ในการอัดแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดและตำแหน่งพื้นที่การติดตั้งไม่เท่ากัน ทำให้ร้อนเป็นบางจุดที่อยู่ใกล้กับแท่งฮีสเตอร์ แก้ไขโดยการเปลี่ยนตำแหน่งแท่งฮีสเตอร์ให้มีพื้นที่ในการถ่ายเทที่เท่ากัน และใช้แผ่นเหล็กเสริม Cavity ขนาดความหนา 8 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.3 ส่วนภาพที่ 3.4 แสดงตำแหน่งของการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล



(ก)

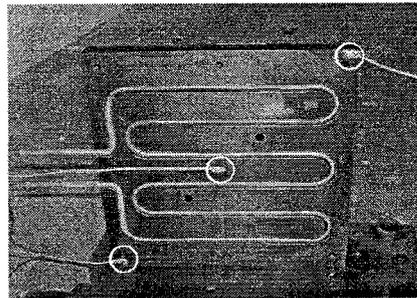


(ข)

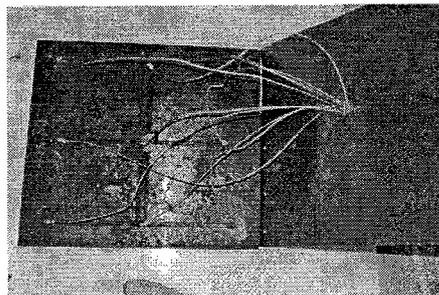
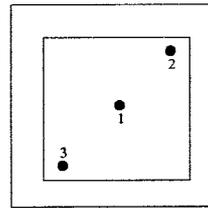
ภาพที่ 3.3 ตำแหน่งของการติดตั้งแท่งให้ความร้อน

(ก) ตำแหน่งการติดตั้งแท่งให้ความร้อนแม่พิมพ์แผ่นอยู่กับที่ (Bottom plate)

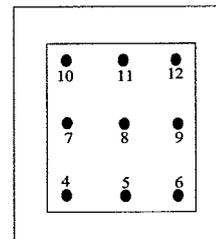
(ข) ตำแหน่งการติดตั้งแท่งให้ความร้อนแม่พิมพ์แผ่นเคลื่อนที่ (Top plate)



(ก)



(ข)



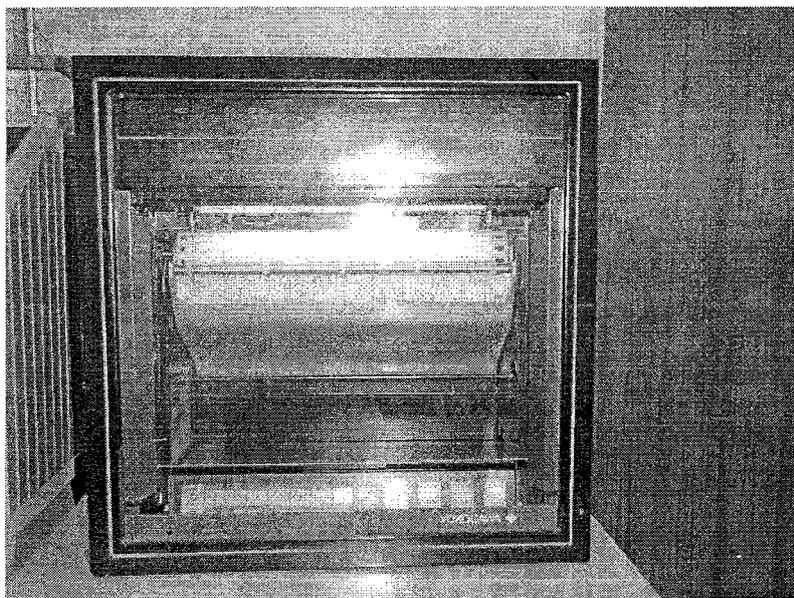
ภาพที่ 3.4 แสดงตำแหน่งของการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

(ก) ตำแหน่งการติดตั้งเข้ากับแม่พิมพ์แผ่นอยู่กับที่ (Bottom plate)

(ข) ตำแหน่งการติดตั้งเข้ากับแม่พิมพ์แผ่นเคลื่อนที่ (Top plate)

3.3 อุปกรณ์ให้ความร้อนชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

วงจรที่ใช้ในการควบคุมความร้อนของแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าไหลในลวดโลหะทั้งสอง อันเนื่องมาจากการเชื่อมปลายทั้งสองของสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค (Thermocouple type K) ปริมาณของแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่สัมผัส เป็นเทอร์โมคัปเปิลที่มีโลหะ A ทำจากนิกเกิล 90%+ ส่วนผสมระหว่างอะลูมิเนียมแมงกานีส และซิลิกอน หรือเรียกว่า Alumel โลหะ B ทำจาก นิกเกิล 90%+ โครเมียม 10% เรียกว่า Chromel สามารถใช้งานช่วงอุณหภูมิระหว่าง $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1370\text{ }^{\circ}\text{C}$ เหมาะกับสถานะใช้งานที่เป็น Oxidizing หรือ Inert ได้ดี และสามารถใช้งานที่ต้องรับการแผ่รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อน เทอร์โมคัปเปิลแบบนี้เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ ใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูลและวัดอุณหภูมิ (Temperature Recorder) ยี่ห้อ Honeywell รุ่น DPR 3000 แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ดังในภาพที่ 3.5 เพื่อแสดงค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะที่ฮีตเตอร์ทำงาน



ภาพที่ 3.5 เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ

3.4 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

ในการควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์อัดใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control) ยี่ห้อ Digicon รุ่น DG-8 K 0-399 °C ลักษณะดังภาพที่ 3.6 ควบคุมอุณหภูมิโดยต่อร่วมกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature recorder) เพื่อควบคุมชุดรีเลย์ (Relay) ในการจ่ายกระแสไฟให้กับแท่งให้ความร้อน (Heater) การทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ ทำงานโดยการสร้างสนามแม่เหล็กของขดลวดทำให้เกิดแรงดึงดูดของหน้าสัมผัส (Contac) ยึดติดกัน เมื่อรับกระแสจากสายเทอร์โมคัลเปิดของขดลวดเพื่อจ่ายกระแสให้ชุดรีเลย์ ขดลวดพันอยู่รอบ ๆ แกนทำให้เกิดสนามแม่เหล็กกรณีมีกระแสไหลผ่านขดลวดจะทำให้เกิดแรงดึงดูดทำให้หน้าสัมผัส (Contact) ยึดติดกัน ทำให้กระแสไฟ 220 โวลต์ จ่ายให้กับแท่งให้ความร้อนในแต่ละแท่ง และอุณหภูมิที่แม่พิมพ์ เครื่องแปลงกระแสไฟ (Power Supply 24 V 3 Amp.) ยี่ห้อ TKT รุ่น GE 502 ดังภาพที่ 3.7 เป็นแหล่งจ่ายไฟป้อนกระแสให้กับชุดรีเลย์ (Relay) และชุดควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.6 ชุดควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Digicon รุ่น DG-8

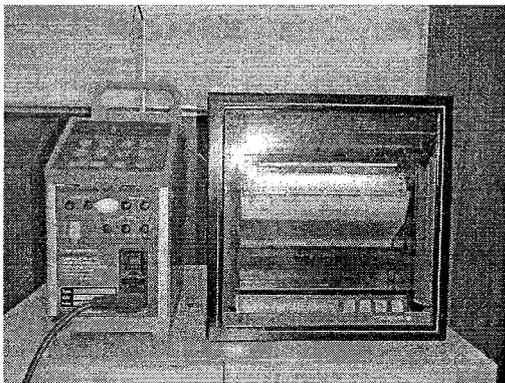
3.5 การสอบเทียบอุณหภูมิชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

อุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิมีขั้นตอนในการทดสอบเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสายเทอร์โมคัปเปิล ที่นำมาใช้กับแม่พิมพ์เทียบกับอุณหภูมิของเครื่อง JOFRA รุ่น 250 SE โดยใช้ชุดสอบเทียบอุณหภูมิ (Temperature Calibration) ยี่ห้อ JOFRA รุ่น 250 SE ใช้คู่ร่วมกับเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (Portable Multi-Thermometer) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น 2422 ดังแสดงภาพที่ 3.7 ก. และมีลำดับขั้นตอนในการสอบเทียบดังนี้

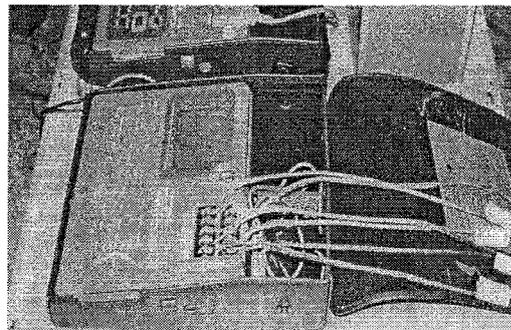
3.5.1 นำสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.63 มิลลิเมตร แบบหุ้มฉนวนประกอบด้วย K^+ (Chromel) และ K^- (Alumel) เชื่อมปลายทั้งสองของสายเทอร์โมคัปเปิลจากรอยเชื่อมเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของสายเทอร์โมคัปเปิล

3.5.2 ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลกับตัวอุณหภูมิที่เครื่องวัดอุณหภูมิครึ่ง 6 Channel แบบดิจิตอล (Portable Multi - Thermometer) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น 2422 ในการทดลองใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และ 180 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 3.7 ข.

3.5.3 ในการสอบเทียบอุณหภูมิทดสอบครั้งละ 1 Channel โดยนำสายเทอร์โมคัปเปิลที่ต่อ Channel 1-6 นำไปใส่ในช่องเทียบอุณหภูมิของเครื่อง Temperature Calibration ยี่ห้อ JOFRA รุ่น 250 SE ดังภาพที่ 3.7 ง. และอ่านค่าบันทึกผลดังภาพที่ 3.7 ค.

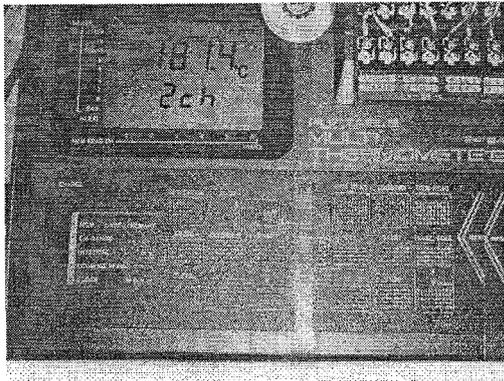


(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการสอบเทียบอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิล



(ค)



ช่องเทียบอุณหภูมิของเครื่อง
Temperature Calibration

(ง)

ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการสอบเทียบอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิล (ต่อ)

ตารางที่ 3.1 ผลการสอบเทียบอุณหภูมิสายเทอร์โมคัปเปิล ที่ 100 องศาเซลเซียส

สายเทอร์โมคัปเปิลที่	อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิ (Temperature Recorder)	เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิทัล (Portable Multi-Thermometer)
1	100.8	100.2
2	101.0	100.1
3	101.4	100.3
4	100.6	100.1
5	100.4	100.2
6	100.8	100.1
7	100.8	100.1
8	100.1	100.2
9	100.2	100.1
10	100.3	100.2
11	100.2	100.1
12	100.2	100.0
13	100.3	100.1
14	100.6	100.2
15	100.7	100.2
16	100.6	100.1
ค่าเฉลี่ย	101.06	100.14

จากตารางที่ 3.1 การทดสอบวัดอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส จากเครื่องบันทึกและวัดอุณหภูมิอ่านค่าได้ 101.06 โดยเฉลี่ยองศาเซลเซียส ส่วนเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลอ่านค่าเฉลี่ยได้ 100.14 องศาเซลเซียสความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติสามารถยอมรับได้

ตารางที่ 3.2 ผลการสอบเทียบอุณหภูมิสายเทอร์โมคัปเปิล ที่ 180 องศาเซลเซียส

สายเทอร์โมคัปเปิลที่	อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิ (Temperature recorder)	เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (Portable multi-thermometer)
1	180.6	180.1
2	180.2	180.1
3	180.8	180.0
4	181.0	180.2
5	181.0	180.0
6	180.2	180.0
7	180.8	179.9
8	180.8	180.1
9	180.2	180.1
10	180.2	180.1
11	180.3	180.0
12	180.6	180.1
13	180.4	180.0
14	180.2	180.1
15	180.3	180.0
16	180.2	180.0
ค่าเฉลี่ย	180.48	180.05

จากตารางที่ 3.2 จากการทดสอบวัดอุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส จากเครื่องอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิอ่านค่าได้เฉลี่ยเท่ากับ 180.48 องศาเซลเซียส ส่วนเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลอ่านค่าได้เฉลี่ยเท่ากับ 180.05 องศาเซลเซียส ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติสามารถยอมรับได้

3.6 สภาพะของการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิลเพื่อศึกษาอุณหภูมิของชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป

สำหรับการสอบเทียบเทอร์โมคัปเปิล เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่แม่พิมพ์ ติดตั้งฮีสเตอร์ ทั้งหมด 12 แห่ง และเทอร์โมคัปเปิลยึดติดบนแผ่นแม่พิมพ์ส่วนที่เคลื่อนที่ (Top plate) ส่วนที่อยู่กับที่ติดตั้งที่ (Core plate) ในส่วนของแผ่นต่อร่วมกับเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Recorder) Cavity ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบอุณหภูมิและทำการขึ้นรูปแผ่นเส้นใยอัด จุดที่อยู่ใกล้กับแห่งฮีสเตอร์จะทำให้เกิดรอยไหม้เนื่องจากความร้อนสูง การกระจายความร้อนไม่สม่ำเสมอ และทำการปรับปรุง โดยการเสริมแผ่นที่ core plate ขนาดความหนาของแผ่น 8 มิลลิเมตรสามารถแก้ปัญหาในส่วนของการกระจายตัวของความร้อนได้ในระดับหนึ่ง การติดตั้งและลำดับขั้นในการสอบเทียบ แสดงดังภาพที่ 3.7 มีขั้นตอนดังนี้

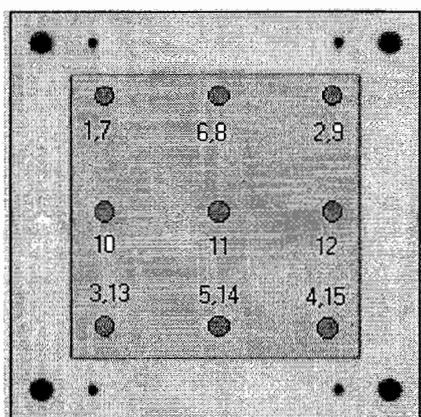
3.6.1 นำสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ติดตั้งตามจุดของแม่พิมพ์ชุดเคลื่อนที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล 3 จุดที่แผ่น Top clamp plate และแม่พิมพ์ที่อยู่กับที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล 15 จุดขนาดความกว้าง 349.5 ยาว 349.5 และความหนา 8 มิลลิเมตร กัดร่องตามตำแหน่งให้ตรงกับฮีสเตอร์ และสวมลงไป Core plate ดังแสดงในภาพที่ 3.8

3.6.2 ต่อเทอร์โมคัปเปิล เข้ากับเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ ช่องที่ 1 ถึงช่อง 18 การสอบเทียบอุณหภูมิของแม่พิมพ์โดยใช้ เทอร์โมคัปเปิล 1 ถึง 6 ควบคุมการทำงานของฮีสเตอร์ส่วน ของแม่พิมพ์ที่อยู่กับที่ (Core plate) และ เทอร์โมคัปเปิล 16 ถึง 18 ควบคุมการทำงานของฮีสเตอร์ ส่วนของแม่พิมพ์เคลื่อนที่

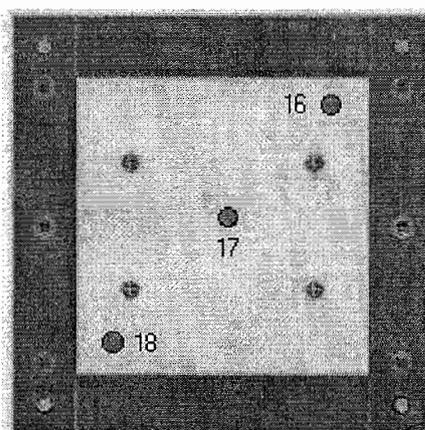
3.6.3 ต่อเทอร์โมคัปเปิล กับชุดควบคุมอุณหภูมิ Control Temperature 6 ตัวควบคุมแม่พิมพ์ที่อยู่กับที่ 4 ตัว และใช้ควบคุมแม่พิมพ์เคลื่อนที่ 2 ตัว

3.6.4 ต่อสายไฟเข้ากับชุดรีเลย์ (Relay) เพื่อป้องกันกระแสไฟ 220 โวลท์กับชุดให้ความร้อน (Heater) แม่พิมพ์ที่อยู่กับที่ (Core plate) 4 ตัว และใช้ควบคุมแม่พิมพ์เคลื่อนที่ 2 ตัว

3.6.5 ผลการทดสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์ โดยตั้งอุณหภูมิที่ชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control) ที่ 160 องศาเซลเซียส บันทึกผลจากเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Recorder) Channel ที่ 1 ถึง Channel 18 ดังตารางที่ 3.3



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลกับแม่พิมพ์

(ก) ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลแม่พิมพ์แผ่นอยู่กับที่ (Bottom plate)

(ข) ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลแม่พิมพ์แผ่นเคลื่อนที่ (Top plate)

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบเทียบอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียสของแม่พิมพ์

ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลที่	เครื่องบันทึกและวัดอุณหภูมิ (Temperature Recorder)
1	154.2
2	151.6
3	153.6
4	162.7
5	156.6
6	152.5
7	154.1
8	152.9
9	152.1
10	163.0
11	156.7

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบเทียบอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียสของแม่พิมพ์ (ต่อ)

ตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลที่	เครื่องบันทึกและวัดอุณหภูมิ (Temperature Recorder)
12	157.3
13	160.1
14	156.0
15	151.9
16	158.5
17	159.8
18	156.3

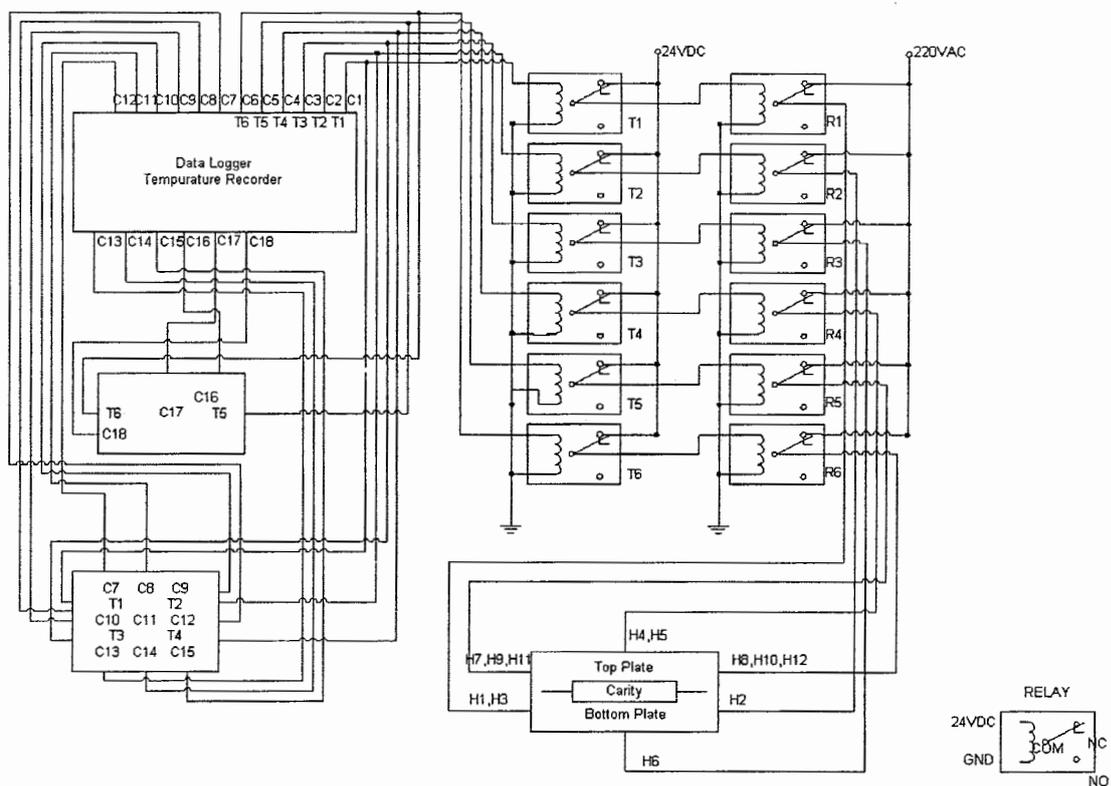
จากตารางที่ 3.3 การทดสอบวัดอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส แม่พิมพ์อยู่กับที่ (Bottom plate) ในส่วนของ Core plate ผลจากเครื่องบันทึกและวัดอุณหภูมิอ่านค่าเทอร์โมคัปเปิลช่องที่ 7 ถึง 15 ได้โดยเฉลี่ย 156.01 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่เคลื่อนที่ (Top plate) อ่านค่าเฉลี่ยได้ 158.28 องศาเซลเซียส ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติสามารถยอมรับได้

ในส่วนของเทอร์โมคัปเปิล Chanal ที่ 1 ถึง 6 ทำหน้าที่ Sensor อุณหภูมิเพื่อส่งสัญญาณให้กับชุดควบคุมอุณหภูมิ

3.7 แผนผังการทำงานของวงจรควบคุมอุณหภูมิชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป

หลักการการทำงานของวงจรควบคุมการทำงานแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากฟางข้าว แกลบ และเถ้าแกลบดำ เริ่มต้นที่การจ่ายกระแสไฟไปที่ ชูครีเลย์ (Relay) 220 โวลต์ ทำหน้าที่ในการตัด-ต่อกระแสไฟโดยรับสัญญาณจากชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control) สามารถตั้งระดับอุณหภูมิที่ต้องการใช้กับแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลตรวจสอบอุณหภูมิจากความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงบริเวณแม่พิมพ์ ส่งสัญญาณไปที่เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Temperature recorder) จากเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิส่งสัญญาณไปที่ชุดควบคุมอุณหภูมิ จะควบคุมอุณหภูมิโดยตัดและจ่ายกระแสไฟโดยชูครีเลย์ เมื่ออุณหภูมิเกินระดับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ชุดควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณควบคุมให้รีเลย์ ตัดกระแสไฟและต่อ

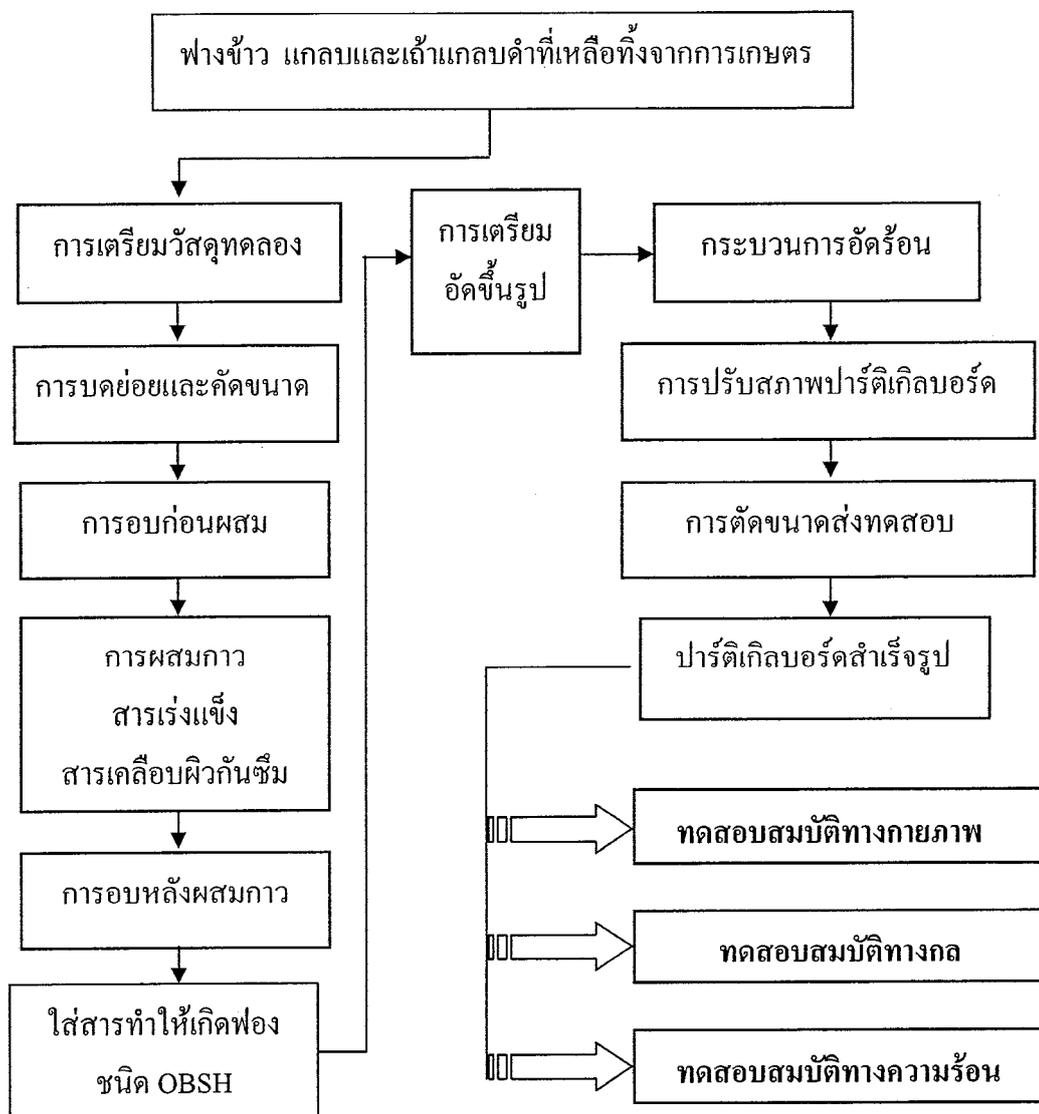
กระแสไฟเมื่ออุณหภูมิลดลงทำการควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน จากนั้นอ่านค่าที่เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 วงจรการควบคุมอุณหภูมิ

3.7 ขั้นตอนการขึ้นรูปและการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ด

การศึกษากระบวนการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำเนินการศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ ดังภาพที่ 3.10 ศึกษาด้านการเตรียมฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ การอัดขึ้นรูปโดยใช้อัตราส่วนของฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำต่อสารยึดติด การทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ทดสอบสมบัติการนำความร้อน มีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3.10 แผนผังการดำเนินการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด

3.9 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย สารเร่งปฏิกิริยา (hardener) สารเคลือบผิวกันชื้น (sizing agent) และ สารทำให้เกิดฟอง (blowing agent) ดังนี้

3.9.1 สารเร่งปฏิกิริยา (Hardener)

สำหรับสารเร่งแข็งที่นำมาใช้ในการวิจัยเป็นชนิดผงมีลักษณะสีขาวที่ใช้คือ สารแอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride, NH_4Cl) เกรด EH-703

3.9.2 สารเคลือบผิวกันชื้น (Sizing agent)

สำหรับสารต้านทานการดูดซึมน้ำและความชื้น ที่นำมาใช้ในการวิจัยเป็น Paraffin emulsion ชนิดเหลวมีลักษณะสีขาวคล้ายน้ำมัน เกรดอุตสาหกรรม

3.9.3 สารทำให้เกิดฟอง (Blowing agent)

สำหรับสารทำให้เกิดฟองที่นำมาใช้ในการวิจัยเป็นชนิดผงมีลักษณะสีขาว สารที่ทำให้เกิดฟองโดยทั่วไป ๆ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ Chemical blowing agent (CBA) และ Physical blowing agent (PBA) แต่สำหรับในงานวิจัยนี้เลือกใช้ชนิด Chemical blowing agent (CBA) ชนิด 4,4 - Oxybis (benzenesulfonylhydrazide, OBSH)

3.9.4 สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)

สำหรับสาร โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) ที่ใช้สำหรับในการวิจัยนี้เป็นชนิดเกล็ด มีลักษณะสีขาวขุ่นที่มีความเข้มข้นของสาร 99.99 เปอร์เซ็นต์ เกรดอุตสาหกรรม

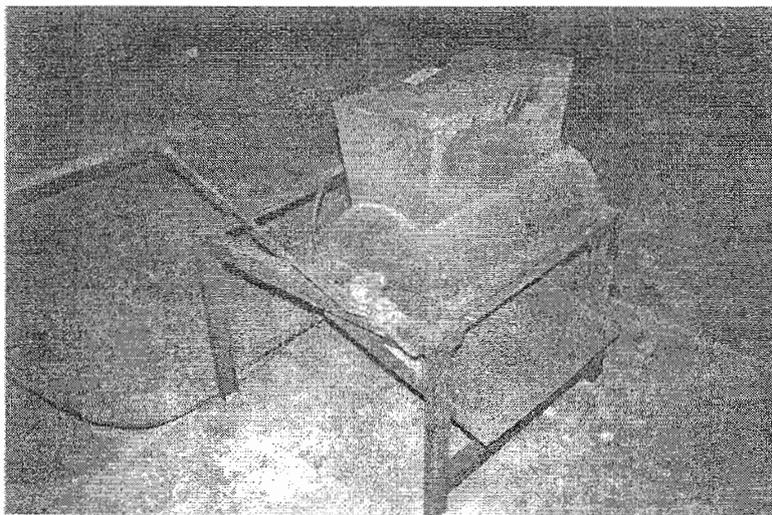
3.10 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลองซึ่งประกอบด้วย กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน (urea formaldehyde resin) ฟางข้าว (rice straw) แกลบ (rice husk) ถ่านแกลบดำ (husk black ashes) วัสดุและอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

3.10.1 กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน (Urea formaldehyde resin)

ชนิดของสารยึดติดที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือกาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เกรด EU-617 ชนิดเหลว มีลักษณะสีขาว ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท อี เทอ นัล เรซิน จำกัด จาก จ. สมุทรปราการ

3.10.2 ฟางข้าว (Rice straw) สำหรับวัสดุทดลองที่ใช้ในการวิจัยในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดที่เหลือทิ้งทางการเกษตรที่เก็บมาจาก อ.เขื่องใน และ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี นำมาเข้าเครื่องตีย่อยเส้นใยดังแสดงในภาพที่ 3.11 และคัดขนาดประมาณ 3 – 15 มิลลิเมตร มาเป็นวัสดุทดลอง



รูปที่ 3.11 เครื่องตีย่อยเส้นใย

3.10.3 แกลบ (rice husk) สำหรับวัสดุทดลองที่ใช้ในการวิจัยในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดที่เหลือทิ้งทางการเกษตรที่เก็บมาจาก อ.เขื่องใน และ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี โดยคัดแยกเอาเฉพาะแกลบที่ไม่ละเอียดมากนักมาเป็นวัสดุทดลอง

3.10.4 เถ้าแกลบดำ (husk black ashes) สำหรับวัสดุทดลองที่ใช้ในการวิจัยในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดที่เหลือทิ้งทางการเกษตรที่เก็บมาจาก อ.เขื่องใน และ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี โดยคัดแยกเอาเฉพาะที่ไม่ละเอียดมากนักเหมือนกรณีของแกลบมาเป็นวัสดุทดลอง

3.11 ขั้นตอนการพ่นสารยึดติด

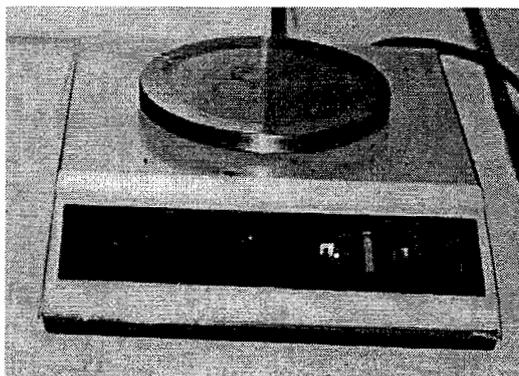
เครื่องที่ใช้ในการพ่นสารยึดติดขนาดความกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร ความเร็วรอบของใบกวน 994 รอบต่อนาที ใช้กำลังขับของมอเตอร์ 2 แรงม้า ขั้นตอนการพ่นสารยึดติดมี 2 ขั้นตอนดังนี้

3.11.1 การอบฟางข้าวก่อนพ่นสารยึดติด

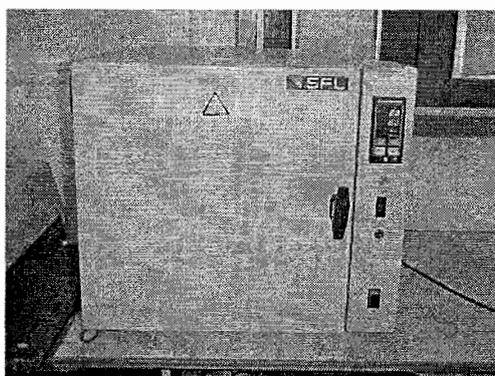
3.11.1.1 นำชิ้นฟางข้าวมาชั่งน้ำหนัก ก่อนอบด้วยเครื่องชั่งดังภาพที่ 3.12 ยี่ห้อ Precias 1212 M รุ่น SuperBal - Series ตามน้ำหนักชั่งตามที่คำนวณไว้

3.11.1.2 นำชิ้นฟางข้าวที่ผ่านการอบไล่ความชื้นโดยเตาอบ ยี่ห้อ SFL รุ่น EC67A สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ระหว่าง $-150 - 555^{\circ}\text{C}$ ดังภาพที่ 3.13 ปรับอุณหภูมิ 70°C ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

3.11.1.3 นำชิ้นฟางข้าวชั่งน้ำหนักหลังอบความชื้นก่อนพ่นกาวในร้อยละ 5 - 10



ภาพที่ 3.12 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Precias 1212 M รุ่น SuperBal - Series



ภาพที่ 3.13 ตู้อบฟางข้าว ยี่ห้อ SFL รุ่น EC67A

3.11.2 ขั้นตอนการเตรียมสารยึดติด

ในงานวิจัยได้ทดลองอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ โดยใช้กรรมวิธีแบบแห้ง (Dry process) โดยเลือกปริมาณกาวที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาสมบัติทางกล สมบัติทางกายภาพและสมบัติการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูป

ขั้นการเตรียมส่วนผสมของสารยึดติดที่ใช้ในการทดลองขึ้นรูปแผ่นเส้นใยอัดใช้ ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เกรด EU-617 พร้อมสารแอมโมเนียครอไรด์ (Hardener) สภาวะในการเตรียม

กาวจะแยกการทดลองเปรียบเทียบสมบัติการนำความร้อน ซึ่งสารทำให้เกิดฟองที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นชนิด Chemical Blowing Agent (CBA) โดยใช้สาร PP- Oxybis benzene sulfony hydrazide UNICELL-OH (OBSH) เป็นชนิดผง โดยใช้ปริมาณ 3% โดยน้ำหนักของสารยึดติด ขั้นตอนของการเตรียมอัตราส่วนผสมของสารยึดติดมีดังนี้

3.11.2.1 เตรียมกาวสังเคราะห์ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เกรด EU-617 มีความเข้มข้น 68% เทใส่บีกเกอร์ชั่งน้ำหนัก 100 กรัม

3.11.2.2 ตวงน้ำกลั่น (H_2O) นำไปชั่ง 25 กรัม เตรียมสารเร่งแข็ง (Hardener) ชั่ง 2 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปผสมกับสารยึดติดที่เตรียมไว้ แล้วคนให้เข้ากัน

3.11.2.3 ชั่งพาราฟินอิมันชัน 1% โดยน้ำหนักกาวที่ใช้ นำไปผสมกับสารยึดติดที่เตรียมไว้แล้ว โดยน้ำกลั่นและสารเร่งแข็งเมื่อ ผสมกับ Paraffin Wax จะทำให้เกิดการจับตัวของสารยึดติดเป็นก้อน จึงควรทำการผสม Paraffin Wax ก่อนมีการพ่นสารยึดติดผสมกับฟางข้าว แกลบและเถาแกลบดำในการทดลองในแต่ละอัตราส่วน

3.11.2.4 ในการทดลองอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจะใช้อัตราส่วนของน้ำหนักของสารยึดติดต่อน้ำหนักของวัสดุทุกสัดส่วนการทดลอง 5 การทดลอง จากสัดส่วนของสารยึดติดที่เตรียมข้างต้น

3.11.3 ขั้นตอนการพ่นสารยึดติด

การพ่นสารยึดติดใช้ความดันจากลมเป็นตัวช่วยให้กาวกระจายตัวเป็นละอองเล็กๆ และใบพัดจะเป็นตัวช่วยในตีกระจายเส้นใยให้เคลือบกาวได้สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 3.14 และมีขั้นตอนในการพ่นกาวดังนี้

3.11.3.1 นำฟางข้าว แกลบและเถาแกลบดำที่ผ่านการตีย่อยเส้นใยพร้อมทั้งการคัดขนาด และผ่านการชั่งน้ำหนักและอบไล่ความชื้น ในแต่ละการทดลองเข้าเครื่องพ่นสารยึดติด

3.11.3.2 ปรับแรงดัน 15-20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่ชุด Service Unit ทำให้สารยึดติดกระจายเป็นละอองขนาดเล็กเพื่อผสมกับฟางข้าว แกลบและเถาแกลบดำได้อย่างทั่วถึง แล้วเทสารยึดติดด้วยภาชนะถ้วยตวง มีระดับปริมาตรหน่วยเป็นมิลลิลิตร ดังภาพที่ 3.14

3.11.3.3 นำฟางข้าว แกลบและเถาแกลบดำออกจากถังพ่นสารยึดติด นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณความชื้น ก่อนนำไปอัดขึ้นในขั้นตอนต่อไป

3.12 เงื่อนไขการทดลอง

3.12.1 การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อปริมาณสารยึดติดที่สัดส่วนดังนี้

3.12.1.1 ฟางข้าวและสารยึดติด (90:10), (85:15), (80:20), (75:25) และ (70:30)

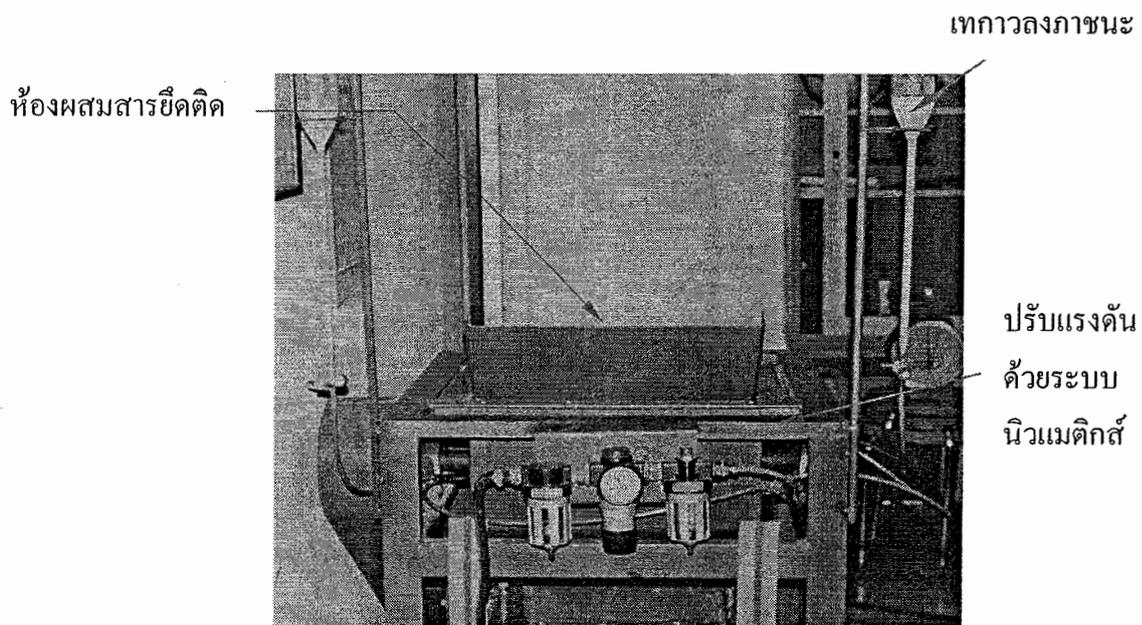
3.12.1.2 แกลบและสารยึดติด (90:10), (85:15), (80:20), (75:25) และ (70:30)

3.12.1.3 ฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ ได้ทดลองปรับเปลี่ยนส่วนผสมของวัสดุต่อสารยึดติดที่ส่วนผสม 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3.12.1.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกลและสมบัติทางความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่จำหน่ายตามท้องตลาด

3.13 การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดโดยกรรมวิธีแบบแห้ง (Dry process) ใช้ความร้อนทำให้เกิดการเชื่อมยึดระหว่างวัสดุและสารยึดติด ในการทดลองนี้ได้ใช้กาวยูเรียฟอรั่มลดีไฮด์ เรซินเป็นตัวเชื่อมประสาน ในการขึ้นรูปดังกล่าวโดยใช้แม่พิมพ์ติดตั้งเข้ากับเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์ยี่ห้อ TMC รุ่น TMC 100 Ton. ใช้แรงอัดขนาด 150 lb/in^2 แผ่น MDF ขนาด $350 \times 350 \times 9$ มิลลิเมตร



ภาพที่ 3.14 เครื่องผสมสารยึดติดกับวัสดุอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดที่จะนำมาอัดขึ้นรูปผ่านกระบวนการเตรียมวัสดุในเบื้องต้นมาแล้ว เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 20-25 นำมาคลุกเคล้ากันเก็บไว้ในถุง จากนั้นนำวัสดุที่เตรียมไว้ซึ่งตามน้ำหนักที่คำนวณค่าความหนาแน่น (Density) ที่ต้องการในการทดลองได้แบ่งการขึ้นรูปออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 หาความสัมพันธ์การใช้ปริมาณสารยึดติดโดยน้ำหนักของฟางข้าวและแกลบ (75 : 25) ส่วนที่ 2 หาความสัมพันธ์การใช้ปริมาณสารยึดติดโดยน้ำหนักของฟางข้าวและแกลบ (90 : 10), (85 : 15), (80 : 20), (75 : 25) และ (70 : 30) ส่วนที่ 3 หาความสัมพันธ์การใช้ปริมาณสารยึดติดโดยน้ำหนักของฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ โดยได้ทดลองปรับเปลี่ยนส่วนผสมของสารยึดติด 3 ระดับคือ ใช้กาวเป็นส่วนผสม 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขั้นตอนในการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดมีดังนี้

3.13.1.1 เปิดเครื่องเครื่องอัดไฮดรอลิกส์และชุดควบคุมอุณหภูมิ

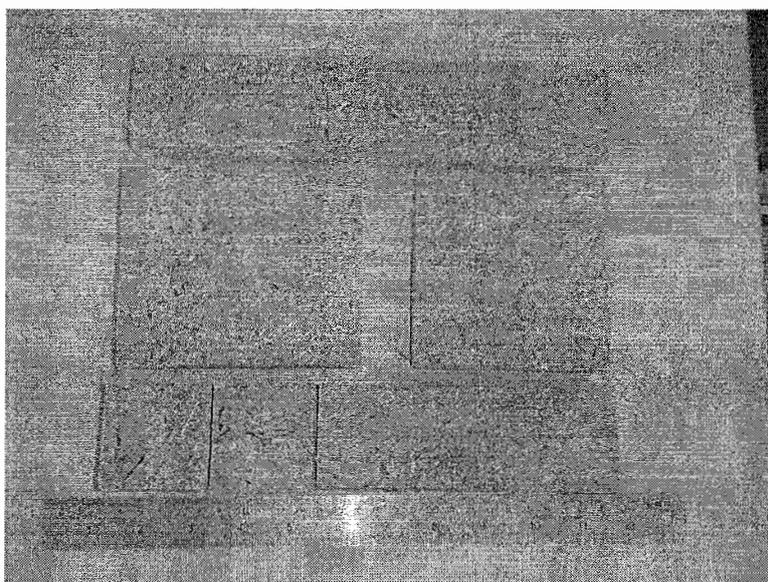
3.13.1.2 เปิดเครื่อง Data Logger เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิอัดประมาณ 160 °C

3.13.1.3 เปิดเครื่อง DC ควบคุมชุด Relay และชุด Control Temperature

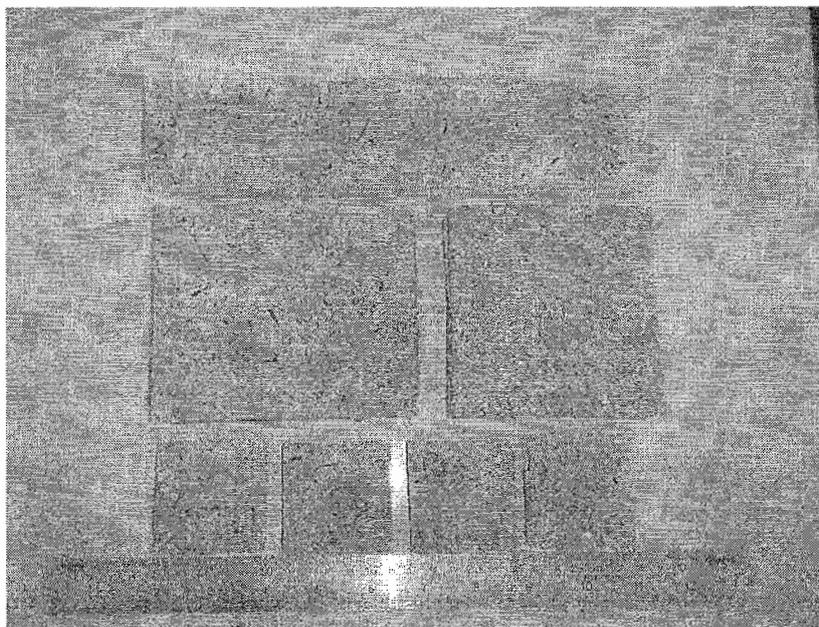
3.13.1.4 เตรียมวัสดุทั้งหมดก่อนขึ้นรูป โดยชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามอัตราส่วน

3.13.1.5 เมื่ออุณหภูมิถึง 160 °C นำส่วนผสมเทลงในแม่พิมพ์ชุดเคลื่อนที่ บริเวณ

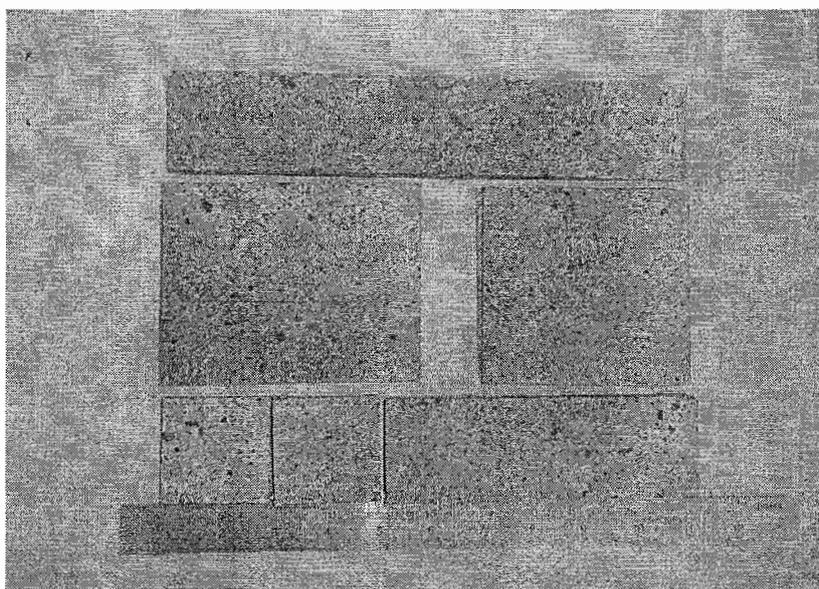
Cavity ขนาดกว้าง 350 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร ที่มีกระบอกกันส่วนผสมล่าง ดังรูปที่ 3.18 ใช้ความดันในการอัด 104 bar เวลาที่ใช้ 5 นาทีต่อแผ่น เมื่ออัดเสร็จได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดดังภาพที่ 3.15 ถึงภาพที่ 3.17 และนำชิ้นงานออกตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อเตรียมตัดชิ้นงานทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป



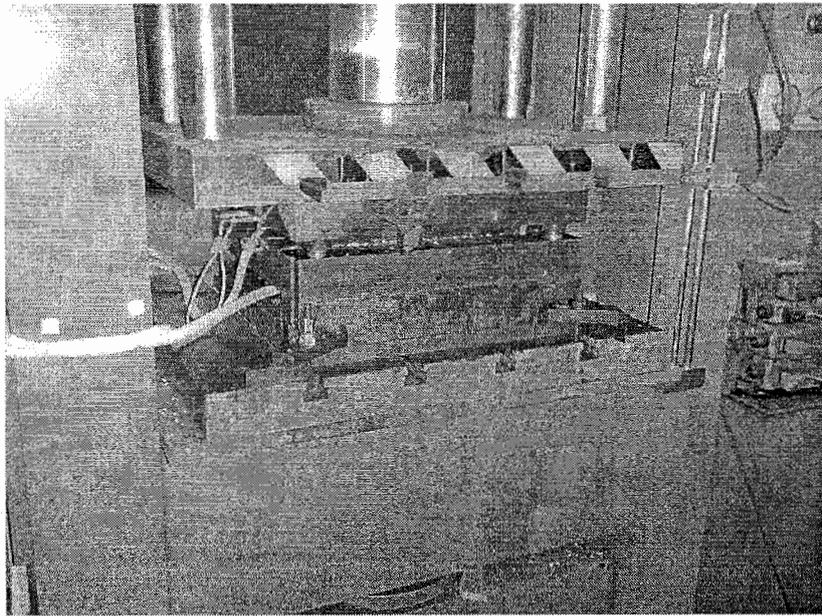
ภาพที่ 3.15 ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากฟางข้าว



ภาพที่ 3.16 ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากเกลือบ



ภาพที่ 3.17 ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากถ้ำเกลือบดำ



ภาพที่ 3.18 การติดตั้งแม่พิมพ์กับเครื่องอัดไฮดรอลิกส์

3.14 รายละเอียดขนาดชั้นทดสอบสมบัติแผ่นเส้นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง มอก. 966-2533

สำหรับการเตรียมชั้นทดสอบดังภาพที่ 3.19 โดยวิธีสุ่มจากแผ่น MDF ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก. 966-2533 ขนาดและลักษณะทั่วไปแล้วมาจำนวน 3 แผ่น แล้วตัดตัวอย่างแต่ละแผ่นเป็นชั้นทดสอบดังนี้

3.14.1 ชั้นทดสอบ A สำหรับทดสอบความหนาแน่นและความชื้น จำนวน 3 ชั้น

3.14.2 ชั้นทดสอบ B สำหรับทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น จำนวน 2 ชั้น

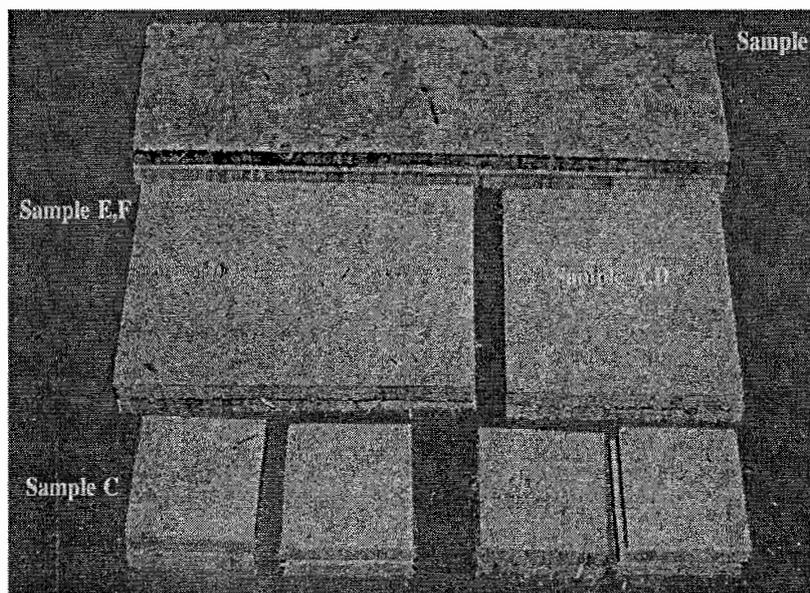
ในกรณีแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร ให้ใช้ชั้นทดสอบกว้าง 50 มิลลิเมตร

3.14.3 ชั้นทดสอบ C สำหรับทดสอบความต้านแรงดิ่งตั้งฉากกับผิวหน้า จำนวน 3 ชั้น

3.14.4 ชั้นทดสอบ D สำหรับการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา จำนวน 3 ชั้น

3.14.5 ชั้นทดสอบ E สำหรับการทดสอบการขยายตัวความยาว จำนวน 2 ชั้น

3.14.6 ชั้นทดสอบ F สำหรับการทดสอบความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว จำนวน 3 ชั้น



ภาพที่ 3.19 ลักษณะของการเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ด

- A ทดสอบสมบัติค่าความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ค่าความชื้น
- B ทดสอบสมบัติมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น
- C ทดสอบสมบัติแรงต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า
- D ทดสอบสมบัติการพองตัวของความหนา
- E และ F ทดสอบสมบัติการขยายตัวของความยาว

3.15 การทดสอบความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ด

ในการทดสอบเตรียมชิ้นงานทดสอบและใช้ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียด 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของเป็นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นเส้นใยอัดทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3.19 มีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.15.1 วัดตัวอย่าง 1 ชิ้น ขนาดความกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร วัดให้ละเอียด 0.1 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3.20 แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.15.2 นำชิ้นงานทดสอบ A นำไปชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งเครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ Precias 1212 M รุ่น SuperBal-series ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม

3.15.3 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง ด้วยไมโครมิเตอร์ตามภาพที่ 3.20 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย

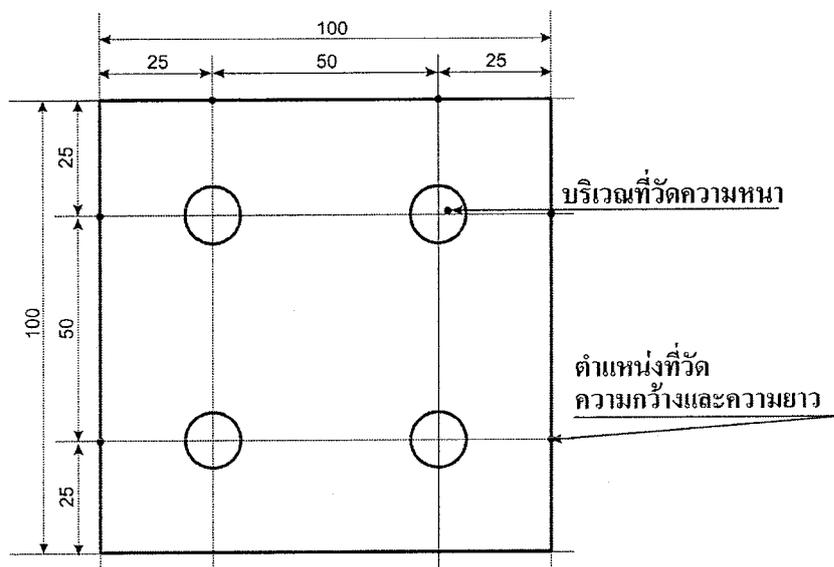
3.15.4 วิธีคำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสมการ (3.1)

$$D = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (3.1)$$

กำหนดให้ D คือ ความหนาแน่น หน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

m คือ มวล หน่วยเป็น กรัม (g)

V คือ ปริมาตร หน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)



ภาพที่ 3.20 ตำแหน่งที่วัดความกว้างความยาวและความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

3.16 การทดสอบปริมาณความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ด

3.16.1 เตรียมชิ้นงานทดสอบขนาดความกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น

3.16.2 ชั่งชิ้นทดสอบ D ด้วยเครื่องชั่งยี่ห้อ Precias 1212 M รุ่น Super Bal-series ซึ่งผ่านการวัดขนาดมาแล้ว ให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นมวลก่อนอบ

3.16.3 อบชิ้นทดสอบในเตาอบส่วนผสม ยี่ห้อ SFL รุ่น EC67A ที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่

3.16.4 นำชิ้นทดสอบมาใส่ในเคชเคเตอร์ ปล่อยให้ไว้ให้เย็น

3.16.5 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นมวลเมื่ออบแห้ง และคำนวณหาค่าความชื้นจากสมการ (3.2)

$$MC = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \dots\dots\dots(3.2)$$

กำหนดให้ MC คือ ปริมาณความชื้น หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

m_1 คือ น้ำหนักก่อนอบ หน่วยเป็น กรัม (g)

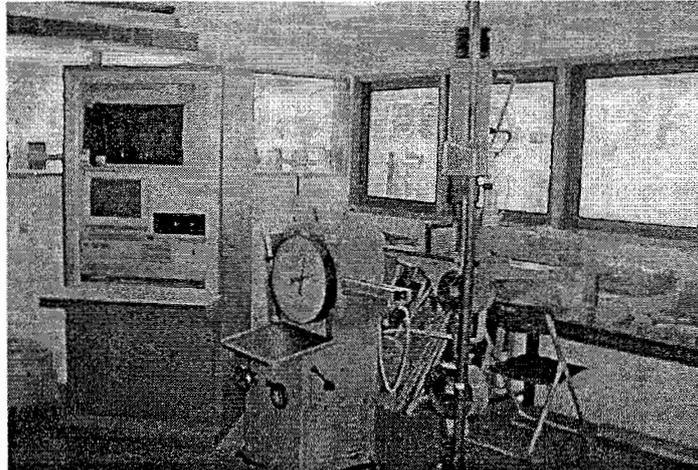
m_0 คือ น้ำหนักหลังอบ หน่วยเป็น กรัม (g)

3.17 การทดสอบคามอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นของปาร์ติเกิลบอร์ด

เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นสามารถวัดแรงกดที่มีความละเอียดถึง 5 นิวตันหรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบสามารถรับได้ ดังภาพที่ 3.21 การวางชิ้นงานทดสอบมีลักษณะโดยหัวกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งทรงกลม มีรัศมีไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบแท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลมหรือครึ่งวงกลม มีรัศมีไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ ความยาวไม่น้อยกว่าของชิ้นทดสอบมาตรการแอนตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตรและมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้คือ

3.17.1 วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 24 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากแท่นรองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่า ๆ กัน

3.17.2 ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที



ภาพที่ 3.21 เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นระบบไฮดรอลิกวอลเปิร์ต
(Otto Wolpert Werke Germany)

3.17.3 วิธีการคำนวณหาค่ามอดูลัสแตกร้าว จากสมการ (3.3)

$$MOR = \frac{3 PL}{2 b d^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

กำหนดให้ *MOR* คือ ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว หน่วยเป็น เมกะปาสคาล (*MPa*)

P คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หน่วยเป็น นิวตัน (*N*)

L คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (*mm*)

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (*mm*)

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (*mm*)

3.17.4 วิธีการคำนวณหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่น จากคำนวณจากสมการ (3.4)

$$MOE = \frac{L^3 \Delta W}{bd \Delta S} \dots\dots\dots(3.4)$$

กำหนดให้

MOE คือ ค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น หน่วยเป็น เมกะปาสคาล (MPa)

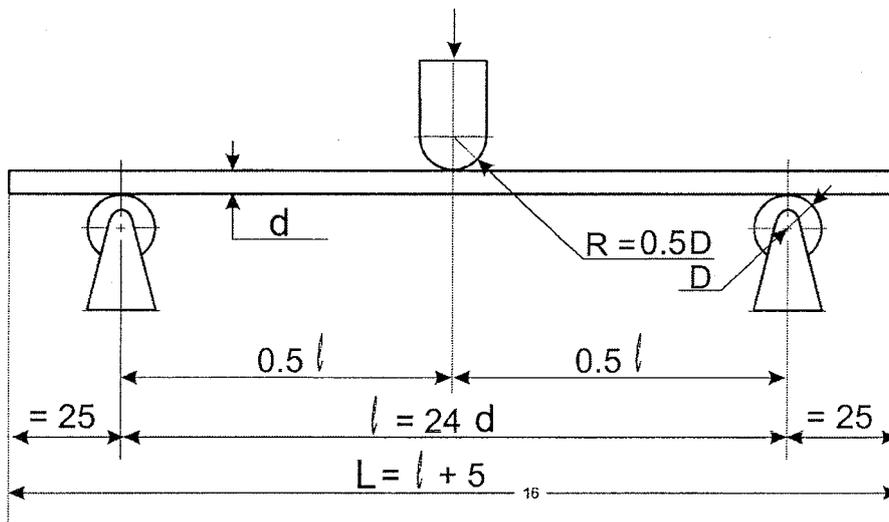
L คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง หน่วยเป็น (N)

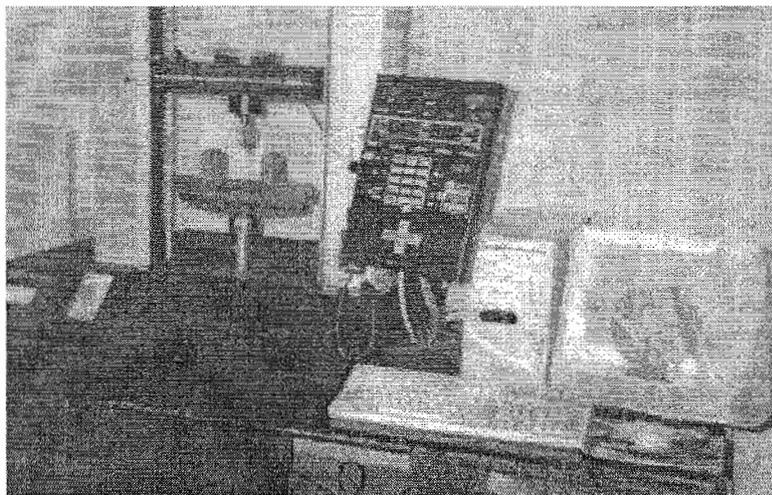
b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

ΔS คือ ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง
หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)



ภาพที่ 3.22 ลักษณะการวางชิ้นทดสอบความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวมอดูลัสยืดหยุ่น



ภาพที่ 3.23 เครื่องทดสอบความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น

3.18 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าของปาร์ติเกิลบอร์ด

เครื่องดึงผิวหน้ามีลักษณะดังภาพที่ 3.24 ใช้ระบบไฮดรอลิกวอลเปิร์ต (Otto Wolpert Werke Germany) สามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นงานทดสอบออกจากกันได้ภายในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที แผ่นดึง ซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดความกว้างไม่ต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร มีลักษณะดังภาพที่ 3.24 ความหนาตามความเหมาะสม โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

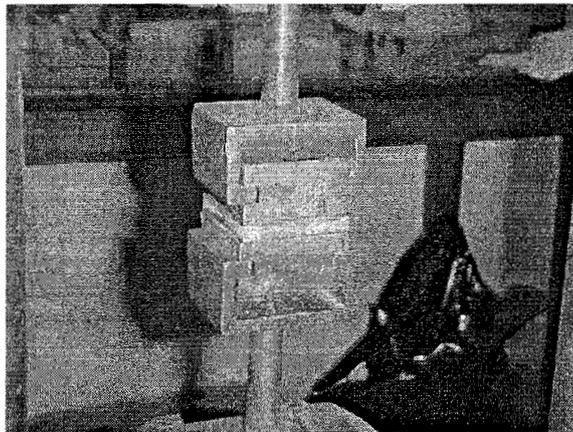
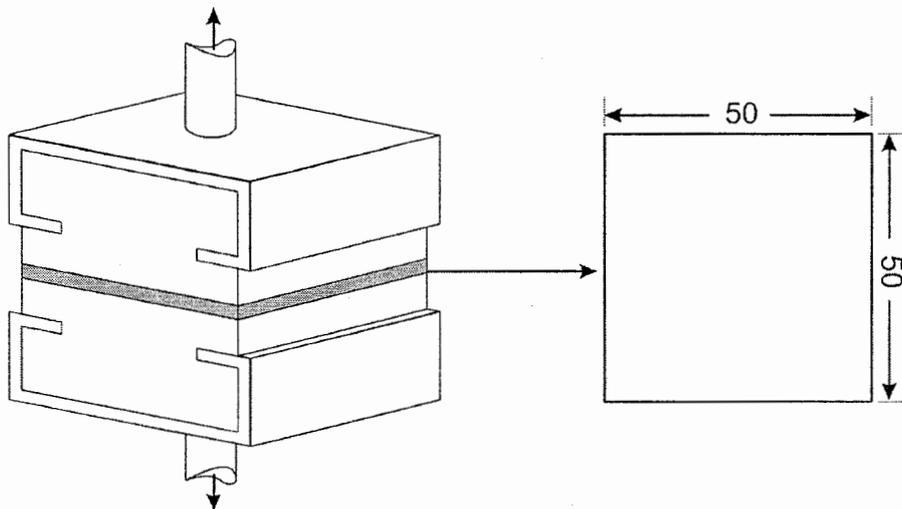
3.18.1 ตัดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นงานทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ชนิด โพลีไวนิลอะซิเตต (polyvinylacetate, PVA) แรงยึดระหว่างผิวหน้าชิ้นทดสอบ ปล่อยให้แข็งตัว ประมาณ 1 ชั่วโมง

3.18.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นงานทดสอบออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

3.18.3 วิธีการคำนวณ หาค่าแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า คำนวณจากสมการ (3.5)

$$IB = \frac{P_{\max}}{At} \dots\dots\dots(3.5)$$

กำหนดให้	IB คือ แรงดึงตั้งฉากผิวหน้า	หน่วยเป็น เมกกะปาสคาล (MPa)
	P_{\max} คือ แรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาด	หน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)
	A , คือ พื้นที่ของตัวอย่างไม้ที่รับแรงดึง	หน่วยเป็น ตารางมิลลิเมตร (mm^2)



ภาพที่ 3.24 ลักษณะของการจับยึดชิ้นงานทดสอบการดึงผิวหน้า (Internal Bonding)

3.19 การทดสอบการดูซึมน้ำของปาร์ติเกิลบอร์ด

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดขนาดความหนาของปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม ภาชนะควบคุมอุณหภูมิ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส กระดาษเซลลูโลสวัดดึง หรือกระดาษซับรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสกว้างไม่น้อยกว่า 120 มิลลิเมตร แผ่นน้ำหนักรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้างประมาณ 120 มิลลิเมตร มีมวลประมาณ 3 กิโลกรัม มีวิธีการทดสอบดังนี้

3.19.1 ชั่งชิ้นงานทดสอบให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นมวลก่อนแช่น้ำ

3.19.2 วัดความหนาชิ้นทดสอบ

3.19.3 แช่ชิ้นงานทดสอบในภาชนะควบคุมอุณหภูมิ ที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาดมีค่าความ เป็นกรด-ด่าง 6 ± 1 มีอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส โดยตั้งชิ้นงานทดสอบให้ได้ตั้งฉากกับระดับ ผิวหน้า และขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกัน และต้อง ห่างผนังของภาชนะพอสมควรเมื่อแช่ชิ้นงานทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นงานทดสอบขึ้นมา วางบนกระดาษเซลลูโลสวัดคิ่งหรือกระดาษซับ โดยวางในแนวระดับระหว่างกระดาษ แล้ววางทับ ด้วยแผ่นน้ำหนักรีดเคลือบจัตูรัส ทิ้งไว้ 30 วินาที จึงนำชิ้นทดสอบออกจากแผ่นกระดาษที่ซับน้ำ นำ ชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนาและวิธีการคำนวณ หาค่าการดูดซึมน้ำจากสมการ (3.6)

$$WA = \frac{M_o - M_i}{M_i} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

กำหนดให้ WA คือ การดูดซึมน้ำ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
 M_o คือ น้ำหนักหลังแช่น้ำ หน่วยเป็นกรัม (g)
 M_i คือ น้ำหนักก่อนแช่น้ำ หน่วยเป็นกรัม (g)

3.19.4 วิธีการคำนวณค่าการขยายตัวตามความหนา คำนวณจากสมการ (3.7)

$$SW = \frac{T_i - T_o}{T_o} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

กำหนดให้ SW คือ การพองตัวทางความหนา หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
 T_i คือ ความหนาหลังแช่น้ำ หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)
 T_o คือ ความหนาก่อนแช่น้ำ หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

3.20 การทดสอบการขยายตัวตามความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด

สำหรับชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคอมพิวเตอร์ เครื่องมือวัดอย่างใดละเยียดถึง 0.02 มิลลิเมตรและเครื่องปรับสภาพมีวิธีการทดสอบดังนี้

3.20.1 นำชิ้นทดสอบไปปรับสภาพที่อุณหภูมิ 20 ± 3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 50 ± 2 จนน้ำหนักคงที่คือน้ำหนักที่ชั่งห่างกัน 24 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.05 แล้ววัดความยาวของชิ้นทดสอบให้ละเอียดถึง 0.02 มิลลิเมตร เป็นความยาวครั้งแรก

3.20.2 นำชิ้นทดสอบไปปรับสภาพอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิ 20 ± 3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 90 ± 5 จนน้ำหนักคงที่ แล้ววัดความยาวของชิ้นทดสอบอีกครั้งหนึ่งเป็นความยาวครั้งหลัง โดยคำนวณการขยายตัวตามความยาวดังสมการ (3.8)

$$LE = \frac{L_o - L_i}{L_i} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

กำหนดให้	LE	คือ	การขยายตัวทางความยาว	หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
	L_o	คือ	ความยาวหลังแช่น้ำ	หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)
	L_i	คือ	ความยาวก่อนแช่น้ำ	หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

3.21 การทดสอบค่าต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ด

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบแรงกระแทกตามมาตรฐาน ASTM Izod D-256 ดังภาพที่ 3.25 เครื่องตีกระแทก 4 จูล ยี่ห้อ INTRO รุ่น 4 J ลักษณะของชิ้นงานทดสอบดังภาพที่ 3.25 มีวิธีการทดสอบดังนี้

3.21.1 ชั่งชิ้นงานทดสอบให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม

3.21.2 วัดกว้าง ความยาว ความหนาชิ้นทดสอบ หาค่าความหนาแน่น (Density)

3.21.3 ทำรอยบาก (Notch) ให้มีลักษณะรอยลึกประมาณ 2 มิลลิเมตร

3.21.4 ยึดชิ้นงานวางบนแท่นทดสอบเสร็จแล้วใช้ตุ้มเหวี่ยง (pendulum) ที่มีขนาด 4 จูล เป็นตัวกระแทก และปรับระยะชิ้นงานทดสอบโดยใช้เกอตั้งระยะแบบ Izod พร้อมกับจับยึดชิ้นงานให้แน่นโดยปรับมุมของเครื่องเท่ากับ 0 องศา พร้อมทำการปล่อยตุ้มเหวี่ยงให้กระแทกกับชิ้นงาน และอ่านค่าตามมุมสเกลของเครื่องทดสอบแล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยและรายงานผลการทดสอบ

วิธีการคำนวณหาค่าต้านทานแรงกระแทกดังสมการที่ (3.9)

$$IR = \frac{E}{W_n} \dots\dots\dots(3.9)$$

เมื่อ IR คือ ค่าความทนแรงกระแทกซึ่งมีค่าพลังงานดูดซับของชิ้นงานต่อ
ความยาวของรอยบากหนึ่งหน่วย หน่วยเป็น จูลต่อเมตร (J/m)
 E คือ ค่าพลังงานดูดซับที่ชิ้นงานรับได้ หน่วยเป็น จูล (J)
 W_n คือ ความกว้างของรอยบาก หน่วยเป็น เมตร (m)



รูปที่ 3.25 เครื่องทดสอบแรงกระแทกยี่ห้อ INTRO รุ่น 4J

3.22 การทดสอบค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด

สำหรับการศึกษาค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด ด้วยเครื่อง Thermal conductivity analyzer Model 88 ดังภาพที่ 3.26 เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์และตรวจสอบค่าการนำความร้อนของวัสดุโดยวิธี Steady – State โดยการให้ความร้อนกับชิ้นงานแล้ววัดค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ด้านบนและด้านล่างของชิ้นงานเครื่องจะรายงานผลเป็นค่าการนำความร้อน ใช้ขนาดชิ้นงานทดสอบกว้าง 200 มิลลิเมตร ความยาว 200 มิลลิเมตร ความหนาไม่น้อยกว่า 45 มิลลิเมตร

สถานะในการทดสอบอุณหภูมิของชุด Cold plate 10.0°C และอุณหภูมิชุด Hot plate 37.7°C อุณหภูมิขณะทำการทดสอบแผ่นชิ้นงานระหว่าง $28 - 31.5^{\circ}\text{C}$ ขณะทดสอบทำการ Cooling equipment โดยใช้น้ำเย็น อุณหภูมิประมาณ $10-15^{\circ}\text{C}$ ตลอดเวลา



รูปที่ 3.26 เครื่องทดสอบค่าการนำความร้อน ยี่ห้อ Anacon รุ่น 8

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ ฟางข้าว แกลบ และเถ้าแกลบดำ โดยในการศึกษาได้ทดลองอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดในกรณีใช้ส่วนผสม 2 ชนิด 3 ชนิดและ 4 ชนิดตามลำดับ หลังจากนั้นได้ทำการศึกษาและทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปด้วย นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลจากการศึกษามีรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากส่วนผสม 2 ชนิด

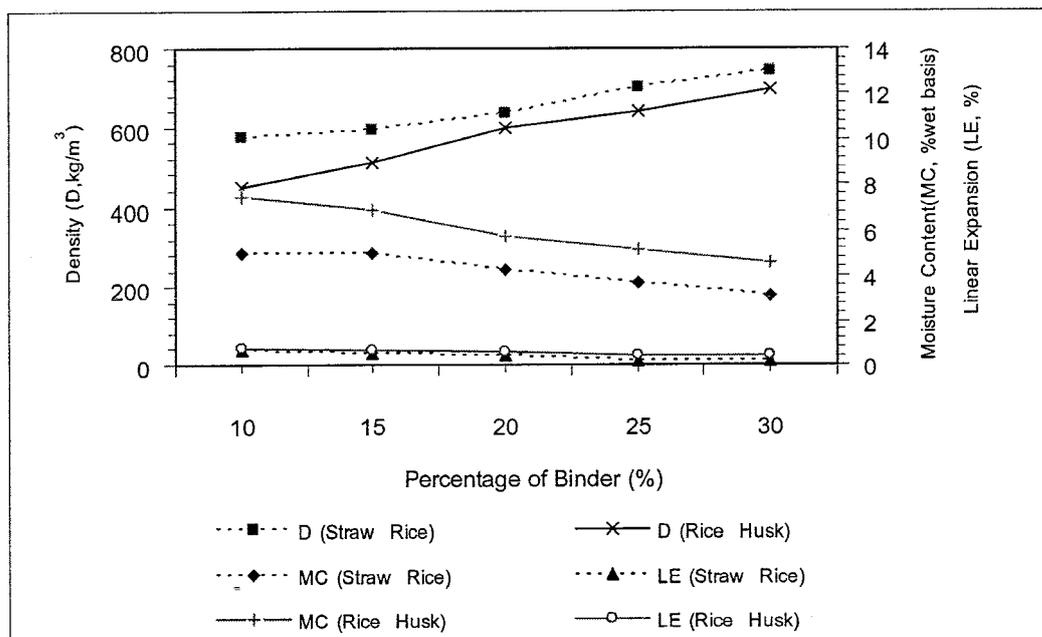
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 2 ชนิด

เปอร์เซ็นต์ ฟางข้าว (%)	เปอร์เซ็นต์ สารยึดติด (%)	Density (D,kg/m ³)	Moisture Content, (MC,%)	Water Absorption 24 hrs. (WA,%)	Linear Expansion 24 hrs. (LE,%)	Modulus of Rupture (MOR,MPa)	Modulus of Elasticity (MOE,MPa)	Impact Resistant (IR,J/m)	Thermal Conductivity (K,W/m.K)
90	10	575	5.02	68.48	0.65	23.12	2345	17.45	0.0560
85	15	592	4.98	64.52	0.53	24.45	2454	20.23	0.0684
80	20	634	4.25	54.69	0.42	26.56	2508	22.22	0.0704
75	25	702	3.66	20.15	0.20	30.08	3398	33.87	0.0855
70	30	745	3.12	22.43	0.18	41.24	3986	45.56	0.1704
เปอร์เซ็นต์ แกลบ (%)	เปอร์เซ็นต์ สารยึดติด (%)								
90	10	450	7.45	70.35	0.73	16.84	1803	14.15	0.0780
85	15	512	6.89	68.78	0.68	18.45	2102	18.02	0.0890
80	20	631	5.38	64.46	0.61	20.07	2250	21.36	0.0909
75	25	639	5.17	33.76	0.43	21.26	2500	24.75	0.0913
70	20	695	4.58	31.54	0.40	29.56	2742	31.05	0.1045
Standard		500 - 800	4 - 10	20.00	0.30	20.00	2068	-	-

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 2 ชนิด คือ ฟางข้าวต่อปริมาณสารยึดติด และแกลบต่อปริมาณสารยึดติด โดยทดลองปรับเปลี่ยนส่วนผสมของวัสดุต่อสารยึดติดในอัตราส่วน 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาด้านต่าง ๆ ได้ดังนี้

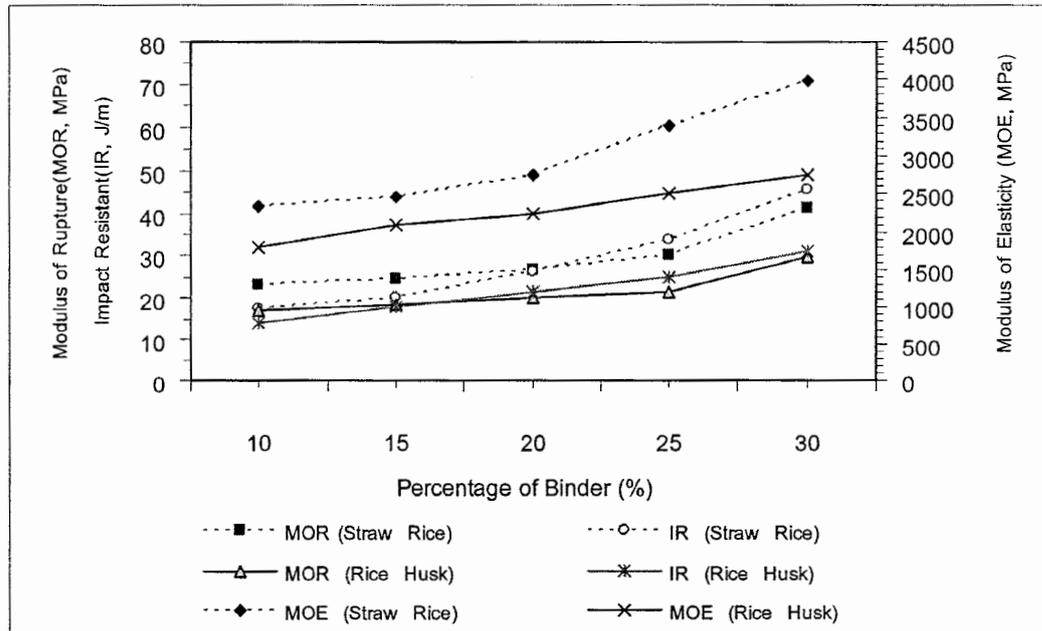
ความหนาแน่น จากการทดลองอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งกรณีฟางข้าวและแกลบพบว่า ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ซึ่งเป็นผลจากความหนาแน่นของสารยึดติดมีค่ามากกว่าฟางข้าวและแกลบ ดังนั้นเมื่อปริมาณสารยึดติดเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

ความชื้น การดูดซับน้ำและการขยายตัวเมื่อแช่น้ำจะลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความชื้นและความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ ดังนั้นเมื่อปริมาณสารยึดติดเพิ่มสูงขึ้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจึงดูดซับน้ำได้น้อยลง ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานขยายตัวได้น้อย



ภาพที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด

จากภาพที่ 4.1 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบที่สัดส่วนเปอร์เซ็นต์สารยึดติดเท่ากันพบว่า ทั้งความชื้นและการขยายตัวของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบมีค่าสูงกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว ทั้งนี้เนื่องจากแกลบมีการดูดซับความชื้นและสามารถขยายตัวได้ดีกว่าฟางข้าว นอกจากนี้ยังสามารถสรุปได้ว่า สมบัติทางกายภาพปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากแกลบหรือฟางข้าวมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเชิงเส้น (ในช่วงปริมาณสารยึดติด 10 – 30 เปอร์เซ็นต์)

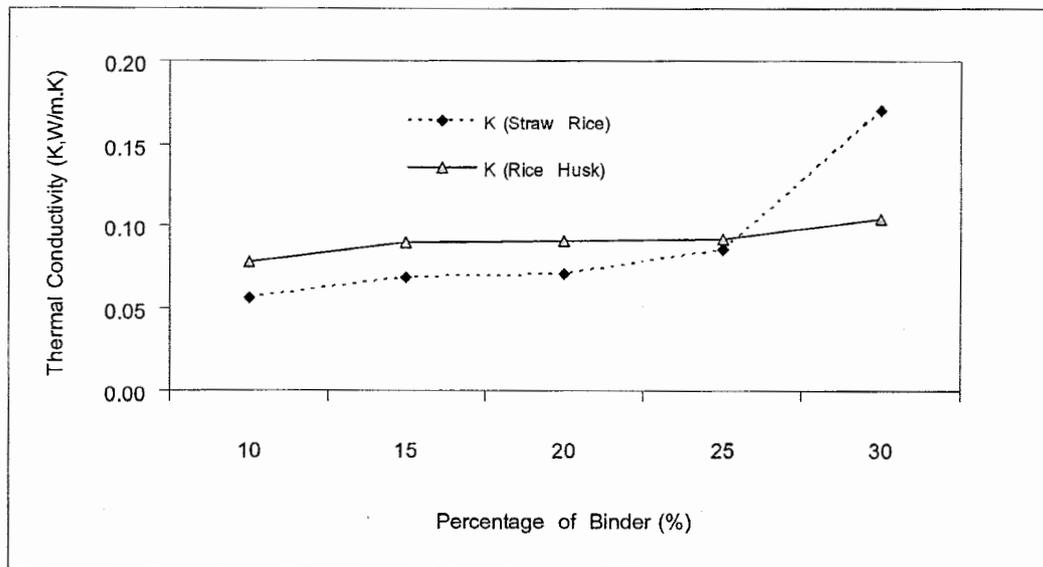


ภาพที่ 4.2 สมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด

ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่ามอดูลัสการแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงกระแทก จากการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงต่างๆเหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดจะช่วยในการจับตัวกันระหว่างอนุภาคของฟางข้าวและแกลบ ทำให้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความสามารถยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดีขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด

เมื่อพิจารณาที่สัดส่วนเปอร์เซ็นต์สารยึดติดเท่ากัน พบว่าค่ามอดูลัสการแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวมีค่าสูงกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 36, 30 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากฟางข้าวมีความยืดหยุ่นและมีลักษณะเป็นเส้นใยมากกว่าแกลบ

และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของกราฟในสัดส่วนของสารยึดติดที่ 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่ค่อนข้างคงที่ แต่หลังจากในสัดส่วนที่ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้นไปจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เป็นผลมาจากเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติดมากขึ้น จะทำให้ช่องว่างและรูพรุนของปาร์ติเกิลบอร์ดค่อนข้างน้อย



ภาพที่ 4.3 สมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด

ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของสมบัติการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด จากกราฟผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จะทำให้ค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารยึดติดที่เพิ่มเข้าไปจะส่งผลให้ช่องว่าง หรือรูพรุนภายในปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนระหว่างปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ พบว่ากรณีของแกลบมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าฟางข้าว ทั้งนี้เพราะสมบัติทางกายภาพของแกลบมีอนุภาคที่เล็กกว่าฟางข้าว ค่าความเป็นฉนวนจะน้อยกว่าฟางข้าว จากผลการทดลองยังพบว่าที่สัดส่วนของสารยึดติด 30 เปอร์เซ็นต์ ฟางข้าวมีค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากช่องว่างหรือรูพรุนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวลดลงอย่างมาก

นอกจากข้อสรุปที่ได้กล่าวเป็นข้างต้นแล้ว จะเห็นว่าค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ และฟางข้าว มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในด้านความแข็งแรงของชิ้นงานพบว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว จะมีค่ามอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานต่อแรงกระแทกสูงกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ นอกจากนั้นยังพบว่าชิ้นงานที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกด้านคือกรณีใช้ฟางข้าวและสารยึดติดในสัดส่วน 75 : 25 เปอร์เซ็นต์

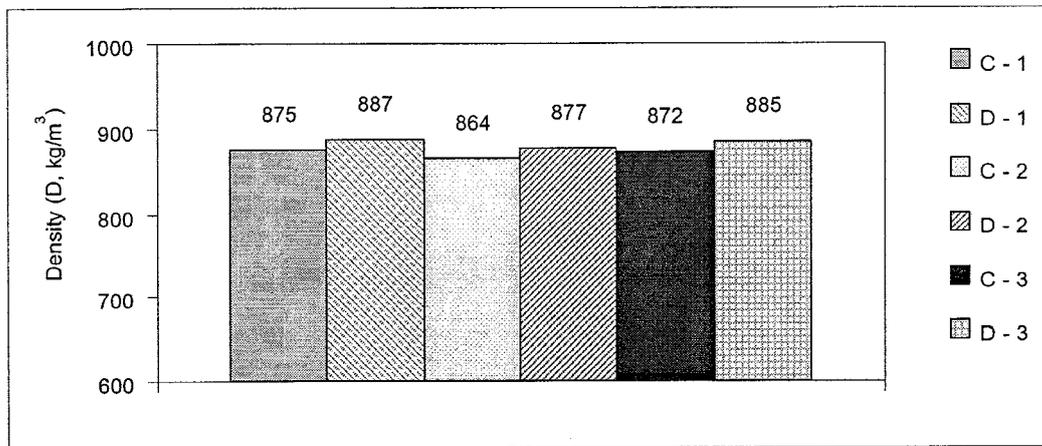
4.2 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้ส่วนผสม 3 ชนิด โดยได้ปรับเปลี่ยนสัดส่วนสารยึดติด 3 ระดับคือ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 3 ชนิด

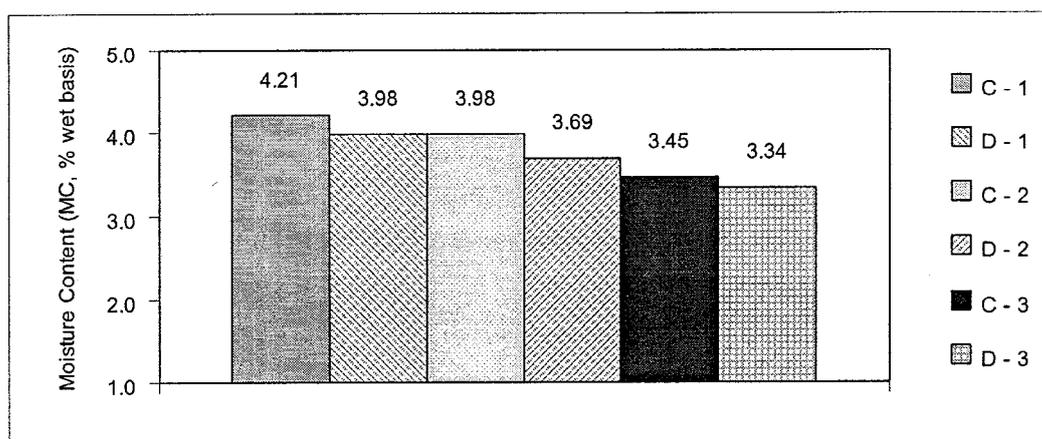
ชื่อชิ้นงาน ฟางข้าว / แกลบ (%)	สารยึดติด (%)	Density (D,kg/m ³)	Moisture Content (MC,%)	Linear Expansion 24hrs.(LE,%)	Modulus of Rupture (MOR,MPa)	Modulus of Elasticity (MOE,MPa)	Impact Resistant (IR,J/m)	Thermal Conductivity (K,W/m.K)
C-1 75 / 15	10	875	4.21	0.60	37.89	2987	54.25	0.102
C-2 55 / 25	20	864	3.98	0.54	38.95	3120	49.85	0.119
C-3 35 / 35	30	872	3.45	0.49	42.56	3325	40.25	0.125
ชื่อชิ้นงาน ฟางข้าว / แกลบดำ (%)	สารยึดติด (%)							
D-1 75 / 15	10	887	3.98	0.55	32.15	2755	62.35	0.172
D-2 55 / 25	20	877	3.69	0.51	34.56	2997	57.54	0.189
D-3 35 / 35	30	855	3.34	0.42	37.35	3142	42.65	0.202
Standard		500 - 800	4 - 10	0.30	20.00	2068	-	-

4.2.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด

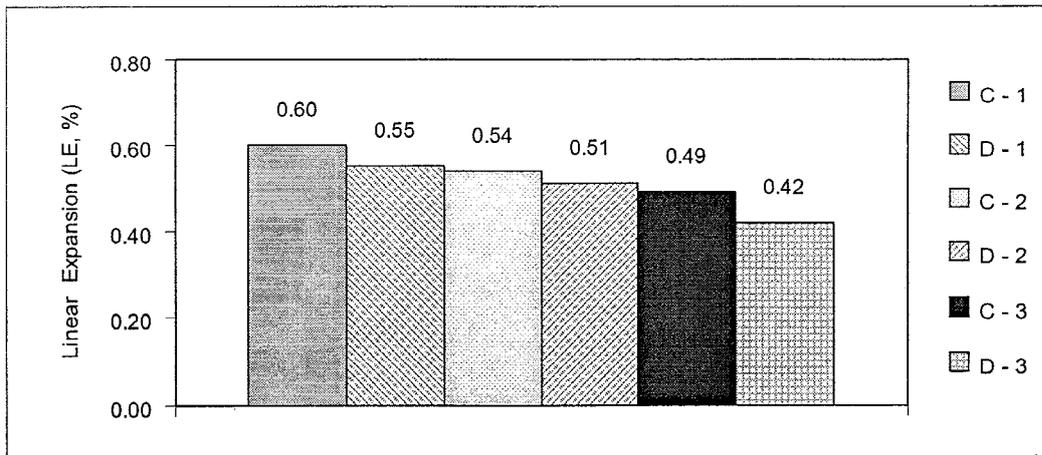


ภาพที่ 4.4 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ด

ภาพที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบค่าความหนาแน่น จากข้อมูลพบว่า เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความหนาแน่นสูงกว่าส่วนผสม ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ก็จะส่งผลให้ความหนาแน่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้นและเมื่อพิจารณาชิ้นงานที่ใช้เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเท่ากันแต่แตกต่างกันเฉพาะวัตถุดิบบางรายการ เช่น ชิ้นงาน C-1 และ D-1 จากการศึกษพบว่า ชิ้นงานประเภท D (มีเส้นใยเป็นส่วนใหญ่) มีแนวโน้มว่าความหนาแน่นของชิ้นงานจะสูงกว่าชิ้นงานประเภท C โดยเฉลี่ยประมาณ 1.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลมาจากเส้นใยมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าเส้นใย ทำให้สามารถอัดขึ้นรูปได้แน่นกว่าเส้นใย



ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบค่าความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ด

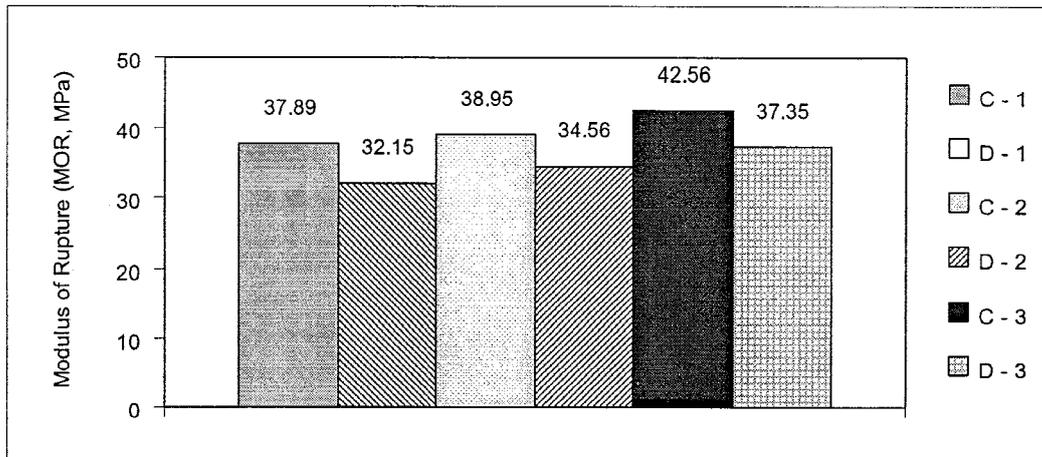


ภาพที่ 4.6 ผลการทดสอบค่าการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ค

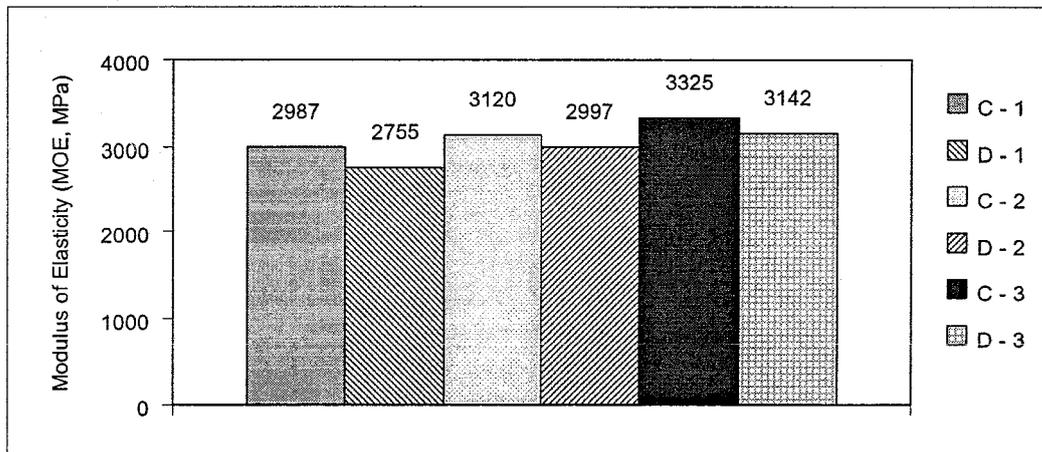
จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 แสดงค่าความชื้นและการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ค ซึ่งผลของการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ หรือปริมาณสารยึดติดจะทำให้ความชื้นภายใน และการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์คเมื่อแช่ในน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการแทรกซึมของน้ำเข้าสู่สารยึดติดเป็นไปได้ค่อนข้างยาก ด้วยเหตุนี้เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จึงส่งผลให้ความชื้นและการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์คลดลง และเมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเท่ากันพบว่าปาร์ติเกิลบอร์คที่มีเถ้าเคลบดำเป็นส่วนผสมจะมีความชื้นและการขยายตัวน้อยกว่าปาร์ติเกิลบอร์คที่มีเถ้าเคลบเป็นส่วนผสมโดยเฉลี่ยประมาณ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากปาร์ติเกิลบอร์คที่มีเถ้าเคลบดำเป็นส่วนผสมจะมีความหนาแน่นสูงกว่า ทำให้สามารถดูดซับได้น้อยเมื่อนำไปทดสอบแช่ในน้ำ ดังนั้นจึงส่งผลให้มีการขยายตัวต่ำ

4.2.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ค ที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด

การศึกษาในส่วนของสมบัติทางกลศาสตร์ของปาร์ติเกิลบอร์ค ได้ศึกษาถึงค่าความแข็งแรงในด้านต่าง ๆ ของปาร์ติเกิลบอร์คที่อัดขึ้นรูปจากฟางข้าว เกลบและเถ้าเคลบดำกับปริมาณสารยึดติด จากการทดสอบพบว่า ค่าความแข็งแรงต่าง ๆ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดจะช่วยในการจับตัวกันระหว่างอนุภาคของส่วนผสม ทำให้ปาร์ติเกิลบอร์คมีความสามารถยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ซึ่งมีผลการทดสอบดังแสดงดังในภาพที่ 4.7 - 4.9

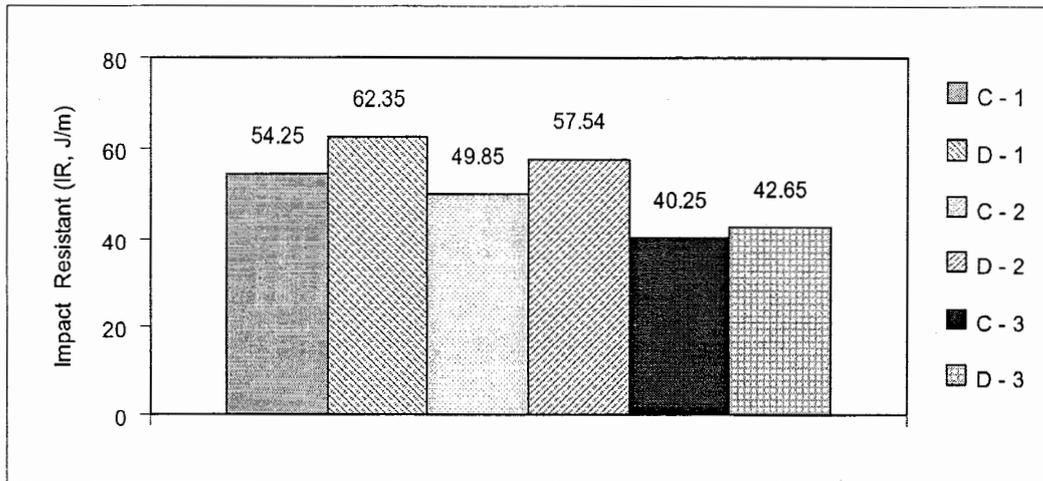


ภาพที่ 4.7 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าวของปาร์ติเกิลบอร์ด



ภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของปาร์ติเกิลบอร์ด

เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเท่ากัน (เช่น C-1 และ D-1) ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีเกลบเป็นส่วนผสมจะให้ค่ามอดูลัสแตกร้าว และมอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่ากรณีที่มีเถ้าเกลบค่าเป็นส่วนผสมประมาณ 12 และ 6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากความแตกต่างทางกายภาพของวัสดุทั้งสองชนิด คือ เถ้าเกลบค่าจะมีความละเอียดของอนุภาคสูงกว่าเกลบ ดังนั้นเมื่อถูกนำไปทดสอบในลักษณะของการรับแรงดึงจึงมีความแข็งแรงน้อยกว่าอนุภาคที่มีลักษณะเป็นเส้นใยและมีขนาดที่ยาวกว่า อย่างไรก็ตามอนุภาคที่มีความละเอียดจะช่วยให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงในกรณีที่ได้รับแรงในลักษณะของการกระแทก

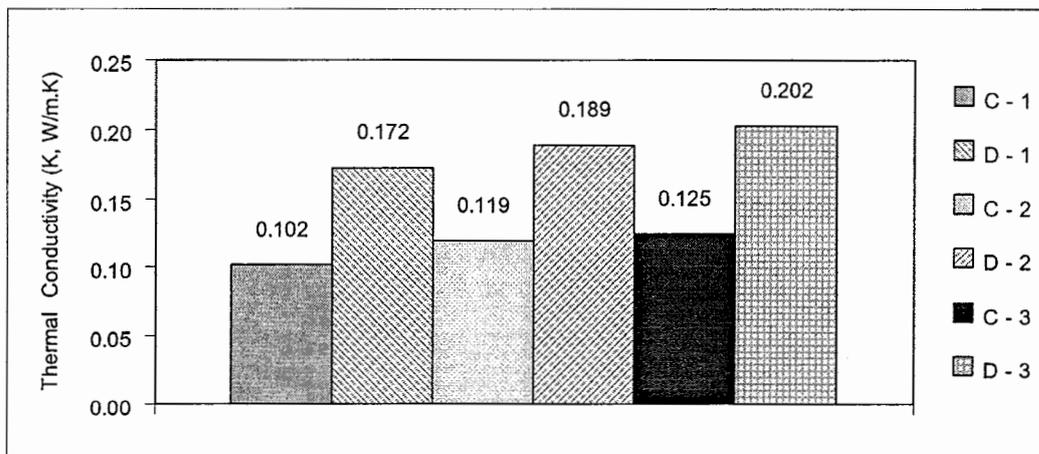


ภาพที่ 4.9 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ด

4.2.3 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจาก

ส่วนผสม 3 ชนิด

ภาพที่ 4.10 แสดงผลการศึกษสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ จากการทดสอบพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติดจะทำให้ค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารยึดติดที่เพิ่มเข้าไปจะทำให้ช่องว่างหรือรูพรุนภายในปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง นอกจากนั้นพบว่าชิ้นงานที่ใช้แกลบเป็นส่วนผสมจะมีค่าความเป็นฉนวนดีกว่าชิ้นงานที่ใช้เถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสม เนื่องจากชิ้นงานที่ใช้เถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสมจะมีความหนาแน่นสูงหรือมีรูพรุนน้อย



ภาพที่ 4.10 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด

4.3 ผลการศึกษาสัดส่วนวัตถุดิบต่อสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ด

ในหัวข้อนี้ได้ศึกษาผลของสัดส่วนวัตถุดิบต่อสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ด โดยในการศึกษาได้ใช้สารยึดติดในสัดส่วนคงที่เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 3 ชนิด
ที่ปริมาณสัดส่วนสารยึดติด 20 เปอร์เซ็นต์

ชื่อชิ้นงาน/ ฟางข้าว : แกลบ (%)	สารยึดติด (%)	Density (D,kg/m ³)	Moisture Content (MC,%)	Linear Expansion 24hrs. (LE,%)	Modulus of Rupture (MOR,MPa)	Modulus of Elasticity (MOE,MPa)	Impact Resistant (IR,J/m)	Thermal Conductivity (K,W/m.K)
C-2 55 / 25	20	864	3.98	0.54	38.95	3120	49.85	0.119
C-4 40 / 40	20	889	7.45	0.74	16.35	1356	21.36	0.421
C-5 25 / 55	20	898	9.25	0.54	12.56	1234	22.28	0.302

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 สามารถสรุปในแต่ละประเด็นได้ดังนี้

4.3.1 สมบัติทางกายภาพ ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น ความชื้นและการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด จากข้อมูลพบว่า หากลดปริมาณของฟางข้าวหรือในทางตรงข้ามคือเพิ่มปริมาณแกลบ จะทำให้ความหนาแน่นและความชื้นภายในเพิ่มขึ้น ในขณะที่การขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ดมีแนวโน้มลดลง

4.3.2 สมบัติทางกล จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อลดปริมาณของฟางข้าวจะมีผลทำให้ค่ามอดูลัสแตกร้าว และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการลดความเป็นเส้นใยและรูพรุนภายในปาร์ติเกิลบอร์ดของฟางข้าว ค่าความแข็งแรงจึงลดลงตามไปด้วย

4.3.3 สมบัติทางความร้อน จากการทดสอบพบว่า เมื่อลดปริมาณฟางข้าวจะมีผลทำให้ค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากจะทำให้ช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง

4.4 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากส่วนผสม 4 ชนิด

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงผลการทดลองอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 4 ชนิด ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ เถ้าแกลบดำ และสารยึดติด โดยทดสอบปรับเปลี่ยนวัสดุกับปริมาณของสารยึดติดที่ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 4 ชนิด

วัสดุ	สัดส่วน (%)	สารยึดติด (%)	Density (D,kg/m ³)	Moisture Content (MC,%)	Linear Expansion 24hrs. (LE,%)	Modulus of Rupture (MOR,MPa)	Modulus of Elasticity (MOE,MPa)	Impact Resistant (IR,J/m)	Thermal Conductivity (W/m.K)
ฟางข้าว	30	10	868	9.32	0.74	14.52	1458	29.15	0.442
แกลบ	30								
เถ้าแกลบดำ	30								
ฟางข้าว	40	20	880	7.52	0.72	15.15	1785	36.45	0.411
แกลบ	20								
เถ้าแกลบดำ	20								
ฟางข้าว	50	30	912	6.38	0.62	18.24	1954	39.25	0.225
แกลบ	10								
เถ้าแกลบดำ	10								
Standard			500 - 800	4 - 10	0.30	20.00	2068	-	-

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากส่วนผสม 4 ชนิด จากข้อมูลพบว่าเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด จะทำให้ความหนาแน่น ค่ามอดูลัสแตกร้าว ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าต้านทานแรงกระแทกของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความหนาแน่นสูงกว่า และมีความแข็งแรงมากกว่าส่วนผสม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่า สมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ขึ้นรูปโดยใช้สัดส่วนผสม 4 ชนิด ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นความชื้นเท่านั้นที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน

4.5 ผลการทดสอบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

การทดสอบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเอาผลิตภัณฑ์จากหลาย ๆ ผู้ผลิตหรือตราสินค้ามาทดสอบ แล้วนำเสนอในรูปแบบของค่าเฉลี่ย จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้จากอัดขึ้นรูปในงานวิจัยนี้ ซึ่งมีผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปกับมาตรฐานและที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป

Sample	Density (D, kg/m ³)	Moisture Content (MC, %)	Linear Expansion (LE, %)	Modulus of Rupture (MOR, MPa)	Modulus of Elasticity (MOE, MPa)	Thermal Conductivity (K, W/m.K)
ฟางข้าว : สารยึดติด, (A)						
90 : 10	575	5.02	0.65	23.12	2345	0.056
85 : 15	592	4.98	0.53	24.45	2454	0.068
80 : 20	634	4.25	0.42	26.56	2508	0.070
75 : 25	702	3.66	0.20	30.08	3398	0.085
70 : 30	745	3.12	0.18	41.24	3986	0.170
แกลบ : สารยึดติด, (B)						
90 : 10	450	7.45	0.73	16.84	1803	0.078
85 : 15	512	6.89	0.68	18.45	2102	0.089
80 : 20	631	5.38	0.61	20.07	2250	0.091
75 : 25	639	5.17	0.43	21.26	2500	0.091
70 : 30	695	4.58	0.40	29.56	2742	0.104

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปกับมาตรฐานและที่มีจำหน่ายตาม
ท้องตลาดทั่วไป (ต่อ)

Sample	Density (D, kg/m ³)	Moisture Content (MC, %)	Linear Expansion (LE, %)	Modulus of Rupture (MOR, MPa)	Modulus of Elasticity (MOE, MPa)	Thermal Conductivity (K, W/m.K)
ฟางข้าว : แกลบ : สารยึดติด, (C)						
75 / 15 / 10	875	4.21	0.60	37.89	2987	0.102
55 / 25 / 20	864	3.98	0.54	38.95	3120	0.119
35 / 35 / 30	872	3.45	0.49	42.56	3325	0.125
40 / 40 / 20	889	7.45	0.74	16.35	1356	0.421
25 / 55 / 20	898	9.25	0.54	12.56	1234	0.302
ฟางข้าว : เถ้าแกลบดำ : สารยึดติด, (D)						
75 / 15 / 10	887	3.98	0.55	32.15	2755	0.172
55 / 25 / 20	877	3.69	0.51	34.56	2997	0.189
35 / 35 / 30	855	3.34	0.42	37.35	3142	0.202
ฟางข้าว : แกลบ : เถ้าแกลบดำ : สารยึดติด, (E)						
30 / 30 / 30 / 10	868	9.32	0.74	14.52	1458	0.442
40 / 20 / 20 / 20	880	7.52	0.72	15.15	1785	0.411
50 / 10 / 10 / 30	912	6.38	0.62	18.24	1954	0.225
แผ่นไม้อัด 9 มม.	912	4.25	0.41	15.15	2856	0.289
แผ่นอิปซัม 9 มม.	729	6.35	0.58	24.65	2482	0.306
แผ่นไม้อัด MDF 9 มม.	850	5.14	0.52	18.26	2902	0.245
Standard	500-800	4-10	0.30	20	2068	-

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 สามารถสรุปเปรียบเทียบในแต่ละประเด็นได้ดังนี้

4.5.1 สมบัติทางกายภาพ

4.5.1.1 ความหนาแน่น หากพิจารณาเปรียบเทียบความหนาแน่นของชิ้นงานที่ได้จากงานวิจัยนี้กับชิ้นงานจากห้องตลาดและค่ามาตรฐานพบว่า ชิ้นงานกลุ่ม A และ B มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ชิ้นงานจากห้องตลาดจะมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นหากพิจารณาในด้านน้ำหนักจะพบว่า หากชิ้นงานมีขนาดเท่ากัน ชิ้นงานกลุ่ม A และ B จะมีน้ำหนักเบากว่าชิ้นงานจากห้องตลาด

4.5.1.2 ความชื้น จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 จะพบว่าชิ้นงานทุกชนิดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนั้นยังพบว่า ความชื้นของชิ้นงานที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับความชื้นของชิ้นงานจากห้องตลาด

4.5.1.3 การขยายตัวทางความยาว จากข้อมูลพบว่า ชิ้นงานทุกชนิดส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งรวมทั้งชิ้นงานจากห้องตลาด ยกเว้นชิ้นงานกลุ่ม A ที่สัดส่วนฟางข้าวต่อสารยึดติด 75 : 25 และ 70 : 30 เท่านั้น ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

4.5.2 สมบัติทางกล

4.5.2.1 ค่ามอดูลัสแตกร้าว จากข้อมูลในตารางพบว่ากลุ่มชิ้นงานที่มีค่ามอดูลัสแตกร้าวโดยเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ชิ้นงานกลุ่ม D ซึ่งมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 34.69 MPa และยังพบว่า ชิ้นงานกลุ่ม A และ B มีค่ามอดูลัสแตกร้าวผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกส่วนผสม อีกทั้งยังมีค่าสูงกว่าชิ้นงานจากห้องตลาด

4.5.2.2 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น จากข้อมูลพบว่ากลุ่มชิ้นงานที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือ ชิ้นงานกลุ่ม A, B, D และชิ้นงานจากห้องตลาด โดยกลุ่มชิ้นงานที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นค่อนข้างสูงคือ กลุ่ม A และ D

4.5.3 สมบัติทางความร้อน

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 สามารถเรียงลำดับค่าการนำความร้อนของแต่ละกลุ่มชิ้นงานจากมากไปหาน้อยคือ ชิ้นงานกลุ่ม E, ชิ้นงานจากห้องตลาด, ชิ้นงานกลุ่ม D, C, B และ A ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าชิ้นงานที่ได้จากงานวิจัยนี้โดยส่วนใหญ่มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าชิ้นงานจากห้องตลาด หรืออีกนัยหนึ่งคือ มีความเป็นฉนวนความร้อนมากกว่าชิ้นงานจากห้องตลาด

4.6 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้เลือกกรณีใช้ฟางข้าวและสารยึดติดในสัดส่วน 75 : 25 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ทำให้ขึ้นงานผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกๆ ด้านมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์มีข้อสมมุติฐานต่างๆ ดังนี้

4.6.1 ฟางข้าว มีราคาเท่ากับ 1 บาท/กิโลกรัม

4.6.2 กาวสังเคราะห์ ตัวทำแข็งและซีฟิ่งพาราฟิน มีราคาเท่ากับ 20 บาท/กิโลกรัม

4.6.3 กำลังในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดเท่ากับ 6 แผ่น/ชั่วโมง ผลิตวันละ 7 ชั่วโมง หรือ 42 แผ่นต่อวัน

4.6.4 อัตราค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.50 บาท

4.6.5 ไม่คิดค่าแรงงาน

ดังนั้นต้นทุนในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดประกอบด้วยต้นทุน 2 ส่วน คือ ต้นทุนวัตถุดิบ และต้นทุนด้านพลังงาน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ต้นทุนแต่ละด้านได้ดังนี้

(1) ต้นทุนวัตถุดิบ

ในการคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ต่อแผ่น วิเคราะห์โดยใช้ค่าความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและสารยึดติดเท่ากับ 700 kg/m^3 เป็นเกณฑ์ในการหาปริมาณวัตถุดิบที่จะต้องใช้ จากการคำนวณพบว่า ต้องใช้วัตถุดิบตามปริมาณที่แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณการใช้วัตถุดิบต่อแผ่น

รายการ	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
ฟางข้าว	6.37	6.37
กาวสังเคราะห์ ตัวทำแข็งและซีฟิ่งพาราฟิน	1.23	24.60
รวม	8.5	30.97

(2) ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

ในระบบการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อุปกรณ์แต่ละชนิด ต้องการกระแสไฟดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความต้องการกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละชนิด

อุปกรณ์	กระแสไฟฟ้า (A)
เครื่องผสมวัตถุดิบ	0.12
เครื่องบด-ย่อยวัตถุดิบ	0.15
เครื่องขึ้นรูปเย็น	0.78
เครื่องขึ้นรูปร้อน	0.13
เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	0.13
เครื่องอบ	0.30
รวม	1.61

จากตารางที่ 4.7 จะสรุปได้ว่า หากทำการผลิตวันละ 7 ชั่วโมง จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 2.46 หน่วย คิดเป็นค่าพลังงานเท่ากับ 8.62 บาท หรือต้องจ่ายค่าพลังงานในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดเท่ากับ 20 สตางค์ต่อแผ่น

ดังนั้นต้นทุนในการผลิตทั้งหมดต่อแผ่นจะเท่ากับ 31.17 บาทและเมื่อเปรียบเทียบกับราคาปาร์ติเกิลบอร์ดตามท้องตลาด ซึ่งมีราคาโดยเฉลี่ยประมาณแผ่นละ 12 บาท จะพบว่ายังไม่มี ความเหมาะสม เนื่องจากต้นทุนการผลิตยังสูงกว่าราคาตามท้องตลาดค่อนข้างมาก และมีข้อสังเกตคือต้นทุนประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์มาจากกาวสังเคราะห์ ตัวทำแข็งและสีผงพาราฟิน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

วิจัยนี้ได้ศึกษาการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และได้ศึกษาถึงสมบัติของปาร์ติเกิลที่อัดขึ้นรูปทั้งสมบัติทางด้านกายภาพ สมบัติทางกลและสมบัติทางความร้อน ผู้วิจัยได้ทำการขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 และบทที่ 4 โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน ชนิด เกรด EU- 617 เป็นสารยึดติด ในการทดลองได้ปรับเปลี่ยนปริมาณส่วนผสมสารยึดติดที่ระดับต่างๆ และแบ่งการทดลองเป็น 3 ชุด คือ

5.1.1 การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้ส่วนผสม 2 ชนิด ซึ่งได้แก่ กรณีใช้กาวกับ ฟางข้าว และกรณีใช้กาวกับแกลบ

5.1.2 การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้ส่วนผสม 3 ชนิด ซึ่งได้แก่ กรณีที่ใช้กาว ฟางข้าว และแกลบ กับกรณีที่ใช้กาว ฟางข้าวและแกลบดำ

5.1.3 การทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

การศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดในด้านต่างๆ ดังนี้ การทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น เฟอร์เซนต์ความชื้น และสมบัติการขยายตัวทางความยาว โดยดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966 – 2533 การทดสอบสมบัติทางกล ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าว ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงกระแทก โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM Izod D-256 นอกจากนั้นยังได้ทดสอบสมบัติทางความร้อน ซึ่งได้แก่ ค่าการนำความร้อน โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C-177

ผลจากการศึกษาในงานวิจัยนี้ พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด โดยสัดส่วนที่มีความเหมาะสมในการนำมาพัฒนาต่อยอด คือ ฟางข้าวต่อกาวในสัดส่วน 75:25 เฟอร์เซนต์ ปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปภายใต้เงื่อนไขนี้ เมื่อนำไปทดสอบสมบัติในด้านต่างๆ พบว่ามีความเหมาะสม คือ ความหนาแน่น 702 kg/m³ ค่ามอดูลัสแตกร้าว 30.08 MPa ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 3393 MPa ค่าความต้านทานแรงกระแทก 33.87 MPa

และค่าการนำความร้อน 0.0855 W/m.K ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม และเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางขายตามท้องตลาด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยนี้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในอนาคตสามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 แม่พิมพ์ที่ได้จัดสร้างขึ้นใช้ในการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด โดยการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้ฮีตเตอร์ชนิดแบบแท่ง ให้ความร้อนแม่พิมพ์กระจายไม่สม่ำเสมอ บางจุดมีความร้อนสูง ส่งผลให้การยึดเกาะของสารติดยึดบางจุดเกิดการเชื่อมตัวทางขวางมากเกินไป ทำให้เกิดความหนาแน่นของแผ่นแตกต่างกัน สำหรับแนวทางในการปรับปรุงแม่พิมพ์ คือควรใช้ฮีตเตอร์ชนิดแบบแผ่น หรือใช้ระบบไอน้ำแทน เพื่อให้ได้ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิที่ดี

5.2.2 เครื่องพ่นสารยึดติดและผสมสารยึดติดที่ได้สร้างขึ้นใช้ในการทดลองในครั้งนี้ ควรติดตั้งหัวพ่นกาวให้มากกว่า 2 หัว บริเวณเครื่องผสม เพื่อที่จะให้กาวเกิดการกระจายตัวของกาวจะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในช่วงการคลุกเคล้าภายในเครื่องผสม หากหัวพ่นสารยึดติดมีน้อยจะทำให้บางส่วนของขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดได้รับสารยึดติดมากบ้าง น้อยบ้างหรือไม่ได้รับเลย ทำให้การยึดติดไม่ดีขณะนำไปอัดขึ้นรูป

5.2.3 ขณะทำการอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดควรใช้ผ้าห่มคลุมหรือผ้าห่มอีเอ็มล้นทาบบริเวณแม่พิมพ์ในส่วนของ (core plate) ที่อยู่ร่วมกับชุดแม่พิมพ์ด้านล่าง (bottom plate) และแม่พิมพ์ชุดบน (top plate) เพื่อป้องกันการติดของปาร์ติเกิลบอร์ดกับแม่พิมพ์ขณะทำการอัดร้อน

5.2.4 ศึกษาถึงความแตกต่างสมบัติของการใช้สารเติมแต่งที่ระดับต่างๆ และปริมาณของสารเคลือบผิวกันชื้นต่อการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำของปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูป

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมวิชาการเกษตร. พืชพลังงานและวัสดุเหลือใช้การเกษตร. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2526.
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. การพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. วารสารการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร, 2542.
- [3] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การใช้ฉนวน. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2533.
- [4] ตระการ ก้าวสถิกรรณ. คู่มือฉนวนความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนคี่, 2537.
- [5] มนตรี อึ้งเจริญ. การนำความร้อน. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2537.
- [6] American Society of Heating. Refrigerating and Conditioning Engineering.
ASHRAE Handbook Fundamentals I-P Edition: Atlanta Gorgia, 1997.
- [7] ตระการ ก้าวสถิกรรณ. “ฉนวนความร้อน”, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนคี่, 2537.
- [8] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การใช้ฉนวน. เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2543.
- [9] วรธรรม อุ๋นจิตติชัย. “อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีการผลิต”, เอกสารวิชาการเลขที่ ร.514. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้. กรมป่าไม้ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541.
- [10] ศรีสกุล อามระรัตนะ. ระบบการตลาดแผ่นฉนวนใยแก้วของประเทศไทยปี 2534 -2536.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537.
- [11] กฤษณ์ กิ่งไก่อและคณะ. คุณสมบัติของคอนกรีตผสมซีเมนต์กับเถ้าแกลบขาว. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548.
- [12] Viswanathan R. and Gothandapani L. “Mechanical Properties of coir particle board”,
in Bioresource Technology. pp. 93-95, 1999.
- [13] Charoenvai S. Development of New Particleboards from Durian Peel and Coconut Coir with Low Thermal Conductivity. Master of Engineering Thesis: King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2000.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [14] ประยูร สุรินทร์. การศึกษากระบวนการผลิตและสมบัติของแผ่นฉนวนความร้อนจากขานอ้อย วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.
- [15] Suttisonk B. Initial Investigation of Feasibility of Utilizing Agriculture Waste (fruit) as a Component of Building Materials with Low Thermal Conductivity. Master of Science Thesis : King Mongkut's University of Technology Thonburi, 1999.
- [16] Sampathrajan A. and et al. "Mechanical and Thermal Properties of Particle boards made from farm residues", in Bioresource Technology. s.n., 1992.
- [17] Viswanathan R. and et al. "Water absorption and swelling characteristics of coir pith particle", in Bioresource Technology, 2000.
- [18] Khristova P. and et al. "Particle boards from sunflower stalks", in Bioresource Technology, 1996.
- [19] Tedjwahjono S. "Particle board from surgarcane bagasse", in Berita-Pusat penelitian Pekebunun gula Indonesia, 1995.
- [20] Hsu W.E. and et al. "Chemical and Physical changes required for Producing Dimensionally stable Wood-based Composites", in Part. 1. Steam pretreatment. Wood Science and Technology, 1988.
- [21] Kajata H. and Immamura Y., "Improvement of physical and biological properties of Particleboard by Impregnation with Phenolic resin", in Wood Science and Technology, 1992.
- [22] Fan M.Z. and et al. Dimensional Instability of Cement-bonded Particleboard Mechanism of Deformation of CBPB. Cement and Concrete Research, 1999.
- [23] Yahya S.N. and Abdul-Kader R. "Properties of Particleboard Manufactured from less-used species I: Anthocephalus Chinensis", in Adhesive technology and Bonded tropical Wood. Taiwan Forestry Research Institute, 1998.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [24] ประมวล ดีประดวง. การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดความหนาแน่นต่ำจากขุยมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2529.
- [25] วาที ทองสัมฤทธิ์ และ ธนวรรณ เวียงสีมา. การศึกษาระดับปริมาณเนื้อกวาวที่มีผลต่อกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา วิทยานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2538.
- [26] กิตติศักดิ์ บัวศรี. การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.
- [27] American Society for Testing and Materials. ASTM C 177 Standard Test Methods for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus. In Annual Book of ASTM Standards , Philadelphia: ASTM, 1985.
- [28] Paturau, J.M. "By-products of the Cane Sugar Industry.", in Sugar Series. Elsevier: Amsterdam, 1982.
- [29] Odozi, T.O. and et al. 1986. Particle boards from Agricultural Wastes Agricultural Wastes. s.n., 1986.

ภาคผนวก

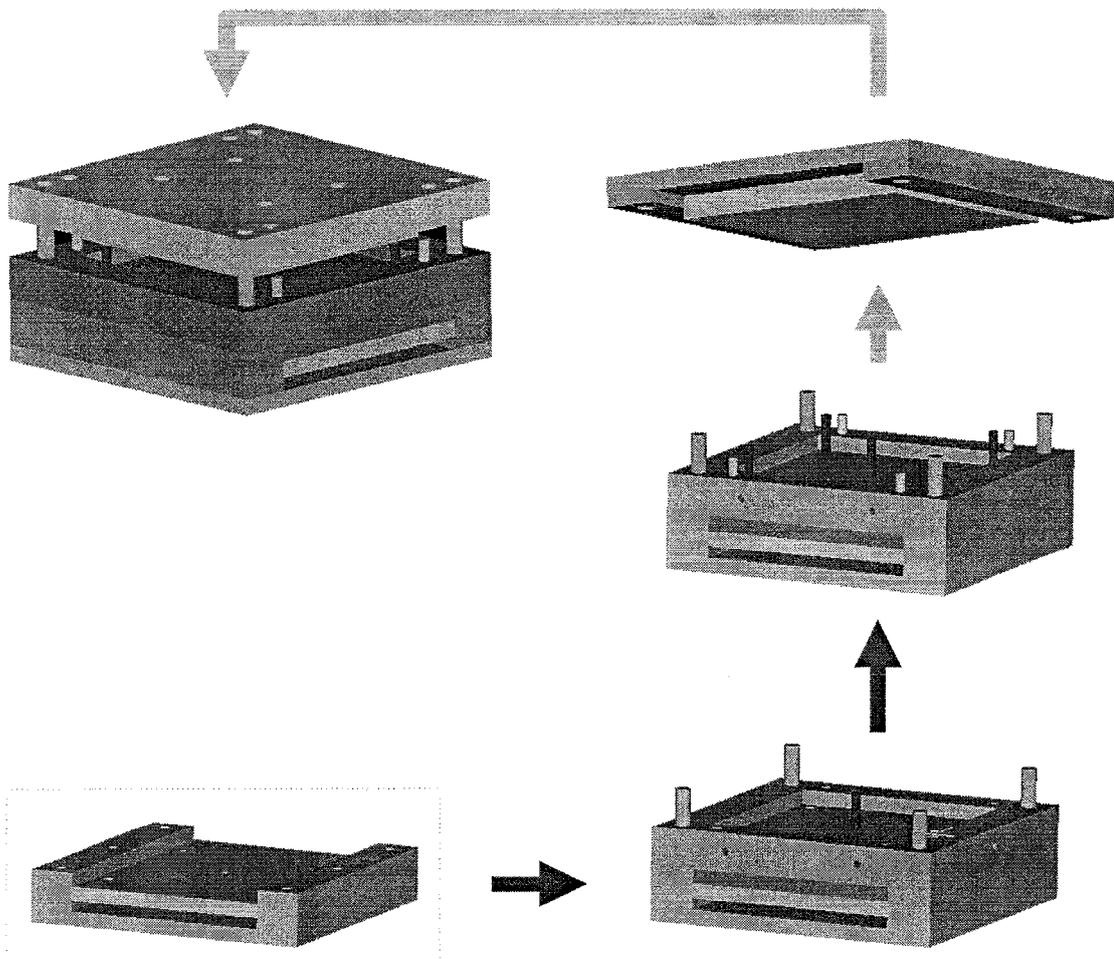
ภาคผนวก ก

แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปและตัวอย่างการคำนวณค่ากำลังงานความร้อน

ภาคผนวก ก

แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปและตัวอย่างการคำนวณค่ากำลังงานความร้อน

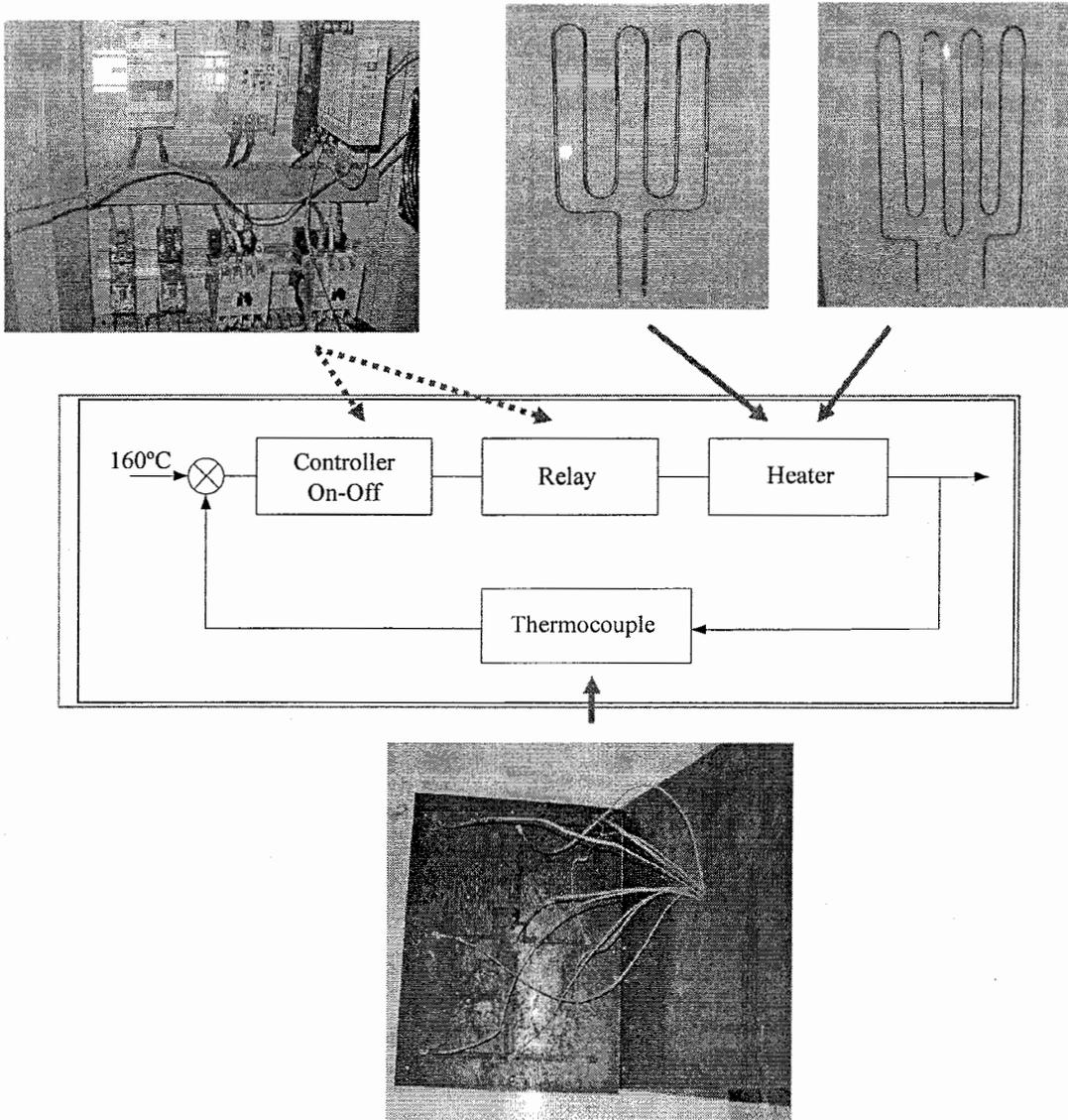
1. การออกแบบชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด (Mold Design) ดังภาพที่ ก.1



ภาพที่ ก.1 แสดงการออกแบบแม่พิมพ์ชุดอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

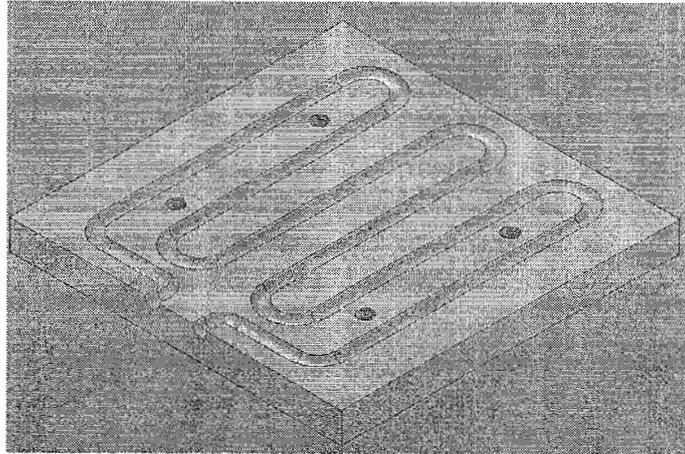
2. การควบคุมอุณหภูมิของชุดให้ความร้อนแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป

ภาพที่ ก.2 แสดงชุดควบคุมจะส่งต่อรีเลย์เพื่อจ่ายไฟให้กับฮีสเตอร์ที่ติดตั้งไว้ที่แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งด้านบนและด้านล่าง หากอุณหภูมิของชุดแม่พิมพ์มีค่าสูงเกินที่ตั้งค่าไว้ประมาณ 160 องศาเซลเซียส ชุดควบคุมจะสั่งตัดให้รีเลย์หยุดการทำงาน



ภาพที่ ก.2 แสดงการควบคุมอุณหภูมิของชุดให้ความร้อนแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

3. ตัวอย่างการคำนวณหาค่ากำลังงานความร้อนของฮีสเตอร์แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปตัวบน



ภาพที่ ก.3 แสดงการติดตั้งฮีสเตอร์แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปตัวบน

ตัวอย่าง แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปส่วนบนแสดงในภาพที่ ก.3 มีขนาดแผ่นเหล็ก 350 x 350 x 32 มม. ใช้เวลาในการอุ่นแม่พิมพ์ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

$$Q = m C_v \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

$$Q \cdot = \frac{Q}{\Delta T} \dots\dots\dots (2)$$

$$m = 29.73 \text{ kg} , C_v = 0.45 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

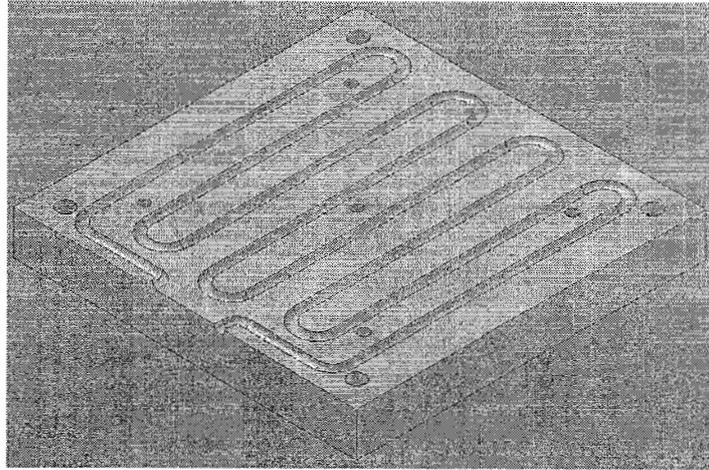
$$T_1 = 30 \text{ } ^\circ\text{C} , T_2 = 160 \text{ } ^\circ\text{C} , \Delta t = 600 \text{ sec}$$

จากสูตรสมการ (1) และ (2) จะได้

$$\begin{aligned} Q \cdot &= \frac{m C_v \Delta T}{\Delta T} \\ &= \frac{(29.73)(0.45)(160-30)}{600} \\ &= 2.89 \text{ kJ/s} = 2.89 \text{ kW} \end{aligned}$$

กำลังงานความร้อนของฮีสเตอร์แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปตัวบนเท่ากับ 2.89 กิโลวัตต์

4. ตัวอย่างการคำนวณหาค่ากำลังงานความร้อนของฮีสเตอร์แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปตัวถ่าง



ภาพที่ ก.4 แสดงการติดตั้งฮีสเตอร์แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปตัวถ่าง

ตัวอย่าง แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปส่วนบนแสดงในภาพที่ ก.4 มีขนาดแผ่นเหล็ก 500 x 500 x 64 มม.

ใช้เวลาในการอุ่นแม่พิมพ์ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

$$Q = m C_v \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

$$Q^{\circ} = \frac{Q}{\Delta T} \dots\dots\dots (2)$$

$$m = 98 \text{ kg} , C_v = 0.45 \text{ kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = 30 \text{ } ^{\circ}\text{C} , T_2 = 160 \text{ } ^{\circ}\text{C} , \Delta t = 1200 \text{ sec}$$

จากสูตรสมการ (1) และ (2) จะได้

$$\begin{aligned} Q^{\circ} &= \frac{m C_v \Delta T}{\Delta T} \\ &= \frac{(98)(0.45)(160-30)}{1200} \\ &= 4.78 \text{ kJ/s} = 4.78 \text{ kW} \end{aligned}$$

กำลังงานความร้อนของฮีสเตอร์แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปตัวบนเท่ากับ 4.78 กิโลวัตต์

5. การคำนวณต้นทุนการผลิต แผ่นปรกติเกลือบอร์ด

5.1 การคำนวณหาอัตราค่าใช้จ่ายการผลิตต่อระดับการผลิตปกติ โดยใช้สูตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายการผลิตต่อชั่วโมง} &= \frac{\text{ค่าใช้จ่ายการผลิตประมาณ}}{\text{ชั่วโมงแรงงานทางตรง ณ ระดับการผลิตปกติ}} \\ &= \frac{24,000 + (12,000 \times 1)}{12,000} \\ &= 3 \text{ บาท / ชั่วโมงแรงงานทางตรง} \end{aligned}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายการผลิตคงที่มาตรฐาน} = \frac{24,000}{12,000} = 2 \text{ บาท / ชั่วโมง}$$

$$\text{โดยแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายการผลิตผันแปรตามมาตรฐาน} = \frac{12,000}{12,000} = 1 \text{ บาท / ชั่วโมง}$$

5.2 การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า

สำหรับการใช้ไฟฟ้า 1 หน่วย หรือ 1 ยูนิท คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ ที่ใช้งานในเวลา 1 ชั่วโมง หรือใช้สูตรการคำนวณดังนี้

กำลังไฟฟ้า (วัตต์) x จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า ÷ 1000 x จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานใน 1 วัน

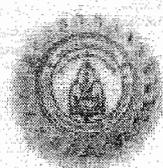
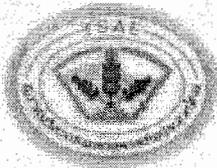
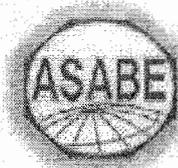
$$\text{การคิดค่ากระแสไฟฟ้า} = \frac{\text{Ampere} \times \text{Voltage} \times \text{time}}{1000} = 1 \text{ หน่วย}$$

ภาคผนวก ข
รายงานบทความวิชาการ

รายงานบทความวิชาการ

บทความวิชาการที่ได้จากงานวิจัยนี้ประกอบด้วยบทความต่างๆ ดังต่อไปนี้

- อาคม ปาสีโล และ อำไพศักดิ์ ทีบุญมา. “การศึกษาพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากฟางข้าวและแกลบ”, ใน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 ; 22 – 24 มกราคม 2550 ; ขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (National conference)
- อาคม ปาสีโล, นิรันดร์ หันไชยงวา และ อำไพศักดิ์ ทีบุญมา. “การศึกษาสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ”, ใน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3 ; 23-25 พฤษภาคม 2550 ; กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
Paper no. ENETT2550 – 129 (National conference)
- อาคม ปาสีโล, นิรันดร์ หันไชยงวา และ อำไพศักดิ์ ทีบุญมา. “ผลของสารยึดต่อสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ”, ใน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21 ; 17-19 ตุลาคม 2550 ; ชลบุรี. (National conference)
- อำไพศักดิ์ ทีบุญมา และ อาคม ปาสีโล. “การพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร”, วิศวกรรมสาร มช. ปีที่ 35 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2551 , (National journal)

Faculty of Engineering
Ubon Ratchathani UniversityThe Society of
Agricultural EngineersAmerican Society of
Agricultural and Biological Engineers

การพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากฟางข้าวและแกลบ Development of particle board using rice straw and husk

อาคม ปาสิโล และ อัมไพศักดิ์ ทีบุญมา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
Arkorn Pasilo and Umphisak Teeboonma
Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Warinchumrab, Ubon Ratchathani, 34190
E-mail: arkorn_pasilo@yahoo.com

Abstract

The objective of this work was to study the properties of particle board using agricultural residue such as rice husk and rice straw. Urea formaldehyde resin was selected as the binder. Densities of particle board produced in this work were 558-688 kg/m³. In this research, properties of particle board investigated were thermal, physical, and mechanical properties. It was found that thermal conductivity is reduced with increasing density of particle board. Furthermore, it was revealed that particle board made from rice straw has the lowest thermal conductivity; moreover, impact resistance, rupture modulus and elasticity modulus of that particle board were the highest.

Keywords: Rice husk, Particle board, Rice straw

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ได้แก่ แกลบ และฟางข้าว โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด ซึ่งแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 558-688 kg/m³ สำหรับสมบัติที่ศึกษา ได้แก่ สมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกล ผลจากการศึกษาพบว่า ค่าการนำความร้อนจะลดลงเมื่อความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากฟางข้าวมีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังมีค่าความต้านทานแรงกระแทก โมดูลัสแตกหัก และโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด

คำสำคัญ: แกลบ, ปาร์ติเกิลบอร์ด, ฟางข้าว

คำนำ

ในปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติของประเทศไทยนับวันมีความต้องการในอัตราที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากความเจริญเติบโตของประเทศ ซึ่งมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ก่อให้เกิดความต้องการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทางเลือกหนึ่งที่จะอนุรักษ์พลังงาน สิ่งแวดล้อม และประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ คือ การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากมาย เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด และแกลบ วัสดุเหล่านี้เป็นวัสดุการเกษตรที่มีปริมาณมาก ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยลดความต้องการใช้ไม้จากธรรมชาติทางอ้อม [1] ที่ผ่านมามีการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่หลายชนิด เช่น การนำ

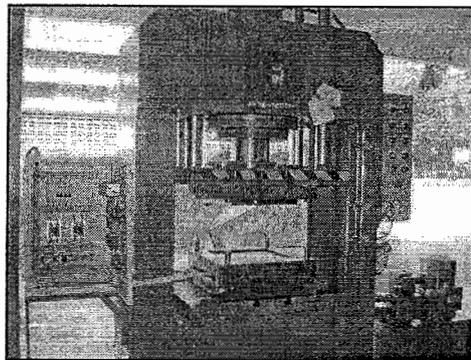
ชานอ้อยมาใช้ทำแผ่นวัสดุผสม เพื่อใช้ทดแทนแผ่นขึ้นไม้อัดในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ซึ่งหลังจากนำแผ่นวัสดุผสมที่ทำจากชานอ้อยไปทดสอบความแข็งแรงและคุณสมบัติการดูดความชื้นพบว่า มีค่าใกล้เคียงแผ่นไม้อัดที่ขายอยู่ในท้องตลาด [2] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการผลิตแผ่นวัสดุผสมใยกก [3] จากการทดสอบพบว่า มีสมบัติดีกว่าแผ่นไม้อัดที่มีขายในปัจจุบัน โดยสมบัติของแผ่นวัสดุผสมจะแปรผันตามความหนาแน่นของแผ่นวัสดุผสม นั่นคือ ความหนาแน่นสูงขึ้นสมบัติของแผ่นวัสดุผสมยังมีแนวโน้มดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้เศษใบชาผสมกับกาวยูเรียพอร์มาลดีไฮด์ [4] ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าความต้านแรงดัดมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากความหนาแน่นแล้วขนาดของเส้นใยก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นวัสดุผสมเช่นกัน จากการศึกษาการทำแผ่นวัสดุผสมจากใยมะพร้าว [5] ซึ่งจากการวิจัยพบว่า สมบัติเชิงกล สมบัติการดูดความชื้น และสมบัติการทนต่อการบวมตัวจะมีแนวโน้มดีขึ้นเมื่อเส้นใยที่ใช้ผลิตมีขนาดใหญ่ขึ้น

ในส่วนของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ได้แก่ แกลบ และฟางข้าว โดยใช้กาวยูเรียพอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด และศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางด้านความร้อน และทางด้านกลศาสตร์ของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่จำหน่ายตามท้องตลาดกับปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ในการทดลอง

การอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดใช้วิธีการขึ้นรูปแบบแห้ง (Dry process) โดยใช้เครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งอาศัยความร้อนทำให้เกิดการเชื่อมยึดติดระหว่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกับสารยึดติด



รูปที่ 1 ลักษณะของเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ ที่ใช้ในงานวิจัย

วัตถุดิบและการเตรียมส่วนผสม

ฟางข้าว และแกลบ ที่นำมาใช้ในงานวิจัย มีความชื้นประมาณร้อยละ 40 – 50 (โดยน้ำหนัก) โดยที่ฟางข้าวจะถูกย่อยให้สั้นลง 1-2 นิ้ว และนำไปแช่สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้ฟางข้าวเกิดการอ่อนตัวและย่อยได้ง่ายขึ้น ซึ่งใช้เวลาในการแช่นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างน้ำสะอาดแล้วตากแห้งและนำมาย่อยอีกครั้ง เพื่อให้ฟางข้าวมีขนาดเล็กลงเหลือประมาณ 3-15 มิลลิเมตร

เงื่อนไขการทดลอง

รายละเอียดของเงื่อนไขการทดลอง สรุปได้ดังนี้

1. สัดส่วนน้ำหนักของฟางข้าวต่อสารยึดติด ประกอบด้วย
 - ฟางข้าว ร้อยละ 80 : สารยึดติด ร้อยละ 20
 - ฟางข้าว ร้อยละ 75 : สารยึดติด ร้อยละ 25
2. สัดส่วนน้ำหนักของแกลบต่อสารยึดติด ประกอบด้วย
 - แกลบ ร้อยละ 80 : สารยึดติด ร้อยละ 20
 - แกลบ ร้อยละ 75 : สารยึดติด ร้อยละ 25

วิธีการทดลอง

ใช้แม่พิมพ์ติดตั้งเข้ากับเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์ โดยนำส่วนผสมและสารยึดติดที่เตรียมไว้ไปซึ่งน้ำหนักหามาผลิตตามการตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ ก่อนจะนำไปลงในกรอบเหล็กขนาด 350 × 350 × 60 มิลลิเมตร จากนั้นก็ทำการอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้จากการอัดขึ้นรูป จะถูกนำไปตัดแต่งขอบทั้ง 4 ด้าน เพื่อให้ได้ขนาด 300×300×9 มิลลิเมตร แล้วนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐานการทดสอบ ดังนี้ สมบัติเชิงกายภาพ ซึ่งได้แก่ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น สมบัติการดูดซึมน้ำ สมบัติการขยายตัวทางความยาว ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966 – 2533 สมบัติทางเชิงกลที่ทดสอบ ได้แก่ ค่ามอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และการทดสอบแรงกระแทก ซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน ASTM Izod D-256 ในส่วนของสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C-177

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลองสมบัติด้านต่างๆ ของปาร์ติเกิลบอร์ด

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ การทดสอบสมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากการอัดขึ้นรูปจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สรุปได้แสดงในตารางที่ 1 จากข้อมูลในตารางสามารถสรุปผลการศึกษาด้านต่างๆ ได้ดังนี้

1. ความหนาแน่น จากการทดลองอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งกรณีฟางข้าว และแกลบ พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ซึ่งเป็นผลจากความหนาแน่นของสารยึดติดมีค่ามากกว่าฟางข้าวและแกลบ ดังนั้นเมื่อปริมาณสารยึดติดเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น
2. ความชื้น การดูดซึมน้ำ และการขยายตัวเชิงเส้น จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจาก สารยึดติดมีความชื้นและความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำ ดังนั้น เมื่อปริมาณสารยึดติดเพิ่มสูงขึ้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจึงดูดซึมน้ำได้น้อยลง ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานขยายตัวได้น้อย
3. ค่ามอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานต่อแรงกระแทก จากผลการทดลองพบว่าค่าสมบัติเชิงกลที่กล่าวข้างต้น มีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ซึ่งเกิดจากสารยึดติดมีค่ามอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานต่อแรงกระแทกสูงกว่าฟางข้าว และแกลบอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อใช้สารยึดติดเพิ่มมากขึ้น ก็จะทำให้ค่าความแข็งแรงในด้านต่างๆ ของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มสูงขึ้นด้วย

4. สมบัติเชิงความร้อน จากข้อมูลในตารางที่ 1 สรุปได้ว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว และแกลบ จะมีความเป็นฉนวนมากขึ้น เมื่อเพิ่มสัดส่วนของปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เป็นเพราะสารยึดติดมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าแกลบ และฟางข้าว

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

sample	Density, (kg/m ³)	Moisture Content, (%)	Water Absorption 24 hrs. (%)	Linear Expansion 24hrs. (%)	Modulus of Rupture (MPa)	Modulus of Elasticity (MPa)	Impact Resistant (J/m)	Thermal Conductivity W/m.K
ฟางข้าว : สารยึดติด 80 : 20	634	4.25	54.69	0.42	26.56	2508	22.22	0.1704
ฟางข้าว : สารยึดติด 75 : 25	702	3.66	20.15	0.20	30.08	3398	33.87	0.0855
แกลบ : สารยึดติด 80 : 20	631	5.38	64.46	0.61	20.07	2250	21.36	0.1609
แกลบ : สารยึดติด 75 : 25	639	5.79	33.76	0.43	21.26	2500	24.75	0.0913
แผ่นไม้อัด	907	-	-	-	-	-	-	0.2290
แผ่นยิปซัม ธรรมชาติ	725	-	-	-	-	-	-	0.3058
แผ่นยิปซัม ทนไฟ	885	-	-	-	-	-	-	0.3533
แผ่นยิปซัม อลูมิเนียม	745	-	-	-	-	-	-	0.3215
แผ่นยิปซัม ปรุลาย	745	-	-	-	-	-	-	0.2888
Standard	500 - 800	4-10	20	0.30	20	2068		

นอกจากข้อสรุปที่ได้กล่าวเป็นข้างต้นแล้ว จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าค่าความเป็นฉนวนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ และฟางข้าว มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในด้านความแข็งแรงของชิ้นงานพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว จะมีค่ามอดูลัสแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานต่อแรงกระแทก สูงกว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ ทั้งนี้เนื่องจากฟางข้าวจะมีเส้นใยมากกว่าแกลบ ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยรับแรงต่างๆ ได้ดี

ในส่วนของเปรียบเทียบสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบกับมาตรฐาน และวัสดุที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดพบว่า ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบผ่านตามเกณฑ์ฐาน ยกเว้นด้านการดูดซับน้ำ และการขยายตัว ซึ่งจะต้องศึกษาและปรับปรุงต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบมีค่าความเป็นฉนวนมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่วางขายตามท้องตลาด

สรุป

จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อน ของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ขึ้นรูปจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่อัตราส่วนสารยึดติด 20% และ 25% (โดยน้ำหนัก) จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด คือ ปริมาณสารยึดติด เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ขึ้นรูปจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกับแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้อ้อยในท้องตลาดพบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั่วไป โดยที่ค่าความแข็งแรงผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เพราะนอกจากจะได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีความเป็นฉนวนแล้ว ยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาสร้างมูลค่าเพิ่ม และใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ข้อเสนอแนะ

ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในงานวิจัยนี้ ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในด้านการดูดซับน้ำ และการขยายตัว ดังนั้น จึงควรศึกษาเพิ่มเติม โดยเพิ่มสัดส่วนปริมาณสารยึดติดเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนั้นควรวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนสารยึดติดจากบริษัททีเอนัล เวจิน จำกัด และขอขอบคุณอาจารย์ประยูร สุรินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542, คู่มือทางการลงทุนอุตสาหกรรม, ด้วยความร่วมมือกับสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน, หน้า 76 – 192.
2. Paturau, J.M., 1982, By-products of the Cane Sugar Industry. Sugar Series, Elsevier, Amsterdam, p. 76 – 119.
3. Han, G., Zhang, C., and Zhang ., 1988. Upgrading of urea formaldehyde-bonded reed and wheat Straw particleboards using silence coupling agent, Journal of Wood Science, Vol. 44 , p. 282 – 286.
4. Yalinkilic ,M.K , Imamura, U., and Takhashi, 1998 , Biological physical and mechanical properties of particleboard manufactured from waste tea leaves. International Biodeterioration & Biodegradation, Vol. 41 , p. 75 – 84. .
5. Viswanathan, R., and Gothandapani, 1999 , Mechanical properties of coir pith particleboard. Bioresource Technology, Vol. 67., p. 93 – 95.

การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3
23-25 พฤษภาคม 2550 โรงแรมโอบไทยสกาย จังหวัดกรุงเทพฯ

การศึกษาสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ

A Study of Particle Board Properties Manufactured from Straw Rice and Rice Husk

อาคม ปาสิโล นรินทร์ หันไชยงวา และอำไพศักดิ์ ทับุญมา
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190 E-mail: arkom_pasilo@yahoo.com

Arkorn pasilo Nirun Hanchaiyungwa and Umphisak Teeboonma
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University
Warinchumrab, Ubon Ratchathani 34190 Thailand E-mail: arkom_pasilo@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบและฟางข้าว โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด พวามิเตอร์ที่ศึกษา คือ เปอร์เซ็นต์สารยึดติด แกลบ และฟางข้าว โดยมีสมบัติที่ศึกษา คือ ความหนาแน่น การนำความร้อน มอดูลัสแตกตัว มอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านทานแรงกระแทก และการขยายตัว ผลจากการทดลองพบว่า ค่าความหนาแน่น ค่าการนำความร้อน ค่ามอดูลัสแตกตัว ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ดจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ และยังมีค่าความแข็งแรงสูง

Abstract

The objective of this research was to study properties of particle boards made from rice straw and rice husk. To produce a particle board, urea formaldehyde resin was selected as the binder. Effects of binder, rice straw and rice husk on properties of particle boards were then investigated. Properties studied in this work were density, thermal conductivity, rupture modulus, elasticity modulus, impact resistant and linear expansion. From the experimental results, it was found that density, thermal conductivity, rupture modulus, elasticity modulus and impact resistant were increased with increasing the percentage of the binder. Additionally, it was indicated that the particle board manufactured from rice straw provided low thermal conductivity and high strength.

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติของประเทศไทยนับวันมีความต้องการในอัตราที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจาก

ความเจริญเติบโตของประเทศ ซึ่งมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ก่อให้เกิดความต้องการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะอนุรักษ์พลังงาน สิ่งแวดล้อม และประหยัด เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากมาย เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด และแกลบ วัสดุเหล่านี้เป็นวัสดุการเกษตรที่มีปริมาณมาก ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยลดความต้องการใช้ไม้จากธรรมชาติทางอ้อม [1] ที่ผ่านมามีการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่หลายชนิด เช่น การนำชานอ้อยมาใช้ทำแผ่นวัสดุผสม เพื่อใช้ทดแทนแผ่นไม้อัดในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ซึ่งหลังจากนำแผ่นวัสดุผสมที่ทำจากชานอ้อยไปทดสอบความแข็งแรงและคุณสมบัติการดูดความชื้นพบว่า มีค่าใกล้เคียงแผ่นไม้อัดที่ขายอยู่ในท้องตลาด [2] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้เศษใบชาผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ [3] ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าความต้านแรงคดมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากความหนาแน่นแล้วขนาดของเส้นใยก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นวัสดุผสมเช่นกัน จากการศึกษาการทำแผ่นวัสดุผสมจากใบมะพร้าว [4] ซึ่งจากการวิจัยพบว่า สมบัติเชิงกล สมบัติการดูดความชื้น และสมบัติการทนต่อการบวมตัวจะมีแนวโน้มดีขึ้นเมื่อเส้นใยที่ใช้ผลิตมีขนาดใหญ่ขึ้น

ในส่วนของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการผลิต และศึกษาสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ได้แก่ แกลบ และฟางข้าว โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด ซึ่งสมบัติที่ศึกษาประกอบด้วย สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางด้านความร้อน และทางด้านกลศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ที่จำหน่ายตามท้องตลาด และเปรียบเทียบกับปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

2. การนำความร้อนและการทดสอบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ด

2.1 กระบวนการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุอาคาร

วัสดุอาคารที่สัมผัสกับอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีอาทิตย์นั้น ผิวสัมผัสด้านนอกจะดูดซับความร้อนไว้ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าพื้นผิวที่อยู่ใกล้เคียงและอุณหภูมิของอากาศภายนอกจึงเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและพื้นผิวสัมผัสของวัสดุอาคารด้านนอก พลังงานความร้อนบางส่วนจึงเกิดการสูญเสียให้แก่อากาศภายนอก โดยเกิดการพา และพื้นผิวรอบๆ ข้างด้วยการแผ่รังสีความร้อน และขณะเดียวกันพลังงานความร้อนบางส่วนจะถ่ายเทให้กับผิวสัมผัสที่อยู่ติดกันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยการนำ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทไปในแต่ละทิศทางนั้น ขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนและมวลของวัสดุอาคาร

ความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนเป็นสัดส่วนกับความพรุน [5] วัสดุที่นำมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนใดๆ นั้น สภาพการนำความร้อนปรากฏที่เกิดขึ้นจะลดลง เนื่องจากการพาความร้อนโดยอากาศภายในฉนวนกันความร้อนนั้นลดลง เพราะการลดขนาดของช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใย ที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกันความร้อนหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี เมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มมากขึ้น (เส้นใยแต่ละเส้นชิดกัน) การแผ่รังสีตามทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนจะลดลง เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เส้นใยติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน

2.2 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ให้เส้นใย

การใช้วัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ได้แก่ ชานอ้อย ฟางข้าว เปลือกถั่ว ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพด ชังข้าวโพด เป็นต้น การนำไปใช้งานเช่นเดียวกับไม้ แต่ต้องแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดออกให้เหลือน้อยที่สุด เช่น ฝุ่นผง ปริมาณน้ำตาล และพืท ที่เนื้อเยื่อทางเดินอาหาร ตลอดจนสารซึ่งมีที่เคลือบอยู่ตามผิวอันเป็นลักษณะประจำของวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมักเป็นอุปสรรคในการยึดติดกาวประเภทที่ใช้ น้ำเป็นสารละลาย

2.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางกลและทางความร้อน

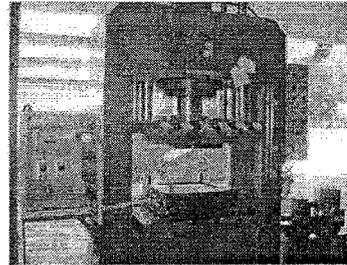
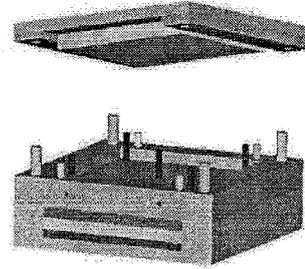
สมบัติเชิงกายภาพ ซึ่งได้แก่ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น สมบัติการดูดซึมน้ำ สมบัติการขยายตัวทางความยาว ไนงานเวียจันี้ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2533 สมบัติทางเชิงกลที่ทดสอบ ได้แก่ ค่ามอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และการทดสอบแรงกระแทก ซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน ASTM Izod D-256 และสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C-177

3. หลักการทำงานและเงื่อนไขการทดลอง

3.1 หลักการทำงาน

การอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดใช้วิธีการขึ้นรูปแบบแห้ง (Dry process) โดยใช้เครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่ง

อาศัยความร้อนทำให้เกิดการเชื่อมยึดติดระหว่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกับสารยึดติด



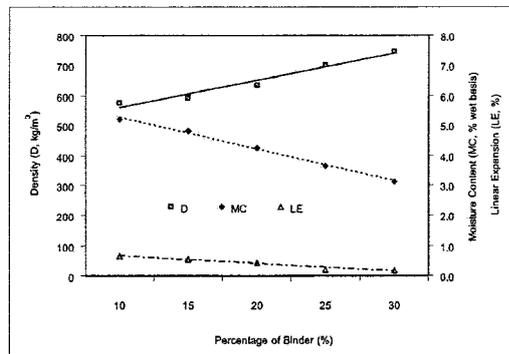
รูปที่ 1 ชุดแม่พิมพ์และเครื่องอัดไฮดรอลิกส์

3.2 เงื่อนไขการทดลอง

ฟางข้าวและกลบ ที่นำมาใช้มีความชื้นประมาณร้อยละ 40-50 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยฟางข้าวจะถูกย่อยขนาดเล็กลง 3-15 มิลลิเมตร และกลบคัดแยกเอาที่ไม่เป็นผงละเอียดจนเกินไป และใช้สารยึดกาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน โดยในการทดลองได้ปรับเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์สารยึดติดเท่ากับ 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

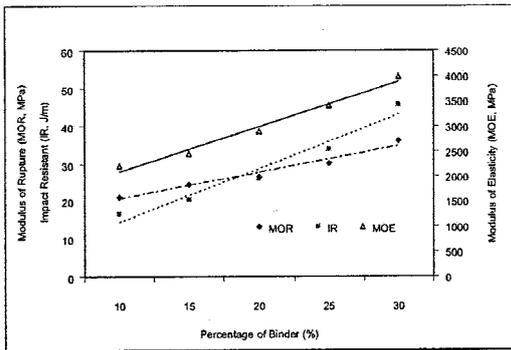
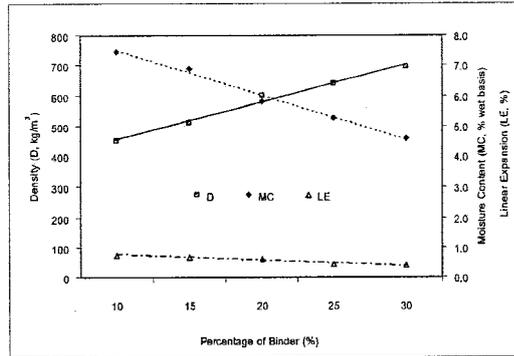
4. ผลการทดลองและวิจารณ์

รูปที่ 2 ถึง 4 แสดงข้อมูลผลการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว และรูปที่ 5 ถึง 7 แสดงข้อมูลผลการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากกลบ



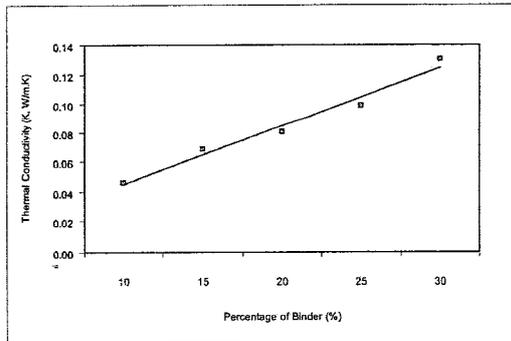
รูปที่ 2 สมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว

จากรูปที่ 2 การทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความหนาแน่นสูงกว่าฟางข้าว ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ก็จะส่งผลให้ความหนาแน่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น และความชื้น และการขยายตัว ผลของการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ หรือปริมาณสารยึดติด จะทำให้ความชื้นภายใน และการขยายตัวของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อแช่ในน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการแทรกซึมของน้ำเข้าสู่สารยึดติดเป็นไปได้อ่อนช้าลงเมื่อเทียบกับฟางข้าว ด้วยเหตุนี้เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จึงส่งผลให้ความชื้น และการขยายตัวของปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง



รูปที่ 3 สมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว

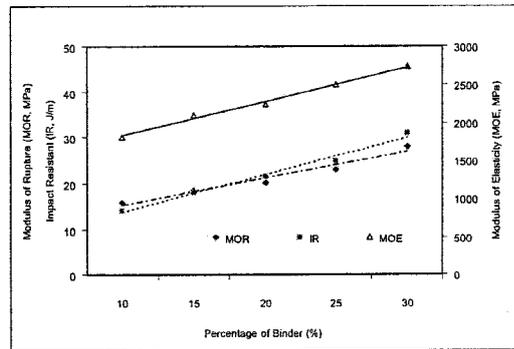
จากรูปที่ 3 ค่ามอดูลัสการแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงกระแทก จากการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงต่างๆ เหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดช่วยในการจับตัวกันระหว่างอนุภาคของฟางข้าว ทำให้ปาร์ติเกิลมีความสามารถยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด



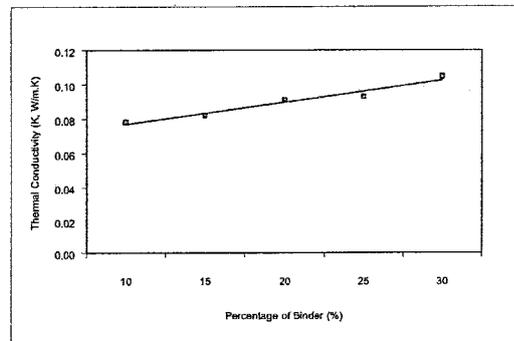
รูปที่ 4 สมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว

จากรูปที่ 4 ค่าการนำความร้อน จากการทดลองจะเห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จะทำให้ค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารยึดติดที่เพิ่มเข้าไปจะส่งผลให้ช่องว่าง หรือฟองอากาศภายในปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง

รูปที่ 5 สมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ



รูปที่ 6 สมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ



รูปที่ 7 สมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ

จากรูปที่ 5 ถึง 7 ผลที่ได้จากการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งทำจากแกลบ พบว่ามีลักษณะแนวโน้มของสมบัติต่างๆ ที่คล้ายคลึงกันกับผลจากการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว

ผลจากการทดลองสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ มีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้สร้างสมการความสัมพันธ์สมบัติต่างๆ ของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว และแกลบ ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์ของสมบัติต่างๆ ให้เป็นฟังก์ชันกับเปอร์เซ็นต์สารยึดติด โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$Y_i = aX + b \quad (1)$$

เมื่อ Y_i คือ สมบัติต่างๆ
 X คือ เปอร์เซ็นต์สารยึดติด (%)
 a และ b คือ ค่าคงที่

ผลจากการสร้างความสัมพันธ์ของสมการสามารถสรุปค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าคงที่สมการสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ด

Parameter		a	b	R ²
Rice straw	Density, kg/m ³	9.000	469.60	0.983
	Moisture content, % w.b	-0.106	6.33	0.998
	Linear expansion, %	-0.025	0.90	0.980
	Rupture modulus, MPa	0.713	13.37	0.984
	Elasticity modulus, MPa	90.320	1181.20	0.991
	Impact resistant, J/m	1.435	-0.27	0.978
	Thermal conductivity, W/m.K	0.004	0.005	0.988
Rice husk	Density, kg/m ³	12.340	332.40	0.993
	Moisture content, % w.b	-0.147	8.94	0.994
	Linear expansion, %	-0.018	0.93	0.972
	Rupture modulus, MPa	0.579	9.48	0.979
	Elasticity modulus, MPa	45.520	1369.00	0.996
	Impact resistant, J/m	0.811	5.65	0.991
	Thermal conductivity, W/m.K	0.001	0.064	0.979

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

Item	แผ่นไม้อัด 9 มม.	แผ่นไม้ปรีม 9 มม.	แผ่นไม้อัดFDM 9 มม.	ค่ามาตรฐาน
Density, kg/m ³	912	729	850	500-800
Moisture content, % w.b	4.25	6.35	5.14	4-10
Linear expansion, %	0.41	0.58	0.52	0.30
Rupture modulus, MPa	15.15	24.65	18.26	20.00
Elasticity modulus, MPa	2856	2482	2902	2068
Impact resistant, J/m	49.14	8.26	42.15	-
Thermal conductivity, W/m.K	0.289	0.306	0.245	-

จากตารางที่ 2 เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดมาเปรียบเทียบกับสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว และแกลบ พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว และแกลบมีค่าความเป็นฉนวน และความแข็งแรงใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่วางขายตามท้องตลาด นอกจากนั้นยังผ่านตามเกณฑ์ฐานอีกด้วย

5. สรุป

จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อน ของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ขึ้นรูปจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่อัตราส่วนสารยึดติด 10% 15% 20% 25% และ 30% (โดยน้ำหนัก) จากการศึกษพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด คือ ปริมาณสารยึดติด เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ขึ้นรูปจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกับแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้อยู่ในท้องตลาดพบว่า มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั่วไป โดยที่ค่าความแข็งแรงผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งนอกจากจะได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีความเป็นฉนวนแล้ว ยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาสร้างมูลค่าเพิ่ม และใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนสารยึดติดจากบริษัท อีเทอนัล เรซิน จำกัด และความช่วยเหลือจากอาจารย์ประยูร สุรินทร์

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สำนักงานกองทุนอุดสาหกรรม ,ด้วยความร่วมมือกับสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน, หน้า 76 – 192 2542.
- Paturau, J.M., By-products of the Cane Sugar Industry. Sugar Series, Elsevier, Amsterdam, p.76 – 119, 1982.
- Yalinkilic, M.K., Imamura, U., and Takhashi, Biological physical and mechanical properties of particleboard manufactured from waste tea leaves. International Biodeterioration & Biodegradation, Vol.41, p.75–84, 1998.
- Viswanathan, R., and Gothandapani, Mechanical properties of coir pith particleboard. Bioresource Technology, Vol. 67, p. 93 – 95, 1999.
- มนตรี อึ้งเจริญ, การนำความร้อน, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฟิลิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์, หน้า 94, 2537.

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21
17-19 ตุลาคม 2550 จังหวัดชลบุรี

ผลของสารยึดติดต่อสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ

Effect of Binder on Particle Board Properties Manufactured from Straw Rice Rice Husk and Husk Black Ashes

อาคม ปาสีโล นีรันตร์ หันไชยงวา อำไพศักดิ์ ทีบุญมา
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
อีเมลล์ arkom_pasilo@yahoo.com

Arkom Pasilo , Nirun Hanchaiyungwa , Umphisak Teeboonma
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University
Warinchumrab, Ubon Ratchathani 34190 Thailand E-mail: arkom_pasilo@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารยึดติดต่อสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบและฟางข้าว โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด สมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ศึกษาได้แก่ ความหนาแน่น การนำความร้อน มอดูลัสแตกกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงกระแทก ผลจากการทดลองพบว่า ค่าความหนาแน่น ค่าการนำความร้อน ค่ามอดูลัสแตกกร้าว ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของสารยึดติด

Abstract

The objective of this research was to study the effect of binder on properties of particle boards made from rice straw and rice husk. In this work, urea formaldehyde resin was selected as the binder. Properties studied in this work were density, thermal conductivity, rupture modulus, elasticity modulus and impact resistant. From the experimental results, it was found that density, thermal conductivity, rupture modulus, elasticity modulus and impact resistant were increased with increasing the percentage of the binder.

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติของประเทศไทยมีความต้องการในอัตราที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากความเจริญเติบโตของประเทศ ซึ่งมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ก่อให้เกิดความ

ต้องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะอนุรักษ์พลังงาน สิ่งแวดล้อมและประหยัด เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากมาย เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด และแกลบ วัสดุเหล่านี้เป็นวัสดุการเกษตรที่มีปริมาณมาก ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยลดความต้องการใช้ไม้จากธรรมชาติทางอ้อม [1] ที่ผ่านมามีการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่หลายชนิด เช่น การนำชานอ้อยมาใช้ทำแผ่นวัสดุผสม เพื่อใช้ทดแทนแผ่นไม้อัดในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ซึ่งหลังจากนำแผ่นวัสดุผสมที่ทำจากชานอ้อยไปทดสอบความแข็งแรงและคุณสมบัติการดูดความชื้นพบว่า มีค่าใกล้เคียงแผ่นไม้อัดที่ขายอยู่ในท้องตลาด [2] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้เศษใบชาผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ [3] ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าความต้านแรงดัดมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากความหนาแน่นแล้วขนาดของเส้นใยก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นวัสดุผสมเช่นกัน จากการศึกษาการทำแผ่นวัสดุผสมจากใบมะพร้าว [4] ซึ่งจากการวิจัยพบว่า สมบัติเชิงกล สมบัติการดูดความชื้น และสมบัติการทนต่อการบวมตัวจะมีแนวโน้มดีขึ้นเมื่อเส้นใยที่ใช้ผลิตมีขนาดใหญ่ขึ้น และจากการศึกษาถึงการพัฒนาด้านแบบแผ่นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนและมะพร้าวที่ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ โดยใช้เปลือกทุเรียนและใบมะพร้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นไม้อัด โดยทำการศึกษาย่อย 2 ประการได้แก่ ชนิดของกาวคือยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 12% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 6% และไอโซไซยาเนต 3%

พบว่า ชนิดของกาวไม่มีผลแตกต่างกันมากนักต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม่อัด แต่ความหนาแน่นส่งผลต่อสมบัติของแผ่น เมื่อความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นสมบัติเชิงกลก็เพิ่ม และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนก็จะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน [5]

ในส่วนของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของสารยึดติดต่อสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด สมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ศึกษาประกอบด้วย สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกลศาสตร์ และทางด้านความร้อน

2. การนำความร้อน

2.1 กระบวนการถ่ายเทความร้อน

วัสดุอาคารที่สัมผัสกับอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีอาทิตย์นั้น ผิวสัมผัสด้านนอกจะดูดซับความร้อนไว้ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าพื้นผิวที่อยู่ใกล้เคียงและอุณหภูมิของอากาศภายนอกจึงเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและพื้นผิวสัมผัสของวัสดุอาคารด้านนอก พลังงานความร้อนบางส่วนเกิดการสูญเสียให้แก่อากาศภายนอก โดยเกิดการพา และพื้นผิวนอกรูปร่างต่าง ๆ ข้างด้วยการแผ่รังสีความร้อน และขณะเดียวกันพลังงานความร้อนบางส่วนจะถ่ายเทให้กับผิวสัมผัสที่อยู่ติดกันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยการนำ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทไปในแต่ละทิศทางนั้น ขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนและมวลของวัสดุอาคาร

ความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนเป็นสัดส่วนกับความพรุน [6] วัสดุที่นำมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนใดๆ นั้น สภาพการนำความร้อนปรากฏที่เกิดขึ้นจะลดลง เนื่องจากการพาความร้อนโดยอากาศภายในฉนวนกันความร้อนนั้นลดลง เพราะการลดขนาดของช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใย ที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกันความร้อนหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี เมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มมากขึ้น (เส้นใยแต่ละเส้นชิดกัน) การแผ่รังสีตามทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนจะลดลง เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เส้นใยติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน

2.2 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ให้เส้นใย

การใช้วัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ได้แก่ ขานอ้อย ฟางข้าว เปลือกถั่ว ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพด ชังข้าวโพด เป็นต้น การนำไปใช้งานเช่นเดียวกับไม้ แต่ต้องแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดออกให้เหลือน้อยที่สุด เช่น ฝุ่นผง ปริมาณน้ำตาล และฟิท ที่เนื้อเยื่อทางเดินอาหาร ตลอดจนสารขี้ผึ้งที่เคลือบอยู่ตามผิวอันเป็นลักษณะประจำของวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมักเป็นอุปสรรคในการยึดติดกาวประเภทที่ใช้หน้าเป็สารละลาย

3. วัสดุ เงื่อนไขการทดลองและวิธีการทดสอบ

3.1 การเตรียมวัสดุและเงื่อนไขการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ มีความชื้นประมาณร้อยละ 40 – 50 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยฟางข้าวจะถูกย่อยขนาดเล็กลง 3 – 15 มิลลิเมตรและแช่สารโซเดียมไฮดรอกไซด์

เพื่อให้ฟางข้าวเกิดการอ่อนตัวและย่อยได้ง่ายขึ้น ใช้เวลาแช่ในน้ำ 24 ชั่วโมงจากนั้นนำมาล้างน้ำสะอาดแล้วตากแห้งและนำมาย่อยอีกครั้ง แกลบและเถ้าแกลบดำคัดแยกเอาที่ไม่เป็นผงละเอียดจนเกินไป โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด และในการทดลองได้แบ่งเป็น 3 ชุด คือ 1) ส่วนผสม 2 ชนิด ได้แก่ 1)กาวกับฟางข้าว 2)กาวกับแกลบ นำมาเปรียบเทียบกันและเปรียบเทียบกับปาร์ติเกิลบอร์ดที่จำหน่ายตามท้องตลาด 2) ส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ 1)กาว,ฟางข้าวและแกลบ 2) กาว,ฟางข้าวและเถ้าแกลบดำ นำมาเปรียบเทียบกัน รายละเอียดส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 และ 3) ทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกลและสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่จำหน่ายตามท้องตลาด โดยวิธีหาปริมาณส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดหาได้จากสมการที่ [1]

$$W = \frac{D \times V}{1 + \frac{(R+PE+HD+BL.....n)}{100}} \quad [1]$$

เมื่อ W= น้ำหนักของชิ้นปาร์ติเกิลแห้ง (กรัม)

D = ความหนาแน่นของแผ่นที่ต้องการ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

V = ปริมาณของแผ่นที่ต้องการตัดขอบ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

R = ปริมาณกาวเป็น % เทียบกับน้ำหนักของชิ้นปาร์ติเกิลแห้ง

PE = ปริมาณพาราฟินอิมัลชันเป็น % เทียบกับน้ำหนักชิ้นปาร์ติเกิลแห้ง

HD = ปริมาณสารเร่งแข็งเป็น % เทียบกับน้ำหนักชิ้นปาร์ติเกิลแห้ง

BL = ปริมาณสารทำให้เกิดฟอง เป็น % เทียบกับน้ำหนักชิ้นปาร์ติเกิลแห้ง

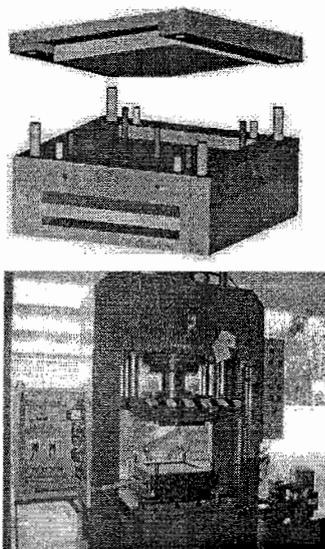
ตารางที่ 1 ส่วนผสมของปาร์ติเกิลบอร์ด

การทดลอง	ชื่อชิ้นงาน	ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์
ส่วนผสม 2 ชนิด	A-1	กาว	10
		ฟางข้าว	90
	A-2	กาว	15
		ฟางข้าว	85
	A-3	กาว	20
		ฟางข้าว	80
	A-4	กาว	25
		ฟางข้าว	75
	A-5	กาว	30
		ฟางข้าว	70
	B-1	กาว	10
		แกลบ	90
	B-2	กาว	15
		แกลบ	85
	B-3	กาว	20
		แกลบ	80
B-4	กาว	25	
	แกลบ	75	

จำนวนแอสเม 3 ชนิด	B-5	กาว	30
		แกลบ	70
	C-1	กาว	10
		ฟางข้าว	80
		แกลบ	20
		C-2	กาว
	ฟางข้าว		70
		แกลบ	30
		C-3	กาว
	ฟางข้าว		60
		แกลบ	40
		D-1	กาว
ฟางข้าว	80		
แกลบคั่ว	20		
D-2	กาว	20	
	ฟางข้าว	70	
	แกลบคั่ว	30	
D-3	กาว	30	
	ฟางข้าว	60	
	แกลบคั่ว	40	

3.2 อุปกรณ์ในการทดลอง

การขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจะใช้กรรมวิธีขึ้นรูปแบบแห้ง (Dry process) โดยอาศัยความร้อนทำให้เกิดการเชื่อมยึดระหว่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกับสารยึดติด ใช้แม่พิมพ์ติดตั้งเข้ากับเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ ดังแสดงในรูปที่ 1 ขนาดของปาร์ติเกิลบอร์ด 350 x 350 x 9 มิลลิเมตร อุ่นหมุมในการอัดขึ้นรูป 160 °C ใช้แรงอัด 140 bar เวลาในการอัด 5 นาที



รูปที่ 1 การออกแบบแม่พิมพ์และติดตั้งเข้ากับชุดทดลอง

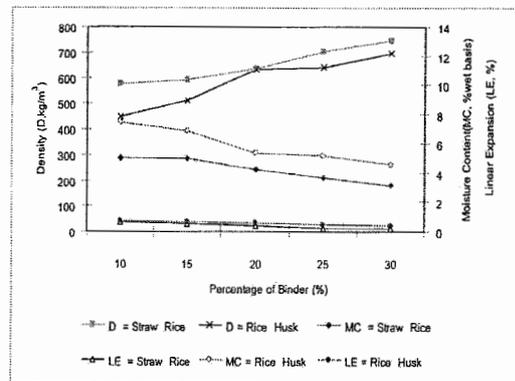
3.3 การทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ด

ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้จากการขึ้นรูปจะถูกนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐาน มอก. 966-2533 โดยสมบัติที่ทำการทดสอบได้แก่ ความหนาแน่น, ปริมาณความชื้นและสมบัติการขยายตัวทางความยาว สมบัติทางกลตามมาตรฐาน มอก. 966-2533 โดยสมบัติที่ทำการทดสอบได้แก่ ค่าความมอดูลัสแตกกร้าว, ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และทดสอบแรงกระแทก ตามมาตรฐาน ASTM Izod D - 256 และสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C - 177

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

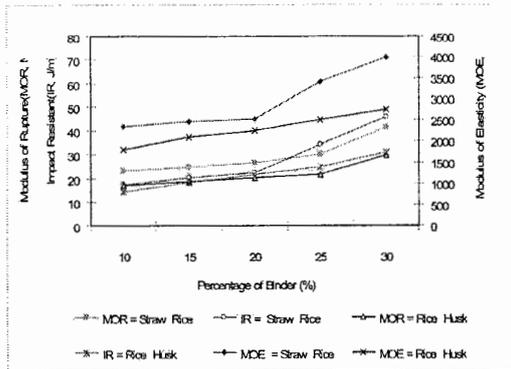
4.1 ผลการทดลองส่วนที่ 1

รูปที่ 2 ถึง 4 แสดงข้อมูลผลการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ



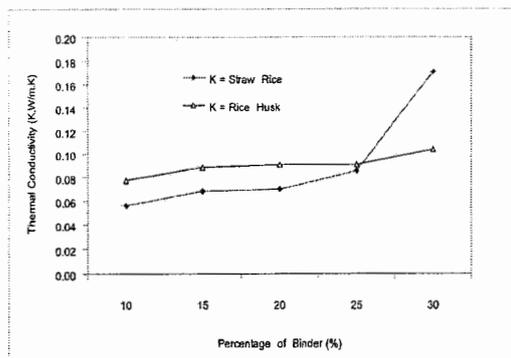
รูปที่ 2 ความหนาแน่น ปริมาณความชื้นและการขยายตัวเชิงเส้นของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด

จากรูปที่ 2 การทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความหนาแน่นสูงกว่าฟางข้าวและแกลบ ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ก็จะส่งผลให้ความหนาแน่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ในส่วนของความชื้นเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์หรือปริมาณสารยึดติด จะทำให้ความชื้นภายใน และการขยายตัวของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อแช่ในน้ำลดลง เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบที่สัดส่วนเปอร์เซ็นต์สารยึดติดเท่ากันพบว่า ทั้งความชื้นและการขยายตัวของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ ทั้งนี้เนื่องจากแกลบมีการดูดซับความชื้นและสามารถขยายตัวได้ดีกว่าฟางข้าว



รูปที่ 3 ความแข็งแรงของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด

รูปที่ 3 แสดงค่ามอดูลัสการแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงกระแทก จากการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงต่าง ๆ เหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดจะช่วยในการจับตัวกันระหว่างอนุภาคของฟางข้าวและแกลบ ทำให้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความสามารถยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด เนื่องจากฟางข้าวมีความยืดหยุ่นและมีลักษณะเป็นเส้นใยมากกว่าแกลบ

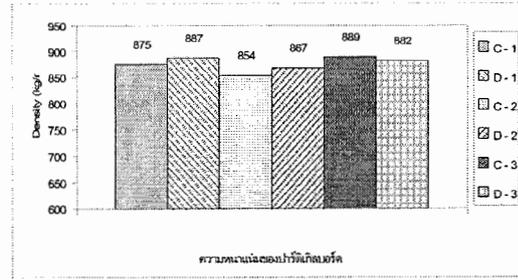


รูปที่ 4 การนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด

รูปที่ 4 ค่าการนำความร้อน จากการนำความร้อน จากการทดลองจะเห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จะทำให้ค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารยึดติดที่เพิ่มเข้าไปจะส่งผลให้ช่องว่างหรือรูพรุนภายในปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง

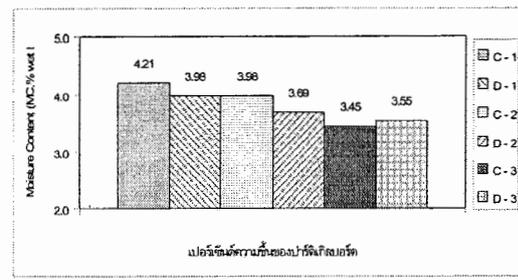
4.2 ผลการทดลองส่วนที่ 2

รูปที่ 5 ถึง 11 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบผลการทดสอบของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด คือ กาว ฟางข้าวและแกลบ กับ กาว ฟางข้าวและเถ้าแกลบค่า

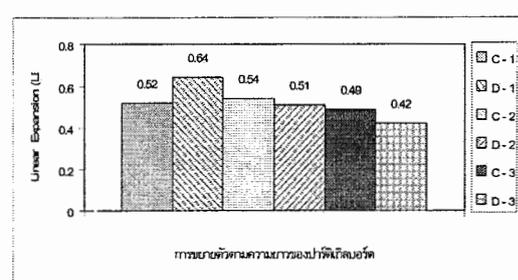


รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด

จากรูปที่ 5 ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความหนาแน่นสูงกว่าส่วนผสม ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ก็จะส่งผลให้ความหนาแน่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาชิ้นงานที่ใช้เถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสมพบว่า มีแนวโน้มความหนาแน่นของชิ้นงานสูงกว่ากรณีที่ใช้แกลบเป็นส่วนผสม ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าแกลบดำมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าแกลบ



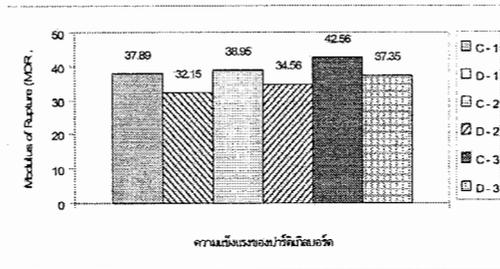
รูปที่ 6 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด



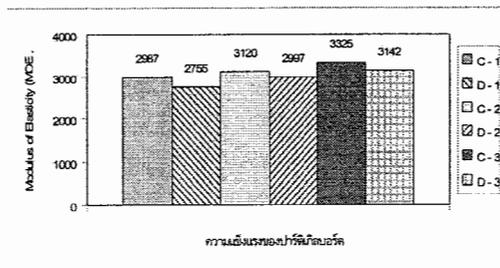
รูปที่ 7 เปรียบเทียบการขยายตัวทางความยาวปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด

จากรูปที่ 6 และ 7 ค่าความชื้นและการขยายตัว ผลของการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ หรือปริมาณสารยึดติด จะทำให้ความชื้นภายใน และการขยายตัวของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อแช่น้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการแทรกซึมของน้ำเข้าสู่สารยึดติดเป็นไปได้ค่อนข้างยาก ด้วยเหตุนี้ เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จึงส่งผลให้ความชื้น และการขยายตัวของปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง

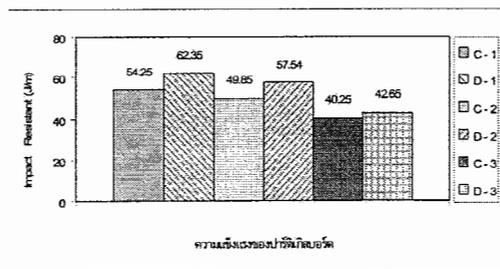
เนื่องจากแก้วเคลือบสามารถอัดให้เกิดช่องว่างได้น้อยกว่าเคลือบ ดึงจะเห็นได้จากค่าความหนาแน่น ดังนั้นจึงทำให้ความชื้นต่ำกว่าหรือ อีกนัยหนึ่งก็คือ เมื่อนำไปแช่น้ำก็จะดูดซับน้ำได้น้อย ย จึงทำให้ก ขยายตัวต่ำ



รูปที่ 8 เปรียบเทียบสมบัติทางกลปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจาก ส่วนผสม 3 ชนิด



รูปที่ 9 เปรียบเทียบสมบัติทางกลปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจาก ส่วนผสม 3 ชนิด

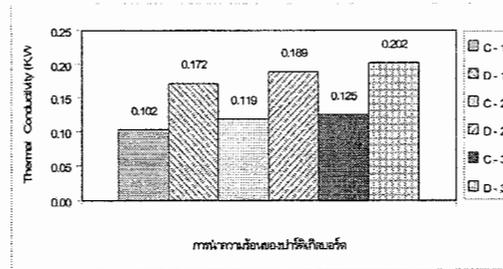


รูปที่ 10 เปรียบเทียบความต้านทานแรงกระแทกของ ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากส่วนผสม 3 ชนิด

จากรูปที่ 8 ถึง 10 ผลการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงต่าง ๆ เหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึด ติดจะช่วยในการจับตัวกันระหว่างอนุภาคของส่วนผสม ทำให้ปาร์ติเกิล บอร์ดมีความสามารถยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ สารยึดติด

เมื่อพิจารณาในส่วนของคุณสมบัติความแข็งแรงระหว่างปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้ แก้วเคลือบและแก้วเคลือบดำเป็นส่วนผสมพบว่า ค่า MOR และ MOE ของ ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้แก้วเคลือบเป็นส่วนผสมจะสูงกว่ากรณีที่ใช้แก้วเคลือบดำ

เป็นส่วนผสม ทั้งนี้เนื่องจากแก้วเคลือบมีความยืดหยุ่นดีกว่าแก้วเคลือบดำ ในส่วนของ IR ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้แก้วเคลือบเป็นส่วนผสมจะให้ค่าที่สูง กว่า เนื่องจากความหนาแน่นของอนุภาคสูงกว่า ดังจะเห็นได้จาก กราฟจากรูปที่ 5



รูปที่ 11 เปรียบเทียบสมบัติทางความร้อนปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจาก ส่วนผสม 3 ชนิด

จากกราฟผลการทดลองจะเห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จะทำ ให้ค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณ สารยึดติดที่เพิ่มเข้าไปจะส่งผลให้ช่องว่าง หรือรูพรุนภายในปาร์ติเกิล บอร์ดลดลง

เมื่อพิจารณาค่าการนำความร้อนพบว่าชิ้นงานที่ใช้แก้วเคลือบเป็น ส่วนผสมจะมีค่าความเป็นฉนวนดีกว่าชิ้นงานที่ใช้แก้วเคลือบดำเป็น ส่วนผสม เนื่องจากชิ้นงานที่ใช้แก้วเคลือบดำเป็นส่วนผสมจะมีความ หนาแน่นสูงหรือรูพรุนน้อยนั่นเอง

4.3 ผลการทดลองส่วนที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตาม ท้องตลาด

Item	แผ่นไม้อัด 9 มม.	แผ่นใยปัม 9 มม.	แผ่นไม้อัดFDM 9 มม.	ค่ามาตรฐาน
Density, kg/m ³	912	729	850	500-800
Moisture content, % w.b	4.25	6.35	5.14	4-10
Linear expansion, %	0.41	0.58	0.52	0.30
Rupture modulus, MPa	15.15	24.65	18.26	20.00
Elasticity modulus, MPa	2856	2482	2902	2068
Impact resistant, J/m	49.14	8.26	42.15	-
Thermal conductivity, W/m.K	0.289	0.306	0.245	-

จากตารางที่ 2 เป็นผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่าย ตามท้องตลาด เมื่อนำปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 2 ชนิดและส่วนผสม 3 ชนิด มาเปรียบเทียบกับปาร์ติเกิลบอร์ดที่มี

จำหน่ายอยู่ในท้องตลาด พบว่าจะมีค่าความเป็นฉนวนและความแข็งแรงใกล้เคียงกัน และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

5. สรุป

จากการศึกษาผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อน ของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ขึ้นรูปจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การทดลองชุดที่ 1 ส่วนผสม 2 ชนิด ที่อัตราส่วนสารยึดติด 10% 15% 20% 25% และ 30% (โดยน้ำหนัก) นำมาเปรียบเทียบกัน และการทดลองชุดที่ 2 ส่วนผสมออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) กาว, ฟางข้าวและแกลบ 2) กาว, ฟางข้าวและเถ้าแกลบดำ นำมาเปรียบเทียบกัน ที่อัตราส่วนสารยึดติด 10% 20% และ 30% (โดยน้ำหนัก) จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด คือ ปริมาณสารยึดติด และพบว่ามีการนำความร้อนที่ต่ำ โดยที่ค่าความแข็งแรงผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน

เมื่อเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ขึ้นรูปจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกับแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้อ้อยในท้องตลาดพบว่า มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั่วไป และค่าความแข็งแรงผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งนอกจากจะได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีความเป็นฉนวนแล้ว ยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาสร้างมูลค่าเพิ่มและใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

6. ข้อเสนอแนะ

ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในงานวิจัยนี้ ควรวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนสารยึดติดจากบริษัท อีเทอนัล เรซิน จำกัด และความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ประยูร สุรินทร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คู่มือการผลิตวัสดุสังเคราะห์, ด้วยความร่วมมือกับสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน, หน้า 76 – 192 2542.
- [2] Paturau, J.M., By-products of the Cane Sugar Industry. Sugar Series, Elsevier, Amsterdam, p.76 – 119, 1982.
- [3] Yalinkilic, M.K., Imamura, U., and Takahashi, Biological physical and mechanical properties of particleboard manufactured from waste tea leaves. International Biodeterioration & Biodegradation, Vol.41, p.75–84, 1998.
- [4] Viswanathan, R., and Gothandapani, Mechanical properties of coir pith particleboard. Bioresource Technology, Vol. 67, p. 93 – 95, 1999.
- [5] Charoenvai, S., Development of New Particleboards from Durian Peel and Coconut Coir with Low Thermal

Conductivity 74 p., 2000.

- [6] มนตรี อึ้งเจริญ, การนำความร้อน, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฟิลิปปินส์ เดอร์ การพิมพ์, หน้า 94, 2537.

การพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

อำไพศักดิ์ ทีบุญมา¹⁾ และ อาคม ปาสีโล²⁾

¹⁾ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

²⁾นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

E-mail: umphisak@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัสดุดิบที่นำมาใช้ในการอัดขึ้นรูปได้แก่ แกลบ ฟางข้าวและเถ้าแกลบดำ โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด สำหรับสมบัติที่ศึกษา ได้แก่ สมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกล ผลจากการศึกษาพบว่า ค่ามอดูลัสแตกกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และการนำความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติดหรือความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากฟางข้าวมีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด และค่ามอดูลัสแตกกร้าวรวมทั้งมอดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด

คำสำคัญ: ปาร์ติเกิลบอร์ด, สารยึดติด, ฟางข้าว, แกลบ

Development of Particle Board using Agricultural Residue

Umphisak Teeboonma¹⁾ and Arkom Pasilo²⁾

¹⁾Assistant Professor, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University

²⁾Graduate Student, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Ubonratchathani University

E-mail: umphisak@hotmail.com

ABSTRACT

The objective of this work was to study the properties of particle board manufactured from agricultural residue such as rice husk and rice straw. Urea formaldehyde resin was selected as the binder. In this research, properties of particle board investigated were thermal, physical, and mechanical properties. It was found that rupture modulus, elasticity modulus and thermal conductivity were increased with increasing quantity of binder or density of particle board. Furthermore, it was revealed that a particle board made from rice straw have the lowest thermal conductivity and the highest rupture modulus as well as elasticity modulus.

Keywords: Particle board, Binder, Rice straw, Rice husk

บทนำ

ปัจจุบันวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีปริมาณจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรโดยตรงและจากอุตสาหกรรมเกษตรต่าง ๆ ในแต่ละปีทั่วโลกจะมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประมาณ $10 - 50 \times 10^9$ ตัน (Kuhad R.C.,1993) และยังมีวัสดุเหลือทิ้งประเภทอื่น ๆ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร หมายถึงส่วนของพืชที่เหลือทิ้งอยู่ภายหลังจากการเก็บเกี่ยว และการแปรรูปผลผลิตพืชเกษตรเหล่านี้ เช่น แกลบ ฟางข้าว ชังและลำต้นข้าวโพด ลำต้นมันสำปะหลัง ชานอ้อย เปลือกและลำต้นถั่วต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้ส่วนใหญ่ จะถูกนำมาใช้เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ และเป็นเชื้อเพลิงจากการศึกษาความเป็นไปได้ของวัสดุประเภททางการเกษตร โดยเฉพาะวัสดุที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน (lignin) ซึ่งสารประกอบดังกล่าวนี้โดยเฉพาะเซลลูโลส มีปริมาณที่สูงถึงร้อยละ 60 - 80 ของสารประกอบทั้งหมดและมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนความร้อนได้เป็นอย่างดี มีน้ำหนักเบาและสามารถหาได้ไม่ยาก ย่อยสลายด้วยตัวเองและไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย ดังนั้นหากสามารถนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทดแทนไม้ในอุตสาหกรรมไม้อัด ก็จะสามารถลดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ ในส่วนของงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวกับการพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากการทบทวนเอกสารสามารถสรุปได้ดังนี้ มีการศึกษาสมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้วัสดุ 5 ชนิด คือ เปลือกข้าวโพด ชังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง กะลามะพร้าว และฟางข้าว โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 6% (โดยน้ำหนัก) เป็นสารยึดติด ซึ่งพบว่าแผ่นที่ทำด้วยชังข้าวโพดมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงสุด ในส่วนของค่าความแข็งแรงทนการกระแทกมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวจะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำที่สุด (Sampathrajan, *et al.*,1992) หลังจากนั้นมีการศึกษาสมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ดจากเส้นใยกาบมะพร้าว และเปรียบเทียบสมบัติของสารยึดติดสองชนิดคือ กาวฟีนอลยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ โดยทดสอบค่ามอดูลัสแตกกร้าว ค่าความแข็งแรงในแนวนอนและแนวตั้ง ค่าความสามารถในการยึดเหนี่ยวสกรูผิวหน้าและผิวขอบ และค่าความแข็งแรง ซึ่งพบว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากเส้นใยกาบมะพร้าวมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งภายในอาคาร และความแข็งแรงของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กาวฟีนอลยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จะมีมากกว่าการใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Viswanathan, *et al.*, 1999) ในปีถัดมาการศึกษาการพัฒนาต้นแบบแผ่นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนและมะพร้าว ชนิดของกาวที่ศึกษาได้แก่ กาวยูเรีย ฟอร์มาลดีไฮด์ 12% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 6% และไฮโซไซยาเนต 3% ซึ่งพบว่าชนิดของกาวไม่มีผลแตกต่างกันมากนักต่อสมบัติของแผ่นไม้อัด (Charoenvai, 2000) ในส่วนของการศึกษาการผลิตโดยใช้เส้นใยจากชานอ้อยผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เกรด EU-617 พบว่าค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง 0.0724–0.0925 W/m.K ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและปริมาณกาวที่ใช้ ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาแน่นและปริมาณกาว (ประยูร, 2544) สำหรับการศึกษากรณีใช้ฟางข้าวและกาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เกรด EU-617 เป็นสารยึดติด พบว่า แผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าวเป็นฉนวนความร้อนที่ดี ค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง 0.0564-0.0957 W/m.K ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและปริมาณกาว (กิตติศักดิ์, 2544) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการโค้งตัว การดูดซับน้ำและการพองตัวตามความหนาของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากชานอ้อยกับปาร์ติเกิลบอร์ดพลาสติกผสม จากการทดลองพบว่าค่าการโค้งตัวและมอดูลัสแตกกร้าวจะเพิ่มขึ้นไปตามอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป การเพิ่มสัดส่วนปริมาณของชานอ้อยจะมีผลต่อมอดูลัสแตกกร้าวโค้งตัวมาก (Fuentes, *et al.*, 2007)

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ยังไม่มีการศึกษาการทำปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้ส่วนผสมรวมกันระหว่าง ฟางข้าว แกลบและเถาแกลบดำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำ จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ได้แก่ ฟางข้าว แกลบ และเถาแกลบดำ โดยใช้กาว สังกะหร่ายเรียวฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด สมบัติที่ศึกษาประกอบด้วย สมบัติทางกายภาพ สมบัติ ทางด้านความร้อน และสมบัติทางกล นอกจากนี้ยังได้ศึกษาสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่จำหน่ายตาม ท้องตลาด และเปรียบเทียบกับปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมวัสดุและเงื่อนไขการทดลอง

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ใช้ในการทดลองคือฟางข้าว แกลบและเถาแกลบดำ ซึ่งจะมีความชื้น ประมาณร้อยละ 40 – 50 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก โดยฟางข้าวจะถูกย่อยขนาดเล็กลง 3 – 15 มิลลิเมตร และแช่สารโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อให้ฟางข้าวเกิดการอ่อนตัวและย่อยได้ง่ายขึ้น ใช้เวลาแช่ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างน้ำสะอาดแล้วตากแห้งและนำมาย่อยอีกครั้ง ส่วนแกลบและเถาแกลบดำจะคัดแยก เอาเฉพาะที่ไม่เป็นผงละเอียดจนเกินไป ส่วนสารยึดติดที่ใช้ในการทดลองคือกาว สังกะหร่ายเรียวฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน (Urea formaldehyde resin) เกรด EU - 617 ชนิดเหลว ในส่วนของ ปริมาณส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$W = \frac{D \times V}{1 + \frac{(R + PE + HD + BL)}{100}} \quad (1)$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของชั้นปาร์ติเกิลแห้ง (kg) D คือ ความหนาแน่นของแผ่นที่ต้องการ (kg/m^3) V คือ ปริมาตรของแผ่นที่ต้องการตัดขอบ (m^3) R คือ เปอร์เซ็นต์กาวเทียบกับน้ำหนักของชั้นปาร์ติเกิลแห้ง (%) PE คือเปอร์เซ็นต์พาราฟินอิมัลชันเทียบกับน้ำหนักชั้นปาร์ติเกิลแห้ง (%) HD คือเปอร์เซ็นต์สารเร่งแข็งเทียบกับ น้ำหนักชั้นปาร์ติเกิลแห้ง (%) BL คือเปอร์เซ็นต์สารทำให้เกิดฟองเทียบกับน้ำหนักชั้นปาร์ติเกิลแห้ง (%)

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดและศึกษาสมบัติด้านต่าง ๆ ของปาร์ติเกิลบอร์ดที่มี เงื่อนไขการอัดขึ้นรูปดังนี้

1. กรณีอัดขึ้นรูปที่มีส่วนผสมจากฟางข้าวกับกาว และจากแกลบกับกาว ได้ทดลองปรับเปลี่ยน ส่วนผสมของกาว 3 ระดับ คือ ใช้กาวเป็นส่วนผสม 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
2. กรณีอัดขึ้นรูปที่ใช้ส่วนผสมจากฟางข้าว แกลบกับกาว และจากฟางข้าว เถาแกลบดำและกาว ได้ทดลองอัดขึ้นรูปตามเงื่อนไขที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดกรณีส่วนผสม 3 ชนิด

ชื่อชิ้นงาน	ส่วนผสม	สัดส่วน	ชื่อชิ้นงาน	ส่วนผสม	สัดส่วน
C - 1	กาว	1	D - 1	กาว	1
	ฟางข้าว	8		ฟางข้าว	8
	แกลบ	2		เถ้าแกลบดำ	2
C - 2	กาว	2	D - 2	กาว	2
	ฟางข้าว	7		ฟางข้าว	7
	แกลบ	3		เถ้าแกลบดำ	3
C - 3	กาว	3	D - 3	กาว	3
	ฟางข้าว	6		ฟางข้าว	6
	แกลบ	4		เถ้าแกลบดำ	4

การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย การทดสอบหาค่าความหนาแน่น (Density, D) ค่าความชื้น (Moisture content, MC) และการขยายตัวตามความยาว (Linear expansion, LE) โดยทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2533

การทดสอบสมบัติทางกล

สมบัติทางกลที่ทดสอบได้แก่ ค่ามอดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture, MOR) และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity, MOE) และค่าต้านทานการกระแทก (Impact resistant, IR) โดยทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2533

การทดสอบสมบัติทางความร้อน

การทดสอบค่าการนำความร้อน ทดสอบโดยใช้เครื่อง Thermal Conductivity Analyzer model 88 ซึ่งทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 177-85

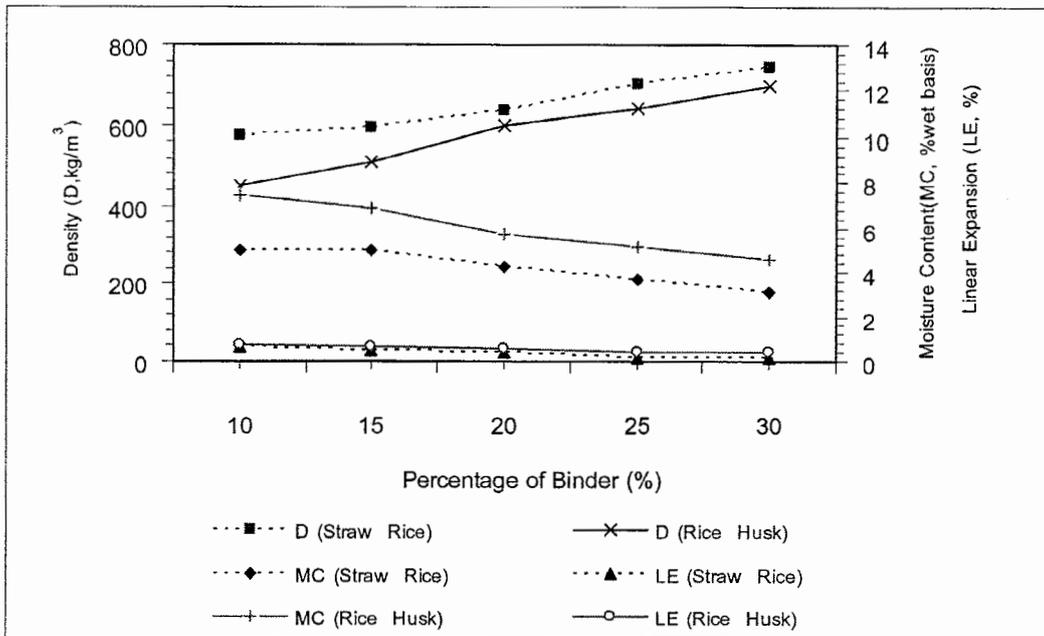
ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาการพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะได้ข้อมูลการทดสอบซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นสามกรณีคือ การทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ และปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด ผลที่ได้จากการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

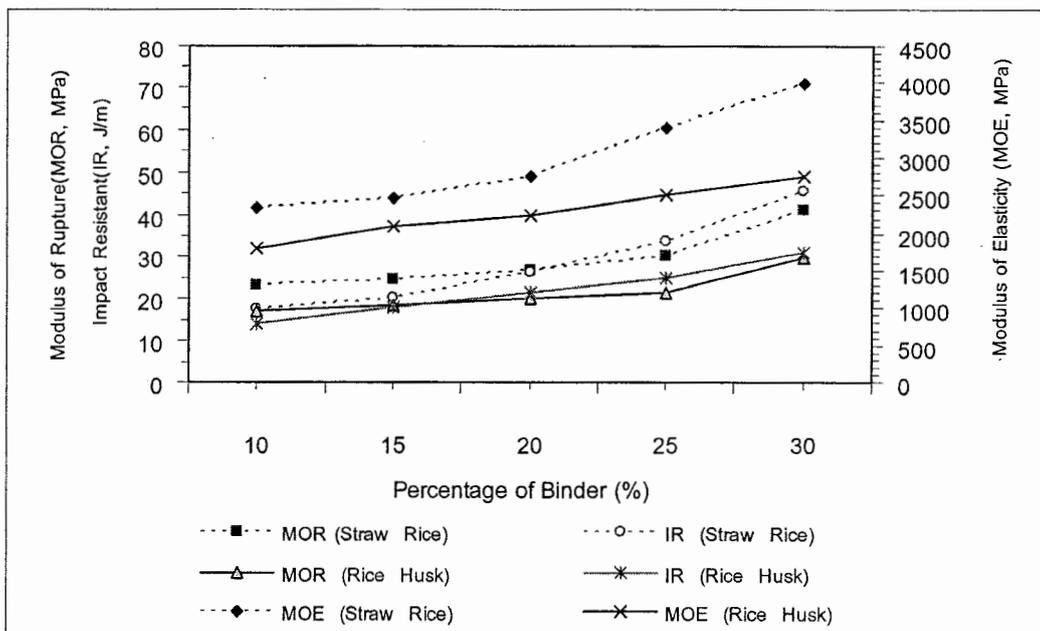
ผลการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ

รูปที่ 1 แสดงผลการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความหนาแน่นสูงกว่าฟางข้าวและแกลบ ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณ

สารยึดติด ก็จะทำให้ความหนาแน่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ในส่วนของความชื้นเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์หรือ ปริมาณสารยึดติด จะทำให้ความชื้นภายใน และการขยายตัวของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อแช่ในน้ำลดลง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบที่สัดส่วนเปอร์เซ็นต์สารยึดติดเท่ากันพบว่า ความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ทำจากแกลบมีค่าสูงกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว โดยเฉลี่ยประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจาก แกลบมีการดูดซับความชื้นได้ดีกว่าฟางข้าว ในขณะที่การขยายตัวมีค่าใกล้เคียงกัน



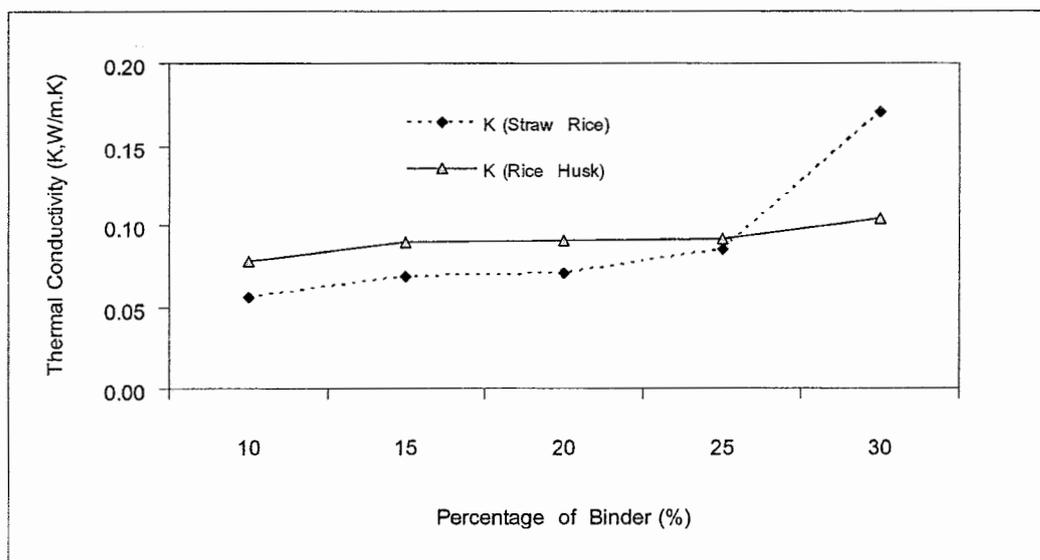
รูปที่ 1 แสดงผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ดจากฟางข้าวและแกลบ



รูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ

รูปที่ 2 แสดงค่ามอดูลัสการแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงกระแทก จากการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงต่างๆ เหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดจะช่วยในการจับตัวกันระหว่างอนุภาคของฟางข้าวและแกลบ ทำให้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความสามารถยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด นอกจากนี้จากผลการทดสอบพบว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวมีความแข็งแรงมากกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ ภายใต้เงื่อนไขการทดลองช่วงปริมาณสารยึดติด 10-30 เปอร์เซ็นต์ สามารถสรุปได้ว่า ค่ามอดูลัสการแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวสูงกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบโดยเฉลี่ยประมาณ 36 30 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากฟางข้าวมีความยืดหยุ่นและมีลักษณะเป็นเส้นใยมากกว่าแกลบ

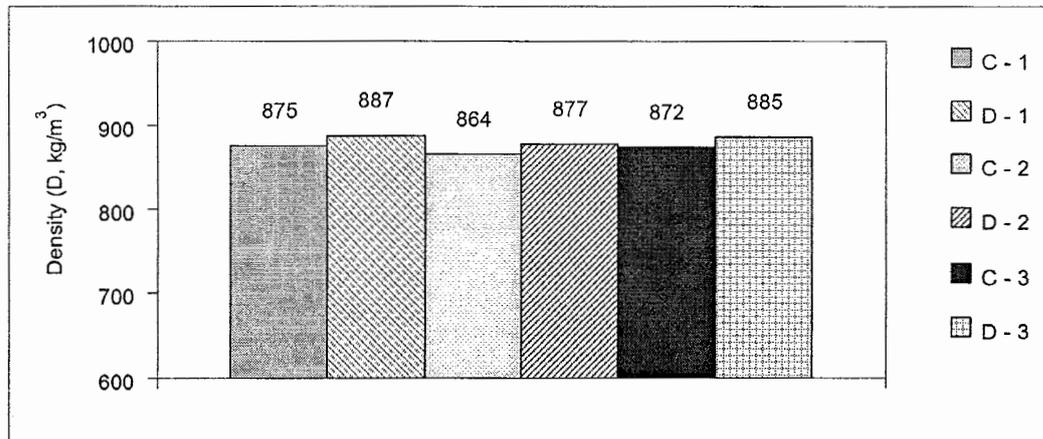
รูปที่ 3 แสดงค่าความเป็นฉนวนของปาร์ติเกิลบอร์ด จากกราฟจะพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติดจะทำให้ค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารยึดติดที่เพิ่มเข้าไปจะส่งผลให้ช่องว่างหรือรูพรุนภายในปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง จากผลการทดลองพบว่าค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบมีแนวโน้มที่สูงกว่าค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลที่ทำจากฟางข้าว



รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ

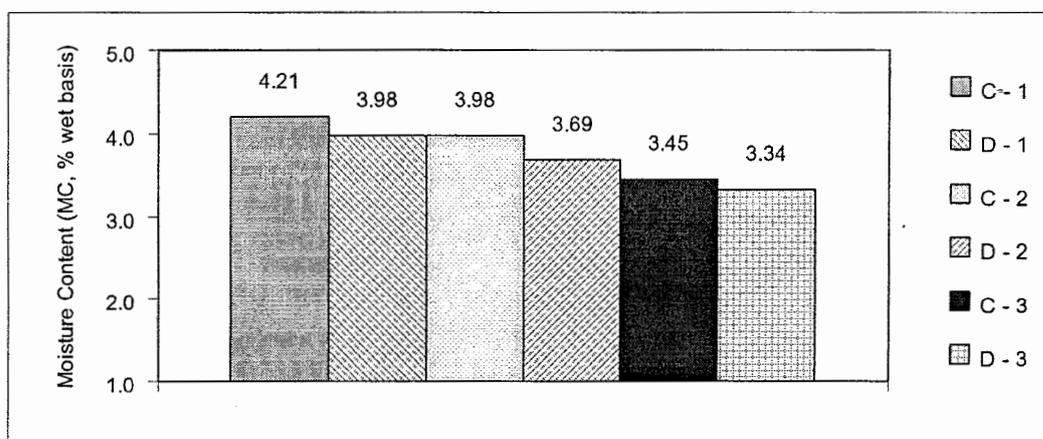
ผลการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้ส่วนผสมฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ

ผลการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ สามารถนำเสนอได้ดังรูปที่ 4-10

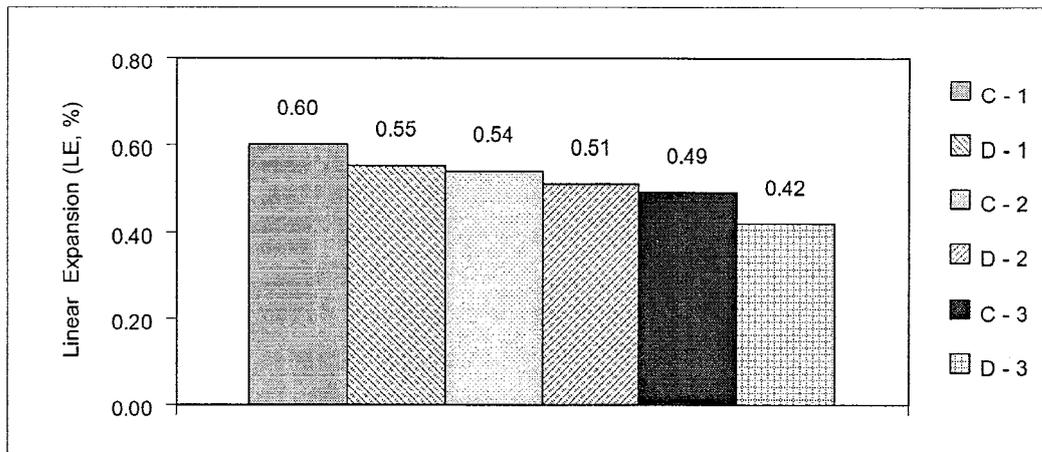


รูปที่ 4 แสดงผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด

รูปที่ 4 แสดงผลการทดสอบค่าความหนาแน่น จากข้อมูลพบว่า เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความหนาแน่นสูงกว่าส่วนผสม ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ก็จะส่งผลให้ความหนาแน่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาชิ้นงานที่ใช้เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเท่ากันแต่แตกต่างกันเฉพาะวัตถุดิบบางรายการ เช่น ชิ้นงาน C-1 และ D-1 จากการศึกษาพบว่า ชิ้นงานประเภท D (มีเถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสม) มีแนวโน้มว่าความหนาแน่นของชิ้นงานจะสูงกว่าชิ้นงานประเภท C ซึ่งเป็นผลมาจากเถ้าแกลบดำมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าแกลบ ทำให้สามารถอัดขึ้นรูปได้แน่นกว่าแกลบ

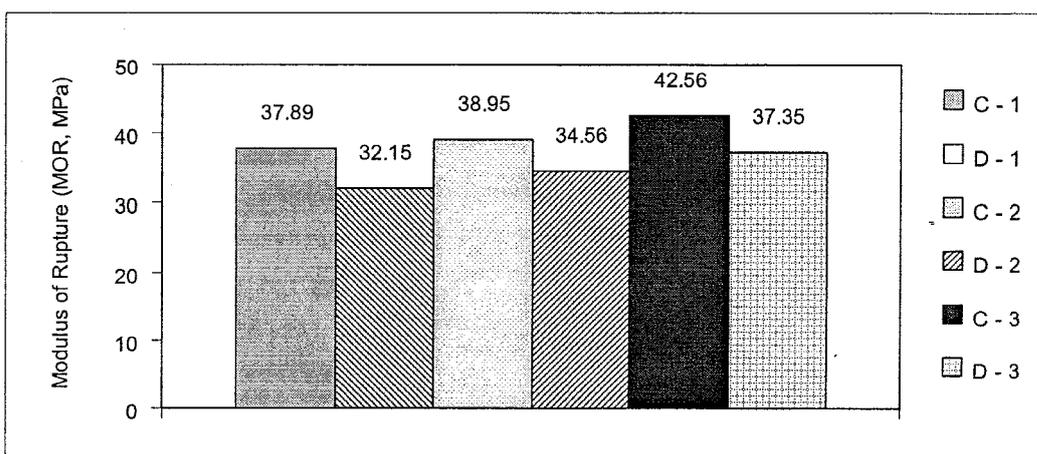


รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด

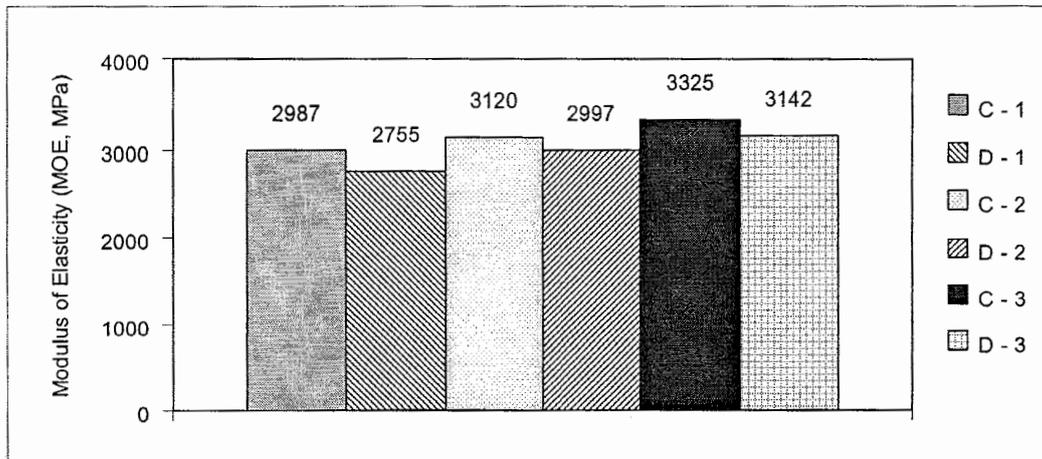


รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด

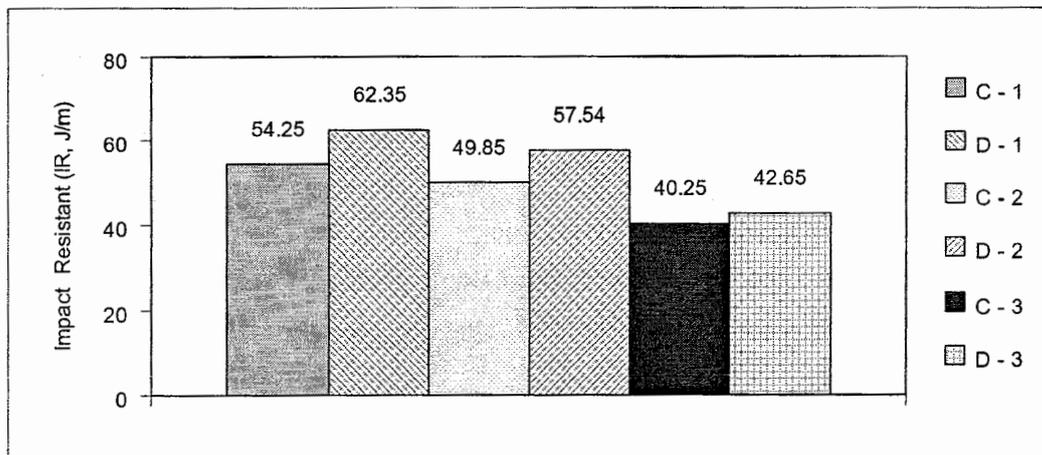
รูปที่ 5 และ 6 แสดงค่าความชื้นและการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งผลของการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ หรือปริมาณสารยึดติด จะทำให้ความชื้นภายใน และการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อแช่ในน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการแทรกซึมของน้ำเข้าสู่สารยึดติดเป็นไปได้น้อยกว่า ด้วยเหตุนี้ เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จึงส่งผลให้ความชื้น และการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเท่ากันพบว่า ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแก้วกลบดำเป็นส่วนผสมจะมีความชื้นและการขยายตัวน้อยกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแก้วเป็นส่วนผสม ซึ่งเป็นผลมาจากปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแก้วกลบดำเป็นส่วนผสมจะมีความหนาแน่นสูงกว่า ดังข้อมูลที่น่าเสนอในรูปที่ 4 ทำให้สามารถดูดซับได้น้อยเมื่อนำไปทดสอบแช่ในน้ำ ดังนั้นจึงส่งผลให้มีการขยายตัวต่ำ



รูปที่ 7 แสดงผลการทดสอบค่ามอดูลัสแตกกร้าวเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด

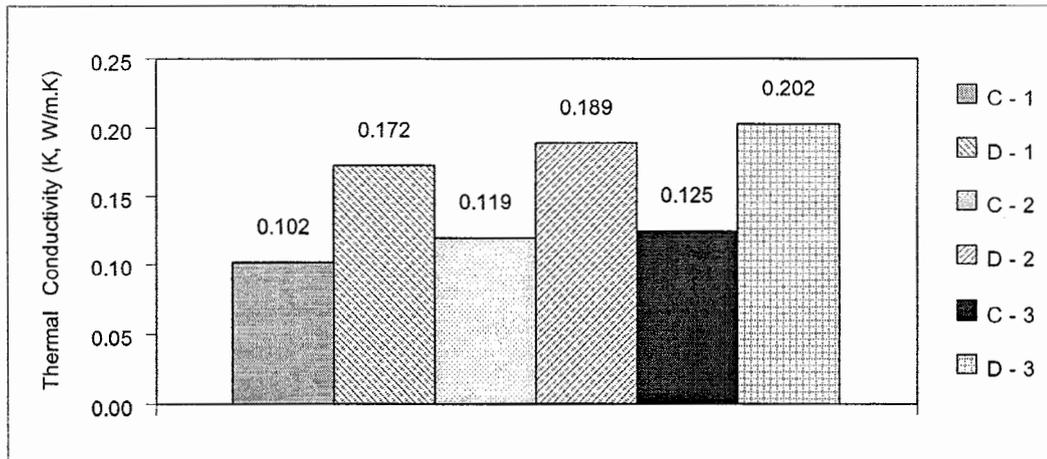


รูปที่ 8 แสดงผลการทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด



รูปที่ 9 แสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงกระแทกเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด

รูปที่ 7 ถึง 9 แสดงผลการทดสอบสมบัติทางกล จากการทดสอบพบว่าค่าความแข็งแรงต่าง ๆ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดจะช่วยในการจับตัวกันระหว่างอนุภาคของส่วนผสม ทำให้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความสามารถยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเท่ากัน (เช่น C-1 และ D-1) ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแกลบเป็นส่วนผสมจะให้ค่ามอดูลัสแตกร้าวมอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่ากรณีที่มีเถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสม ซึ่งสามารถอธิบายได้จากความแตกต่างทางกายภาพของวัสดุทั้งสองชนิด คือ เถ้าแกลบดำจะมีความละเอียดของอนุภาคสูงกว่าแกลบ ดังนั้นเมื่อถูกนำไปทดสอบในลักษณะของการรับแรงดึง จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่าอนุภาคที่มีลักษณะเป็นเส้นใยและมีขนาดที่ยาวกว่า อย่างไรก็ตามอนุภาคที่มีความละเอียดจะช่วยให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงในกรณีที่ได้รับแรงในลักษณะของการกระแทก ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองในรูปที่ 9



รูปที่ 10 แสดงผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด

ผลการทดสอบในรูปที่ 10 สามารถสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จะทำให้ค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารยึดติดที่เพิ่มเข้าไปจะทำให้ช่องว่างหรือรูพรุนภายในปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง นอกจากนี้พบว่าชิ้นงานที่ใช้เกลบเป็นส่วนผสมจะมีค่าความเป็นฉนวนดีกว่าชิ้นงานที่ใช้เถ้าเกลบดำเป็นส่วนผสม เนื่องจากชิ้นงานที่ใช้เถ้าเกลบดำเป็นส่วนผสมจะมีความหนาแน่นสูง หรือมีรูพรุนน้อย

ตารางที่ 2 แสดงผลทดสอบสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

รายการ	แผ่นไม้อัด ขนาด 9 มม.	แผ่นยิปซัม ขนาด 9 มม.	แผ่นไม้อัด FDM 9 มม.	ค่า มาตรฐาน
ความหนาแน่น (kg/m^3)	912	729	850	500-800
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (% w.b)	4.25	6.35	5.14	4-10
การขยายตัวตามยาว (%)	0.41	0.58	0.52	0.30
มอดูลัสแตกกร้าว (MPa)	15.15	24.65	18.26	20.00
มอดูลัสยืดหยุ่น (MPa)	2856	2482	2902	2068
ความต้านทานแรงกระแทก (J/m)	49.14	8.26	42.15	-
การนำความร้อน (W/m.K)	0.289	0.306	0.245	-

การทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งได้จากการนำเอาผลิตภัณฑ์จากหลายๆ ผู้ผลิตหรือตราสินค้ามาทดสอบ แล้วนำเสนอในรูปแบบของค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบ เมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในงานวิจัยนี้ พบว่ามีค่าความแข็งแรงและค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกัน

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติดจะให้ความชื้นและการขยายตัวลดลง ในขณะที่ค่ามอดูลัสแตกกว้าง มอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านทานแรงกระแทกและค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้น จากการทดลองยังพบว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีเก่ากลบดำเป็นส่วนผสมจะมีความสามารถในการรับแรงดิ่งน้อยกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีเก่ากลบเป็นส่วนผสม แต่จะสามารถรับแรงกระแทกได้สูงกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่จำหน่ายในท้องตลาด และมีความแข็งแรงผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สารยึดติดจาก บริษัท อีเทอนัล เรซิน จำกัด และเครื่องอัดขึ้นรูปจากสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ บัวศรี. 2544. “การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว.” วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ประยูร สุรินทร์. 2544. “การศึกษากระบวนการผลิตและสมบัติของแผ่นฉนวนความร้อนจากชานอ้อย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Charoenval, S. 2000. “**Development of New Particleboards from Durian Peel and Coconut Coir with Low Thermal Conductivity**”. Master of Engineering Thesis, Energy Technology Program. King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- Fuentes Talavera, F.J., Silva Guzmán, J.A., Richter, H.G., Sanjuán Dueñas, R. and Ramos Quirarte, J. 2007. “Effect of Production Variables on Bending Properties, Water Absorption and Thickness Swelling of Bagasse / Plastic Composite Boards”. **Industrial Crops and Products**. 26: 1–7.
- Kuhad, R.C. 1993. “ Lignocellulose Biotechnology : Current and future prospects”. **Critical Reviews in Biotechnology**. 3: 151-172.
- Sampathrajan, A., Vijayaraghavan, N.C. and Swaminathan, K.R., 1992. “ Mechanical and Thermal Properties of Particle boards made from farm residues”. **Bioresource Technology**. 3: 249-251.
- Viswanathan, R. and Gothandapani, L. 1999. “Mechanical Properties of Coir Pith Particle Board”. **Bioresource Technology**. 67: 93-95.

ภาคผนวก ค

สมบัติการทดสอบแรงกระแทก (Impact properties)

ภาคผนวก ก

สมบัติการทดสอบแรงกระแทก (Impact properties)

สมบัติการทดสอบแรงกระแทก (Impact properties)

ในการทดสอบแรงกระแทก เป็นการทดสอบนั้นเป็นการทดสอบสมบัติของชิ้นทดสอบที่บอกถึงความสามารถของการทนต่อแรงกระแทก โดยจะแสดงให้เห็นว่าชิ้นงานทดสอบนั้นมีความเปราะ ซึ่งความเหนียวนั้นเป็นความสามารถที่ชิ้นงานทดสอบดูดซับพลังงาน (Absorb energy) ที่ให้ได้ โดยทดสอบด้วยการให้แรงกระแทกกับชิ้นงานที่มีรอยบาก (Notch) ซึ่งเป็นจุดเริ่มของการเสียหาย จากการทดสอบมักจะแสดงในรูปของค่าความทนต่อแรงกระแทก (Impact strength) ดังสมการ

$$IS = \frac{E}{W_n}$$

โดยที่

IS	คือ ค่าความทนต่อแรงกระแทก ซึ่งเป็นค่าพลังงานดูดซับของชิ้นทดสอบต่อความยาวรอยบากหนึ่งหน่วย	หน่วยเป็นจูลต่อเมตร
E	คือ ค่าพลังงานดูดซับที่ชิ้นงานรับได้	หน่วยเป็นจูล
W_n	คือ ความกว้างของรอยบาก	หน่วยเป็นมิลลิเมตร

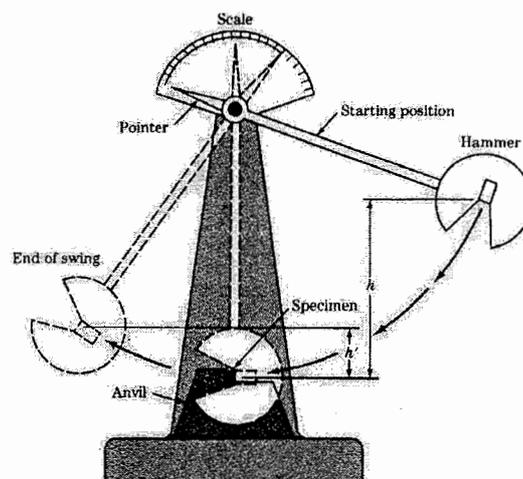
ในการทดสอบสมบัติทนแรงกระแทกของชิ้นงานปาร์ติเกิลบอร์ดของงานวิจัยนี้ ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D-256 แบบ Izod ด้วยเครื่อง 4 J หมายถึงการทดสอบโดยใช้แรงกระแทกเข็มของชิ้นเครื่องทดสอบจะบอกเป็นองศา 0 -180 องศา เมื่อทดสอบเข็มจะบอกค่าเป็นองศาแล้วนำค่าไปเทียบตารางได้ค่าพลังงานดูดซับที่ชิ้นงานรับได้ หน่วยเป็นจูล แล้วนำมาแทนค่าในสมการหารกับค่าความกว้างของรอยบาก หน่วยเป็นมิลลิเมตร ก็จะได้ค่าค่าความทนต่อแรงกระแทก ซึ่งเป็นค่าพลังงานดูดซับของชิ้นทดสอบต่อความยาวรอยบาก หนึ่งหน่วย หน่วยเป็นจูลต่อเมตร แสดงดังภาพที่ ก.1



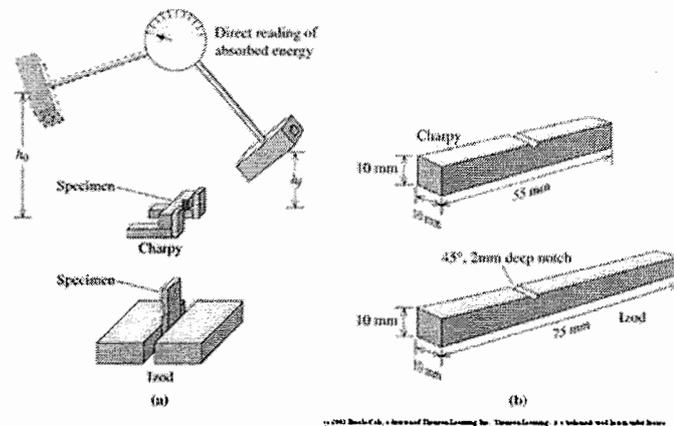
ภาพที่ ก.1 แสดงเครื่องทดสอบแรงกระแทก

การทดสอบแรงกระแทก (Impact test)

การทดสอบแรงกระแทก (impact test) ของวัสดุ เป็นการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการรับแรงที่มากกระทำกับวัสดุด้วยความรวดเร็ว (dynamic load) ความสามารถในการรับแรงกระแทกของวัสดุ หมายถึง การที่วัสดุสามารถดูดกลืนหรือเก็บพลังงานกระแทกไว้ได้มากน้อยเพียงใดถ้า วัสดุสามารถเก็บสะสมพลังงานต่อหน่วยปริมาตรตั้งแต่เริ่มต้นได้รับแรงกระแทกจนกระทั่งแตกหักไว้ได้สูงก็หมายความว่าวัสดุนั้นมีความเหนียวแน่น (toughness) สูงหรือมีความแข็งแรงต่อการกระแทกสูงดังหลักการดังภาพที่ ก.2 และ ก.3

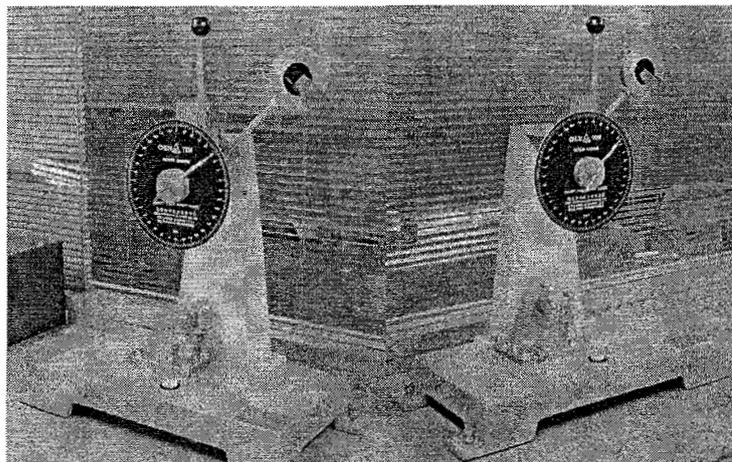


ภาพที่ ก.2 แสดงหลักการทดสอบแรงกระแทก

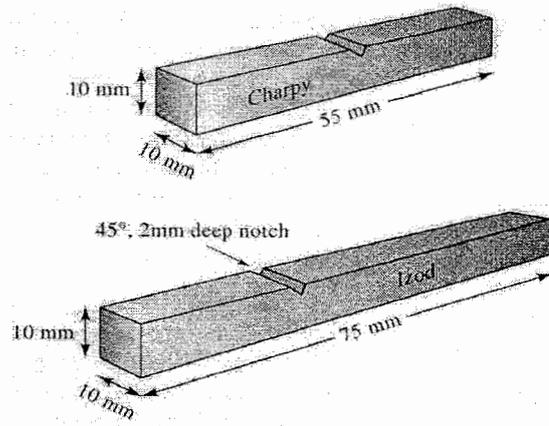


ภาพที่ ค.3 แสดงหลักการทดสอบแรงกระแทก

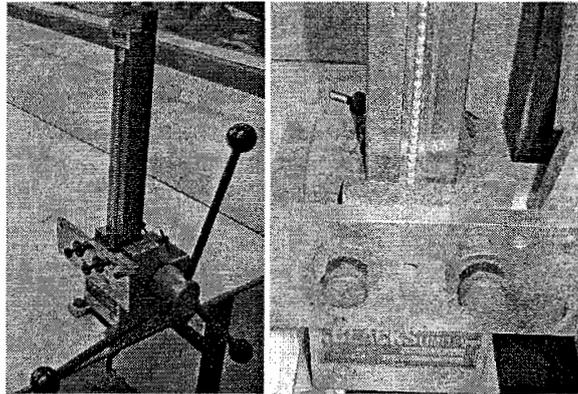
หลักการทดสอบแรงกระแทกจะใช้ค้อนเหวี่ยง (hammer) กระแทกชิ้นทดสอบซึ่งทำเป็นขนาดมาตรฐานไว้ ซึ่งลักษณะการเหวี่ยงจะคล้ายลูกตุ้มนาฬิกา ซึ่งสามารถที่จะคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้กระแทกชิ้นทดสอบได้จากผลต่างของระดับสูงต่ำของลูกตุ้ม เมื่อเริ่มแกว่งและหลังจากที่แกว่งไปกระแทกชิ้นทดสอบให้หัก อย่างไรก็ตามแล้วแต่เราสามารถอ่านค่าของพลังงานได้จากหน้าปัดของเครื่องทดสอบได้โดยตรง โดยไม่ต้องคำนวณโดยค่าที่อ่านได้จะเป็นพลังงานที่วัสดุดูดกลืนไว้ได้จนเกิดการแตกหักก็มีหน่วยเป็นจูล (Joule) แสดงในภาพที่ ค.4



ภาพที่ ค.4 แสดงเครื่องทดสอบแรงกระแทก



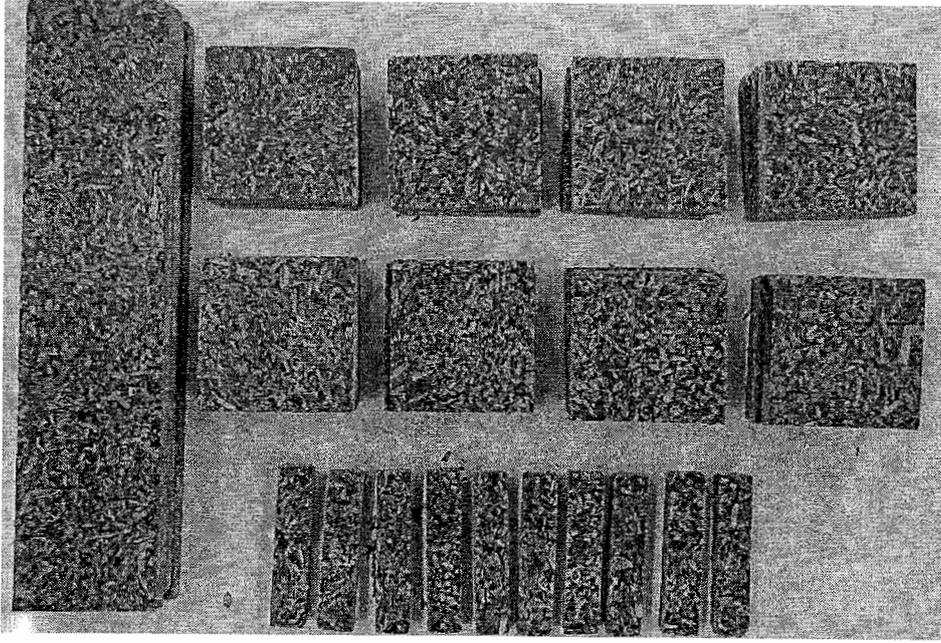
ภาพที่ ค.5 แสดงตำแหน่งรอยบาก (Notch) ของเครื่องทดสอบแรงกระแทก



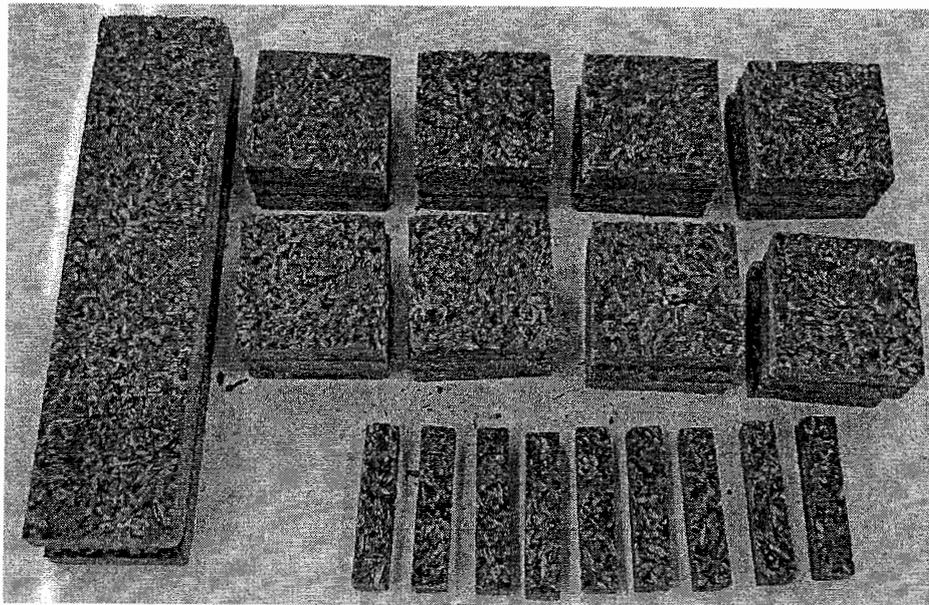
ภาพที่ ค.6 แสดงตำแหน่งรอยบาก (Notch) ของชิ้นงานปาร์ติเกิลบอร์ด

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างชิ้นงานปาร์ติเกิลบอร์ด

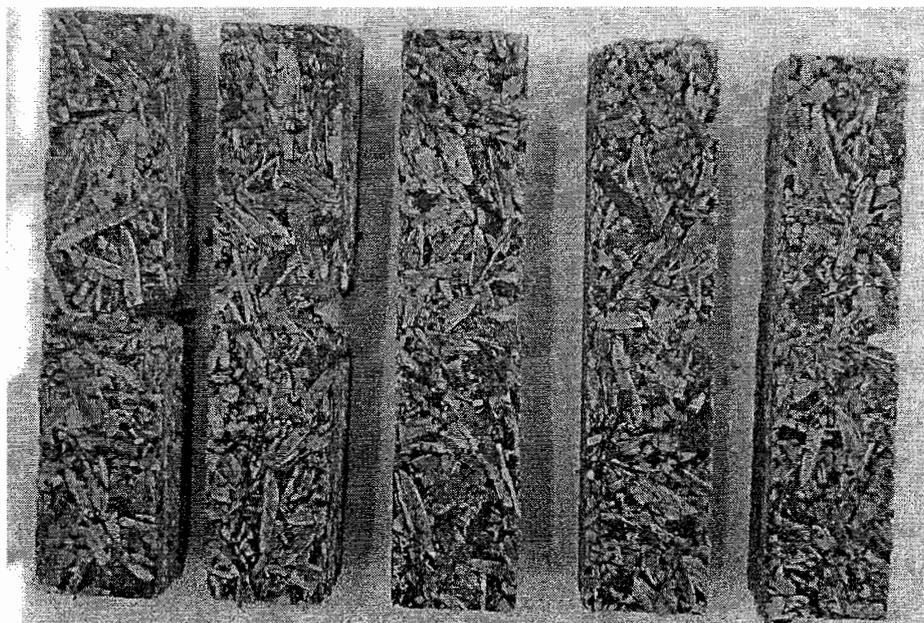
ภาคผนวก ง
ตัวอย่างชิ้นงานปาร์ติเกิลบอร์ด



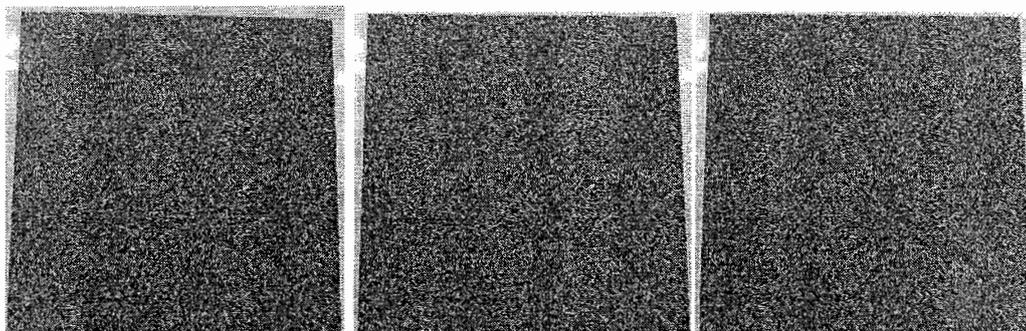
ภาพที่ ง.1 แสดงชิ้นงานปาร์ติเกิลบอร์ดอัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 3 ชนิด



ภาพที่ ง.2 แสดงชิ้นงานปาร์ติเกิลบอร์ดอัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 4 ชนิด



ภาพที่ ง.3 แสดงตำแหน่งรอยบาก (Notch) ของชิ้นงานปาร์ติเกิลบอร์ด



ภาพที่ ง.4 แสดงชิ้นงานปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 4 ชนิด