รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Development of Particle Board using Agricultural Residue

คณะผู้วิจัย		สังกัด
1. ผศ.ดร.อำไพศักดิ์	ทีบุญมา	คณะวิศวกรรมศาสตร์
2. นายชาคริต	โพธิ์งาม	คณะวิศวกรรมศาสตร์
3. นายอาคม	ปาสีโล	คณะวิศวกรรมศาสตร์
4. นายปรีชา	ทุมมุ	คณะวิศวกรรมศาสตร์

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย ม.อบ. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาและการจัดทำรายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ส่งเสริมและสนับสนุนการทำวิจัย และงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 และ 2552

คณะผู้วิจัย

เมษายน 2553

การพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

DEVELOPMENT OF PARTICAL BOARD USING AGRICULTURAL RESIDUE

อำไพศักดิ์ ทีบุญมา ชาคริต โพธิ์งาม อาคม ปาสีโล และปรีชา ทุมมุ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Umphisak Teeboonma, Chakrit Po-ngarm, Arkom Pasilo and Preeha Tummu

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาศึกษา คือ ฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 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 ค่ามอดูลัสแตกร้าว 30.08 MPa ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 3,393 MPa ค่าความต้านทานแรงกระแทก 33.87 MPa และค่าการนำความร้อน 0.0855 W/m.K

ศัพท์สำคัญ: ปาร์ติเกิลบอร์ด สารยึดติด ฟางข้าว แกลบ

ABSTRACT

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 3,393 MPa, impact resistance (IR) of 33.87 MPa and thermal conductivity (K) of 0.0855 W/m.K.

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

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย		**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**ค**
สารบัญ		**ง**
สารบัญตาราง		**ช**
สารบัญภาพ		**ซ**
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ		**ญ**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
	1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
	1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	4
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2	**ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**8**
	2.1 ฉนวนความร้อน	8
	2.2 ประเภทของฉนวนความร้อน	11
	2.3 คุณสมบัติของฉนวนความร้อน	12
	2.4 ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	15
	2.5 ลักษณะการนำปาร์ติเกิลบอร์ดไปใช้ประโยชน์	17
	2.6 ลักษณะรูปแบบการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด	17
	2.7 วัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด	17
	2.8 ลักษณะและคุณสมบัติของแกลบ	18
	2.9 ลักษณะและคุณสมบัติของฟางข้าว	20
	2.10 ลักษณะและคุณสมบัติของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน	20
	2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุต่างๆ	21

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย**	**27**
	3.1 การออกแบบแม่พิมพ์และการติดตั้งอุปกรณ์	27
	3.2 การออกแบบและโครงสร้างของอุปกรณ์ในการขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	28
	3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปและการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ด	30
	3.4 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	30
	3.5 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	31
	3.6 เงื่อนไขการทดลอง	32
	3.7 การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	32
	3.8 รายละเอียดขนาดชิ้นทดสอบสมบัติแผ่นเส้นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง มอก. 966-2533	35
	3.9 การทดสอบความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ด	36
	3.10 การทดสอบปริมาณความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ด	37
	3.11 การทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นของปาร์ติเกิลบอร์ด	38
	3.12 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าของปาร์ติเกิลบอร์ด	40
	3.13 การทดสอบการดูดซึมน้ำของปาร์ติเกิลบอร์ด	41
	3.14 การทดสอบการขยายตัวตามความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด	43
	3.15 การทดสอบค่าต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ด	43
	3.16 การทดสอบค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด	44
บทที่ 4	**ผลการทดลองและวิจารณ์**	**46**
	4.1 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 2 ชนิด	46
	4.2 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 3 ชนิด	50
	4.3 ผลการศึกษาสัดส่วนวัตถุดิบต่อสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ด	55
	4.4 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 4 ชนิด	56
	4.5 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด	57

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**	**60**
	5.1 สรุป	60
	5.2 ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารอ้างอิง		**62**
ภาคผนวก		**66**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงปริมาณผลผลิตและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ประเมินไว้ในปี พ.ศ. 2539 – 2540	2
2.1	การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของวัสดุฉนวนความร้อน	13
2.2	สมบัติทางกายภาพ ความร้อนของวัสดุและฉนวนของอาคาร	14
2.3	ชนิดของความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	15
2.4	คุณสมบัติทางกายภาพของแกลบ	18
2.5	ส่วนประกอบของแกลบ	19
2.6	ส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าว	20
2.7	คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน	27
4.1	ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 2 ชนิด	46
4.2	ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 3 ชนิด	50
4.3	ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 3 ชนิด ที่ปริมาณสัดส่วนสารยึดติด 20 เปอร์เซ็นต์	55
4.4	ผลการทดสอบการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากส่วนผสม 4 ชนิด	56
4.5	การเปรียบเทียบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปกับมาตรฐานและที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป	57

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แผนผังการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ด	4
1.2	ชุดทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ด	5
1.3	เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น	5
1.4	เครื่องทดสอบความแข็งแรงทนการกระแทก	6
1.5	เครื่อง Thermal Conductivity Analyzer	7
2.1	แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร	9
2.2	ลักษณะของแผ่นฉนวนใยเซลลูโลส	10
2.3	ลักษณะของแผ่นฉนวนใยเซลลูโลส แบบติดแผ่นยิบซัม	11
3.1	แสดงการออกแบบชุดแม่พิมพ์	27
3.2	แสดงเครื่องอัดไฮดรอลิกส์รุ่น TMC ขนาด 100 ตัน	28
3.3	ตำแหน่งของการติดตั้งแท่งให้ความร้อน	29
3.4	แสดงตำแหน่งของการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล	29
3.5	แผนผังการดำเนินการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด	30
3.6	เครื่องตีย่อยเส้นใย	31
3.7	เครื่องผสมสารยึดติดกับวัสดุอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด	33
3.8	การติดตั้งแม่พิมพ์กับเครื่องอัดไฮดรอลิกส์	33
3.9	ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากฟางข้าว	34
3.10	ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากแกลบ	34
3.11	ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากเถ้าแกลบดำ	35
3.12	ลักษณะของการเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ด	36
3.13	ตำแหน่งที่วัดความกว้างความยาวและความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด	37
3.14	เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นระบบไฮดรอลิควอลเปิร์ต	38
3.15	ลักษณะการวางชิ้นทดสอบความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น	40
3.16	เครื่องทดสอบความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น	40
3.17	ลักษณะของการจับยึดชิ้นงานทดสอบการดึง	41
3.18	เครื่องทดสอบแรงกระแทก	44
3.19	เครื่องทดสอบค่าการนำความร้อน	45
4.1	สมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.2 สมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด	48
4.3 สมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด	49
4.4 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ด	51
4.5 ผลการทดสอบค่าความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ด	51
4.6 ผลการทดสอบค่าการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด	52
4.7 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าวของปาร์ติเกิลบอร์ด	53
4.8 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของปาร์ติเกิลบอร์ด	53
4.9 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ด	54
4.10 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด	54

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_1	น้ำหนักก่อนอบ	[g]
m_o	น้ำหนักหลังอบ	[g]
MOR	ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว	[MPa]
P	แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้	[N]
L	ระยะห่างของแท่นรองรับ	[mm]
b	ความกว้างของชิ้นทดสอบ	[mm]
d	ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ	[mm]
MOE	ค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น	[MPa]
L	ระยะห่างของแท่นรองรับ	[mm]
ΔW	แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง	[N]
ΔS	ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง	[N]
IB	แรงดึงตั้งฉากผิวหน้า	[MPa]
P_{max}	แรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาด	[kg]
A_t	พื้นที่ของตัวอย่างไม้ที่รับแรงดึง	[mm^2]
WA	การดูดซึมน้ำ	[%]
M_O	น้ำหนักหลังแช่น้ำ	[g]
M_i	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ	[g]

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
T_i	ความหนาหลังแช่น้ำ	[mm]
T_o	ความหนาก่อนแช่น้ำ	[mm]
LE	การขยายตัวทางความยาว	[%]
L_o	ความยาวหลังแช่น้ำ	[mm]
L_i	ความยาวก่อนแช่น้ำ	[mm]
IR	ความต้านทานแรงกระแทก	[J/m]
MDF	แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง	-

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยเริ่มเข้าสู่ช่วงวิกฤตของพลังงาน ดังนั้นจึงได้มีการหันกลับมามองถึงผลประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรืออุตสาหกรรม เช่น แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย ขี้เลื่อย เศษไม้ เปลือกไม้ มูลสัตว์รวมทั้งของเหลือหรือขยะจากครัวเรือน ซึ่งแกลบหรือเปลือกข้าวในสมัยก่อนนั้นไม่ค่อยมีคุณประโยชน์ ตามโรงสีข้าวมักจะมีปัญหาในเรื่องการจัดเก็บ หรือการกำจัดเปลือกข้าว จะขายก็ไม่มีคนรับซื้อ ทางโรงสีข้าวต้องเสียค่าใช้จ่ายเองในการจัดเก็บ และกำจัดเปลือกข้าว ไม่ว่าจะนำไปเผาทิ้งเพื่อลดปริมาณแกลบลง หรือขนย้ายออกไปกองเป็นภูเขานอกพื้นที่โรงสี 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 ส่วนขี้เถ้าแกลบที่เหลือก็นำมาเป็นส่วนผสมในการทำปุ๋ยหมัก เครื่องกรองน้ำ ถ้าเผาแกลบให้เป็นเถ้าสีขาว จะมีคุณสมบัติความเป็นด่างนำไปเป็นส่วนผสมน้ำยาล้างจาน ยาสระผม สบู่จะเห็นได้ว่าคุณประโยชน์จากแกลบหรือเปลือกข้าวจนกลายมาเป็นขี้เถ้าแกลบมีมากมาย

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 ซังและใบลำต้นข้าวโพดมี 2 เท่าของผลผลิต [1] เป็นต้น

ดังนั้นหากนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาพัฒนาการใช้งานอย่างเต็มศักยภาพและจริงจังก็จะสามารถสร้างภูมิคุ้มกันทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ให้กับระบบพลังงานของประเทศไทย เป็นการลดการพึ่งพาเทคโนโลยีและทรัพยากรจากต่างประเทศ 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 และสามารถ

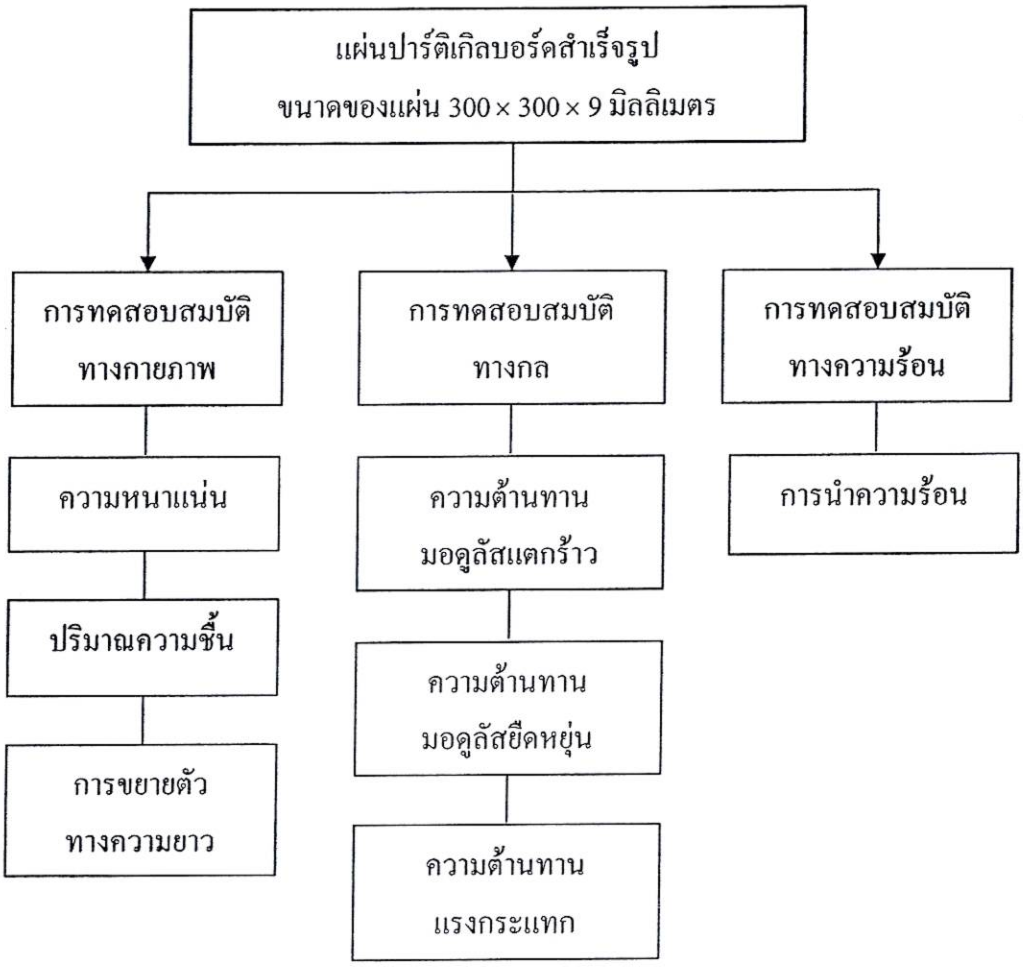
สร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ขึ้นใช้เองในกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ โดยไม่ต้องนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ และเป็นการประหยัดพลังงาน อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
2. ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางด้านกายภาพ ทางกล และทางด้านความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกับที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดคือ ฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ
2. สารยึดติดที่ใช้คือ กาวสังเคราะห์ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เกรด EU – 617
3. สัดส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ศึกษามีเงื่อนไขการทดลองดังนี้
   3.1 ส่วนผสม 2 ชนิด ได้แก่ 1) กาวกับฟางข้าว 2) กาวกับแกลบ
   3.2 ส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ 1) กาว ฟางข้าวและแกลบ 2) กาว ฟางข้าวและเถ้าแกลบดำ
4. การทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกลและสมบัติทางความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่จำหน่ายตามท้องตลาด
5. พารามิเตอร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาเปรียบเทียบ ได้แก่ การทดสอบสมบัติทางกายภาพ การทดสอบสมบัติทางกล และการทดสอบสมบัติทางความร้อน

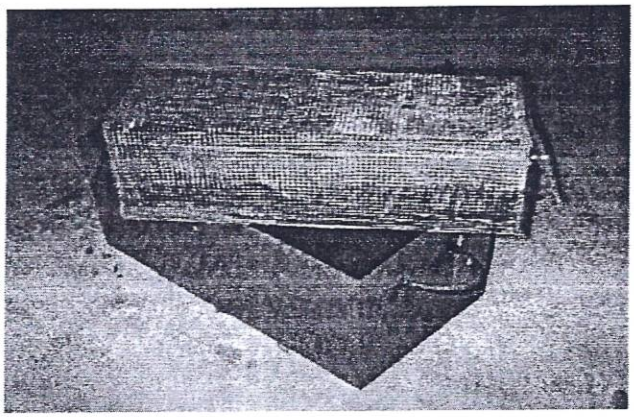


ภาพที่ 1.1 แผนผังการทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ด

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1.4.1 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางกายภาพ

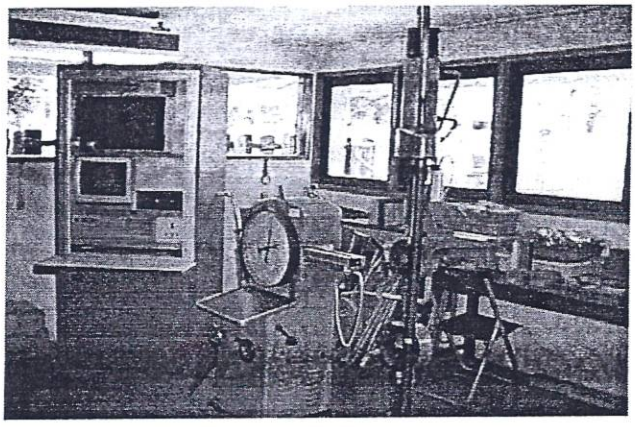
การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ (Physical properties tests) ประกอบด้วยการทดสอบหาค่าความหนาแน่น (Density) ค่าปริมาณความชื้น (Moisture content) และการขยายตัวตามความยาว (Linear expansion) โดยทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2533 ซึ่งมีชุดทดลองดังแสดงในภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 ชุดทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ด

1.4.2 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางกล

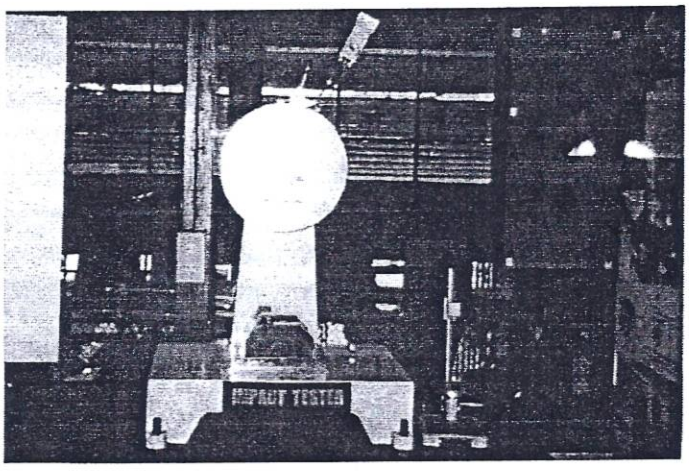
การทดสอบสมบัติเชิงกล (Mechanical properties tests) ประกอบด้วย การทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture) และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) และค่าความแข็งแรงทนการกระแทก (Impact resisitant) โดยทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966-2533 ภาพที่ 1.3 แสดงเครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นระบบไฮดรอลิควอลเปิร์ต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



ภาพที่ 1.3 เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น

การทดสอบสมบัติความแข็งแรงทนการกระแทก เป็นการบ่งบอกถึงความเหนียวและความเปราะของปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งเป็นความสามารถของปาร์ติเกิลบอร์ดในการดูดซับพลังงานโดยการทดสอบให้แรงกระแทกกับชิ้นงานที่มีรอยบาก (notch) ซึ่งเป็นจุดเริ่มของการเสียหาย ใน

การทดสอบของงานวิจัยนี้ทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 256-90 Standard Test Methods for Impact Resistance of Plastic and Electrical Insulating Materials ลักษณะดังภาพที่ 1.4

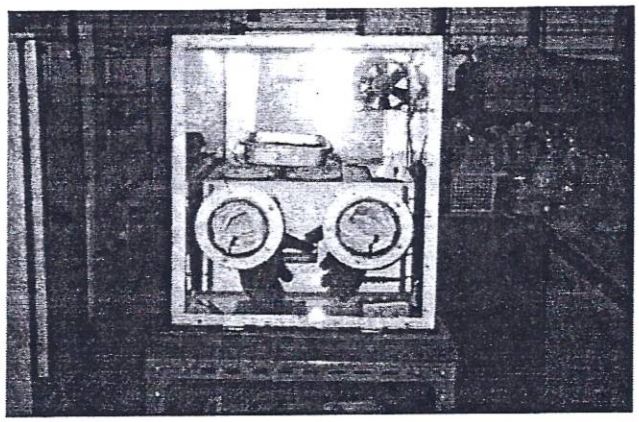


ภาพที่ 1.4 เครื่องทดสอบความแข็งแรงทนการกระแทก

1.4.3 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางความร้อน

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

การทดสอบวัดค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดของการวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบอ้างอิงตาม มาตรฐาน ASTM C 177-85 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

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้ในการสร้างแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทราบข้อมูลเฉพาะด้านของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตและวางจำหน่ายทั้งภายในและต่างประเทศ
2. สามารถสร้างแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีราคาถูกและมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดี มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีวางจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป
3. เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
4. ทราบถึงความเป็นไปได้สำหรับการประยุกต์ใช้งานจริง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฉนวนความร้อน

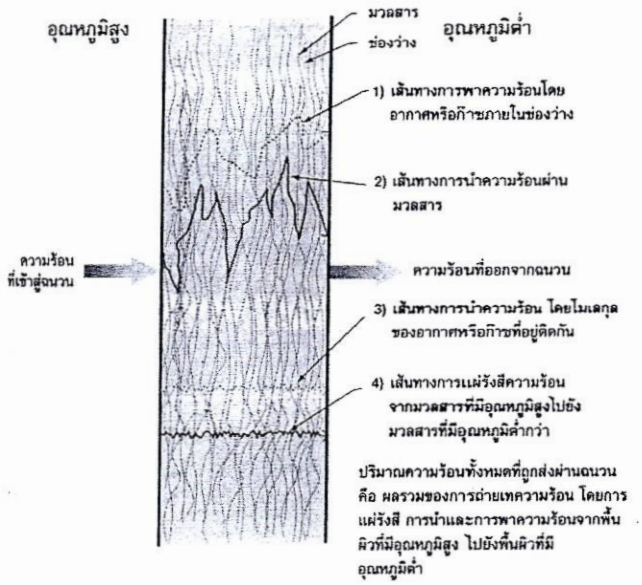
วัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานที่สำคัญเกือบทุกอาคาร คือ ฉนวนกันความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ฉนวนกันความร้อนมีคุณสมบัติในการสกัดกันการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ในการใช้งานอาจใช้รักษาความร้อนและความเย็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของฉนวนและลักษณะการใช้งานของฉนวนนั้น ๆ เช่น ฉนวนกันความร้อนในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง ตลอดจนการขนส่งอาหารต้องใช้ฉนวนในการรักษาความเย็นของห้องบรรจุอาหาร สำหรับอุณหภูมิอาคาร สิ่งก่อสร้างอาจทำหน้าที่หลาย ๆ อย่าง เช่น ป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง ป้องกันไฟ สภาวะภูมิอากาศของประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นเพื่อให้ภายในอาคารมีสภาพเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและเกิดภาวะความสบาย จึงต้องลดความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร การใช้ฉนวนกันความร้อนสำหรับประเทศไทยจึงมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามายังภายในอาคารเป็นสำคัญ [3]

กระบวนการถ่ายเทความร้อนผ่านระหว่างวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกันสำหรับวัสดุอาคารที่สัมผัสกับอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีอาทิตย์นั้น ผิวสัมผัสด้านนอกจะดูดซับความร้อนไว้ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าพื้นผิวที่อยู่ใกล้เคียงและอุณหภูมิของอากาศภายนอก จึงเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศภายนอกและพื้นผิวสัมผัสของวัสดุอาคารด้านนอก พลังงานความร้อนบางส่วนจึงเกิดการสูญเสียให้แก่อากาศภายนอก โดยเกิดการพา (Convection) และพื้นผิวรอบ ๆ ข้างด้วยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) และขณะเดียวกันพลังงานความร้อนบางส่วนจะถ่ายเทให้กับผิวสัมผัสที่อยู่ติดกันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยการนำ (Conductivity) ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทไปในแต่ละทิศทางนั้นขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนและมวลของวัสดุอาคาร อุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน จะส่งผลให้อุณหภูมิด้านนอกของวัสดุอาคารร้อนและเกิดความไม่คงที่ของการถ่ายเทความร้อน ผ่านโครงสร้างจากกระบวนการนี้จึงทำให้เกิดฉนวนชนิดต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนและค่าความจุความร้อนของวัสดุอาคารชนิดนั้น ๆ

การสร้างความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนแบบ Periodic ที่ผ่านวัสดุอาคารนั้น คือการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการนำความร้อนของสิ่งแวดล้อม และโครงสร้างภายในของวัสดุอาคาร [4] กลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนมวลสารเกิดขึ้นได้โดยช่องเล็ก ๆ ที่อยู่ภายในวัสดุ และ

ลักษณะเป็นโพรงอากาศ ที่ทำหน้าที่ต้านทานการไหลของอากาศหรือก๊าซทำให้มีความร้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะสามารถถ่ายเทผ่านจากด้านหนึ่งของวัสดุไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยกระบวนการพาความร้อนได้ เมื่อพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในฉนวนที่ค่าความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนเป็นสัดส่วนกับความพรุน (Porosity) [5] ค่าหนึ่งของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนใดๆ นั้น สภาพการนำความร้อนปรากฏ ที่เกิดขึ้นจะลดลง เนื่องจากการพาความร้อนโดยอากาศ ภายในฉนวนกันความร้อนนั้นลดลง เพราะการลดขนาดของช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใย ที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกันความร้อนหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี ถึงแม้ว่าภายในเซลล์บางส่วนจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยแต่ละเส้นภายในฉนวนนั้นก็ตาม เมื่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มมากขึ้น (เส้นใยแต่ละเส้นชิดกัน) การแผ่รังสีตามทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนจะลดลง เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เส้นใยติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อความหนาแน่นของวัสดุหรือฉนวนกันความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยสู่เส้นใยและพื้นผิวสู่พื้นผิวจะลดลงทำให้สภาพการนำความร้อนปรากฏลดลงด้วย จนกระทั่งเมื่อเส้นใยหรือเซลล์ต่อเชื่อมจนเป็นเนื้อเดียวกัน จะเกิดการนำความร้อนขึ้นภายในวัสดุจนถึงจุดที่การแผ่รังสีความร้อนที่ลดลงมีค่าน้อยกว่าการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น (จากผลของการเพิ่มความหนาแน่นของวัสดุที่ทำให้เส้นใยชิดกันมากขึ้น) สภาพการนำความร้อนปรากฏจะเริ่มเพิ่มขึ้นแสดงดังภาพที่ 2.1 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในการใช้ฉนวนมวลสารนั้น จะมีค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ผลิตฉนวนกันความร้อนแต่ละประเภทที่เหมาะสมค่าหนึ่งเท่านั้น และฉนวนกันความร้อนที่ดีควรเป็นฉนวนความร้อนที่มีค่าสภาพการนำความร้อนปรากฏรวมต่ำ



ภาพที่ 2.1 แสดงการไหลของความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร [6]

2.1.1 การนำความร้อน

การนำความร้อนในกระบวนการเกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาคพบว่าโลหะการนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนอิสระ ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพนำความร้อนต่ำ การสั่นของโมเลกุลข้างเคียงเป็นสาเหตุให้เกิดการนำความร้อนขึ้น ส่วนก๊าซการนำความร้อนเกิดขึ้นผ่านการสั่นระหว่างโมเลกุล ซึ่งอัตราการถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนเป็นสัดส่วนตรงกับผลต่างของอุณหภูมิด้านสูงและต่ำ และพื้นที่ผิวความร้อนไหลผ่านตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน แต่จะเป็นสัดส่วนกับความหนาหรือระยะทางที่ความร้อนถ่ายเท การถ่ายเทของวัสดุนั้นสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ 2.1 [4]

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

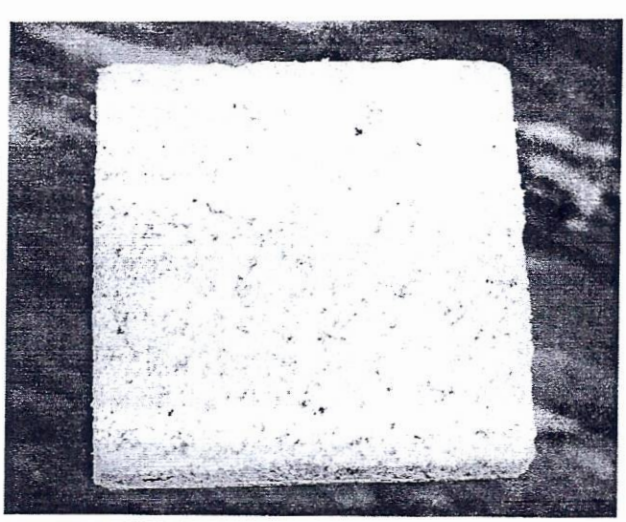
เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทต่อ 1 วินาที มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

k คือ สภาพการนำความร้อน มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อเมตร เคลวิน (W/m . 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 ใยเซลลูโลส

เป็นฉนวนความร้อนที่ผลิตขึ้นจากการนำไม้ หรือกระดาษที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่อีกครั้ง แสดงดังภาพที่ 2.2 และ 2.3 โดยย่อยสลายจนละเอียดประสานเข้าด้วยบอแรกซ์ ส่วนผสมวัสดุทั้งสองจะช่วยให้มีสภาพต้านทานการลุกไหม้ไฟและการดูดซับความชื้น การประยุกต์ใช้งานอาจใช้ในการเทบรรจุ (Loose Fill) ในช่องผนังหรือ เพดานของอาคาร ใช้ในลักษณะของฉนวนแบบแผ่น แบบคลุมห่ม (Blanket) หรือเป็นแบบโฟมฉีดสำหรับเป็นฉนวนกันความร้อนใต้ดาดฟ้าหรือหลังคา โดยทั่วไปแล้วฉนวนใยเซลลูโลสที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดปัจจุบันมักทำขึ้นจากเยื่อกระดาษที่ใส่สารกันไม่ให้ไฟลาม ทำให้สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ในระดับหนึ่งเมื่อโดนไฟไหม้จะมีควันและดับไปเองในที่สุด ถ้าเยื่อกระดาษมีสารเคมีผสมอย่างถูกต้องสามารถใช้เป็นวัสดุป้องกันไฟได้

2.2 ประเภทของฉนวนความร้อน [7], [8]

การจำแนกประเภทของฉนวนความร้อนสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ใช้หรือกำหนดขึ้น เพื่อสะดวกต่อการนำไปอ้างอิง ฉนวนความร้อนแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ฉนวนมวลสารและฉนวนสะท้อนความร้อน นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของฉนวนตามชนิดของวัสดุพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. วัสดุประเภทใยแร่ (Mineral fibrous material) เช่น ใยหิน ขี้โลหะที่ได้จากการถลุงโลหะ (slag) ใยแก้ว

2. วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ (Organic fibrous material) เช่น ไม้ ชานอ้อย ฝ้าย ขนสัตว์ เส้นใยเซลลูโลส ใยสังเคราะห์

3. วัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ (Organic cellular material) เช่น ไม้ก๊อก โฟมยาง พอสไตรีน พอลียูรีเทน

4. วัสดุประเภทเซลล์แร่ (Mineral cellular material) เช่น แคลเซียมซิลิเกต เพอร์ไลท์ เวอร์มิคูไลท์ โฟมคอนกรีต

2.3 คุณสมบัติของฉนวนความร้อน [7], [8]

2.3.1 ชนิดของฉนวนความร้อน

ฉนวนความร้อนแบ่งออกได้เป็น 6 ชนิด ได้แก่

1. ชนิดฉนวนชั้นอากาศหรือฟิล์มอากาศ

ประกอบเป็นพื้นผิวเดียวอย่างง่ายหรืออาจเป็นผิวพื้นหลาย ๆ ชั้น ซึ่งมีอากาศอยู่ระหว่างชั้นของพื้นผิว ความต้านทานความร้อนจะเกิดจากชั้นของพื้นผิวเอง และชั้นของอากาศเองในลักษณะการนำความร้อนหรือพาความร้อนคร่อมระหว่างชั้นอากาศ

2. ชนิดฉนวนแบบเส้นใย

ประกอบด้วยเส้นใยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก ๆ จำนวนมาก วัสดุเส้นใยเหล่านี้อาจเป็นสารอินทรีย์ เช่น เส้นใยของพืชต่าง ๆ หรือเป็นเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว ใยแร่ ใยขี้โลหะ ใยอะลูมินาซิลิกา ใยแร่ ใยหิน ใยคาร์บอน เป็นต้น

3. ชนิดฉนวนแบบช่องหรือเซลล์

ประกอบด้วย เซลล์เล็กๆ ที่ผนังของเซลล์แต่ละเซลล์จะผนึกติดกัน ผลิตจากวัสดุจำพวกแก้ว พลาสติก หรือยาง ตัวอย่างของฉนวนพวกนี้ได้แก่ โฟมชนิดยืดหยุ่น โฟมพอลิสไตรีน โฟมพอลิยูรีเทน เป็นต้น

4. ชนิดฉนวนแบบเป็นโพรงหรือช่องว่าง

ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กซึ่งเป็นโพรงหรือกลวง โพรงเหล่านี้ติดต่อกันได้ โพรงอากาศระหว่างกันและกันได้ จึงทำให้แตกต่างจากฉนวนแบบเซลล์ วัสดุที่ใช้ทำฉนวนชนิดนี้อาจเป็น แมกนีเซียม แคลเซียม ซิลิเกต ดังนั้นความร้อนจึงสามารถถ่ายเทผ่านโพรงอากาศนี้ได้

5. ชนิดฉนวนแบบเป็นเกล็ดหรือแผ่นเล็ก ๆ

ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก อนุภาคเหล่านี้อาจถูกเทเข้าไปในโพรงอากาศหรือทำให้เกาะตัวกันเข้าเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็งลักษณะเป็นบล็อกหรือแผ่นอัด ฉนวนแบบเกล็ดที่รู้จักกันทั่วไปได้แก่ เพอร์ไลท์ และเวอร์มิคูไลท์

6. ชนิดฉนวนแบบเป็นแผ่นบางผิวสะท้อนรังสี

ทำจากวัสดุที่มีสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูง หรือมีสภาพการแผ่รังสีต่ำ การใช้งานฉนวนแบบแผ่นบางนี้ ส่วนใหญ่ จะใช้วัสดุหลาย ๆ ชนิดประกอบกันเป็นระบบมากกว่าใช้วัสดุเพียงชนิดเดียว การใช้งานฉนวนแบบแผ่นที่มีประสิทธิภาพจะต้องใช้ร่วมกับฉนวนแบบที่มีช่องว่างอากาศที่มีสภาวะอากาศอยู่นิ่งเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนและการพาความร้อน โดยแสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของวัสดุฉนวนไว้ในตารางที่ 2.1 และคุณสมบัติทางกายภาพ ทางความร้อนของฉนวนของอาคารในตารางที่ 2.2

2.3.2 การเปรียบเทียบวัสดุฉนวนความร้อน

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของวัสดุฉนวนความร้อน [7]

วัสดุฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
1.ใยเซลลูโลส	1.การนำความร้อนต่ำ 2.ราคาต่ำถึงปานกลาง 3.ไม่เป็นพิษ	1.ติดไฟได้แต่ความสามารถในการสันดาปลดลงเมื่อใช้สารหน่วงไฟ 2.การซึมเข้าไปได้ของน้ำสูง 3.อาจยุบตัวตามอายุ	1.สารหน่วงไฟที่ใช้อาจเกิดการกัดกร่อนเหล็กกล้า อลูมิเนียม ทองแดง 2.ไม่เหมาะกับใช้งานในอาคารสาธารณะ
2.โฟมแบบยืดหยุ่น(ยาง)	1.การนำความร้อนต่ำ 2.ราคาต่ำ ติดตั้งและผนึกง่าย 3.การซึมเข้าไปไอน้ำต่ำ 4.เสถียรภาพ ไม่เป็นพิษ	1.ติดไฟได้ และระดับการเกิดควันสูงเมื่อลุกไหม้ 2.ไวต่อแสงอุตราไวโอเลต	1.อุณหภูมิใช้งานสูงสุดจำกัดเพียง 105 °C 2.เป็นวัสดุติดไฟ มีข้อบังคับใช้งานภายในอาคาร
3. เซลลูลาร์กลาส	1.ไม่ติดไฟและความชื้นไม่สามารถแทรกซึมได้ 2.ทนแรงกดได้สูงและไม่เป็นพิษเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูง	1.การนำความร้อนปานกลาง 2.มีราคาแพง	1.เกิดวัฏจักรแข็งตัวแล้วละลายของน้ำที่มีอยู่ในช่องฉนวน
4.ใยแก้ว	1.การนำความร้อนต่ำ 2.ราคาต่ำในรูปของเส้นใยอัดแผ่นแบบคลุมแบบลูสฟิลล์สำหรับฉนวนหุ้มท่อ 3.ไม่เป็นพิษและการดูดซึมน้ำต่ำ มีเสถียรภาพดี	1.วัตถุฉาบใยอัดแผ่นอาจติดไฟและตัวประสานอาจลุกไหม้ 2.สมรรถนะทางความร้อนถ้าไม่ใช้เปลือกหุ้มกั้นแทรกซึมของอากาศ 3.มีราคาปานกลางถึงสูงในรูปแบบแผ่นแข็ง	1.ต้องการเปลือกหุ้มกั้นไอน้ำเนื่องจากการซึมผ่านของไอน้ำสูง 2.ใช้ตัวประสานหรือวัตถุสำหรับฉาบจำกัด 3.อุณหภูมิเพียงปานกลาง

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของวัสดุฉนวนความร้อน [7] (ต่อ)

วัสดุฉนวน	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อจำกัด
5. พอลิสไตรีนโฟม	1.การนำความร้อนต่ำ 2.อาจใช้ตัวผนึกและการดูดซึมน้ำต่ำ 3.เสถียรภาพไม่เป็นพิษ	1.ราคาปานกลาง 2.ติดไฟ 3.อุณหภูมิใช้งานต่ำ	1.อุณหภูมิใช้งานสูงสุด จำกัดเพียง 82 °C
6. พอลียูรีเทน / พอลิไอโซไซยานูเรตโฟม	1.การนำความร้อนต่ำสุด 2.ใช้เป็นตัวผนึกและกันซึมได้ 3.การดูดซึมน้ำต่ำ	1.ราคาปานกลางถึงสูง 2.ต้องการเปลือกหุ้มกันไฟเมื่อติดตั้งในอาคารบังคับ	1.ต้องการอุปกรณ์บรรจุทางกายภาพ 2.เป็นวัสดุติดไฟมีข้อบังคับใช้งานภายในอาคาร
7. ฟีโนลิคโฟม	1.การนำความร้อนต่ำ 2.ไม่ติดไฟและการดูดซึมน้ำต่ำ 3.มีราคาต่ำ	1.ไวต่อแสงอุลตราไวโอเลต 2.การซึมของน้ำสูง	1.อุณหภูมิใช้งานสูงสุด จำกัดเพียง 135 °C

2.3.3 สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อนของวัสดุและฉนวนของอาคาร

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพ สมบัติความร้อนของวัสดุและฉนวนของอาคาร [7]

ประเภทวัสดุ	ค่าความหนาแน่น (kg / m^3)	ค่าการนำความร้อน (W / m.K)
1.แผ่นยิบซัมบอร์ด	801	0.16
2.แผ่นชิ้นไม้อัดความหนาแน่นต่ำ	593	0.08
3.แผ่นชิ้นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง	801	0.14
4.แผ่นชิ้นไม้อัดความหนาแน่นสูง	1,001	0.17
5.แผ่นชิ้นไม้อัดใช้รองรับ	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	1,009	0.14
11.แผ่นอัดแข็งหนาแน่นปานกลาง	801	0.09

2.4 ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสามารถแบ่งออกได้หลายชนิด และถูกเรียกชื่อแตกต่างกันไป ตามลักษณะชนิดที่แบ่งนั้น ๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้โดยทั่วไปดังนี้

2.4.1 ลักษณะความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ลักษณะความหนาแน่นของแผ่นที่เป็นหลักเกณฑ์ที่ยึดถือเพื่อใช้จำแนกชนิดปาร์ติเกิลบอร์ดในทางวิชาการ 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 ขี้กบ และฝอยไม้ เป็นต้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากชิ้นไม้ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง มักจะถูกเรียกเป็นแผ่นชิ้นไม้ลักษณะนั้น ๆ เช่น Chip board , Flak board , Wafer board , Strand board และ Shaving board เป็นต้น

2.4.3 ลักษณะกรรมวิธีการอัดแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ชิ้นไม้ที่ผสมตัวประสานและสารเติมแต่งแล้วจะถูกนำไปทำแผ่นเตรียมอัดเพื่อทำการอัดร้อนและแรงอัดที่ใช้อัดร้อนมีใช้กันอยู่ 2 ทิศทาง หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นซึ่งอาจทำเป็นแผ่น ๆ หรือทำแบบต่อเนื่อง เรียกแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแบบนี้ว่า Flat – platen pressed particleboard เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่นิยมผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน หากใช้ทิศทางแรงอัดขนานกับระนาบของแผ่นไปตามความยาวของแผ่น เรียกแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแบบนี้ว่า Extrude particleboard ซึ่งแผ่นชนิดนี้จะอัดออกมาตามแบบ แผ่นที่หนามักจะใช้ท่อร้อนกลางแผ่นช่วยให้กาวแข็งตัวเร็วขึ้นจึงมีกรวยยาวกลางแผ่นและมีการผลิตกันน้อย

2.4.4 ลักษณะโครงสร้างของปาร์ติเกิลบอร์ด

ลักษณะโครงสร้างของแผ่นสามารถแบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ทางด้านความหนามีอยู่ 3 ชนิดด้วย

1. ปาร์ติเกิลบอร์ดชั้นเดียว หมายถึงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่ง (additive) อย่างเดียวกันตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

2. ปาร์ติเกิลบอร์ดสามชั้น หมายถึงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็นสามชั้นตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่ลักษณะและขนาด ตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกันปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบาง เป็นชั้นผิวหน้าและหลังส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกับที่ใช้ผิวหน้าและหลังก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หน้ามักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวแข็งและแน่นขึ้น

3. ปาร์ติเกิลบอร์ดลดหลั่น หมายถึงแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากชิ้นไม้ขนาดและลักษณะแตกต่างกันโดยโครงสร้างของแผ่นประกอบชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนาจากแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กไปหาผิวทั้งสองด้านโดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

2.5 ลักษณะการนำปาร์ติเกิลบอร์ดไปใช้ประโยชน์ [9]

ลักษณะการใช้ประโยชน์ของปาร์ติเกิลบอร์ดในการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้อีกมากมายดังนี้

1. ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดการใช้งานภายในอาคาร เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีการผลิตเป็นส่วนใหญ่ ใช้กาวยูเรีย ฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน และกาวยูเรีย เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน เป็นตัวประสานใช้งานที่ ๆ มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมปานกลาง เช่น ใช้ทำเป็นฝ้าเพดาน ผนังห้อง หรือชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

2. ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดการใช้งานภายนอกอาคาร เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้งานในที่มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมสูง ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน และกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เป็นตัวประสาน เป็นต้น

3. ปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับใช้ปูรองพื้น ใช้สำหรับทำชั้นดาดฟ้าของบ้านเคลื่อนที่ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมและขัดกระดาษทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอกัน เพื่อให้สามารถใช้วัตถุอื่นปูพื้นได้ระดับและเรียบสม่ำเสมอกัน

4. ปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับเก็บเสียง เป็นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กรุผนังหรือเพดาน เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลงโดยทำการปรุรูหรือเซาะร่องเป็นแบบต่าง ๆ เช่น Acoustic board เป็นต้น

2.6 ลักษณะรูปแบบการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด [10]

ลักษณะรูปแบบการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจำหน่ายในประเทศมี 2 รูปแบบคือ

1. ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเปลือย (Sanding board) คือ ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตออกมาจากเครื่องจักรและผ่านการขัดผิวเรียบร้อยแล้ว พร้อมที่จะนำไปปิดผิวด้วยวัสดุปิดผิวต่าง ๆ

2. ปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเคลือบหรือปิดผิว (Pre – finished board) คือ ปาร์ติเกิลบอร์ดเปลือยที่ผ่านการปิดผิวหน้าด้วยวัสดุต่าง ๆ

2.7 วัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด [9]

วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด คือ ไม้หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย นอกเหนือจากวัสดุดังกล่าวแล้วยังมีส่วนที่สำคัญอีกคือ กาว และสารเติมแต่ง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คุณภาพในกระบวนการผลิตมีคุณภาพดียิ่งขึ้น

2.8 ลักษณะและคุณสมบัติของแกลบ

แกลบเป็นที่รู้จักกันมานานหลายปี เริ่มจากมนุษย์เริ่มรู้จักการบริโภคข้าวเพื่อการเจริญเติบโตของร่างกายแกลบก็คือ เปลือกข้าวนั่นเองในสมัยก่อนแกลบถือว่ายังไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ทางด้าน ธรรมชาติ ต้นไม้ ป่าไม้ และพลังงานธรรมชาติมีอยู่มากมาย รวมทั้งความสมดุลด้านการเพิ่มประชากร ตามโรงสีข้าวมีปัญหาในเรื่องการจัดเก็บหรือการกำจัดเปลือกข้าว ยังไม่มีคนรับซื้อโรงสีข้าวจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บกำจัดเปลือกข้าว ไม่ว่าจะนำไปเผาทิ้งเพื่อลดปริมาณแกลบ หรือขนย้ายออกไปกองนอกพื้นที่โรงสี ทำให้ส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากแกลบมากขึ้น เช่น ทำเป็นปุ๋ยหมัก ใส่ไปในคอกไก่กันความชื้น เผาอิฐ เผาถ่านไม้ เป็นต้น โรงสีข้าวก็นำไปเผาให้เกิดความร้อน นำความร้อนที่ได้ไปขับเครื่องจักรไอน้ำ เพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้าและสีข้าว ส่วนขี้เถ้าแกลบที่เหลือก็ทำเป็นส่วนผสมในการทำปุ๋ยหมัก ทำเครื่องกรองน้ำ หรือชิ้นส่วนด้านอิเล็กทรอนิกส์ หากเผาแกลบจะมีลักษณะสีขาว จะมีคุณสมบัติเป็นด่างหรือนำไปผสมทำน้ำยาล้างจาน น้ำยาสระผม สบู่ เป็นต้น ส่วนขี้เถ้าแกลบดำที่ดีสังเกตด้วยสายตาจะต้องมีสีดำสนิท

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 ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์จำพวกเซลลูโลสลิกนินและส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งมีซิลิกา (SiO2) เป็นองค์ประกอบหลัก หากนำสมบัติเด่นของแกลบมาใช้ เช่น ความพรุนของแกลบ หรือซิลิกาในแกลบที่มีขนาดเล็กจิ๋วระดับนาโนเมตร (เท่ากับหนึ่งในสิบล้านส่วนของมิลลิเมตร) เป็นต้น ก็จะเกิดประโยชน์อย่างประเมินค่ามิได้ เช่น การนำซิลิกาและสารอินทรีย์มาใช้ประโยชน์โดยตรงของโรงสีข้าวคือการเผาแกลบ เพื่อใช้พลังงานจากสารอินทรีย์และขายเถ้าแกลบให้กับอุตสาหกรรมอื่น ที่ไม่ต้องการซิลิกา ที่มีความบริสุทธิ์มากนัก แต่ถ้าควบคุมการเผาให้เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีความละเอียดมาก สามารถใช้ในงานที่ทำให้มูลค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก เช่น ใช้เป็นองค์ประกอบยาสีฟัน เครื่องสำอาง สีทาบ้าน และโทนเนอร์สำหรับเครื่องพิมพ์ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถนำแกลบและเถ้าแกลบมาแปรรูปเป็นสารประกอบซิลิกอนอื่นๆ เช่น ซิลิกอน (Si) ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ซิลิกอนไนไตร์ด (Si3N4) ซิลิโคน เป็นต้น ซิลิกอนเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้เป็นแผ่นรองแผงวงจรรวม ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น ซิลิกอนคาร์ไบด์/ซิลิกอนไนไตร์ด เป็นสารประกอบที่มีความแข็งเกือบเทียบเท่าเพชร ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตซิลิโคนและสารประกอบซิลิกอนอื่นๆ เป็นสารที่อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีมีความต้องการใช้เป็นอย่างมาก

2.9 ลักษณะและคุณสมบัติของฟางข้าว

ส่วนประกอบทางเคมีของฟางข้าวประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน 0.94% ฟอสฟอรัส 0.20% โพแทสเซียม 1.70% ฟางข้าวเป็นผลพลอยได้จากการปลูกข้าว มีมากหลังฤดูเก็บเกี่ยวข้าว เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโค กระบือ มีคุณค่าทางอาหารต่ำ มีโปรตีน เส้นใยและค่าโภชนะย่อยได้ทั้งหมดประมาณ 2.76% , 36.17% และ 45% ของวัตถุแห้งตามลำดับ อัตราการย่อยต่ำ ทำให้ฟางอยู่ในกระเพาะนาน สัตว์จึงได้รับโภชนะต่าง ๆ 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 กาว

สังเคราะห์ที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด มีอยู่ 3 ชนิดคือ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งใช้กันมากที่สุด รองลงมาคือ กาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน [12]

ชนิดของสารยึดติด	สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารยึดติด
กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์	- 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

กาวยูเรียเป็นผลิตผลที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างก๊าซ 2 ชนิด คือ ก๊าซแอมโมเนียกับก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ สารใหม่ที่ได้รับเมื่อทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์ จะเกิดการรวมตัวทางเคมี (condensation กับ polymerization) กลายเป็นกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งสารนี้จะเกิดแข็งตัวในสภาพที่เป็นกรดและโดยการใช้ความร้อน สารที่ใช้เป็นตัวเร่งให้กาวแข็งตัวเร็ว เป็นพวกเกลือของแอมโมเนียมชนิดต่างๆ ซึ่งเกลือดังกล่าวจะทำปฏิกิริยาอย่างช้าๆ กับสารพวกฟอร์มาลดีไฮด์และจะปลดปล่อยโมเลกุลของกรดชนิดต่าง ๆ หรือกรดอ่อนๆ เช่น กรดฟอร์มิคและแอซิติค ออกมาเป็นผลพลอยได้ และคุณสมบัติของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน ดังแสดงในตารางที่ 2.7

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุต่าง ๆ

Viswanathan และ Gothandapani [12] ศึกษาถึงสมบัติทางกลของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากกาบมะพร้าว โดยมีขนาดความยาว 0.45, 0.80, 1.2 และ 2.1 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณความชื้น 10 – 15% ทำการแยกที่มีเส้นใยและไม่มีเส้นใยโดยใช้สารยึดติดชนิด ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซินและฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน ที่ 20.4% และ 16.7% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าแผ่นที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน จะมีคุณสมบัติทางกลดีกว่าแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน และแผ่นที่ใช้ขนาดของเส้นใย 2.1 มิลลิเมตรจะมีคุณสมบัติทางกลที่สูงกว่า

คุณสมบัติ	ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 20.4%	ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 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, [13] ทำการศึกษาถึงการพัฒนาต้นแบบแผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนและมะพร้าว ที่ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ โดยใช้เปลือกทุเรียนและใยมะพร้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด โดยทำการศึกษาปัจจัย 2 ประการได้แก่ กาวคือยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 12% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 6% และไฮโซไซยาเนต 3% จากการทดลองพบว่า ชนิดของกาวไม่มีผลแตกต่างกันมากนักต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด แต่ความหนาแน่นส่งผลอย่างมากต่อสมบัติของแผ่นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น สมบัติเชิงกลก็เพิ่มขึ้น เช่น ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว และความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น แต่ไม่มากนัก แต่ถ้าค่าความคงขนาดของการพองตัวเมื่อแช่น้ำและความหนาแน่นสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนก็จะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

ประยูร สุรินทร์, [14] ศึกษากระบวนการผลิตและสมบัติแผ่นฉนวนความร้อนจากชานอ้อย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะและปริมาณกาวที่เหมาะสม และสมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล โดยใช้เส้นใยจากชานอ้อยที่ผ่านการเตรียมมาแล้วผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เกรด EU–617 แล้วนำไปอัดขึ้นรูปโดยกระบวนการอัดด้วยความร้อน พบว่า ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C-177 ของแผ่นฉนวนความร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0724–0.0925 W/m.K ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและปริมาณกาวที่ใช้ ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาแน่นและปริมาณกาวเพิ่มขึ้น แผ่นฉนวนความร้อนที่ผลิตได้ใช้ปริมาณกาว 25% และ 33% มีความหนาแน่นระหว่าง 600 - 700 kg/m^3 สามารถใช้เป็นฉนวนความร้อนที่ดีและยังใช้เป็นแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966 – 2533

Suttisonk, [15] ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทผลไม้เพื่อทำเป็นวัสดุก่อสร้าง โดยใช้เปลือกมะพร้าวและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมเพิ่ม สามารถลดค่าการนำความร้อนและน้ำหนักของวัสดุ การทดสอบชิ้นงานมี 3 ลักษณะคือ ค่าการนำความร้อน ค่าแรงอัดและความหนาแน่น ในการทดลองได้แช่เส้นใยลงในน้ำและสารละลายโซเดียมคาบอเนตเข้มข้นร้อยละ 10 ก่อนนำไปผสมวัสดุก่อสร้าง ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยทุเรียนในส่วนผสมสามารถลดค่าการนำความร้อน ความยาวที่เหมาะสมคือ 2 มิลลิเมตร อัตราส่วนผสมคือ

ปริมาณเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 20 ของปริมาณซีเมนต์ (โดยน้ำหนัก) จากการทดสอบพบว่ามีค่าการนำความร้อน 0.2543 W/m.K ค่าแรงอัด 24.52 kg/cm^2 (ระยะเวลาการบ่มในอากาศ 1 วันและในน้ำ 9 วัน) และค่าความหนาแน่น 958.8 kg/cm^3 สำหรับปริมาณใยทุเรียนร้อยละ 10 ของปริมาณซีเมนต์ (โดยน้ำหนัก) จะให้ค่านำความร้อน 0.3506 W/m.K ค่าแรงอัด 33.6 kg/cm^2 (ระยะเวลาการบ่มในอากาศ 1 วัน ในน้ำ 9 วันบ่มต่อในอากาศอีก 12 วัน) และค่าความหนาแน่น 958.8 kg/cm^3 จากการทดลองสามารถลดค่าการนำความร้อน และนำไปประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างอาคาร เช่น ผนังอาคารและหลังคาได้ รวมทั้งเป็นทางเลือกในการกำจัดเปลือกผลไม้จากอุตสาหกรรมและช่วยประหยัดการใช้พลังงานในอาคาร

Sampathrajan et al., [16] ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกล และเชิงความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทำมาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยนำวัสดุ 5 ชนิด ประกอบด้วย เปลือกข้าวโพด ซังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง กะลามะพร้าว และฟางข้าว ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 6% (โดยน้ำหนัก) เป็นสารยึดติดมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดความหนาแน่นต่ำ จากการทดสอบพบว่า แผ่นที่ทำด้วยซังข้าวโพด มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่สูงกว่าแผ่นที่ทำจากฟางข้าว ซังข้าวโพด และเปลือกถั่วลิสงจะมีค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวที่สูงกว่าแผ่นอื่น ๆ ส่วนค่าความแข็งแรงทนการกระแทก และค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน และแผ่นที่ทำจากซังข้าวโพดจะมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงกว่าแผ่นจากฟางข้าว ส่วนแผ่นที่ทำจากเปลือกถั่วลิสง และซังข้าวโพดจะมีค่าความต้านทานการเฉือนมากกว่าแผ่นอื่นๆ ส่วนการทดสอบค่าการนำความร้อน ของแผ่นที่ทำจากฟางข้าวจะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำที่สุด และเปลือกถั่วลิสงจะมีค่าที่สูงกว่าแผ่นอื่น

Viswanathan et al., [17] ได้ศึกษาถึงลักษณะการดูดซึมน้ำและการพองตัวของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำด้วยกาบมะพร้าว โดยมีขนาดของแผ่นที่ใช้ในการทดลองความกว้าง 250 mm ความยาว 250 mm และความหนา 12 mm และค่าความหนาแน่นของแผ่น 0.9 g/cm^2 โดยใช้กาบมะพร้าวขนาด 2.1, 1.2, 0.80 และ 0.45 mm นำมาผสมรวมกันโดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นสารยึดติดชนิดเหลว โดยใช้สัดส่วนของกาวที่ 16.7% และ 20.4% ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า แผ่นที่ทำจากกาบมะพร้าวที่มีขนาดเล็ก ๆ มีค่าการดูดซึมน้ำที่สูงกว่า กาบมะพร้าวที่มีขนาดใหญ่และพบว่ากาบมะพร้าวขนาด 2.1 mm ที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมงและ 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 et al., [18] ได้ทำการศึกษาแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากต้นทานตะวัน โดยนำต้นทานตะวันมาตากแห้งที่ปริมาณความชื้น 7% ตัดให้ได้ขนาด 25–40 mm แล้วนำมาบดให้มีขนาด 40 -60 เมช แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี โดยวิธีของ TAPPI จากการเปรียบเทียบต้นทานตะวันจากแคว้นซูดาน และประเทศสเปนพบว่า ปริมาณขี้เถ้า และลิกนิน ของต้นทานตะวันจากแคว้นซูดานมีปริมาณที่สูงกว่าจากประเทศสเปน จากการทดสอบพบว่าปริมาณการใช้กาวที่ 8 – 16% จะมีค่าความแข็งแรงการยึดเหนี่ยวภายใน และค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว เท่ากับ 0.08 – 0.12 และ 0.20 – 0.25 MPa ตามลำดับ ส่วนแผ่นที่ไม่ได้กำจัดพิท จะมีค่าการดูดซึมน้ำที่สูงกว่าแผ่นที่กำจัดพิทออก และพบว่าปริมาณกาว 12% จะมีสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลที่ดี ส่วนแผ่นชนิด 3 ชั้นที่ใช้ขี้กบกับต้นทานตะวันผสมกันในอัตราส่วน 40 : 60 ใช้กาวที่ 12% ในส่วนของผิวหน้าและที่ 10% ในส่วนของไส้ พบว่า ความหนาแน่นและความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวมีค่าต่ำลง ส่วนแรงยึดเหนี่ยวภายใน การดูดซับน้ำและการพองตัวทางความหนาของแผ่นจะสูงขึ้น

Tedjwahjono, [19] ศึกษาถึงกระบวนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด โดยการนำกากอ้อยมาทำให้แห้งจนมีความชื้น 3% ของความชื้นเริ่มต้น ผ่านเครื่องกรองที่มีขนาด 14 เมช มาผสมกับกาว 35% เรซิน 19% และพาราฟินอิมัลชั่น 1.9% ส่วนผสมของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน 80% สารเร่งแข็ง 8% อัมโมเนียคลอไรด์ 2% และน้ำ 10% ต่อจากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดอัดด้วยความดัน 10 kg/cm^2 ที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 5 นาที จะได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากกากอ้อยที่ต้นทุนในการผลิตต่ำ

Hsu et al., [20] ได้ศึกษาพบว่า การพองตัวทางความหนาของแผ่นเวเฟอร์บอร์ดด้วยกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน จะลดลงอย่างมากด้วยการใช้แท่นอัดที่อุณหภูมิสูง 240 °C ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ การคืดคืนตัวของแผ่นหลังจากทำการทดสอบบ่มสภาวะชื้นตัวอย่างตามมาตรฐาน 6 รอบ ก็พบว่ามีการลดลงอย่างเห็นได้ชัด

Kajata และ Immamura, [21] ได้ศึกษาแล้วรายงานว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดด้วยกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เข้าไป 10% จะยังคงรักษาความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวไว้ถึง 80% ของความแข็งแรงเดิมหลังจากต้มด้วยน้ำเดือด 2 ชั่วโมง ขณะที่แผ่นที่ไม่ได้อัดเรซินยังคงรักษาความแข็งแรงไว้เพียง 50 – 60% เท่านั้น และแผ่นที่อัดกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 20% แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวภายในได้ถึง 2 เท่ามากกว่าแผ่นที่ไม่ได้อัด นอกจากนี้ผลที่ได้เมื่อนำไปทดสอบบ่มสภาวะเพื่อดูการทำลายของจุลชีพต่างๆ พบว่าการอัดเรซินเข้าไปเป็นการเพิ่มความต้านทานการทำลายของเชื้อราและปลวกด้วย

Fan et al., [22] ศึกษากลไกการทำให้รูปร่างของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้ซีเมนต์เป็นตัวยึดประสาน โดยพิจารณาน้ำหนัก ความยาว และความหนาที่เปลี่ยนแปลง ทำการทดสอบผลจากสภาวะเปียกและสภาวะแห้ง และเปรียบเทียบสภาพอากาศปกติกับสภาพอากาศที่ไม่มี

CO_2 ผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเกิดจากปัจจัย 3 อย่างรวมกันคือ ปฏิกิริยาจากความชื้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจะเกิดการดูดซับทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดพองตัว และถ้าความชื้นสัมพัทธ์ลดลงจะเกิดการคายซับทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดหดตัว และปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่นของปูนซีเมนต์เกิดจากแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดหดตัว เนื่องจากความเค้นในซีเมนต์เพิ่มขึ้นส่งแรงอัดไปที่ชิ้นไม้ปริมาตรของชิ้นไม้จึงลดลง และปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดรอยแยก ความชื้นจึงเข้าไปทำปฏิกิริยาได้มากขึ้น และการเปลี่ยนแปลงสภาพของชิ้นไม้เนื่องจากสารละลาย Ca (OH_2) มีความเป็นด่างสูง สามารถละลายส่วนประกอบของชิ้นไม้ เช่น เฮมิเซลลูโลส ออกมาทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีน้ำหนักลดลงและมีขนาดเปลี่ยนแปลงไป

Yahya และ Abdul-Kader, [23] ทำการศึกษาสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทำจากไม้ Kelempayan (Anthocephalus Chinensis) ที่ไม่ได้ใช้แล้ว โดยใช้กาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate) และกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน (Melamine urea formaldehyde) ที่ปริมาณเนื้อกาว 3% และ 7% ตามลำดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ การนำไม้ Kelempayan ที่ไม่ใช้แล้ว มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล และทำการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 ผลการทดสอบ พบว่า ค่าความหนาแน่นของไม้ Kelempayan มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.36 g/cm^2 ที่ปริมาณความชื้น 10% โดยใช้กาวไอโซไซยาเนต และกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน เป็นสารยึดติด มีผลกระทบเล็กน้อยต่อค่าความหนาแน่น พบว่าขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของเกล็ดไม้ที่ไม่สม่ำเสมอในขณะทำการโรยแผ่นเตรียมอัดขึ้นรูป ผลการทดสอบพบว่า เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นความคงขนาดของแผ่นก็สูงขึ้นด้วย โดยรวมแล้วแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้สารยึดติดไอโซไซยาเนตจะมีคุณสมบัติดีกว่าแผ่นที่ใช้สารยึดติดกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน ยกเว้นค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำสารยึดติดกาวเมลามีนยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน จะมีความเสถียรกว่าแผ่นที่ใช้กาวไอโซซไซยาเนต เรซิน

ประมวล ดีประดวง และคณะ [24] ทำการศึกษา การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดความหนาแน่นปานกลางจากขุยมะพร้าวทำเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อน โดยใช้กาวสังเคราะห์เป็นสารยึดติด โดยกรรมวิธีการอัดร้อนโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 130 °C ความดันในการอัด 20-25 kg/cm^2 เวลาในการอัด 8 นาทีต่อแผ่น มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 371 kg/cm^2 จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนของกาวต่อน้ำหนักของขุยมะพร้าว (โดยน้ำหนัก) ทำให้สมบัติที่ดีที่สุดกาว 12% ทำการอัดในแนวราบเป็นแบบ 3 ชั้น (3 layer) โดยชั้นกลางจะใช้เส้นใยซึ่งมีขนาดโตกว่า 5 mm ส่วนผิวด้านนอกทั้ง 2 ด้านจะใช้ขุยมะพร้าวขนาด 1-5 mm โดยใช้อัตราส่วนเส้นใยต่อขุยมะพร้าวเท่ากับ 1 : 1 จากการทดสอบพบค่าการนำความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.0829 W/m.K หรือเท่ากับ 42.93% ค่า

ความชื้นเฉลี่ยประมาณ 11-13% โดยน้ำหนักและอัตราการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมงเท่ากับ 5.9% โดยปริมาณ

วาที ทองสัมฤทธิ์ และคณะ [25] ได้ศึกษาระดับปริมาณเนื้อกาวที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นเส้นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา โดยทำการทดลองเป็นแผ่นใยไม้อัดชั้นเดียวผลิตโดยกรรมวิธีแห้ง มีลักษณะเป็นแบบ Smooth 2 side มีขนาดของแผ่น 350 x 350 x 10 mm มีความหนาแน่น 750 – 800 kg/m^3 อุณหภูมิอัดร้อน 150 - 160 °C เวลาในการอัด 5 นาที และใช้ความดัน 150 kg/cm^2 ใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 13% และสารพาราฟินเหลว 1% โดยใช้อัตราส่วนของเนื้อกาวแห้งต่อเยื่อแห้งในอัตราส่วน 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/cm^2 เวลาในการอัด 4 นาที แผ่นฉนวนความร้อนมีความหนาแน่น 400 - 800 kg/m^3 ปริมาณกาว 4%, 8%, 12%, 16% และ 20% โดยน้ำหนักของชิ้นปาร์ติเกิลแห้ง ทำการศึกษาสมบัติเชิงความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C 177 สมบัติกายภาพและสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานมอก. 876-2532 และ ASTM D 256 ผลการทดสอบพบว่าแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าวเป็นฉนวนความร้อนที่ดีและ ค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง 0.0564 - 0.0957 W/m.K โดยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและปริมาณกาวสังเคราะห์ ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มลดลงเมื่อความหนาแน่นและปริมาณกาวสังเคราะห์ลดลง นอกจากนี้ผลการทดสอบปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านทานแรงกระแทก มอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแสดงให้เห็นว่าแผ่นฉนวนความร้อนที่ผลิตโดยใช้ปริมาณกาวสังเคราะห์ 12% และ 16% ที่ความหนาแน่นระหว่าง 600-700 kg/m^3 เป็นฉนวนความร้อนที่ดีและสามารถใช้เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 876-2532

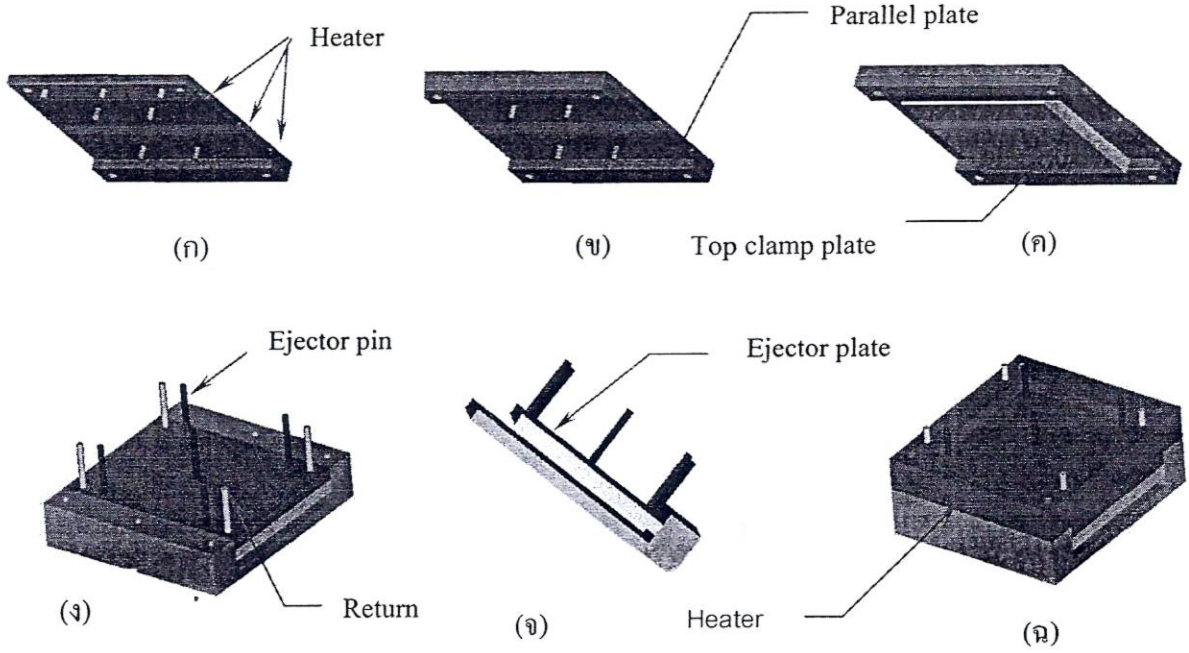
บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบแม่พิมพ์และการติดตั้งอุปกรณ์

3.1.1 การออกแบบชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

การออกแบบแม่พิมพ์จะต้องคำนึงถึงโครงสร้างที่แข็งแรงพอสำหรับป้องกันการโก่งตัว และไม่ทำให้ระบบการปลดชิ้นงานบิดงอได้ แม่พิมพ์ทำจากเหล็กที่มีความหนามากจะช่วยในด้านความแข็งแรง ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิ ความสม่ำเสมอในการถ่ายโอนความร้อน ผิวโพรงแม่พิมพ์ (Cavity) ควรมีความแข็งและความลื่น เพื่อป้องกันการกัดกร่อนที่อาจเกิดจากการไหลของพลาสติกภายใต้แรงดันสูง ในการออกแบบแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดนี้ใช้ขนาดกว้าง 350 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร และหนา 42 มิลลิเมตร

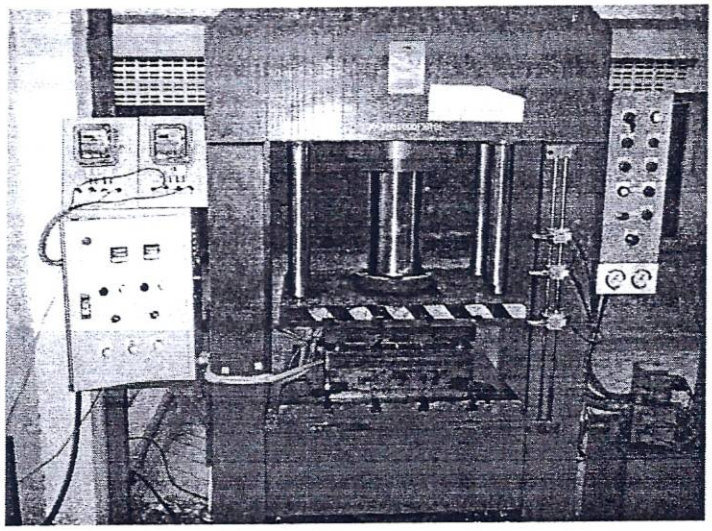


ภาพที่ 3.1 แสดงการออกแบบชุดแม่พิมพ์ (ก) , (ข) การยึดแผ่น Parallel plate
(ค) ชุดแม่พิมพ์เคลื่อนที่ (Top plate) (ง) ระบบปลอดชิ้นงาน (Ejector System)
(จ) แผ่นปลอดชิ้นงาน (Ejector plate) (ฉ) ชุดแม่พิมพ์อยู่กับที่ (Bottom plate)

สำหรับการออกแบบการอัดขึ้นรูปของฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ ที่ผ่านการพ่นกาวแล้วนั้นใช้อุณหภูมิช่วง 150-160 องศาเซลเซียส เนื่องจากความดันและความชื้นเป็นตัวแปรที่สำคัญ โดยลิกนินจะถูกกระตุ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 160 องศาเซลเซียสและเป็นตัวเชื่อมแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเข้าด้วยกันและความชื้นช่วยเร่งการกระตุ้นลิกนิน [27] ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มีการจัดสร้างชุดแม่พิมพ์ประกอบ ดังแสดงในภาพที่ 3.1

3.1.2 การประกอบและติดตั้งแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

โครงสร้างของแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดประกอบด้วยแผ่นยึดแม่พิมพ์ด้านอยู่กับที่โดยยึดติดกับแท่นของเครื่อง ส่วนแผ่นแม่พิมพ์ด้านเคลื่อนที่จะยึดติดกับแผ่นกดของเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ การเลื่อนขึ้นและลงของแม่พิมพ์บังคับโดยสลักนำเลื่อนที่ชุบแข็ง [28] ระบบการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ใช้สลักปลด ส่งกำลังจาก Cushion ของเครื่องไฮดรอลิกส์ อุปกรณ์จับยึดแม่พิมพ์ สำหรับการออกแบบของแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป กำหนดตามรูปแบบเครื่องอัดไฮดรอลิกส์รุ่น TMC ขนาด 100 ตัน ที่แท่นเครื่องที่เคลื่อนที่ และด้านอยู่กับที่จะมีสลัอตในการใช้อุปกรณ์จับยึดให้ตรงกลางกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ของเครื่อง โดยมีรายละเอียด ดังภาพที่ 3.2

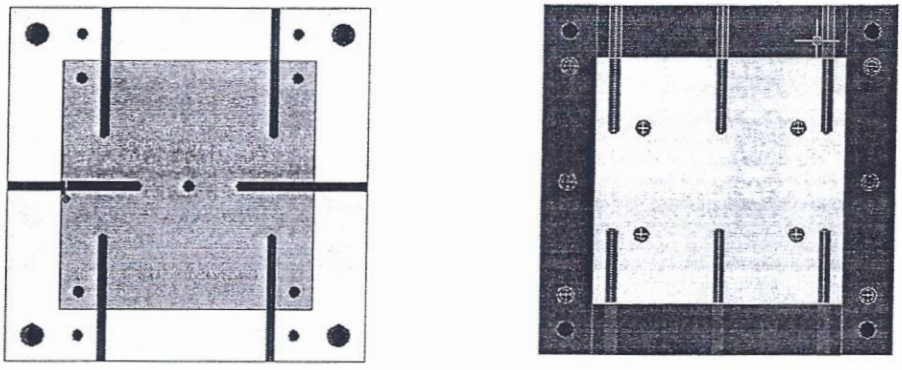


ภาพที่ 3.2 แสดงเครื่องอัดไฮดรอลิกส์รุ่น TMC ขนาด 100 ตัน

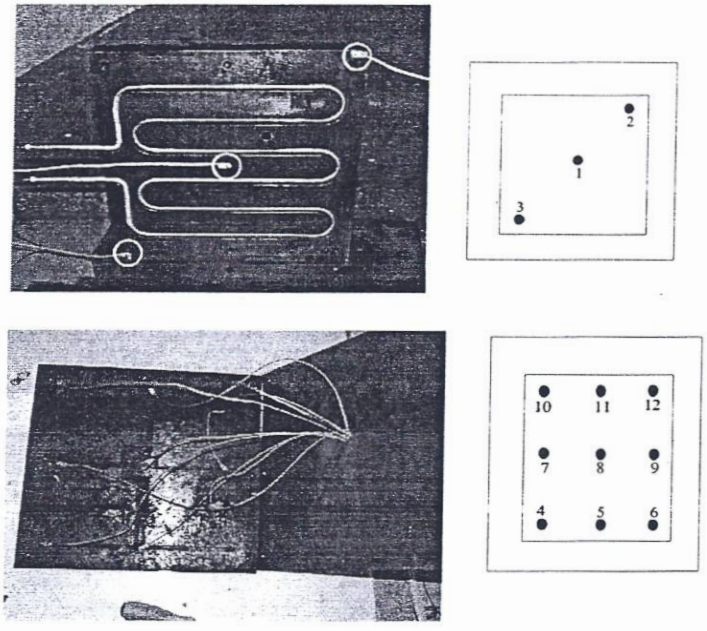
3.2 การออกแบบและโครงสร้างของอุปกรณ์ในการขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นฝ้าเพดานจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ ใช้เหล็ก St 42C ขนาดกว้าง 500 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตรและหนา 250 มิลลิเมตร ขนาด

แผ่นทดลองอัดกว้าง 350 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตรและหนา 9 มิลลิเมตร ใช้กรรมวิธีในการขึ้นรูปแบบแห้งเป็นกรรมวิธีที่ใช้อากาศหรือลมเป็นตัวพาเส้นใยให้ประสานกันเป็นแผ่น โดยใช้แท่งฮีตเตอร์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรยาว 120 มิลลิเมตร ในการออกแบบแม่พิมพ์ที่มีขนาดความหนาของแผ่นใช้แท่งให้ความร้อน 12 แท่ง ติดตั้งที่แผ่นแม่พิมพ์เคลื่อนที่ 6 แท่งและแผ่นแม่พิมพ์อยู่กับที่ 6 แท่ง ดังแสดงในภาพที่ 3.3 ส่วนภาพที่ 3.4 แสดงตำแหน่งของการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล



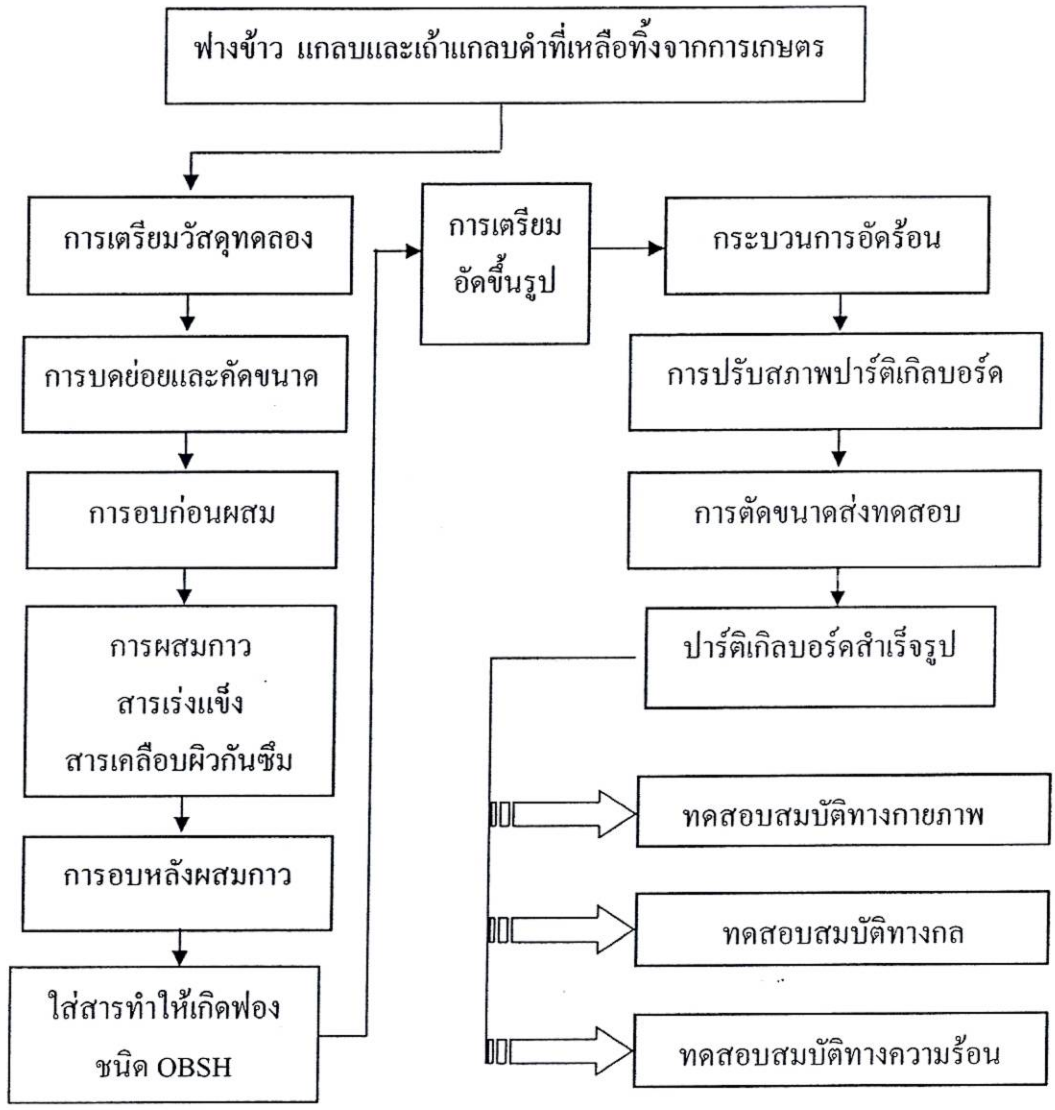
ภาพที่ 3.3 ตำแหน่งของการติดตั้งแท่งให้ความร้อน



ภาพที่ 3.4 แสดงตำแหน่งของการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปและการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ด

การศึกษากระบวนการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำมีขั้นตอนดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แผนผังการดำเนินการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ด

3.4 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย สารเร่งปฏิกิริยา สารเคลือบผิวกันซึม และสารทำให้เกิดฟอง ดังนี้

1. สารเร่งปฏิกิริยา (Hardener) สำหรับสารเร่งแข็งที่นำมาใช้ในการวิจัยเป็นชนิดผงมีลักษณะสีขาวที่ใช้คือ สารแอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride, NH_4CL) เกรด EH-703

2. สารเคลือบผิวกันซึม (Sizing agent) สำหรับสารต้านทานการดูดซึมน้ำและความชื้นที่นำมาใช้ในการวิจัยเป็น Paraffin emulsion ชนิดเหลวมีลักษณะสีขาวคล้ายน้ำนม เกรดอุตสาหกรรม

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)

4. สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) สำหรับสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) ที่ใช้สำหรับในการวิจัยนี้เป็นชนิดเกล็ด มีลักษณะสีขาวขุ่นที่มีความเข้มข้นของสาร 99.99 เปอร์เซ็นต์ เกรดอุตสาหกรรม

3.5 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลองซึ่งประกอบด้วย กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน ฟางข้าว แกลบ เถ้าแกลบดำ วัสดุและอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

1. กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน (Urea formaldehyde resin) เกรด EU-617

2. ฟางข้าว (Rice straw) เป็นฟางข้าวเก็บมาจากไร่นา แล้วนำมาเข้าเครื่องตีย่อยเส้นใยดังแสดงในภาพที่ 3.6 และคัดขนาดประมาณ 3 – 15 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.6 เครื่องตีย่อยเส้นใย

3. แกลบ (rice husk) ซึ่งดำเนินการคัดแยกและเลือกเฉพาะแกลบที่ไม่ละเอียดมาก

4. เถ้าแกลบดำ (husk black ashes)

3.6 เงื่อนไขการทดลอง

การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อปริมาณสารยึดติดที่สัดส่วนดังนี้

1. ฟางข้าวและสารยึดติด (90:10), (85:15), (80:20), (75:25) และ (70:30)
2. แกลบและสารยึดติด (90:10), (85:15), (80:20), (75:25) และ (70:30)
3. ฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำ ได้ทดลองปรับเปลี่ยนส่วนผสมของวัสดุต่อสารยึดติดที่ส่วนผสม 10 15 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
4. ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางกลและทางความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่จำหน่ายตามท้องตลาด

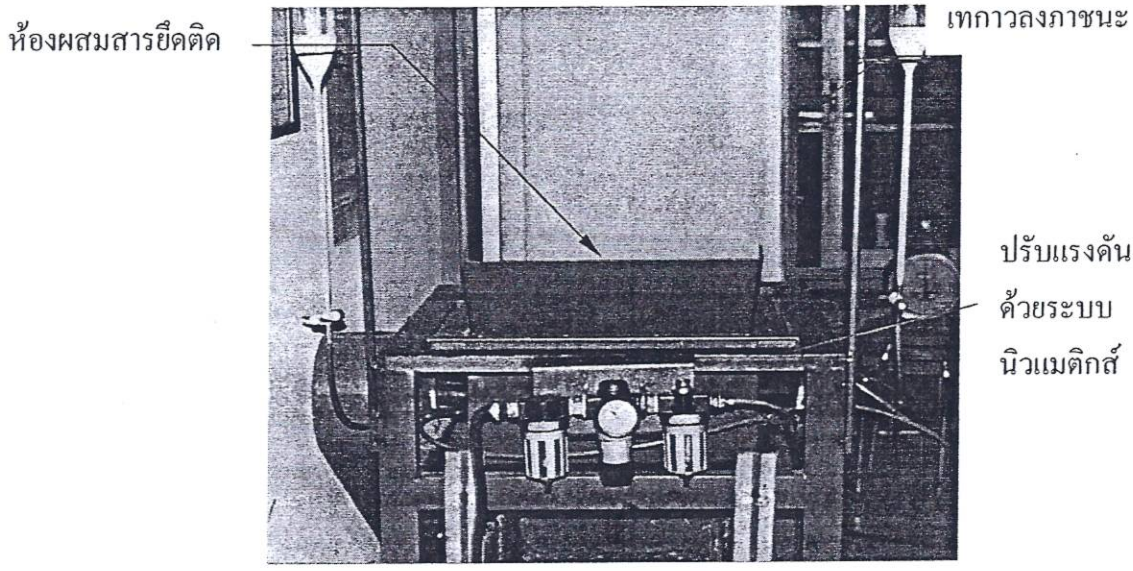
3.7 การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดโดยกรรมวิธีแบบแห้งใช้ความร้อน ทำให้เกิดการเชื่อมยึดระหว่างวัสดุและสารยึดติด ในการทดลองนี้ได้ใช้กาวยูเรียวฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน เป็นตัวเชื่อมประสาน ในการขึ้นรูปดังกล่าวโดย ใช้แม่พิมพ์ติดตั้งเข้ากับเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกส์ ยี่ห้อ TMC รุ่น TMC 100 Ton ใช้แรงอัดขนาด 150 lb/in^2 แผ่น MDF ขนาด 350 x 350 x 9 มิลลิเมตร

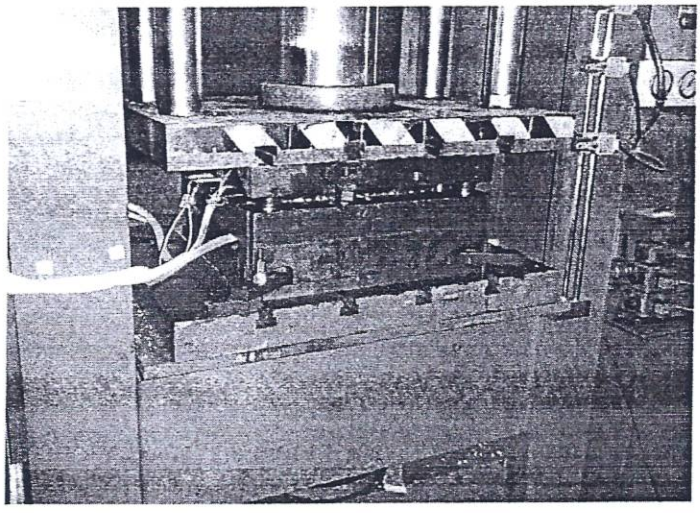
ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดที่จะนำมาอัดขึ้นรูปผ่านกระบวนการเตรียมวัสดุในเบื้องต้นมาแล้ว เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพันธ์ประมาณ 20-25 นำมาคลุกเคล้ากันเก็บไว้ในถุง จากนั้นนำวัสดุที่เตรียมไว้ชั่งตามน้ำหนักที่คำนวณค่าความหนาแน่นที่ต้องการในการทดลองได้แบ่งการขึ้นรูปออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 หาความสัมพันธ์การใช้ปริมาณสารยึดติดโดยน้ำหนักของฟางข้าวและแกลบ (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

1. เปิดเครื่องเครื่องอัดไฮดรอลิกส์และชุดควบคุมอุณหภูมิ
2. เปิดเครื่อง Data Logger เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิอัดประมาณ 160 °C
3. เปิดเครื่อง DC ควบคุมชุด Relay และชุด Control Temperature
4. เตรียมวัสดุทั้งหมดก่อนขึ้นรูป โดยชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามอัตราส่วน

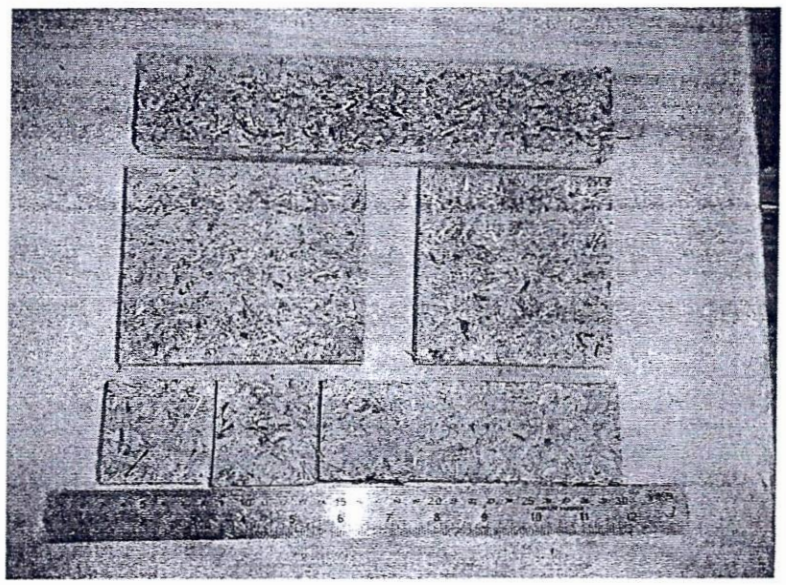
5. เมื่ออุณหภูมิถึง 160 °C นำส่วนผสมเทลงในแม่พิมพ์ชุดเคลื่อนที่บริเวณ Cavity ดังรูปที่ 3.7 และติดตั้งแม่พิมพ์ดังภาพที่ 3.8 เมื่ออัดเสร็จได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดดังภาพที่ 3.9 ถึงภาพที่ 3.10 และนำชิ้นงานออกตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อเตรียมตัดชิ้นงานทดสอบสมบัติต่าง ๆ ต่อไป



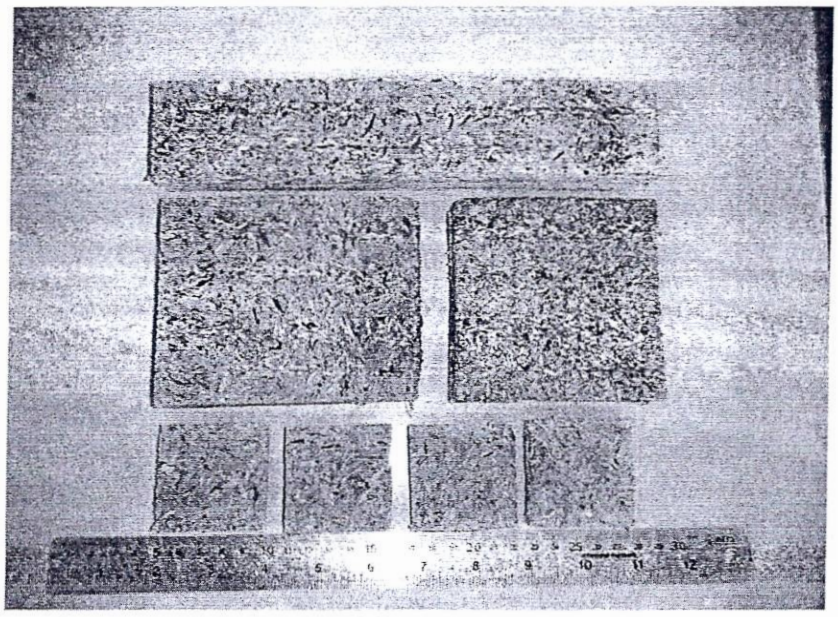
ภาพที่ 3.7 เครื่องผสมสารยึดติดกับวัสดุอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด



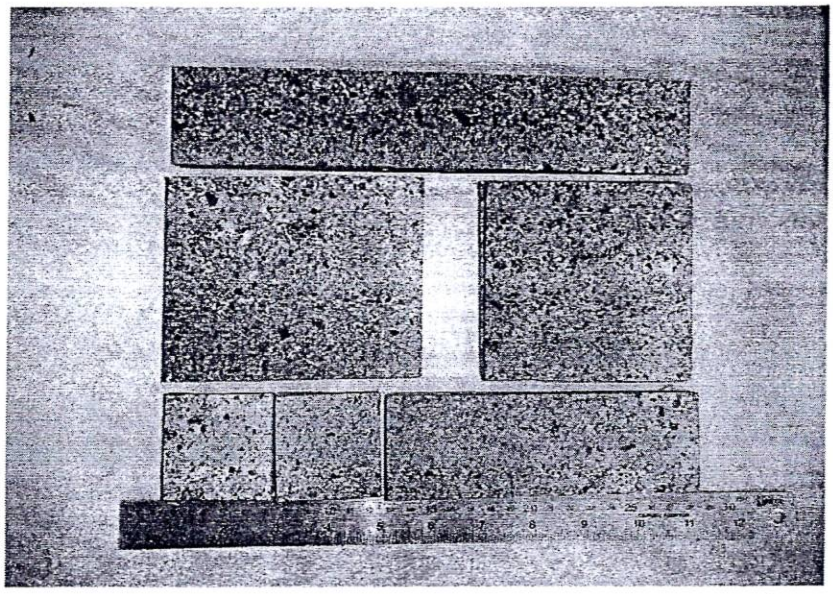
ภาพที่ 3.8 การติดตั้งแม่พิมพ์กับเครื่องอัดไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 3.9 ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากฟางข้าว



ภาพที่ 3.10 ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากแกลบ

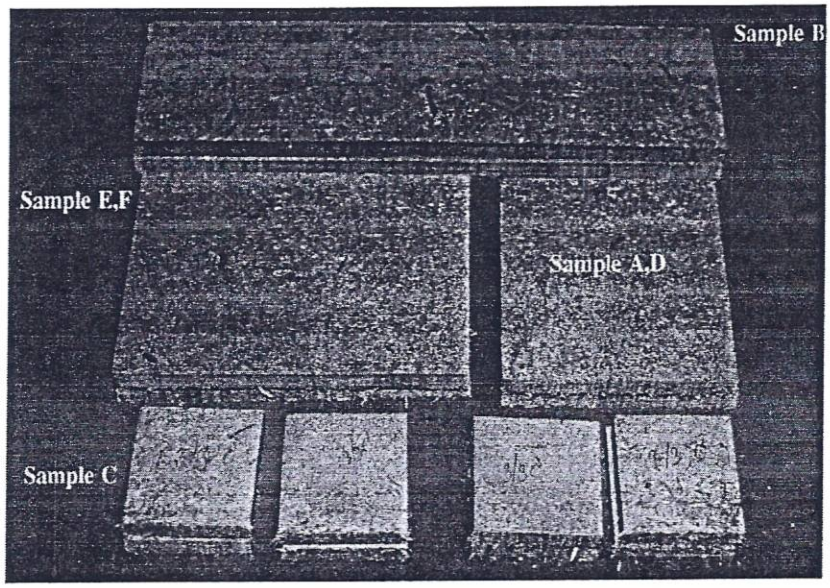


ภาพที่ 3.11 ลักษณะชิ้นงานทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสมจากเถ้าแกลบดำ

3.8 รายละเอียดขนาดชิ้นทดสอบสมบัติแผ่นเส้นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง มอก. 966-2533

สำหรับการเตรียมชิ้นทดสอบดังภาพที่ 3.12 โดยวิธีสุ่มจากแผ่น MDF ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน มอก. 966-2533 ขนาดและลักษณะทั่วไปแล้วมาจำนวน 3 แผ่น แล้วตัดตัวอย่างแต่ละแผ่นเป็นชิ้นทดสอบดังนี้

1. ชิ้นทดสอบ A สำหรับทดสอบความหนาแน่นและความชื้น จำนวน 3 ชิ้น
2. ชิ้นทดสอบ B สำหรับทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น จำนวน 2 ชิ้น
3. ชิ้นทดสอบ C สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จำนวน 3 ชิ้น
4. ชิ้นทดสอบ D สำหรับการดูดซึมน้ำและการขยายตัวตามความหนา จำนวน 3 ชิ้น
5. ชิ้นทดสอบ E สำหรับการทดสอบการขยายตัวความยาว จำนวน 2 ชิ้น
6. ชิ้นทดสอบ F สำหรับการทดสอบความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียว จำนวน 3 ชิ้น



A ทดสอบสมบัติค่าความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ค่าความชื้น

B ทดสอบสมบัติมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น

C ทดสอบสมบัติแรงต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

D ทดสอบสมบัติการพองตัวทางความหนา

E และ F ทดสอบสมบัติการขยายตัวทางความยาว

ภาพที่ 3.12 ลักษณะของการเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ด

3.9 การทดสอบความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ด

ในการทดสอบเตรียมชิ้นงานทดสอบและใช้ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียด 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นเส้นใยอัดทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3.12 มีลำดับขั้นตอนดังนี้

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

2. นำชิ้นงานทดสอบ A นำไปชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งเครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Precias 1212 M รุ่น SuperBal-series ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม

3. วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง ด้วยไมโครมิเตอร์ตามภาพที่ 3.13 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย

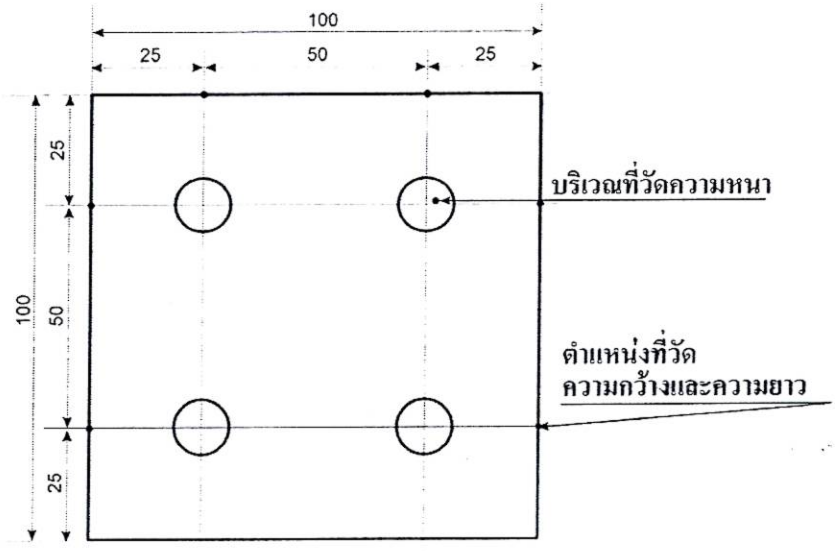
4. วิธีคำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสมการ (3.1)

$$D = \frac{m}{V} \qquad \text{.....(3.1)}$$

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

m คือ มวล หน่วยเป็น กรัม (g)

V คือ ปริมาตร หน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)



ภาพที่ 3.13 ตำแหน่งที่วัดความกว้างความยาวและความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

3.10 การทดสอบปริมาณความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ด

1. เตรียมชิ้นงานทดสอบขนาดความกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น
2. ชั่งชิ้นทดสอบ D ด้วยเครื่องชั่งยี่ห้อ Precias 1212 M รุ่น Super Bal-series ซึ่งผ่านการวัดขนาดมาแล้ว ให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นมวลก่อนอบ
3. อบชิ้นทดสอบในเตาอบส่วนผสม ยีห้อ SFL รุ่น EC67A ที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่
4. นำชิ้นทดสอบมาใส่ในเดซิเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็น
5. ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นมวลเมื่ออบแห้ง และคำนวณหาค่าความชื้นจากสมการ (3.2)

$$MC = \frac{m_i - m_o}{m_o} \qquad \text{.....(3.2)}$$

กำหนดให้ MC คือ ปริมาณความชื้น หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

m_i คือ น้ำหนักก่อนอบ หน่วยเป็น กรัม (g)

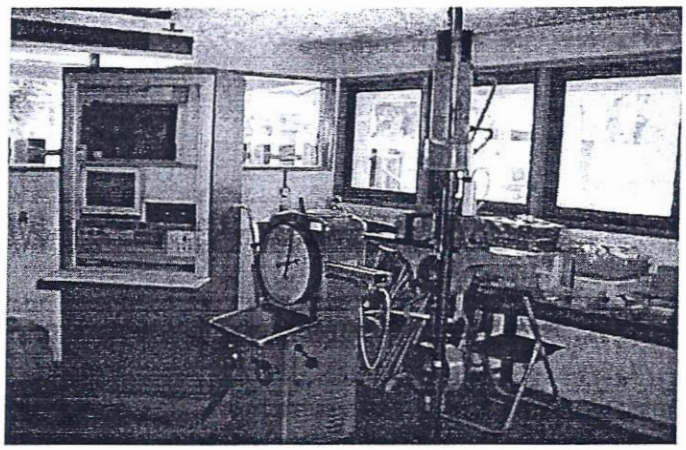
m_o คือ น้ำหนักหลังอบ หน่วยเป็น กรัม (g)

3.11 การทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นของปาร์ติเกิลบอร์ด

เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นสามารถวัดแรงกดที่มีความละเอียดถึง 5 นิวตันหรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบสามารถรับได้ ดังภาพที่ 3.14-3.16 การวางชิ้นงานทดสอบมีลักษณะโดยหัวกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งทรงกลม มีรัศมีไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้าวของชิ้นทดสอบ แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลมหรือครึ่งวงกลม มีรัศมีไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ ความยาวไม่น้อยกว่าของชิ้นทดสอบมาตรการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตรและมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1. วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 24 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากแท่นรองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่า ๆ กัน

2. ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที



ภาพที่ 3.14 เครื่องทดสอบมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นระบบไฮดรอลิควอลเปิร์ต

3. วิธีการคำนวณหาค่ามอดูลัสแตกร้าว จากสมการ (3.3)

$$MOR = \frac{3PL}{2bd^2} \qquad \text{.....(3.3)}$$

กำหนดให้ MOR คือ ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าว หน่วยเป็น เมกกะปาสคาล (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)

4. วิธีการคำนวณหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่น จากคำนวณจากสมการ (3.4)

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

กำหนดให้

MOE คือ ค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น หน่วยเป็น เมกกะปาสคาล (MPa)

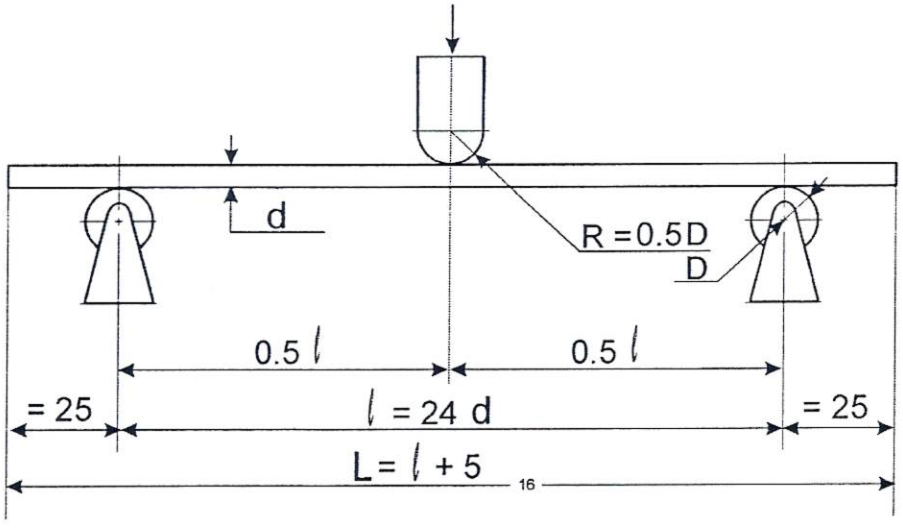
L คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง หน่วยเป็น (N)

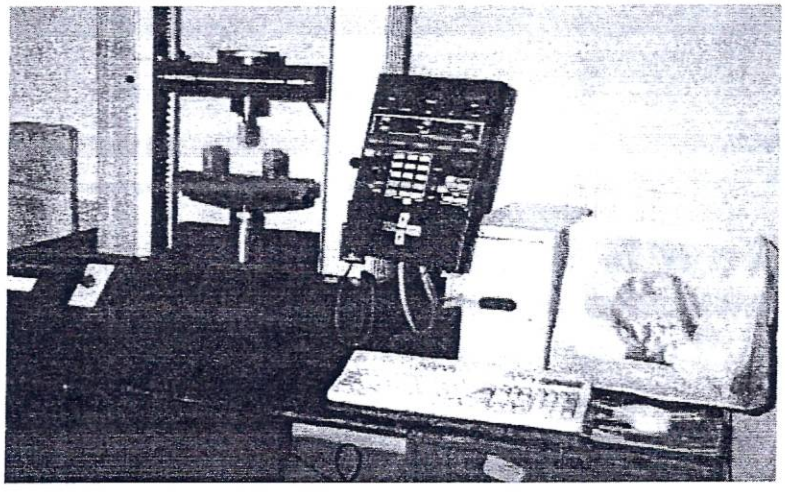
b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

ΔS คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง
หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)



ภาพที่ 3.15 ลักษณะการวางชิ้นทดสอบความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น



ภาพที่ 3.16 เครื่องทดสอบความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น

3.12 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าของปาร์ติเกิลบอร์ด

เครื่องดึงผิวหน้ามีลักษณะดังภาพที่ 3.17 ใช้ระบบไฮดรอลิควอลเปิร์ต (Otto Wolpert Werke Germany) สามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นงานทดสอบออกจากกันได้ภายในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที แผ่นดึง ซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดความกว้างไม่

ต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร มีลักษณะดังภาพที่ 3.17 ความหนาตามความเหมาะสม โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นงานทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ชนิดโพลีไวนิลอะซิเทต (polyvinylacetate, PVA) แรงยึดระหว่างผิวหน้าชิ้นทดสอบ ปล่อยให้แข็งตัว ประมาณ 1 ชั่วโมง

2. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นงานทดสอบออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

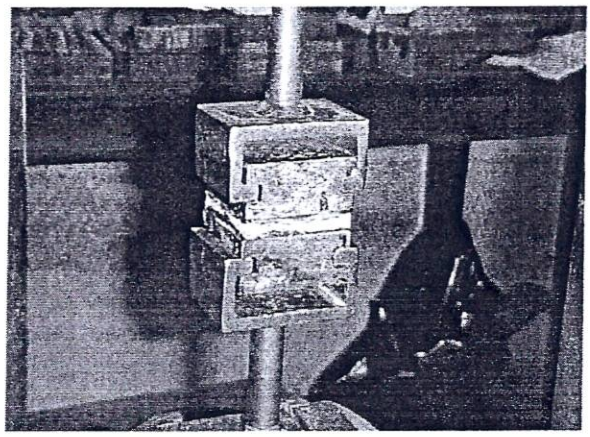
3. วิธีการคำนวณ หาค่าแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า คำนวณจากสมการ (3.5)

$$IB = \frac{P\max}{At} \qquad \text{.....(3.5)}$$

กำหนดให้ IB คือ แรงดึงตั้งฉากผิวหน้า หน่วยเป็น เมกกะปาสคาล (MPa)

P_{max} คือ แรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาด หน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

A_t คือ พื้นที่ของตัวอย่างไม้ที่รับแรงดึง หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร (mm^2)



ภาพที่ 3.17 ลักษณะของการจับยึดชิ้นงานทดสอบการดึงผิวหน้า

3.13 การทดสอบการดูดซึมน้ำของปาร์ติเกิลบอร์ด

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดขนาดความหนาของปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม ภาชนะควบคุมอุณหภูมิ สามารถ

ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส กระดาษเซลลูโลสวัดดิ่ง หรือกระดาษซับรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสกว้างไม้น้อยกว่า 120 มิลลิเมตร แผ่นน้ำหนักรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้างประมาณ 120 มิลลิเมตร มีมวลประมาณ 3 กิโลกรัม มีวิธีการทดสอบดังนี้

1. ชั่งชิ้นงานทดสอบให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นมวลก่อนแช่น้ำ
2. วัดความหนาชิ้นทดสอบ
3. แช่ชิ้นงานทดสอบในภาชนะควบคุมอุณหภูมิ ที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 ± 1 มีอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส โดยตั้งชิ้นงานทดสอบให้ได้ตั้งฉากกับระดับผิวน้ำ และขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกัน และต้องห่างผนังของภาชนะพอสมควรเมื่อแช่ชิ้นงานทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นงานทดสอบขึ้นมาวางบนกระดาษเซลลูโลสวัดดิ่งหรือกระดาษซับ โดยวางในแนวระดับระหว่างกระดาษ แล้ววางทับด้วยแผ่นน้ำหนักสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทิ้งไว้ 30 วินาที จึงนำชิ้นทดสอบออกจากแผ่นกระดาษที่ซับน้ำนำชิ้นทดสอบมาชั่งและวัดความหนาและวิธีการคำนวณ หาค่าการดูดซึมน้ำจากสมการ (3.6)

$$WA = \frac{Mo - Mi}{Mi} \times 100 \qquad \text{.....(3.6)}$$

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

4. วิธีการคำนวณค่าการขยายตัวตามความหนา คำนวณจากสมการ (3.7)

$$SW = \frac{Ti - To}{To} \times 100 \qquad \text{.....(3.7)}$$

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

3.14 การทดสอบการขยายตัวตามความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด

สำหรับชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคอมพาเรเตอร์ เครื่องมือวัดอย่างได้ละเอียดถึง 0.02 มิลลิเมตรและเครื่องปรับสภาวะมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. นำชิ้นทดสอบไปปรับสภาวะที่อุณหภูมิ 20 ± 3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ± 2 จนน้ำหนักคงที่คือ น้ำหนักที่ชั่งห่างกัน 24 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.05 แล้ววัดความยาวของชิ้นทดสอบให้ละเอียดถึง 0.02 มิลลิเมตร เป็นความยาวครั้งแรก

2. นำชิ้นทดสอบไปปรับสภาวะอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิ 20±3 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 90±5 จนน้ำหนักคงที่ แล้ววัดความยาวของชิ้นทดสอบอีกครั้งหนึ่งเป็นความยาวครั้งหลังโดย คำนวณการขยายตัวตามความยาวดังสมการ (3.8)

$$LE = \frac{Lo - Li}{Li} \times 100 \qquad \text{.....(3.8)}$$

กำหนดให้ LE คือ การขยายตัวทางความยาว หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

L_o คือ ความยาวหลังแช่น้ำ หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

L_i คือ ความยาวก่อนแช่น้ำ หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

3.15 การทดสอบค่าต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ด

เครื่องมือที่ในการทดสอบแรงกระแทกตามมาตรฐาน ASTM Izod D-256 ดังภาพที่ 3.18 เครื่องตีกระแทก ลักษณะของชิ้นงานทดสอบดังภาพที่ 3.18 มีวิธีการทดสอบดังนี้

1. ชั่งชิ้นงานทดสอบให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม
2. วัดกว้าง ความยาว ความหนาชิ้นทดสอบ หาค่าความหนาแน่น (Density)
3. ทำรอยบาก (Notch) ให้มีลักษณะรอยลึกประมาณ 2 มิลลิเมตร
4. ยึดชิ้นงานวางบนแท่นทดสอบเสร็จแล้วใช้ตุ้มเหวี่ยง (pendulum) ที่มีขนาด 4 จูล เป็นตัวกระแทก และปรับระยะชิ้นงานทดสอบโดยใช้เกจตั้งระยะแบบ Izod พร้อมกับจับยึดชิ้นงานให้แน่นโดยปรับมุมของเครื่องเท่ากับ 0 องศา พร้อมทำการปล่อยตัวเหวี่ยงให้กระแทกกับชิ้นงานและอ่านค่าตามมุมสเกลของเครื่องทดสอบแล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยและรายงานผลการทดสอบ

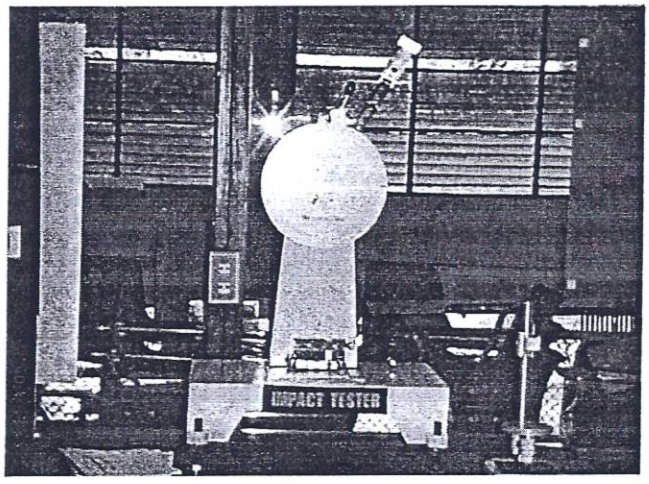
วิธีการคำนวณหาค่าต้านทานแรงกระแทกดังสมการที่ (3.9)

$$IR = \frac{E}{W_n} \qquad \text{.....(3.9)}$$

เมื่อ IR คือ ค่าความทนแรงกระแทกซึ่งมีค่าพลังงานดูดซับของชิ้นงานต่อความยาวของรอยบากหนึ่งหน่วย หน่วยเป็น จูลต่อเมตร (J/m)

E คือ ค่าพลังงานดูดซับที่ชิ้นงานรับได้ หน่วยเป็น จูล (J)

W_n คือ ความกว้างของรอยบาก หน่วยเป็น เมตร (m)

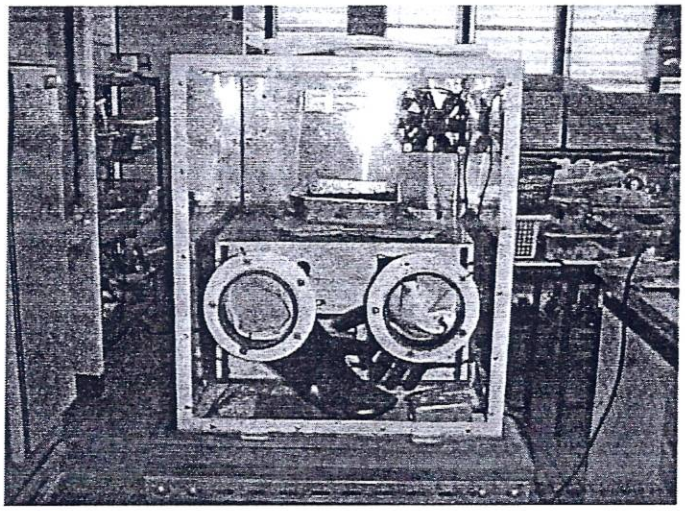


รูปที่ 3.18 เครื่องทดสอบแรงกระแทก

3.16 การทดสอบค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด

สำหรับการศึกษาค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด ด้วยเครื่อง Thermal conductivity analyzer Model 88 ดังภาพที่ 3.19 เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์และตรวจสอบค่าการนำความร้อนของวัสดุโดยวิธี Steady – State โดยการให้ความร้อนกับชิ้นงานแล้ววัดค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ด้านบนและด้านล่างของชิ้นงานเครื่องจะรายงานผลเป็นค่าการนำความร้อน ใช้ขนาดชิ้นงานทดสอบกว้าง 200 มิลลิเมตร ความยาว 200 มิลลิเมตร ความหนาไม่น้อยกว่า 45 มิลลิเมตร

สภาวะในการทดสอบอุณหภูมิของชุด Cold plate 10.0 °C และอุณหภูมิชุด Hot plate 37.7 °C อุณหภูมิขณะทำการทดสอบแผ่นชิ้นงานระหว่าง 28 – 31.5 °C ขณะทดสอบทำการ Cooling equipment โดยใช้น้ำเย็น อุณหภูมิประมาณ 10-15 °C ตลอดเวลา



รูปที่ 3.19 เครื่องทดสอบค่าการนำความร้อน

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

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

4.1 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 2 ชนิด

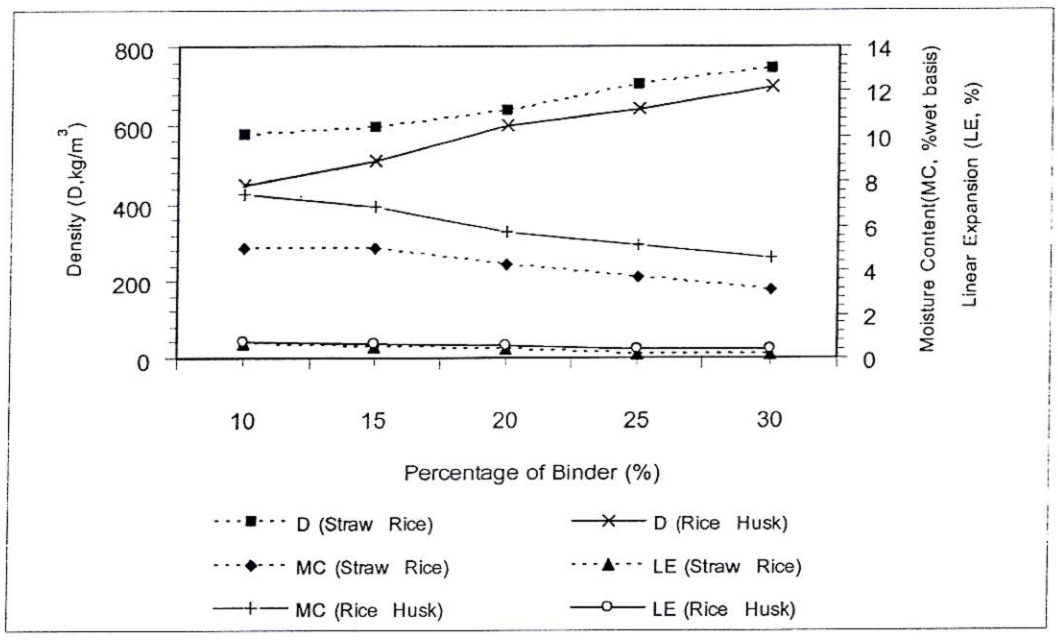
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 2 ชนิด

เปอร์เซ็นต์ฟางข้าว (%)	เปอร์เซ็นต์สารยึดติด (%)	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
เปอร์เซ็นต์แกลบ (%)	เปอร์เซ็นต์สารยึดติด (%)								
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

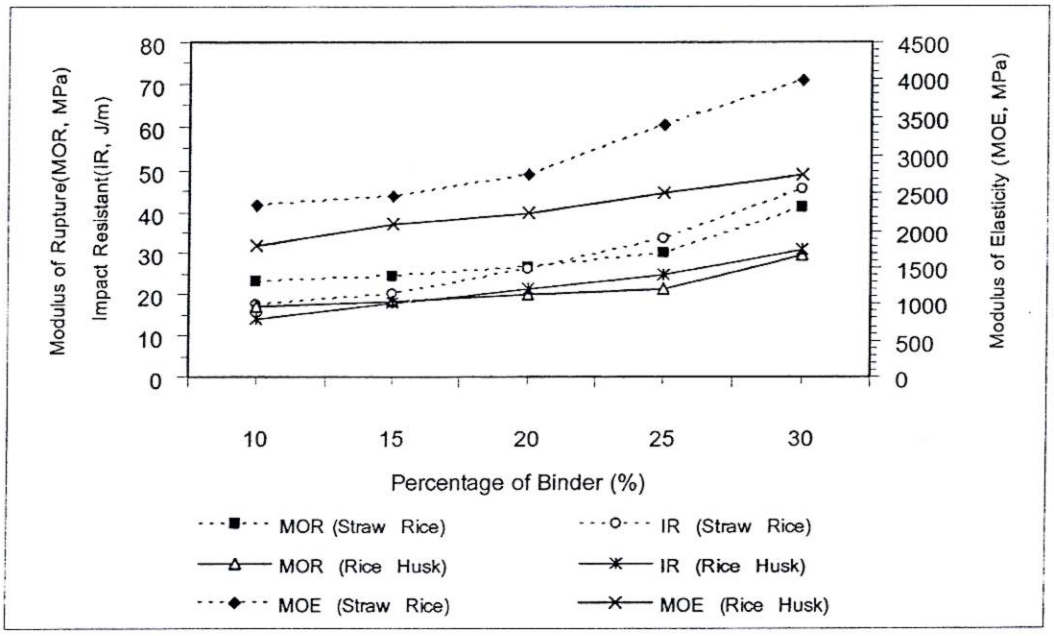
ความหนาแน่น จากการทดลองอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งกรณีฟางข้าวและแกลบ พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ซึ่งเป็นผลจากความหนาแน่นของสารยึดติดมีค่ามากกว่าฟางข้าวและแกลบ ดังนั้นเมื่อปริมาณสารยึดติดเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

ความชื้น การดูดซับน้ำและการขยายตัวเมื่อแช่น้ำจะลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความชื้นและความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ ดังนั้นเมื่อปริมาณสารยึดติดเพิ่มสูงขึ้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจึงดูดซับน้ำได้น้อยลง ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานขยายตัวได้น้อยลงด้วย



ภาพที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด

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

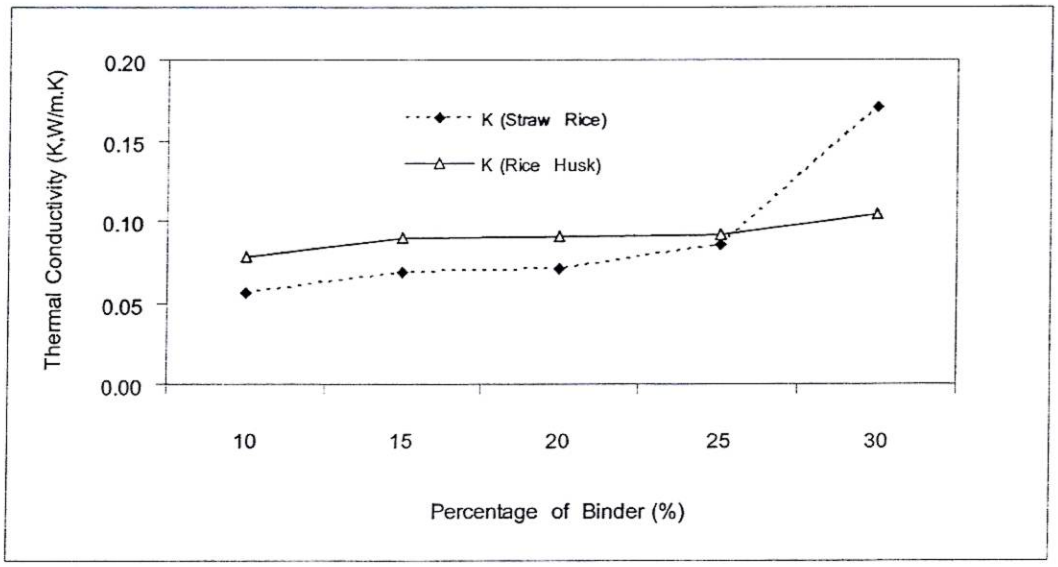


ภาพที่ 4.2 สมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ดส่วนผสม 2 ชนิด

ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่ามอดูลัสการแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงกระแทก จากการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงต่างๆเหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดจะช่วยในการจับตัวกันระหว่างอนุภาคของฟางข้าวและแกลบ ทำให้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความสามารถยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดีขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด

เมื่อพิจารณาที่สัดส่วนเปอร์เซ็นต์สารยึดติดเท่ากัน พบว่าค่ามอดูลัสการแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวมีค่าสูงกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 36, 30 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากฟางข้าวมีความยืดหยุ่นและมีลักษณะเป็นเส้นใยมากกว่าแกลบ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของกราฟในสัดส่วนของสารยึดติดที่ 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่ค่อนข้างคงที่ แต่หลังจากในสัดส่วนที่ 20 เปอร์เซ็นต์เป็นต้นไปจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว 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 แต่ในด้านความแข็งแรงของชิ้นงานพบว่า ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าว จะมีค่ามอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานต่อแรงกระแทกสูงกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบ นอกจากนั้นยังพบว่าชิ้นงานที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกด้านคือกรณีใช้ฟางข้าวและสารยึดติดในสัดส่วน 75 : 25 เปอร์เซ็นต์

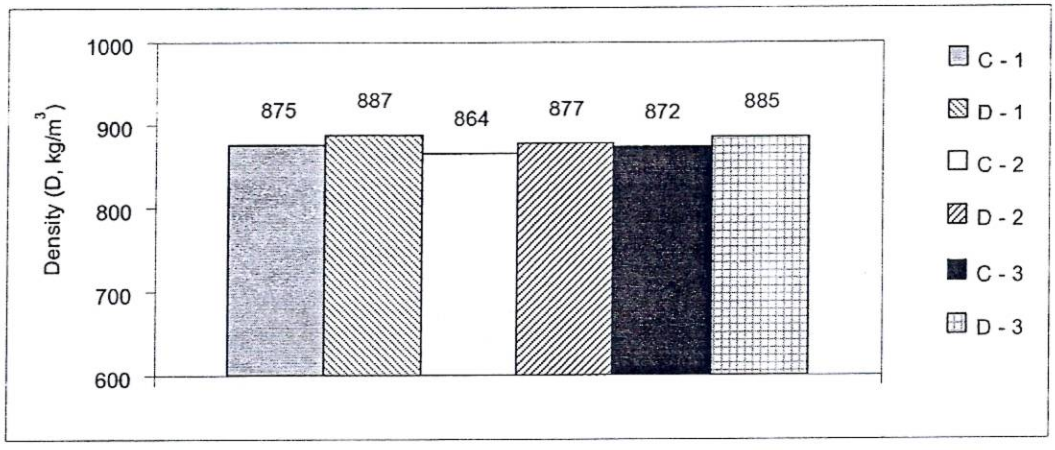
4.2 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 3 ชนิด

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 3 ชนิดโดยได้ปรับเปลี่ยนสัดส่วนสารยึดติด 3 ระดับคือ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 3 ชนิด

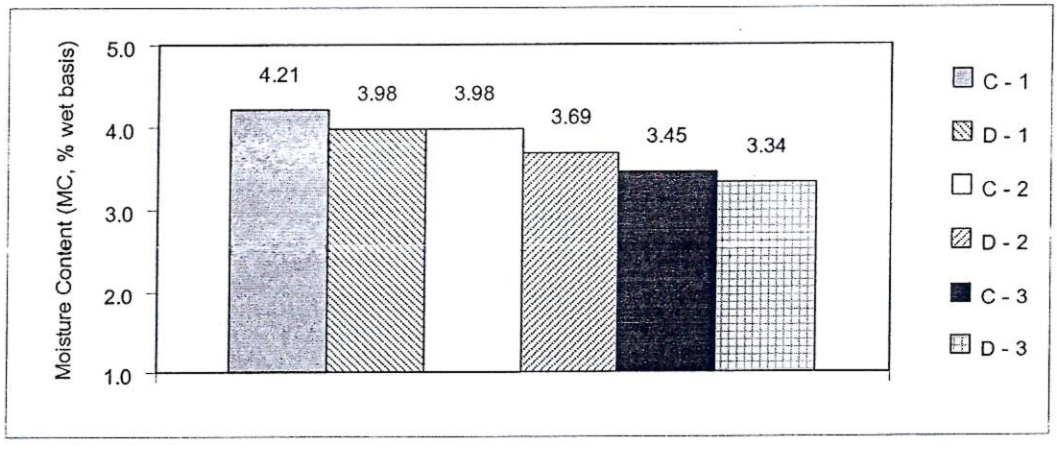
ชื่อชิ้นงาน ฟางข้าว / แกลบ (%)	สารยึดติด (%)	Density (D,kg/m^3)	Moisture Content (MC,%)	Linear Expansion 24hrs.(LE,%)	Modulus of Rupture (MOR,MPa)	Modulus of Elasticity (MOE,MPa)	Impact Resistant (IR,J/m)	Thermal Conductivity (K,W/m.K)
C-1 75 / 15	10	875	4.21	0.60	37.89	2987	54.25	0.102
C-2 55 / 25	20	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 / เส้นแกลบดำ (%)	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 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 3 ชนิด

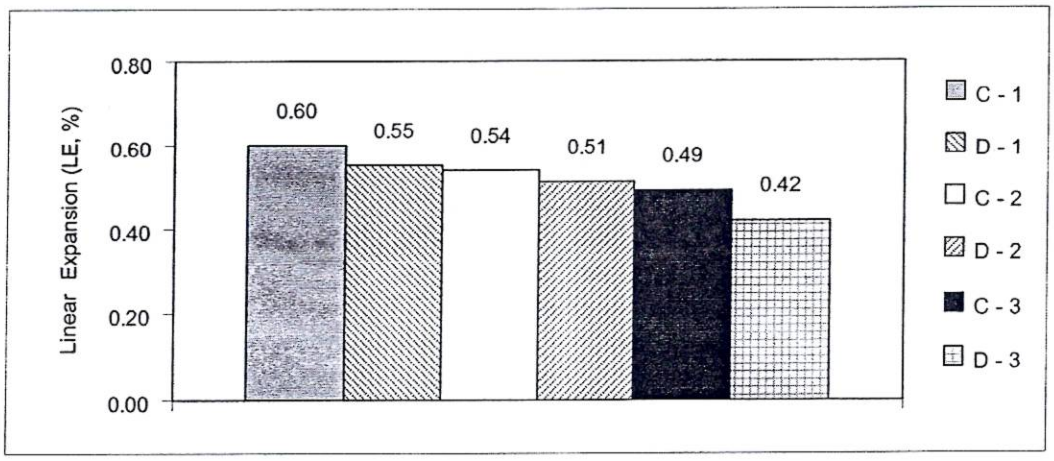


ภาพที่ 4.4 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ด

ภาพที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบค่าความหนาแน่น จากข้อมูลพบว่า เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติด จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดมีความหนาแน่นสูงกว่าส่วนผสม ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ก็จะส่งผลให้ความหนาแน่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้นและเมื่อพิจารณาชิ้นงานที่ใช้เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเท่ากันแต่แตกต่างเฉพาะวัตถุดิบบางรายการ เช่น ชิ้นงาน C-1 และ D-1 จากการศึกษาพบว่า ชิ้นงานประเภท D (มีเถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสม) มีแนวโน้มว่าความแน่นของชิ้นงานสูงกว่าชิ้นงานประเภท C โดยเฉลี่ยประมาณ 1.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลมาจากเถ้าแกลบดำมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าแกลบ ทำให้สามารถอัดขึ้นรูปได้แน่นกว่าแกลบ



ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบค่าความชื้นของปาร์ติเกิลบอร์ด

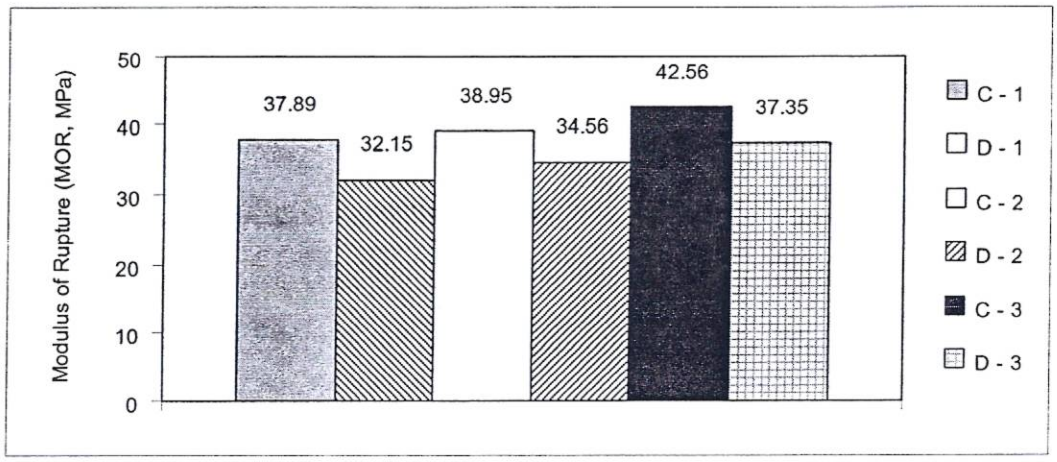


ภาพที่ 4.6 ผลการทดสอบค่าการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด

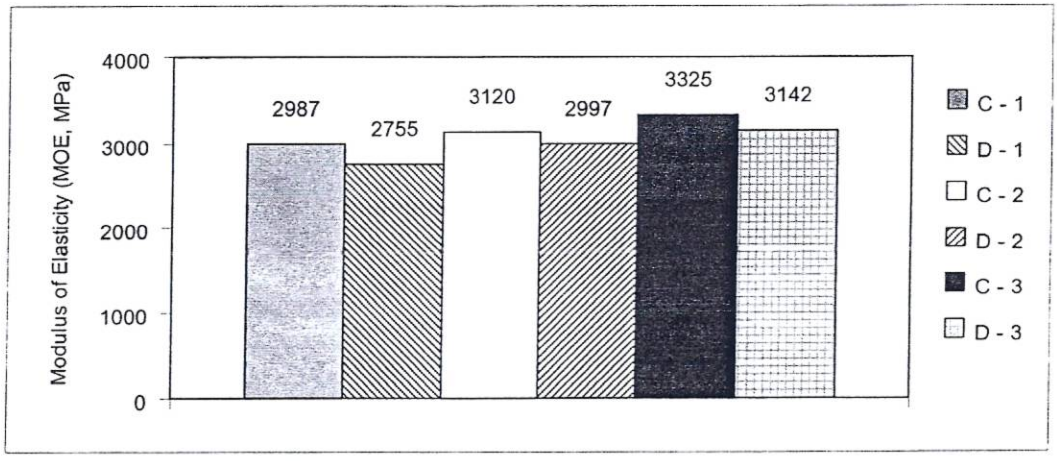
ภาพที่ 4.5 และ 4.6 แสดงค่าความชื้นและการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งผลของการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ หรือปริมาณสารยึดติดจะทำให้ความชื้นภายใน และการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ดเมื่อแช่ในน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการแทรกซึมของน้ำเข้าสู่สารยึดติดเป็นไปได้ค่อนข้างยาก ด้วยเหตุนี้เมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด จึงส่งผลให้ความชื้นและการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง และเมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเท่ากัน พบว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีเถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสมจะมีความชื้นและการขยายตัวน้อยกว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแกลบเป็นส่วนผสมโดยเฉลี่ยประมาณ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีเถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสมจะมีความหนาแน่นสูงกว่า ทำให้สามารถดูดซับได้น้อยเมื่อนำไปทดสอบแช่ในน้ำ ดังนั้นจึงส่งผลให้มีการขยายตัวต่ำ

4.2.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกลของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 3 ชนิด

การศึกษาในส่วนของสมบัติทางกลศาสตร์ของปาร์ติเกิลบอร์ด ได้ศึกษาถึงค่าความแข็งแรงในด้านต่าง ๆ ของปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากฟางข้าว แกลบและเถ้าแกลบดำกับปริมาณสารยึดติด จากการทดสอบพบว่า ค่าความแข็งแรงต่าง ๆ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ทั้งนี้เนื่องจากสารยึดติดจะช่วยในการจับตัวกันระหว่างอนุภาคของส่วนผสม ทำให้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความสามารถยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารยึดติด ซึ่งมีผลการทดสอบดังแสดงดังในภาพที่ 4.7 - 4.9

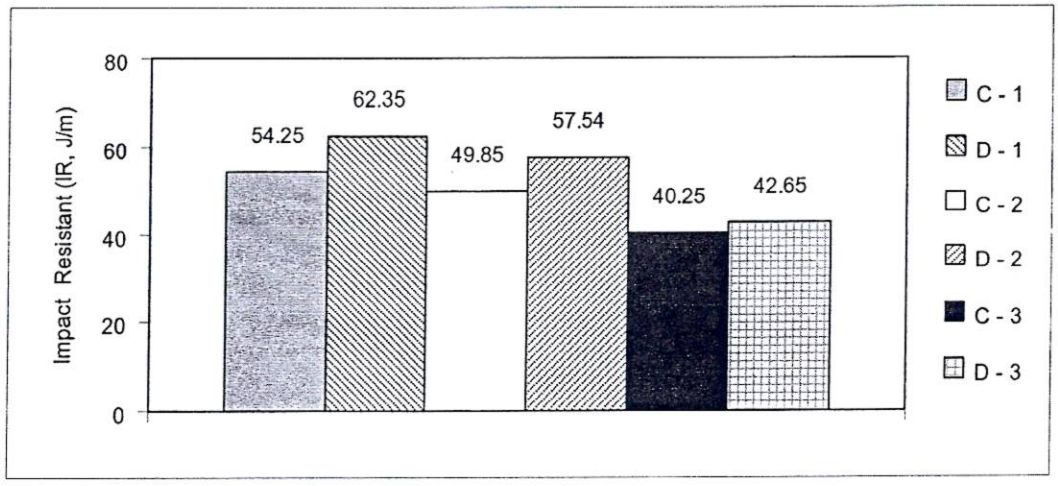


ภาพที่ 4.7 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าวของปาร์ติเกิลบอร์ด



ภาพที่ 4.8 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของปาร์ติเกิลบอร์ด

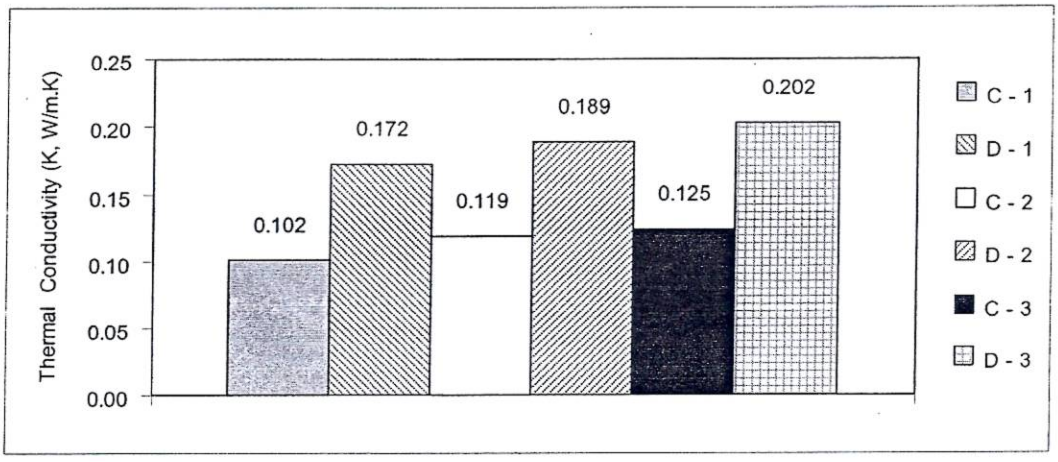
เมื่อพิจารณาที่เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมเท่ากัน (เช่น C-1 และ D-1) ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแกลบเป็นส่วนผสมจะให้ค่ามอดูลัสแตกร้าว และมอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่ากรณีที่มีเถ้าแกลบดำเป็นส่วนผสมประมาณ 12 และ 6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากความแตกต่างทางกายภาพของวัตถุดิบทั้งสองชนิด คือ เถ้าแกลบดำจะมีความละเอียดของอนุภาคสูงกว่าแกลบ ดังนั้นเมื่อถูกนำไปทดสอบในลักษณะของการรับแรงดึงจึงมีความแข็งแรงน้อยกว่าอนุภาคที่มีลักษณะเป็นเส้นใยและมีขนาดที่ยาวกว่า อย่างไรก็ตามอนุภาคที่มีความละเอียดจะช่วยให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงในกรณีที่รับแรงในลักษณะของการกระแทก



ภาพที่ 4.9 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ด

4.2.3 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ด ที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 3 ชนิด

ภาพที่ 4.10 แสดงผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากฟางข้าว 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 ชนิดที่ปริมาณสัดส่วนสารยึดติด 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

1. สมบัติทางกายภาพ ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น ความชื้นและการขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ด จากข้อมูลพบว่า หากลดปริมาณของฟางข้าวหรือในทางตรงข้ามคือเพิ่มปริมาณแกลบ จะทำให้ความหนาแน่นและความชื้นภายในเพิ่มขึ้น ในขณะที่การขยายตัวทางความยาวของปาร์ติเกิลบอร์ดมีแนวโน้มลดลง

2. สมบัติทางกล จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อลดปริมาณของฟางข้าวจะมีผลทำให้ค่ามอดูลัสแตกร้าว และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการลดความเป็นเส้นใยและรูพรุนภายในปาร์ติเกิลบอร์ดของฟางข้าว ค่าความแข็งแรงจึงลดลงตามไปด้วย

3. สมบัติทางความร้อน จากการทดสอบพบว่า เมื่อลดปริมาณฟางข้าวจะมีผลทำให้ค่าการนำความร้อนของปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากจะทำให้ช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง

4.4 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ด ที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 4 ชนิด

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

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปจากส่วนผสม 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 และมีความแข็งแรงมากกว่าส่วนผสมอื่นๆ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่า สมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่ขึ้นรูปโดยใช้สัดส่วนผสม 4 ชนิด ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นความชื้นเท่านั้นที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน

4.5 ผลการทดสอบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

การทดสอบสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเอาผลิตภัณฑ์จากหลาย ๆ ผู้ผลิตหรือตราสินค้ามาทดสอบ แล้วนำเสนอในรูปของค่าเฉลี่ย 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 การเปรียบเทียบปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปกับมาตรฐานและที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป (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
แผ่นยิปซัม 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

1. ความหนาแน่น หากพิจารณาเปรียบเทียบความหนาแน่นของชิ้นงานที่ได้จากงานวิจัยนี้กับชิ้นงานจากท้องตลาดและค่ามาตรฐานพบว่า ชิ้นงานกลุ่ม A และ B มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ชิ้นงานจากท้องตลาดจะมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นหาก

พิจารณาในด้านน้ำหนักจะพบว่า หากชิ้นงานมีขนาดเท่ากัน ชิ้นงานกลุ่ม A และ B จะมีน้ำหนักเบากว่าชิ้นงานจากท้องตลาด

2. ความชื้น จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 จะพบว่าชิ้นงานทุกชนิดเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนั้นยังพบว่า ความชื้นของชิ้นงานที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับความชื้นของชิ้นงานจากท้องตลาด

3. การขยายตัวทางความยาว จากข้อมูลพบว่า ชิ้นงานทุกชนิดส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งรวมทั้งชิ้นงานจากท้องตลาด ยกเว้นชิ้นงานกลุ่ม A ที่สัดส่วนฟางข้าวต่อสารยึดติด 75 : 25 และ 70 : 30 เท่านั้น ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

4.5.2 สมบัติทางกล

1. ค่ามอดูลัสแตกร้าว จากข้อมูลในตารางพบว่ากลุ่มชิ้นงานที่มีค่ามอดูลัสแตกร้าวโดยเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ชิ้นงานกลุ่ม D ซึ่งมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 34.69 MPa และยังพบว่าชิ้นงานกลุ่ม A และ B มีค่ามอดูลัสแตกร้าวผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกส่วนผสม อีกทั้งยังมีค่าสูงกว่าชิ้นงานจากท้องตลาด

2. ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น จากข้อมูลพบว่ากลุ่มชิ้นงานที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือ ชิ้นงานกลุ่ม A, B, D และชิ้นงานจากท้องตลาด โดยกลุ่มชิ้นงานที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นค่อนข้างสูงคือ กลุ่ม A และ D

4.5.3 สมบัติทางความร้อน

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 สามารถเรียงลำดับค่าการนำความร้อนของแต่ละกลุ่มชิ้นงานจากมากไปหาน้อยคือ ชิ้นงานกลุ่ม E ชิ้นงานจากท้องตลาด ชิ้นงานกลุ่ม D, C, B และ A ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าชิ้นงานที่ได้จากงานวิจัยนี้โดยส่วนใหญ่มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าชิ้นงานจากท้องตลาด หรืออีกนัยหนึ่งคือ มีความเป็นฉนวนความร้อนมากกว่าชิ้นงานจากท้องตลาด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และได้ศึกษาถึงสมบัติของปาร์ติเกิลที่อัดขึ้นรูปทั้งสมบัติทางด้านกายภาพ สมบัติทางกลและสมบัติทางความร้อน โดยได้ทำการขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 และบทที่ 4 โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน ชนิด เกรด EU– 617 เป็นสารยึดติด ในการทดลองได้ปรับเปลี่ยนปริมาณส่วนผสมสารยึดติดที่ระดับต่างๆ และแบ่งการทดลองเป็น 3 กรณี คือ

1. การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้ส่วนผสม 2 ชนิด ซึ่งได้แก่ กรณีใช้กาวกับฟางข้าว และกรณีใช้กาวกับแกลบ
2. การอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้ส่วนผสม 3 ชนิด ซึ่งได้แก่ กรณีที่ใช้กาวฟางข้าว และแกลบ กับกรณีที่ใช้กาว ฟางข้าวและเถ้าแกลบดำ
3. การทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

การศึกษาในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดในด้านต่างๆ ดังนี้ การทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น และสมบัติการขยายตัวทางความยาว โดยดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 966 – 2533 การทดสอบสมบัติทางกล ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบค่ามอดูลัสแตกร้าว ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงกระแทก โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM Izod D-256 นอกจากนั้นยังได้ทดสอบสมบัติทางความร้อน ซึ่งได้แก่ ค่าการนำความร้อน โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C-177 ผลจากการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรมาอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด โดยสัดส่วนที่มีความเหมาะสมในการนำมาพัฒนาต่อยอด คือ ฟางข้าวต่อกาวในสัดส่วน 75:25 เปอร์เซ็นต์ ปาร์ติเกิลบอร์ดที่อัดขึ้นรูปภายใต้เงื่อนไขนี้ เมื่อนำไปทดสอบสมบัติในด้านต่างๆ พบว่ามีความเหมาะสม คือ ความหนาแน่น 702 kg/m^3 ค่ามอดูลัสแตกร้าว 30.08 MPa ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 3,393 MPa ค่าความต้านทานแรงกระแทก 33.87 MPaและค่าการนำความร้อน 0.0855 W/m.K ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม และเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติของปาร์ติเกิลบอร์ดที่วางขายตามท้องตลาด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยนี้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในอนาคตสามารถสรุปได้ดังนี้

1. แม่พิมพ์ที่ได้จัดสร้างขึ้นใช้ในการอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด โดยการให้ความร้อนด้วยวิธีใช้ฮีตเตอร์ชนิดแบบแท่ง ทำให้ความร้อนแม่พิมพ์กระจายไม่สม่ำเสมอบางจุดมีความร้อนสูง ส่งผลให้การยึดเกาะของสารติดยึดบางจุดเกิดการเชื่อมตัวทางขวางมากเกินไป ทำให้เกิดความหนาแน่นของแผ่นแตกต่างกัน สำหรับแนวทางในการปรับปรุงแม่พิมพ์ คือควรใช้ฮีตเตอร์ชนิดแบบแผ่น หรือใช้ระบบไอน้ำแทน เพื่อให้ได้ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิที่ดี

2. เครื่องพ่นสารยึดติดและผสมสารยึดติดที่ได้สร้างขึ้นใช้ในการทดลองในครั้งนี้ควรติดตั้งหัวพ่นกาวให้มากกว่า 2 หัว บริเวณเครื่องผสม เพื่อที่จะให้กาวเกิดการกระจายตัวของกาวจะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในช่วงการคลุกเคล้าภายในเครื่องผสม หากหัวพ่นสารยึดติดมีน้อยจะทำให้บางส่วนของชิ้นปาร์ติเกิลบอร์ดได้รับสารยึดติดมากบ้าง น้อยบ้างหรือไม่ได้รับเลย ทำให้การยึดติดไม่ดีขณะนำไปอัดขึ้นรูป

3. ขณะทำการอัดขึ้นรูปแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดควรใช้ขี้ผึ้งหลอมเหลวหรือขี้ผึ้งอีมัลชั่นทาบริเวณแม่พิมพ์เพื่อป้องกันการติดของปาร์ติเกิลบอร์ดกับแม่พิมพ์ขณะทำการอัดร้อน

4. ศึกษาการขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้สารยึดติดชนิดต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมวิชาการเกษตร. พืชพลังงานและวัสดุเหลือใช้การเกษตร. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและ และสหกรณ์, 2526.

[2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. การพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. วารสารการพยากรณ์ผลผลิต การเกษตร, 2542.

[3] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การใช้ฉนวน. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม, 2533.

[4] ตระการ ก้าวกสิกรรม. คู่มือฉนวนความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี, 2537.

[5] มนตรี อึ่งเจริญ. การนำความร้อน. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2537.

[6] American Society of Heating, Refrigerating and Conditioning Engineering. ASHRAE Handbook Fundamentals I-P Edition: Atlanta Grorgia, 1997.

[7] ตระการ ก้าวกสิกรรม. "ฉนวนความร้อน" , พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี, 2537.

[8] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การใช้ฉนวน. เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์ พลังงาน : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2543.

[9] วรธรรม อุ่นจิตติชัย. "อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีการผลิต", เอกสาร วิชาการเลขที่ ร.514. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้. กรมป่าไม้: กระทรวง เกษตรและสหกรณ์, 2541.

[10] ศรีสกุล อามระรัตนะ. ระบบการตลาดแผ่นชิ้นไม้อัดของประเทศไทยปี 2534 -2536. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537.

[11] กฤษณ์ กิ่งโก้และคณะ. คุณสมบัติของคอนกรีตผสมขี้เถ้าแกลบขาว. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรม ศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548.

[12] Viswanathan, R. and Gothandapani, L. " Mechanical Properties of coir particle board", Bioresource Technology, 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.

[14] ประยูร สุรินทร์. การศึกษากระบวนการผลิตและสมบัติของแผ่นฉนวนความร้อนจากชานอ้อย วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[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., Vijayaraghavan, N.C. and Swaminathan, K.R. "Mechanical and Thermal Properties of Particle boards made from farm residues", Bioresource Technology, 1992.

[17] Viswanathan, R., Gothandapani, L. and Kailappan, R. "Water absorption and swelling characteristics of coir pith particle", Bioresource Technology, 2000.

[18] Khristova, P., Yossifov, N. and Gabir, S. "Particle boards from sunflower stalks", Bioresource Technology, 1996.

[19] Tedjwahjono, S. " Particle board from surgarcane bagasse", Berita-Pusat penelitian Pekebunun gula Indonesia, 1995.

[20] Hsu, W.E., Schwald, W. and Shields, J.A. "Chemical and Physical changes required for Producing Dimensionally stable Wood-based Composites", 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", Wood Science and Technology, 1992.

[22] Fan, M.Z., Bonfifld, P.W., Dinwoodie, J.M. and Breese, M.C. 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", Adhesive technology and Bonded tropical Wood. Taiwan Forestry Research Institute, 1998.

[24] ประมวล ดีประดวง. การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดความหนาแน่นต่ำจากขุยมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2529.

[25] วาที ทองสัมฤทธิ์ และ ธนวรรณ เวียงสีมา. การศึกษาระดับปริมาณเนื้อกาวที่มีผลต่อกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา วิทยานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2538.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[26] กิตติศักดิ์ บัวศรี. การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.

[27] Paturau, J.M. "By-products of the Cane Sugar Industry", Sugar Series. Elsevier: Amsterdam, 1982.

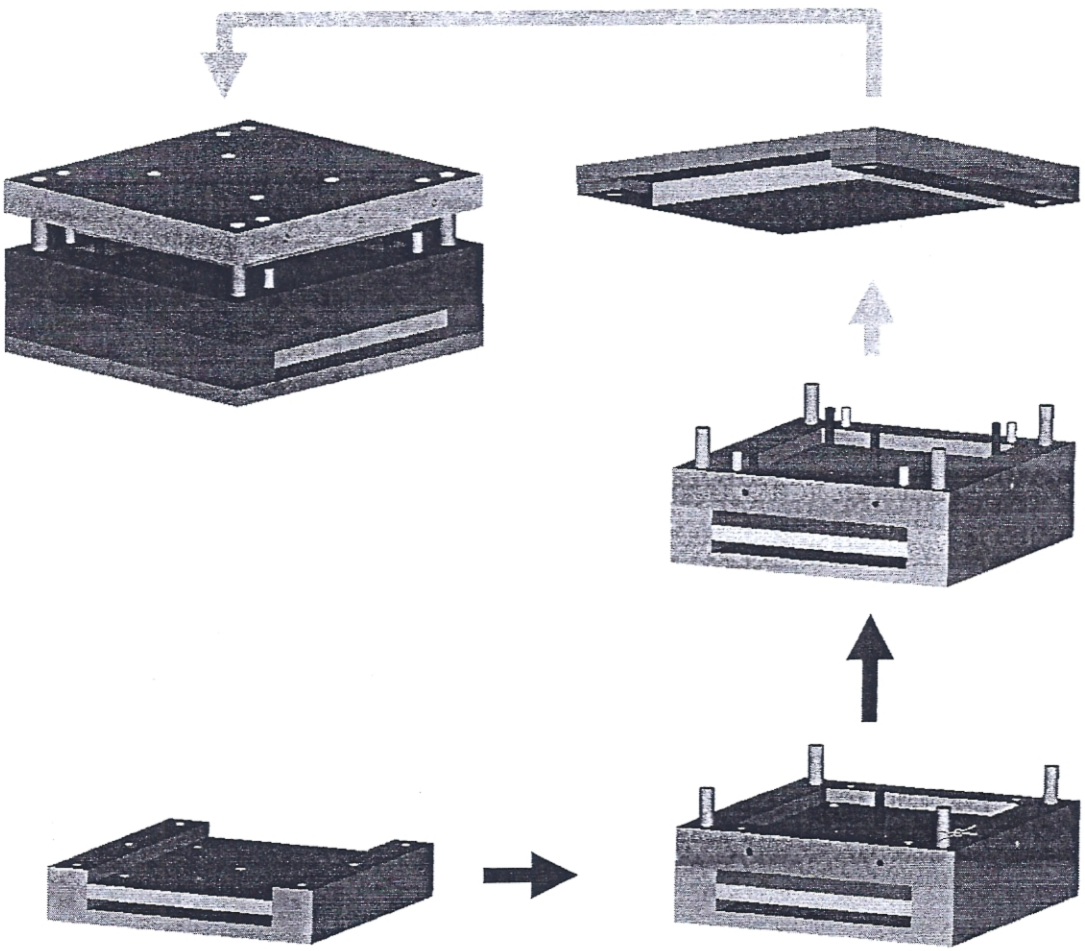
[28] Odozi, T.O., Akaranta, O. and Ejike, P.N. 1986. Particle boards from Agricultural Wastes, Agricultural Wastes, 1986.

ภาคผนวก

แม่พิมพ์อัดขึ้นรูป

ภาคผนวก
แม่พิมพ์อัดขึ้นรูป

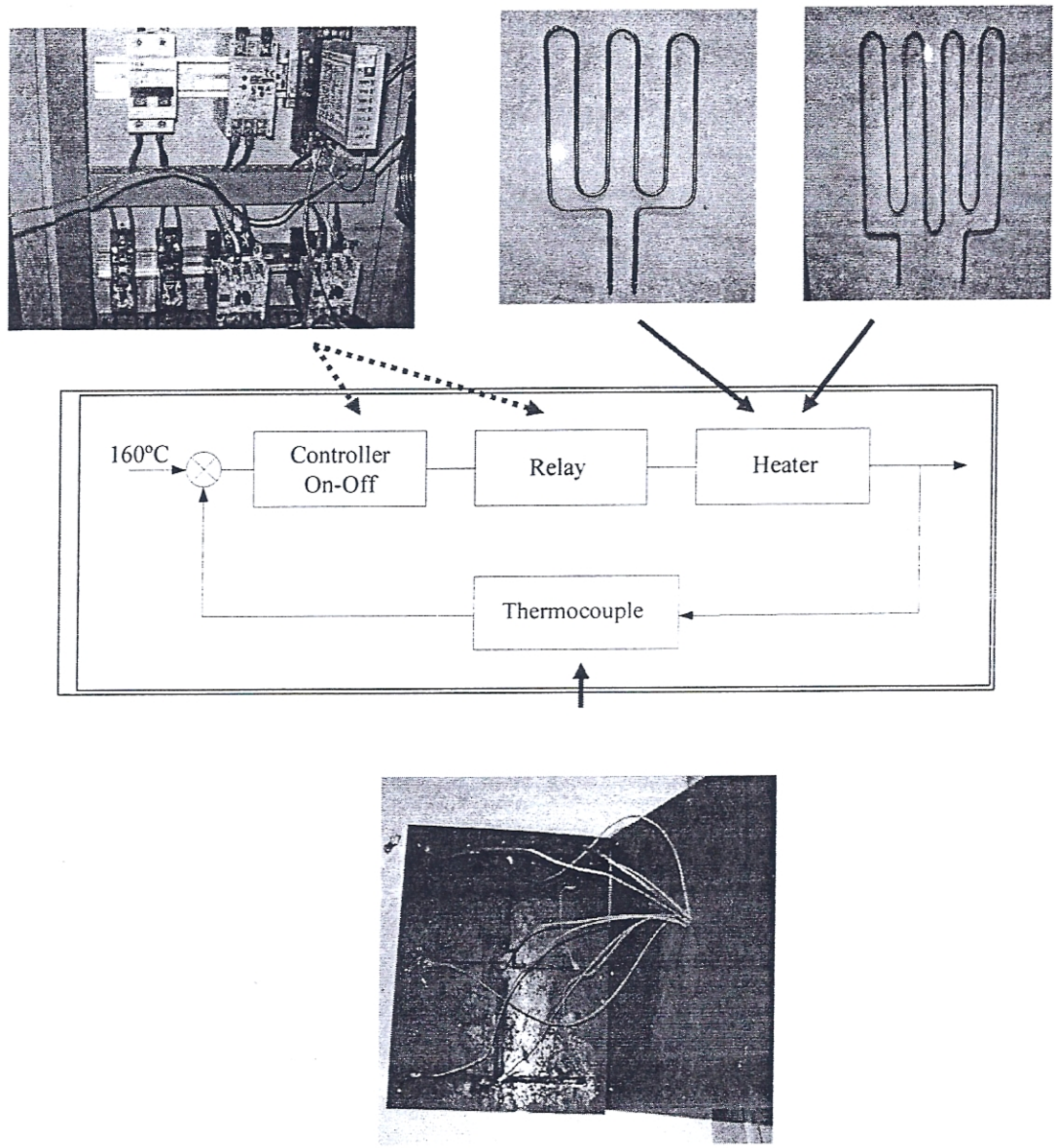
1. การออกแบบชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด (Mold Design) ดังภาพที่ ก.1



ภาพที่ ก.1 แสดงการออกแบบแม่พิมพ์ชุดอัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด

2. การควบคุมอุณหภูมิของชุดให้ความร้อนแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป

ภาพที่ ก.2 แสดงชุดควบคุมจะสั่งต่อรีเลย์เพื่อจ่ายไฟให้กับฮีสเตอร์ที่ติดตั้งไว้ที่แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งตัวบนและตัวล่าง หากอุณหภูมิของชุดแม่พิมพ์มีค่าสูงเกินที่ตั้งค่าไว้ประมาณ 160 องศาเซลเซียส ชุดควบคุมจะสั่งตัดให้รีเลย์หยุดการทำงาน



ภาพที่ ก.2 แสดงการควบคุมอุณหภูมิของชุดให้ความร้อนแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปปาร์ติเกิลบอร์ด