สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ

U.H.T. PACKAGE RECYCLE FOR COMPOSITE BOARD

T119472

นางสาวนงนภัส ถาวรสุขศิริ
MS. NONGNAPHAT THAVORNSUKSIRI
นางสาวนัทธมน ถาวรสุขศิริ
MS. NUTTAMON THAVORNSUKSIRI
นางสาววิภาวี จุฑาเจริญสุข
MS. VIPAVEE CHUTHACHAROENSUK

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119472
วัน,เดือน,ปี - 8 ส.ค. 2554
b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U.H.T. PACKAGE RECYCLE FOR COMPOSITE BOARD

MS. NONGNAPHAT THAVORNSUKSIRI

MS. NUTTAMON THAVORNSUKSIRI

MS. VIPAVEE CHUTHACHAROENSUK

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ
U.H.T. Package Recycle for Composite Board

นักศึกษา

นางสาวนงนภัส ถาวรสุขศิริ	รหัสประจำตัว	50010727
นางสาวนัทธมน ถาวรสุขศิริ	รหัสประจำตัว	50010793
นางสาววิภาวี จุฑาเจริญสุข	รหัสประจำตัว	50011476

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ร่วม

(รศ.ทรงกลด จารุสมบัติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ
นักศึกษา	นางสาวนงนภัส ถาวรสุขศิริ
	นางสาวนัทธมน ถาวรสุขศิริ
	นางสาววิภาวี จุฑาเจริญสุข
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ร่วม	รศ.ทรงกลด จารุสมบัติ

บทคัดย่อ

โครงงานปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ โดยทำการผลิตแผ่นประกอบที่ความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 750, 900 และ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบตามเกณฑ์กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

ผลทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล พบว่า ค่าปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนา แปรผกผันกับความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่มีค่าสูงขึ้น ค่าความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า แปรผันตามความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่มีค่าสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่น พบว่า แผ่นประกอบที่มีความหนาแน่นสูงจะมีคุณสมบัติโดยรวมดีกว่าแผ่นประกอบที่มีความหนาแน่นต่ำ ส่วนผลการประเมินคุณภาพกับเกณฑ์มาตรฐานแสดงให้เห็นว่า แผ่นประกอบความหนาแน่น 750 และ 900 กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ในคุณสมบัติด้านการพองตัวตามความหนา สำหรับแผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ในคุณสมบัติด้านการพองตัวตามความหนา และด้านความต้านแรงดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	U.H.T. Package Recycle for Composite Board
Student	Ms. Nongnaphat Thavornsuksiri
	Ms. Nuttamon Thavornsuksiri
	Ms. Vipavee Chuthacharoensuk
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2010
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Sunpasit Limnararat
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof. Songklod Jarusombuti

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study on U.H.T. package recycle for composite board by producing composite board in three density levels: 750, 900 and 1,000 kg/m^3, and comparing the physical and mechanical properties of composite board with the requirement of standard specification for flat pressed particleboards (TIS. 876-2547)

The experiment results showed that the properties of composite board such as board moisture content and swelling in water decrease when the density increases. The properties such as modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE) and tension perpendicular to surface increase when the density increases. When comparing the properties of composite board of the three density levels found that high density composite board yield better than low density composite board values in the properties. The evaluation results compared with the requirement of standard specification showed that composite board with a density of 750 and 900 kg/m^3 meets the requirement of standard specification for flat pressed particleboards (TIS. 876-2547) in the properties of the swelling in water. For composite board with a density of 1,000 kg/m^3 also meets the requirement of standard specification for flat pressed particleboards (TIS. 876-2547) in the properties of the swelling in water and the modulus of rupture (MOR).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ผศ.ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆ ด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

รศ. ทรงกลด จารุสมบัติ อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ร่วม และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กลุ่มผู้วิจัยขอกรอบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆ ด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

รศ.ดร. กรรณชัย กัลยาศิริ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำและความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ดร. อนิรุท ไชยจารุวณิช กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำปริญญานิพนธ์ รวมทั้งอาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกๆ ท่าน

ขอขอบคุณภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด ในความอนุเคราะห์กล่องเครื่องดื่ม U.H.T. สำหรับใช้ในการผลิตแผ่นประกอบ

ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนทุกคนสำหรับความช่วยเหลือจนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงและคอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

นางสาวนงนภัส ถาวรสุขศิริ
นางสาวนัทธมน ถาวรสุขศิริ
นางสาววิภาวี จุฑาเจริญสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....จ

สารบัญรูป.....ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่องเครื่องดื่ม.....4

2.1.1 กล่องยูเอชที.....4

2.2 โพลิเอทิลีน.....5

2.2.1 คุณสมบัติของโพลิเอทิลีน.....5

2.2.2 คุณลักษณะของ High Density Polyethylene (HDPE).....6

2.2.3 คุณลักษณะของ Low Density Polyethylene (LDPE).....6

2.2.4 การนำโพลิเอทิลีนมาใช้ประโยชน์.....6

2.3 ฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร.....7

2.4 อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminum Foil).....7

2.4.1 คุณสมบัติของแผ่นเปลวอะลูมิเนียม.....8

2.4.2 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้อะลูมิเนียมฟอยล์.....8

2.5 กรีนบอร์ด (Green Board).....9

2.6 วัสดุคอมโพสิท (Composite Material).....10

2.6.1 องค์ประกอบของคอมโพสิท.....10

2.6.2 การแบ่งชนิดของคอมโพสิท.....10

2.6.2.1 การแบ่งชนิดคอมโพสิทตามลักษณะของวัสดุเสริมแรง.....11

2.6.2.2 การแบ่งชนิดคอมโพสิทตามลักษณะของวัสดุเนื้อหลัก.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.2.3 การแบ่งตามลักษณะการเกิดของคอมโพสิท.....13
2.7 การยึดติด (Adhesion).....13
2.7.1 กลไกการยึดติดของกาวกับไม้.....13
2.7.2 การดูดซับ การซึมซาบ และกลไกการติดกาว.....13
2.8 เครื่องอัดร้อน (Hot Presses).....14
2.9 มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ.....15
2.9.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ.....15
2.9.2 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ.....15
2.9.3 ความหนาแน่น.....15
2.9.3.1 เครื่องมือ.....15
2.9.3.2 วิธีทดสอบ.....15
2.9.3.3 วิธีคำนวณ.....16
2.9.4 ปริมาณความชื้น.....17
2.9.4.1 เครื่องมือ.....17
2.9.4.2 วิธีทดสอบ.....17
2.9.4.3 วิธีคำนวณ.....17
2.9.5 การพองตัวตามความหนา.....17
2.9.5.1 เครื่องมือ.....17
2.9.5.2 วิธีทดสอบ.....17
2.9.5.3 วิธีคำนวณ.....18
2.9.6 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น.....18
2.9.6.1 เครื่องมือ.....18
2.9.6.2 วิธีทดสอบ.....18
2.9.6.3 วิธีคำนวณ.....19
2.9.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า.....20
2.9.7.1 เครื่องมือ.....20
2.9.7.2 วิธีทดสอบ.....20
2.9.7.3 วิธีคำนวณ.....20
2.10 ทบทวนวรรณกรรม.....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 การกำหนดแผนผังการดำเนินงาน.....24

3.2 การกำหนดผลิตภัณฑ์.....24

3.3 การจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้.....25

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบ.....25

3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามเกณฑ์กำหนด มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547).....25

3.4 การผลิตแผ่นประกอบ.....26

3.4.1 สภาวะต่างๆที่กำหนดในการผลิต.....26

3.4.2 กระบวนการผลิตแผ่นประกอบ.....26

3.5 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นประกอบ.....31

3.5.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ.....31

3.5.2 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ.....32

3.5.3 การทดสอบความหนาแน่น.....32

3.5.3.1 เครื่องมือ.....32

3.5.3.2 วิธีทดสอบ.....32

3.5.3.3 วิธีคำนวณ.....33

3.5.4 การทดสอบปริมาณความชื้น.....33

3.5.4.1 เครื่องมือ.....33

3.5.4.2 วิธีทดสอบ.....33

3.5.4.3 วิธีคำนวณ.....34

3.5.5 การทดสอบการพองตัวตามความหนา.....35

3.5.5.1 เครื่องมือ.....35

3.5.5.2 วิธีทดสอบ.....35

3.5.5.3 วิธีคำนวณ.....35

3.5.6 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น.....36

3.5.6.1 เครื่องมือ.....36

3.5.6.2 วิธีทดสอบ.....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.7 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า.....37
3.5.7.1 เครื่องมือ.....37
3.5.7.2 วิธีทดสอบ.....38
3.5.7.3 วิธีคำนวณ.....39
3.6 สถานที่ดำเนินงาน.....40
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล.....40
3.7.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่น..... 40
3.7.2 การประเมินคุณภาพของแผ่นประกอบกับเกณฑ์มาตรฐาน.....40

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่น.....41
4.2 ผลการประเมินคุณภาพของแผ่นประกอบกับเกณฑ์มาตรฐาน.....42
4.2.1 ปริมาณความชื้น.....42
4.2.2 การพองตัวตามความหนา.....43
4.2.3 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น.....44
4.2.3.1 ความต้านแรงดัด.....44
4.2.3.2 มอดุลัสยืดหยุ่น.....45
4.2.4 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า.....46

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผล.....47
5.1.1 ความหนาแน่น.....48
5.1.2 ปริมาณความชื้น.....48
5.1.3 การพองตัวตามความหนา.....48
5.1.4 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น.....48
5.1.4.1 ความต้านแรงดัด.....48
5.1.4.2 มอดุลัสยืดหยุ่น.....49
5.1.5 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า.....49
5.2 ข้อเสนอแนะ.....49
5.2.1 การนำผลการทดสอบไปใช้.....49
5.2.2 แนวทางในการพัฒนาแผ่นประกอบ.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

หนังสืออ้างอิง.....51
ภาคผนวก.....ผ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ขนาดและจำนวนของชิ้นทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติ.....31
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่น.....41
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ.....42
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนาของแผ่นประกอบ.....43
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบ.....44
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นประกอบ.....45
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบ.....46
ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่นเทียบกับเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน.....47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ปริมาณมูลฝอยปี 2551 จำแนกตามลักษณะพื้นที่.....1
รูปที่ 2.1 ชั้นของกล่องนมและภาพตัดขวาง.....5
รูปที่ 2.2 สูตรเคมีโพลิเอทิลีน.....5
รูปที่ 2.3 อะลูมิเนียมฟอยล์.....8
รูปที่ 2.4 บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากอะลูมิเนียมฟอยล์.....9
รูปที่ 2.5 กรีนบอร์ด.....10
รูปที่ 2.6 คอมโพสิทแบบเส้นใยสั้นและเส้นใยยาวต่อเนื่อง.....11
รูปที่ 2.7 คอมโพสิทแบบเป็นอนุภาค.....11
รูปที่ 2.8 คอมโพสิทแบบเป็นแผ่นหรือชิ้นเล็กๆ.....11
รูปที่ 2.9 คอมโพสิทแบบสารตัวเติมชนิดแซนวิชและรังผึ้ง.....12
รูปที่ 2.10 คอมโพสิทแบบชั้นหรือชนิดซ้อนแผ่น.....12
รูปที่ 2.11 เครื่องอัดร้อนด้วยไฮดรอริคแบบแท่น.....14
รูปที่ 2.12 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ.....16
รูปที่ 2.13 วิธีวัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ.....16
รูปที่ 2.14 การวางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับ.....18
รูปที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว.....20
รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน.....24
รูปที่ 3.2 เครื่องบด.....26
รูปที่ 3.3 การตัดย่อยกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ด้วยเครื่องบด.....26
รูปที่ 3.4 กล่องเตรียมแผ่นอัดขนาด 35 × 35 เซนติเมตร.....27
รูปที่ 3.5 การนำแผ่นเทฟลอนวางบนแผ่นรองอัดสเตนเลส.....28
รูปที่ 3.6 การเตรียมกล่องเตรียมแผ่นอัดก่อนโรยชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. 28
รูปที่ 3.7 การโรยชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ในกล่องเตรียมแผ่นอัด.....28
รูปที่ 3.8 การนำฝาออกและนำแผ่นเทฟลอนวางบนแผ่นเตรียมอัด.....29
รูปที่ 3.9 เครื่องอัดร้อน.....29
รูปที่ 3.10 การนำแผ่นเตรียมอัดเข้าอัดในเครื่องอัดร้อน.....30
รูปที่ 3.11 การนำแผ่นรองอัดสเตนเลสและแผ่นเทฟลอนออกจากแผ่นประกอบทั้ง 2 ด้าน.....30
รูปที่ 3.12 การวางแผ่นประกอบระหว่างแผ่นไม้ราบและนำแท่นน้ำหนักวางทับ.....30
รูปที่ 3.13 แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน.....31
รูปที่ 3.14 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ.....32
รูปที่ 3.15 วิธีวัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.16 การชั่งมวลของชิ้นทดสอบ....34
รูปที่ 3.17 การอบชิ้นทดสอบในตู้อบ....34
รูปที่ 3.18 การนำชิ้นทดสอบใส่ในเดซิเคเตอร์แล้วปล่อยไว้ให้เย็น....35
รูปที่ 3.19 เครื่องกด....36
รูปที่ 3.20 การวางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับ....37
รูปที่ 3.21 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น....37
รูปที่ 3.22 เครื่องดึง....38
รูปที่ 3.23 การเตรียมแผ่นดึงในการติดผิวหน้าของชิ้นทดสอบ....38
รูปที่ 3.24 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า....39
รูปที่ 3.25 ชิ้นทดสอบหลังจากเข้าเครื่องดึง....39
รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบตามความหนาแน่นและค่าคุณสมบัติมาตรฐาน....42
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของการพองตัวตามความหนาของแผ่นประกอบตามความหนาแน่นและค่าคุณสมบัติมาตรฐาน....43
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบตามความหนาแน่นและค่าคุณสมบัติมาตรฐาน....44
รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นประกอบตามความหนาแน่นและค่าคุณสมบัติมาตรฐาน....45
รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบตามความหนาแน่น
และค่าคุณสมบัติมาตรฐาน....46

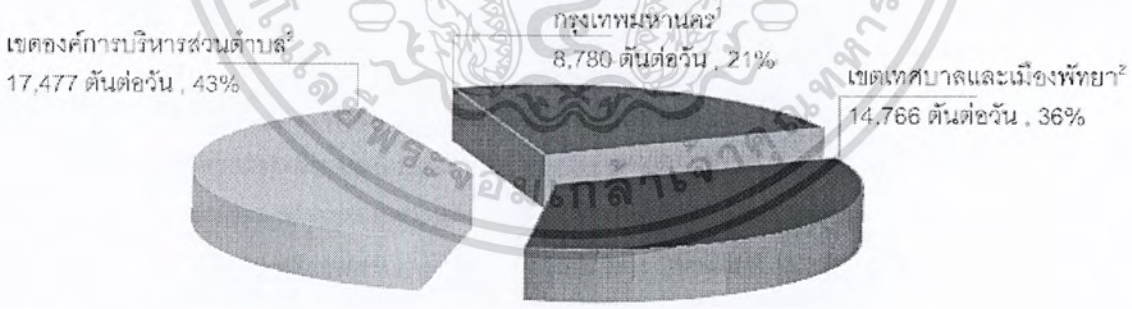
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ภาวะโลกร้อน (Global Warming) กำลังทวีความรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ ทำให้เกิดวิธีการที่หลากหลายในการลดและป้องกันภาวะโลกร้อน โดยหนึ่งในนั้น คือการรีไซเคิล (Recycle) หรือการนำวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

สิ่งของต่างๆที่เราใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวัน เมื่อเราใช้งานแล้วจะกลายเป็นมูลฝอย ซึ่งนับวันจะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนประชากร อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก กรมควบคุมมลพิษ (2551) ได้สรุปสถานการณ์ทางมลพิษแสดงให้เห็นว่ามีปริมาณมูลฝอยชุมชนทั่วประเทศประมาณ 15.03 ล้านตัน หรือวันละ 41,064 ตัน (ไม่รวมปริมาณมูลฝอยก่อนที่จะนำมาทิ้งในถัง) โดยเพิ่มขึ้นจากปี 2550 ประมาณ 0.26 ล้านตัน หรือร้อยละ 1.82 ซึ่งอัตราการเกิดมูลฝอยต่อคนต่อวันเฉลี่ยทั่วประเทศอยู่ที่ประมาณ 0.64 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ในเขตกรุงเทพมหานครมีมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้ประมาณวันละ 8,780 ตัน คิดเป็นร้อยละ 21 ขณะที่ในเขตเทศบาลและเมืองพัทยามีมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณวันละ 14,915 ตัน คิดเป็นร้อยละ 36 และในเขตองค์การบริหารส่วนตำบล มีมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณวันละ 17,369 ตัน คิดเป็นร้อยละ 43 ของปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ ตามลำดับ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ปริมาณมูลฝอยปี 2551 จำแนกตามลักษณะพื้นที่

บรรจุภัณฑ์เป็นส่วนหนึ่งของขยะมูลฝอย เพราะบรรจุภัณฑ์จะกลายเป็นขยะมูลฝอยทันทีหลังจากสินค้าถูกเปิดออกใช้หรือใช้งานหมดแล้ว วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์แทบทุกชนิดผลิตจากทรัพยากรธรรมชาติ เช่น พลาสติกเป็นผลพลอยได้จากน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติ กระดาษทำจากไม้ แก้วทำจากซิลิกา เป็นต้น โดยขยะมูลฝอยเหล่านี้เป็นขยะมูลฝอยที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ถึงร้อยละ 40 (ขยะบรรจุภัณฑ์ ผลพวงที่ต้องรับผิดชอบ, 2546) จึงควรใช้ทรัพยากรเหล่านี้ให้คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องเครื่องดื่มเป็นบรรจุภัณฑ์รูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันสำหรับบรรจุนม น้ำผลไม้ และเครื่องดื่มอื่นๆ โดยในแต่ละวันมีการบริโภคน้ำ นม น้ำผลไม้ และเครื่องดื่มอื่นๆมากกว่า 14,000 ล้านลิตร และมีกล่องเครื่องดื่มจำนวนไม่น้อยที่ถูกทิ้ง ซึ่งทุกส่วนประกอบของกล่องเครื่องดื่มไม่ว่าจะเป็นกระดาษ พลาสติก หรืออะลูมิเนียมฟอยล์ สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ จากการศึกษาพบว่า การรีไซเคิลกล่องเครื่องดื่ม 1 ตัน ช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 900 กิโลกรัม และช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บขยะประมาณ 4 ตารางเมตร จากข้อมูลของสถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม แนะนำให้ผู้บริโภคซื้อสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ชนิดนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับไปรีไซเคิลได้ เพื่อช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึงปีละ 104 กิโลกรัม (โลกร้อนกับการรีไซเคิล, 2552)

ทั้งนี้ทางผู้จัดทำโครงงานได้เล็งเห็นถึงปัญหามลภาวะจากขยะมูลฝอยในปัจจุบัน จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ ซึ่งแผ่นประกอบนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในหลายรูปแบบ เช่น เฟอร์นิเจอร์ ของตกแต่งบ้าน และกระเป๋า เป็นต้น ซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นประกอบจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T.
2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ตามเกณฑ์กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. แผ่นประกอบ ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. โดยผลิตที่ความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 750 900 และ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
2. แผ่นประกอบมีความกว้าง 350 มิลลิเมตร ความยาว 350 มิลลิเมตร และความหนา 10 มิลลิเมตร
3. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบ ใช้วิธีทดสอบในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) โดยทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ดังนี้
   - ความหนาแน่น
   - ปริมาณความชื้น
   - การพองตัวเมื่อแช่น้ำ
   - ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น
   - ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดมลภาวะจากขยะมูลฝอยที่เกิดจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T.
2. เป็นวิธีการใช้ประโยชน์จากขยะมูลฝอยได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากที่สุด
3. ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่องเครื่องดื่ม

กล่องเครื่องดื่ม หมายถึง กล่องที่ใช้บรรจุเครื่องดื่ม หรืออาหารเหลวประเภทนม น้ำผลไม้ ชา กาแฟ (ชมรมผู้ผลิตกล่องเครื่องดื่ม, 2552) แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. กล่องยูเอชที มีกระดาษ อะลูมิเนียมฟอยล์ และพลาสติกประเภทโพลิเอทิลีน เป็นส่วนประกอบ ซึ่งช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องแช่เย็น
2. กล่องพาสเจอไรซ์ มีส่วนประกอบเป็นกระดาษและพลาสติก ซึ่งเก็บความสดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุไม่ได้นาน จึงต้องแช่เย็นเท่านั้นจึงจะสามารถเก็บไว้ได้นาน

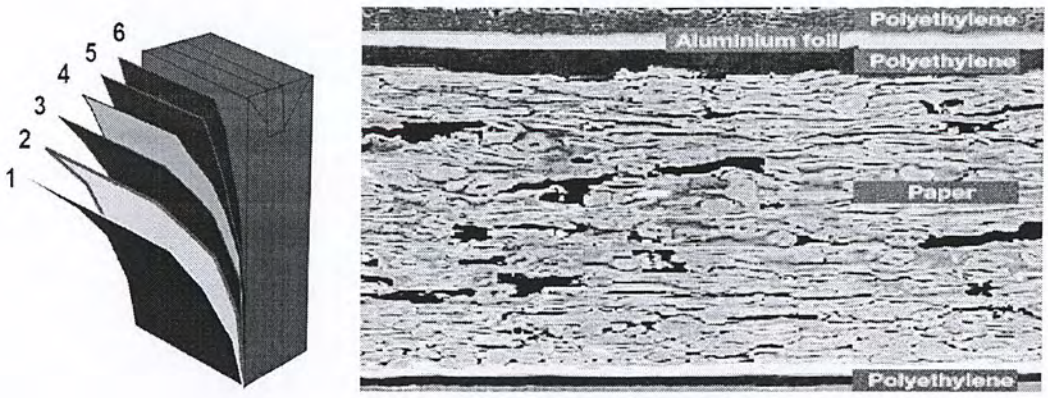
2.1.1 กล่องยูเอชที

กล่องยูเอชที ปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ด้วยคุณสมบัติกล่องปลอดเชื้อที่คงคุณค่าและเก็บความสดใหม่ให้กับเครื่องดื่มได้นานถึง 6 เดือน โดยไม่ต้องใส่วัตถุกันเสียและไม่ต้องแช่เย็น จึงปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค กล่องยูเอชทีประกอบด้วยวัสดุ 3 ชนิด คือ กระดาษ 75% โพลิเอทิลีน 20% และอะลูมิเนียมฟอยล์ 5% ประกบเข้าด้วยกัน โดยชั้นของกล่องยูเอชทีนั้นจะประกอบด้วยกัน 6 ชั้น ดังรูปที่ 2.1 (Abreu, 2001; ทำไมต้องกล่อง, 2552: 1) มีหน้าที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. โพลิเอทิลีน ทำหน้าที่เป็นฟิล์มบางเคลือบด้านนอกเพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอก
2. กระดาษ ทำหน้าที่รักษารูปทรงของกล่องให้กล่องคงทนแข็งแรง การพิมพ์ฉลากก็จะพิมพ์ที่ชั้นนี้
3. โพลิเอทิลีน ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างชั้นกระดาษกับอะลูมิเนียมฟอยล์ ช่วยผนึกกล่องให้แน่นสนิท
4. อะลูมิเนียมฟอยล์ ทำหน้าที่ป้องกันภายในบรรจุภัณฑ์จากภาวะภายนอก เช่น อากาศ (ออกซิเจน) แสงสว่าง และกลิ่น เป็นต้น
5. โพลิเอทิลีน ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างอะลูมิเนียมฟอยล์กับพลาสติกชั้นในสุด ช่วยผนึกกล่องให้แน่นสนิท
6. โพลิเอทิลีน ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วซึมของของเหลวที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์

อุณหภูมิมีหน้าที่ในการหลอมรวมทุกชั้นเข้าด้วยกัน โดยไม่จำเป็นต้องใส่กาวหรือตัวหลอมละลายอื่นๆเพิ่ม นอกจากนี้เนื่องจากไม่มีการสัมผัสกันระหว่างกระดาษแข็งและของเหลวภายในบรรจุภัณฑ์ จึงทำให้ไม่เกิดความชื้นใดซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายได้

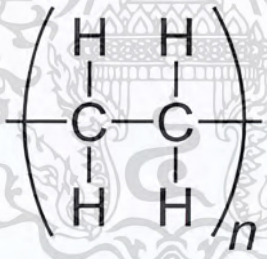
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ชั้นของกล่องนมและภาพตัดขวาง

2.2 โพลิเอทิลีน

โพลิเอทิลีน (Polyethylene : PE) เป็นเทอร์โมพลาสติก ที่ประกอบขึ้นจากโมโนเมอร์ของเอทิลีน (CH_2=CH_2) ดังรูปที่ 2.2 ถูกคิดค้นขึ้นในประเทศอังกฤษในปี ค.ศ. 1933 และถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เพราะด้วยเหตุที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในกิจการทหารในปี ค.ศ. 1943 รัฐบาล ส.ร.อ. จึงสนับสนุนให้บริษัทใหญ่ในประเทศ 2 บริษัทผลิตวัตถุดิบพลาสติกชนิดนี้ขึ้นใช้ และนับตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา โพลิเอทิลีนจึงเข้าไปมีบทบาทในสินค้าเครื่องใช้สอยในบ้านอย่างรวดเร็ว (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, 2538)



รูปที่ 2.2 สูตรเคมีโพลิเอทิลีน

2.2.1 คุณสมบัติของโพลิเอทิลีน

โพลิเอทิลีนมีน้ำหนักเบามาก ในรูปแผ่นบางสามารถพับงอได้ดี เมื่อมีความหนามากขึ้นจะคงรูป รับแรงดึงและแรงอัดได้น้อย มีความยืดตัวได้สูงถึง 5 เท่าตัว ฉีกขาดยาก มีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง ไม่เกาะติดน้ำ เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีมาก ทนความร้อนได้น้อย แต่ทนความเย็นได้ขนาด -73.33 องศาเซลเซียสได้โดยไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลง ทนกรดและด่างอ่อน แต่จะเกิดปฏิกิริยาอย่างช้ากับกรดออกซิไดซ์ ไม่ทนน้ำมันและไขมัน โดยเฉพาะน้ำมันก๊าด น้ำมันเบนซิน และในขณะที่มีอุณหภูมิสูง แม้ว่าจะไม่ดูดซึมความชื้นแต่ยอมให้ก๊าซผ่านได้ จึงเหมาะสำหรับใช้บรรจุอาหารสด เช่น ผัก ผลไม้ และเนื้อได้ดี

โดยทั่วไปโพลิเอทิลีนมีลักษณะใสเมื่อเป็นแผ่นบาง จะมีสีขุ่นเมื่อความหนาเพิ่มขึ้น สามารถทำเป็นสีต่างๆ ได้ตามความต้องการ ไม่แนะนำให้ใช้ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 คุณลักษณะของ High Density Polyethylene (HDPE) (บรรเลง ศรนิล, 2548)

- ลักษณะที่ผลิตออกมาขาย คือ ทำเป็นเม็ด สีทึบแสง (สีนม) และอาจผสมสีอ่อนโปร่งแสงจนถึงเข้ม
- คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต คือ มีความแข็งแรงสูง ทนอุณหภูมิและคงรูป มีค่าไดอิเล็กตริกดีมาก ไม่มีรสและกลิ่น ต้มฆ่าเชื้อได้
- การทนต่อสารเคมี คือ ทนต่อกรด ด่าง และแอลกอฮอล์ ทนต่อเอสเทอร์ คีโตน อีเทอร์ น้ำมันเครื่อง และไขมันได้น้อย ไม่ทนต่อคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน เบนซอยล์ และเบนซิน
- สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ คือ เปลวไฟจะติดต่อไปหลังจุด เปลวจ้า มีแกนเปลวสีน้ำเงิน และหยด
- กลิ่น คือ กลิ่นคล้ายพาราฟีน หรือเทียนไข
- จุดหลอมเหลว คือ 130 องศาเซลเซียส
- สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (λ) คือ 1.38 kJ/mh°C
- ค่าความร้อนจำเพาะ (c) คือ 1.88 kJ/kg°C
- ความหนาแน่น (ρ) คือ 0.94-0.96 g/cm^3
- อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 2.0-4.0 %

2.2.3 คุณลักษณะของ Low Density Polyethylene (LDPE)

- ลักษณะที่ผลิตออกมาขาย คือ เป็นเม็ด ไม่มีสี (ขาวนม) อาจผสมสีโปร่งแสงและสีทึบแสง
- คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต คือ โก่งตัวได้มาก ทนความร้อนสูง ผิวไม่แข็ง มีค่าไดอิเล็กตริกดีมาก ไม่มีรสและกลิ่น
- การทนต่อสารเคมี คือ ทนต่อกรด ด่าง และแอลกอฮอล์ ทนต่อเอสเทอร์ คีโตน อีเทอร์ น้ำมันเครื่อง และไขมันได้น้อย ไม่ทนต่อคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน เบนซอยล์ และเบนซิน
- สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ คือ เปลวไฟจะติดต่อไปหลังจุด เปลวจ้า มีแกนเปลวสีน้ำเงิน และหยด
- กลิ่น คือ กลิ่นคล้ายพาราฟีน หรือเทียนไข
- จุดหลอมเหลว คือ 110 องศาเซลเซียส
- สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (λ) คือ 1.09 kJ/mh°C
- ค่าความร้อนจำเพาะ (c) คือ 2.09 kJ/kg°C
- ความหนาแน่น (ρ) คือ 0.92-0.94 g/cm^3
- อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 1.5-3.0 %

2.2.4 การนำโพลิเอทิลีนมาใช้ประโยชน์

โพลิเอทิลีนมีปริมาณการใช้สูงสุดในพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก ถึงแม้ว่าราคาต่อปอนด์จะไม่ถูกที่สุด แต่เพราะมีน้ำหนักเบากว่าจึงสามารถผลิตได้ปริมาณมาก

นิยมใช้ทำถุงบรรจุอาหาร เสื้อผ้า ตุ๊กตาเด็กเล่น ดอกไม้พลาสติก ภาชนะบางชนิด เครื่องใช้ในครัว ถาดน้ำแข็งในตู้เย็น ขวด ภาชนะบรรจุของเหลว เขียง สายเคเบิล แผ่นกันความชื้นในอาหาร และของใช้ราคาถูก นอกจากนี้โพลิเอทิลีนยังนิยมนำไปเคลือบตะแกรงโลหะใส่ของต่างๆ ได้ดีอีกด้วย (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2547) ได้กล่าวไว้ว่า ฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร สามารถจำแนกตามวัตถุดิบที่ใช้และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ดังนี้

1. ฟิล์มพลาสติกเดี่ยว (Single Plastic Film) มักใช้ทำถุงทั่วไป โดยมีราคาไม่สูงมาก เช่น ถุง LDPE หรือถุงเย็นและถุง PP หรือถุงร้อน นอกจากนี้ยังนิยมทำเป็นถุงชั้นในในกล่องกระดาษแข็งบรรจุอาหารสำเร็จรูปเพื่อการขายปลีก
2. ฟิล์มพลาสติกประกบ (Laminated Plastic Film) หมายถึง ฟิล์มต่างชนิดกันที่ประกบเข้าด้วยกันหรือฟิล์มพลาสติกที่ใช้ประกบกับวัสดุอื่นๆ เช่น กระดาษแผ่นเปลวอะลูมิเนียม รวมทั้งพลาสติกที่ผ่านการเคลือบด้วยไออะลูมิเนียมแล้วนำมาประกบกับฟิล์มพลาสติกอื่นๆ โดยโครงสร้างของฟิล์มพลาสติกประเภทนี้ต้องประกอบด้วยวัสดุตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป โดยอาหารที่ใช้บรรจุสำหรับฟิล์มพลาสติกประเภทนี้ คือ อาหารแห้ง เครื่องดื่มผงสำเร็จรูป อาหารที่ต้องฆ่าเชื้อด้วยความร้อน บะหมี่สำเร็จรูป ขนมขบเคี้ยว อาหารที่ใช้ไขมันสูง อาหารแช่แข็ง เนื้อแปรรูป ปลาเค็มซึ่งบรรจุด้วยระบบสุญญากาศ อาหารว่างและผักดอง(ต้มฆ่าเชื้อได้) เป็นต้น
3. ฟิล์มพลาสติกรีดร่วม (Coextruded Plastic Film) เป็นฟิล์มหลายชั้นซึ่งประกบด้วยพลาสติกชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน โดยการประกบใช้วิธีรีดให้ติดกัน โดยอาหารที่ใช้บรรจุสำหรับฟิล์มพลาสติกประเภทนี้คือ เนื้อ ไส้กรอก แฮม ปลา เนยแข็ง คอร์นเฟลก นมผง น้ำมันสลัด และอาหารที่มีไขมันสูง เป็นต้น

2.4 อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminum Foil)

อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminum Foil) หรือแผ่นเปลวอะลูมิเนียม ดังรูปที่ 2.3 ทำจากโลหะอะลูมิเนียมซึ่งหลอมและรีดให้เป็นแผ่นบาง หนา 0.15 มิลลิเมตรหรือน้อยกว่า ซึ่งนิยมใช้กันมากว่า 60 ปีแล้ว ในช่วงแรกๆ ที่มีการนำมาใช้กันนั้นมักถูกมองเป็นวัสดุที่ใช้เพื่อการตกแต่งหีบห่อให้สวยงาม ซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ ม้วนอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ขายในท้องตลาดมักจะมีด้านหนึ่งเป็นลักษณะด้านในขณะที่อีกด้านหนึ่งมันเงา ทั้งสองด้านนั้นมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ แต่ลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันนั้น เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต เพราะในการผลิตอะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีความหนาน้อยกว่า 0.005 นิ้วนี้จะใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ 2 แผ่นประกบกัน แล้วเข้าเครื่องรีดพร้อมกันเพื่อป้องกันการฉีกขาด เมื่อแผ่นฟอยล์ออกมาจากเครื่องรีด ด้านที่สัมผัสกับลูกกลิ้งก็จะมีผิวหน้ามันเงา ในขณะที่ด้านที่ไม่สัมผัสกับลูกกลิ้งจะมีผิวด้าน การนำไปใช้งานแบ่งได้ 3 ลักษณะคือ

1. แผ่นเปลวอะลูมิเนียมธรรมดา
2. แผ่นเปลวอะลูมิเนียมที่มีการเคลือบด้วยสาร ที่ทำให้ปิดผนึกได้ด้วยความร้อน
3. แผ่นเปลวอะลูมิเนียมที่มีการเคลือบหรือประกบกับกระดาษหรือฟิล์มพลาสติก

โดยทั่วไปไม่นิยมใช้แผ่นเปลวอะลูมิเนียมแต่เพียงอย่างเดียวสำหรับทำเป็นภาชนะบรรจุเนื่องจากพับแล้วจะเป็นรอยแตกได้ง่าย ดังนั้นจึงใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติที่อ่อนตัวชนิดอื่นๆมาเคลือบหรือประกบแผ่นเปลวอะลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 อะลูมิเนียมฟอยล์

2.4.1 คุณสมบัติของแผ่นเปลวอะลูมิเนียม

1. ไม่มีกลิ่นและรสชาติ ไม่เป็นพิษ จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหาร ยา และเครื่องสำอาง
2. ทึบแสง จึงใช้เป็นภาชนะบรรจุเพื่อป้องกันแสงสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมคุณภาพได้ง่ายเมื่อได้รับแสง
3. สะท้อนรังสีความร้อน เนื่องจากผิวหน้าทั้ง 2 ด้านต่างกัน คือ ด้านหนึ่งเป็นลักษณะด้าน ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นลักษณะมันเงา จึงสามารถสะท้อนรังสีความร้อนได้ 95% ใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องรักษาอุณหภูมิให้ต่ำหรือสูงตามที่ต้องการ เช่น อาหารแช่แข็งที่บรรจุในภาชนะแผ่นเปลวอะลูมิเนียมจะเกิดการสะท้อนรังสีความร้อนทำให้การละลายเกิดขึ้นได้ช้าลง
4. เป็นตัวนำความร้อน กล่าวคือ แผ่นเปลวอะลูมิเนียมร้อนและเย็นได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เหมาะกับการใช้เป็นภาชนะในการแช่แข็งหรืออบด้วยความร้อน และยังทำให้การปิดผนึกด้วยความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีคุณภาพ
5. มีเสถียรภาพในช่วงอุณหภูมิกว้าง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในแผ่นเปลวอะลูมิเนียมจึงสามารถนำไปให้ความร้อนแล้วนำมาแช่แข็ง และให้ความร้อนอีกครั้งหนึ่งได้โดยไม่ต้องถ่ายภาชนะ
6. ไม่ดูดความชื้นและของเหลว จึงไม่หดตัว ย่นหรืออ่อนตัว
7. โค้งงอได้ สามารถพับ จีบ หรือขึ้นรูปได้ อยู่ตัวดี จึงนำมาใช้ได้กับผลิตภัณฑ์หลายประเภท เช่น ใช้เป็นฝาปิดขวดนม เครื่องดื่ม และใช้ห่อเนย ขนมปัง ช็อกโกเลต ลูกกวาด บุหรี่
8. ป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดี จึงเหมาะกับการใช้ห่ออาหารประเภทที่มีน้ำมัน เนย และเนยแข็ง

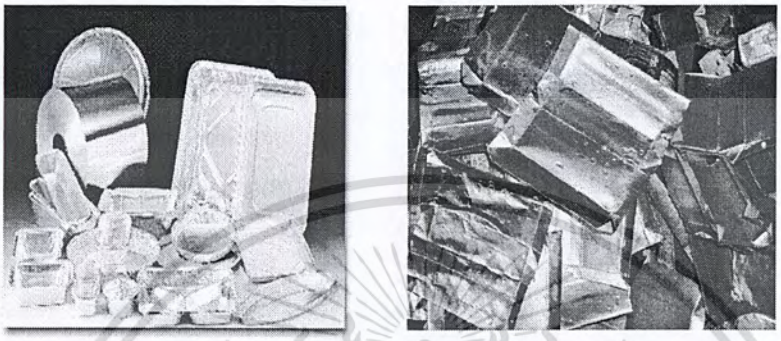
จากคุณสมบัติต่างๆของแผ่นเปลวอะลูมิเนียมดังกล่าวมานี้ จึงทำให้นิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผลิตภัณฑ์อาหารจำพวกขนมขบเคี้ยว อาหารสำเร็จรูปต่างๆ ซึ่งเปลี่ยนจากการใช้ถุงพลาสติกธรรมดาเป็นถุงพลาสติกประกบกับแผ่นเปลวอะลูมิเนียม (กาญจนา ทุมมานนท์, 2547; บริษัท ยูนิฟอยล์ จำกัด, 2552)

2.4.2 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้อะลูมิเนียมฟอยล์

อะลูมิเนียมฟอยล์จะทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำ การซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้ดี นอกจากนี้ยังป้องกันอากาศจากภายนอกและสิ่งแปลกปลอมเข้าไปสัมผัสกับภายในบรรจุภัณฑ์ มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะลูมิเนียมฟอยล์ใช้เพื่อทำให้บรรจุภัณฑ์สำหรับเครื่องดื่มและนมมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานมากขึ้นได้โดยไม่ต้องแช่ในตู้เย็น อะลูมิเนียมฟอยล์แผ่นบางๆก็ถูกใช้ในบรรจุภัณฑ์อาหารประเภทที่ไวต่ออากาศหรือความชื้น ใช้ในรูปแบบของถุงขนาดเล็กบรรจุภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว และบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท ทั้งยังนิยมนำมาห่ออาหารเพื่อเก็บไว้ในตู้เย็น ห่อแซนวิช และอาหารสำหรับการไปปิกนิก รวมถึงห่ออาหารเพื่อนำเข้าอบหรือย่างด้วย (wikipedia, 2010) ดังรูปที่ 2.4



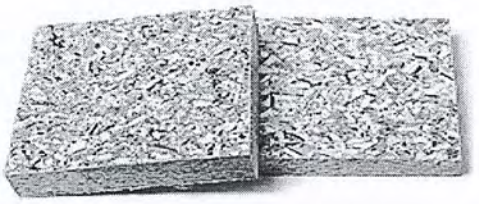
รูปที่ 2.4 บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากอะลูมิเนียมฟอยล์

2.5 กรีนบอร์ด (Green Board)

กรีนบอร์ด (Green Board) ดังรูปที่ 2.5 คือวัสดุทดแทนไม้ที่ได้จากการนำกล่องยูเอชทีมารีไซเคิลใหม่ ซึ่งประกอบด้วย กระดาษ 75% โพลิเอทิลีน 20% และอะลูมิเนียมฟอยล์ 5% ซึ่งทุกส่วนประกอบล้วนแล้วแต่เป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งสิ้น แผ่นกรีนบอร์ดนี้นอกจากจะเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพราะผลิตจากวัสดุรีไซเคิลแล้วยังมีคุณสมบัติอื่นๆอีก ดังนี้

1. มีคุณสมบัติคล้ายไม้เนื้อแข็งและทนทานแข็งแรงกว่าไม้อัดทั่วไป
2. ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งมีอยู่ในปาร์ติเกิลบอร์ดหรือแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
3. ทนต่อความชื้นในสภาพอากาศและกันน้ำได้เป็นอย่างดี จึงไม่บิดตัวหรือพองตัว เนื่องจากคุณสมบัติของพลาสติกโพลิเอทิลีนและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้สำหรับเก็บของเหลวในกล่องเครื่องดื่ม
4. กันปลวกและมอดได้ 100%
5. เป็นฉนวนกันความร้อนและกันเสียงได้เป็นอย่างดี
6. ดัดโค้งหรือทำเป็นรูปร่างต่างๆได้ตามต้องการ
7. เลื่อย ตัด ติดกาว เจาะ และยึดด้วยตะปูได้
8. ใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ตากแดดตากฝนได้โดยไม่เปื่อยยุ่ย
9. ลักษณะพื้นผิวมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวและมีสีสันไม่ซ้ำกัน เนื่องจากขึ้นอยู่กับสีและลวดลายของกล่องเครื่องดื่มที่ใช้เป็นวัตถุดิบในแต่ละครั้ง
10. พื้นผิวมีความเรียบ ทำสีได้ง่าย และสามารถตกแต่งพื้นผิวให้มีลายเหมือนไม้ธรรมชาติได้
11. ราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 กรีนบอร์ด

2.6 วัสดุคอมโพสิท (Composite Material)

วัสดุคอมโพสิท คือ วัสดุที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน (หรือมากกว่า) ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สร้างเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างใหม่ซึ่งมีคุณสมบัติทางด้านวัสดุศาสตร์ เช่น ค่าความแกร่งและความแข็งสูง ความถ่วงจำเพาะต่ำ นำมาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมีและสภาพอากาศ มีความยืดหยุ่นตัวสูง และมีคุณสมบัติทางกลที่ดี (อิทธิพล, 2544; พันธพงศ์ ตั้งธีระสุนันท์, 2549; ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2553) ซึ่งลักษณะการเกิดของวัสดุคอมโพสิทมีดังต่อไปนี้

1. เกิดจากการผสมกันระหว่างวัสดุ องค์ประกอบอยู่ในระดับที่สามารถมองเห็นได้ ตัวอย่างเช่น คอนกรีตที่ประกอบด้วยซีเมนต์ ทราย หิน และ น้ำ
2. เกิดจากการสร้างพันธะที่มีองค์ประกอบอยู่ในระดับโมเลกุล ถ้าเป็นเหล็ก เรียกว่า อัลลอย ถ้าเป็นพลาสติก เรียกว่า พอลิเมอร์

โดยคุณสมบัติที่โดดเด่นของวัสดุคอมโพสิทนี้ทำให้วัสดุคอมโพสิทมีความน่าสนใจและมีความได้เปรียบกว่าวัสดุชนิดอื่น

2.6.1 องค์ประกอบของคอมโพสิท

วัสดุคอมโพสิทมีองค์ประกอบ 2 ส่วน ดังนี้

1. วัสดุเสริมแรง (Reinforcing Agent) คือ ส่วนที่เป็นโครงสร้างที่ให้ความแข็งแรงแก่วัสดุคอมโพสิทจะกระจายตัวอยู่ในเนื้อหลัก ช่วยเพิ่มหรือปรับปรุงสมบัติเชิงกลของวัสดุเนื้อหลักให้สูงขึ้น ซึ่งวัสดุเสริมแรงอาจมีลักษณะเป็นเส้นใย อนุภาค ก้อน แผ่นชิ้นเล็กๆ หรือเกล็ดก็ได้ หรือเป็นสารตัวเติมซึ่งเป็นเฟสกระจาย (Dispersed Phase) แทรกอยู่ในวัสดุเนื้อหลัก วัสดุเสริมแรงจะเป็นส่วนรับแรงหลักของวัสดุคอมโพสิท
2. วัสดุเนื้อหลัก (Matrix) คือ วัสดุที่ทำหน้าที่ยึดหรือรองรับวัสดุเสริมแรงให้อยู่ในตำแหน่งและการเรียงตัวที่กำหนด วัสดุที่เป็นเนื้อหลักนี้อาจเป็นโลหะ เซรามิก หรือพอลิเมอร์ต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่ในการประสาน เชื่อมโยงโครงสร้างระหว่างวัสดุเสริมแรงเพื่อทำให้เกิดโครงข่าย 3 มิติ (Crosslinking) เพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลให้แก่วัสดุคอมโพสิท ทั้งยังเป็นตัวกลางในการถ่ายเทแรงที่ได้รับไปสู่วัสดุเสริมแรง

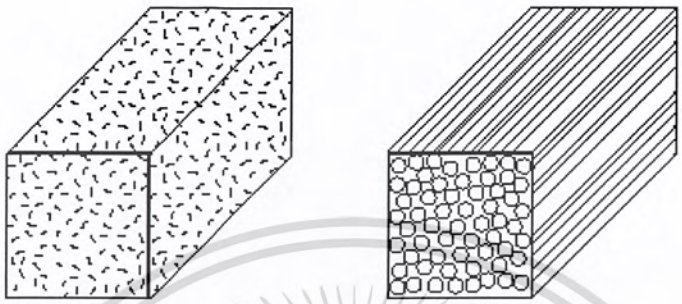
2.6.2 การแบ่งชนิดของคอมโพสิท

มีการแบ่งชนิดวัสดุคอมโพสิทได้หลายแบบ อาจแบ่งชนิดคอมโพสิทตามลักษณะของวัสดุเสริมแรง แบ่งชนิดคอมโพสิทตามวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุเนื้อหลัก และสามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดของคอมโพสิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

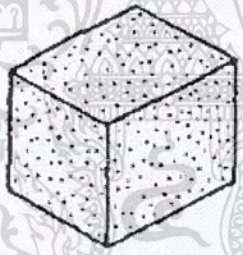
2.6.2.1 <u>การแบ่งชนิดคอมโพสิทตามลักษณะของวัสดุเสริมแรง</u>

1. คอมโพสิทแบบเส้นใย (Fibers Composites) คือคอมโพสิทที่มีวัสดุเสริมแรงเป็นเส้นใย (Fibers) อาจเป็นเส้นใยสั้น (Short Fibers) หรือเส้นใยยาวต่อเนื่อง (Continuous Fibers) มักเป็นเส้นใยขนาดเล็ก มีความแข็งแรงและมอดุลัสสูง ทำให้คอมโพสิทมีความแข็งแรงตามแนวการเรียงตัวของเส้นใยสูงกว่าแนวอื่นๆ (อิทธิพล, 2544) ดังรูปที่ 2.6



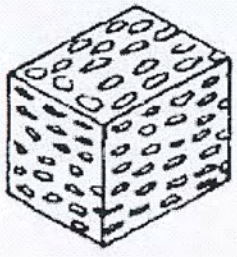
รูปที่ 2.6 คอมโพสิทแบบเส้นใยสั้นและเส้นใยยาวต่อเนื่อง

2. คอมโพสิทแบบเป็นอนุภาค (Particulate Composites) คือคอมโพสิทที่มีวัสดุเสริมแรงเป็นอนุภาค เช่น พลาสติก ซีเมนต์ และโลหะ เป็นต้น (Erkliğ, 2006) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 คอมโพสิทแบบเป็นอนุภาค

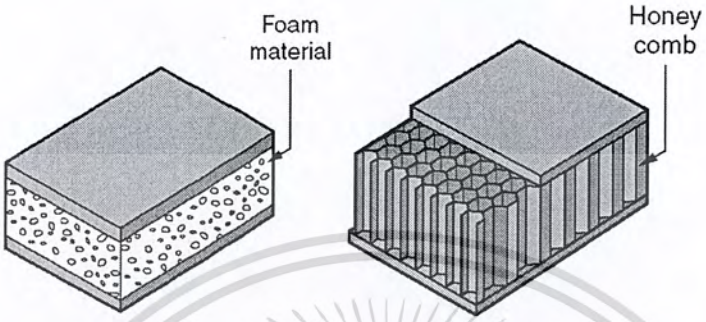
3. คอมโพสิทแบบเป็นแผ่นหรือชิ้นเล็กๆ (Flake Composites) คือคอมโพสิทที่มีวัสดุเสริมแรงเป็นแผ่นบางๆ ขนาดเล็ก เช่น อะลูมิเนียม ไมก้า และแก้ว เป็นต้น (Erkliğ, 2006) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 คอมโพสิทแบบเป็นแผ่นหรือชิ้นเล็กๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คอมโพสิทแบบเป็นสารตัวเติม (Filled Composites) คือคอมโพสิทที่มีวัสดุเสริมแรงเป็นสารตัวเติม อาจเป็นสารเติมแบบปกติที่ให้ผลลัพธ์ที่แข็งแรงขึ้นและทำให้น้ำหนักของคอมโพสิทเบาลง อีกแบบคือตัวเติมที่มีโครงสร้างเป็นสามมิติโดยมีลักษณะเป็นชั้นๆคล้ายแซนวิช (Sandwich Structures) หรือโครงสร้างคล้ายรังผึ้ง (Honeycomb) (Erkliğ, 2006) ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 คอมโพสิทแบบสารตัวเติมชนิดแซนวิชและรังผึ้ง

5. คอมโพสิทแบบที่มีลักษณะเป็นชั้นหรือชนิดซ้อนแผ่น (Laminar of Layered Composites) เป็นคอมโพสิทที่มีวัสดุเสริมแรงเป็นแผ่นสองชั้นหรือหลายชั้นซ้อนกัน โดยอาจเป็นวัสดุชนิดเดียวกันหรือต่างกัน ทิศทางการจัดเรียงตัวของชั้นที่มีความแตกต่างกันจะให้ค่าความแข็งแรงตามที่ต้องการแตกต่างกันด้วย (Erkliğ, 2006) ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 คอมโพสิทแบบชั้นหรือชนิดซ้อนแผ่น

2.6.2.2 <u>การแบ่งชนิดคอมโพสิทตามลักษณะของวัสดุเนื้อหลัก</u> (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2549)

1. โพลิเมอร์คอมโพสิท (Polymer Matrix Composites - PMC's) คือกลุ่มที่มีพอลิเมอร์เป็นส่วนผสมหลัก ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบเห็นได้ง่ายของคอมโพสิทกลุ่มนี้ คือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไฟเบอร์กลาสต่างๆ โพลิเมอร์คอมโพสิทมีโพลิเมอร์ซึ่งอาจจะเป็นพลาสติกหรือยางเป็นเนื้อหลักและใช้วัสดุเสริมแรงได้หลายชนิด เช่น เส้นใยแก้ว เส้นใยคาร์บอน และเส้นลวดโลหะ เป็นต้น
2. เซรามิกคอมโพสิท (Ceramic Matrix Composites - CMC's) คือกลุ่มที่มีเซรามิกเป็นส่วนผสมหลัก ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่รู้จักดีของคอมโพสิทกลุ่มนี้ คือคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก (ปูน กรวด ทราย และเหล็กเส้น) ขณะที่วัสดุเซรามิกคอมโพสิทรุดหน้า (Advanced Composite) มีเนื้อหลักเป็นเซรามิกและใช้วัสดุเสริมแรงเป็นเส้นใย คอมโพสิทกลุ่มนี้มักนำมาใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง เช่น กังหันใบพัดของเครื่องยนต์ไอพ่น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมทัลคอมโพสิท (Metal Matrix Composites - MMC's) คือกลุ่มที่มีโลหะเป็นส่วนผสมหลัก คอมโพสิทกลุ่มนี้พบมากในผลิตภัณฑ์กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ เมทัลคอมโพสิทมีโลหะเป็นเนื้อหลัก เช่น อะลูมิเนียม เป็นต้น สำหรับวัสดุเสริมแรงของคอมโพสิทกลุ่มนี้เป็นวัสดุเซรามิก เช่น กลุ่มคาร์ไบด์ กลุ่มไนไตรด์ เป็นต้น

2.6.2.3 <u>การแบ่งตามลักษณะการเกิดของคอมโพสิท</u> (อิทธิพล, 2544)

1. คอมโพสิทจากธรรมชาติ (Natural Composites) คือวัสดุคอมโพสิทที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ไม้ ฟัน และกระดูก ไม้เป็นคอมโพสิทของเส้นใยเซลลูโลสเป็นวัสดุเสริมแรง โดยมีสารจำพวกลิกนินเป็นวัสดุเนื้อหลักยึดเซลลูโลสไว้ด้วยกัน ส่วนกระดูกและฟันเป็นคอมโพสิทของผลึกของแข็งอนินทรีย์ เช่น ไฮดรอกซีอพาไทต์อยู่ในวัสดุเนื้อหลักของสารอินทรีย์เหนียวคอลลาเจน เป็นต้น
2. คอมโพสิทจากการสังเคราะห์ (Synthetic Composites) คือวัสดุคอมโพสิทที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น พลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว เป็นต้น

2.7 การยึดติด (Adhesion)

ความแข็งแรงของกาวหรือพอลิเมอร์เกิดจากปัจจัยหลายประการ โดยปัจจัยแรกเป็นแรงที่เกิดจากพันธะภายในโมเลกุล ซึ่งแบ่งออกตามชนิดของสาร ได้แก่ พันธะแบบไฟฟ้าสถิตย์ พันธะแบบโควาเลนท์ และพันธะแบบโลหะ สารแต่ละชนิดอาจมีพันธะเพียงชนิดเดียวล้วนๆหรือเป็นพันธะแบบผสมก็ได้ แรงยึดที่เกิดจากพันธะภายในโมเลกุลนี้อาจเรียกว่าพันธะเคมี ซึ่งมีค่าสูงกว่าพันธะอื่นๆ ปัจจัยที่สองเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุล ค่าแรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลนี้น้อยกว่าประการแรกตั้งแต่ 1.5-15 เท่าตัว แรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลที่สำคัญคือแรงแวนเดอร์วาลส์และแรงที่เกิดจากพันธะไฮโดรเจน ปัจจัยสุดท้ายเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างหน้าของสารต่างสถานะซึ่งเกิดขึ้นจากการเปียกของสารทั้งสองสถานะ

2.7.1 กลไกการยึดติดของกาวกับไม้

กลไกการยึดติดของกาวกับไม้มาจากสาเหตุ 3 ประการ คือ

1. การเกิดพันธะเคมีของกาวกับไม้ แรงที่เกิดขึ้นนี้มีค่าสูงสุดกว่าปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้เกิดการยึดติด กลไกนี้เป็นแรงที่เกิดจากพันธะโควาเลนท์เป็นส่วนใหญ่
2. การยึดติดแบบเมคคาทรอนิกส์และการแทรกของกาวเข้าไปในช่องว่างของผนัง
3. เซลล์ กลไกนี้เกิดจากสายกาวหรือลำธารของกาวเข้าไปแทรกในรูเล็กๆในผนังเซลล์ หรือโมเลกุลของกาวแทรกเข้าไปในส่วนอสัณฐานของเซลลูโลส แรงที่เกิดการยึดติดแบบนี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัว การซึมซาบ การเปียกและขนาดของโมเลกุลของกาว การยึดตัวระหว่างโมเลกุลที่เกิดจากการดึงดูดและการดูดแนบ แรงที่ได้จากกลไกนี้เป็นแรงแวนเดอร์วาล

2.7.2 การดูดซับ การซึมซาบ และกลไกการติดกาว

การยึดติดและความเชื่อมแน่นเป็นการวัดแรงที่เกิดจากพันธะภายในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุล การยึดติดใช้กับสารที่แตกต่างกัน ส่วนความเชื่อมแน่นใช้กับสารชนิดเดียวกัน ในการพิจารณาพฤติกรรมระหว่างกาวกับไม้จึงขึ้นอยู่กับทฤษฎีการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ การพิจารณาทฤษฎีการยึดติดนั้นมาจากพฤติกรรม 3 อย่าง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

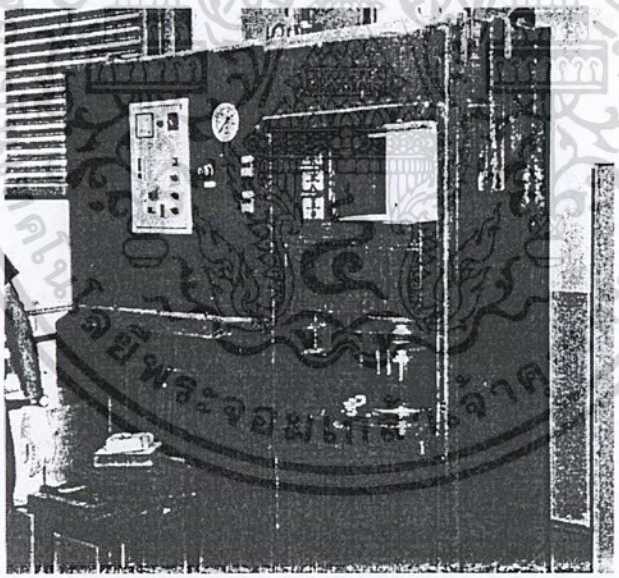
1. ทฤษฎีระหว่างหน้าโดยใช้หลักการของเคมีผิวหน้า
2. ทฤษฎีการฉีกขาดโดยใช้หลักของวิทยากระแส
3. ทฤษฎีกลศาสตร์วิศวกรรม โดยการจำลองแบบกลศาสตร์ของพฤติกรรมแรงยึดระหว่างกาวและไม้ส่วนหนึ่งมาจากการดูดซับและการซึมซาบของสารทั้งสองชนิด

ในการพิจารณาแรงยึดระหว่างกาวกับไม้ใช้หลักของความเค้นจากแรงอัดและความเค้นจากแรงดึงในระยะห่างกาวกับไม้เพียง 1 มิลลิเมตร ซึ่งความแข็งแรงของกาวกับไม้จริงๆที่อยู่ในระยะไม่เกิน 0.2-0.3 มิลลิเมตรเท่านั้น (ปรีชา เกียรติกระจาย, 2531)

2.8 เครื่องอัดร้อน (Hot Presses)

เศกสิทธิ์ บุญเสริม (2547) ได้อธิบายความหมายของเครื่องอัดร้อนว่าเป็นเครื่องจักรที่มีหน้าที่สำคัญที่สุด ซับซ้อนที่สุดในสายการผลิต สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ แบบแท่น (Platen-Presses) ดังรูปที่ 2.11 และแบบต่อเนื่อง (Continuous-Presses) สำหรับแบบแท่นนิยมใช้กันอยู่ 2 ชนิด คือ

1. เครื่องอัดแบบช่องอัดหลายชั้น (Multiple-Opening)
2. แบบช่องอัดเดียว (Single-Opening)



รูปที่ 2.11 เครื่องอัดร้อนด้วยไฮดรอริคแบบแท่น

การควบคุมความหนาของแผ่น มักนิยมใช้แท่งโลหะขนาดความหนาตามที่กำหนด (Stops-or Gauge Bars) วางไว้ที่ขอบสองด้านของช่องอัดแต่ละช่อง โดยให้แท่นอัดขณะที่อัดอยู่สัมผัสแท่นโลหะพอดีจึงหยุดการอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบ ใช้วิธีการทดสอบอ้างในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [ส.ม.อ], 2547) ซึ่งมีลักษณะการทดสอบ ดังนี้

2.9.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างแต่ละแผ่น เป็นชิ้นทดสอบ ดังนี้

- สำหรับทดสอบความหนาแน่นและความชื้น ขนาด 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้น
- สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา ขนาด 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น
- สำหรับทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น ขนาด 50 มิลลิเมตร x L มิลลิเมตร จำนวน 12 ชิ้น
  L = 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร บวก 50 มิลลิเมตร)
- สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ขนาด 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น

2.9.2 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ

ให้นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ไปปรับภาวะที่อุณหภูมิ (20 ± 2) °C ความชื้นสัมพัทธ์ (65 ± 5)% จนมีมวลคงที่ คือมวลของชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 24 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกิน 0.1% แล้วทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับภาวะ ส่วนชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่นและปริมาณความชื้นไม่ต้องปรับภาวะ

2.9.3 ความหนาแน่น

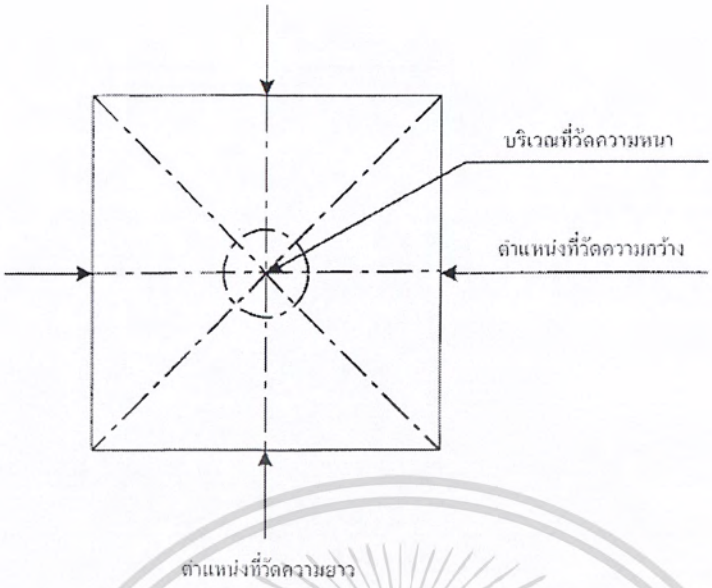
2.9.3.1 <u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
2. ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ถึง 20 มิลลิเมตร
3. แคลิเปอร์แบบเลื่อน (Sliding Caliper) หรือเครื่องวัดอื่นที่เทียบเท่า อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร

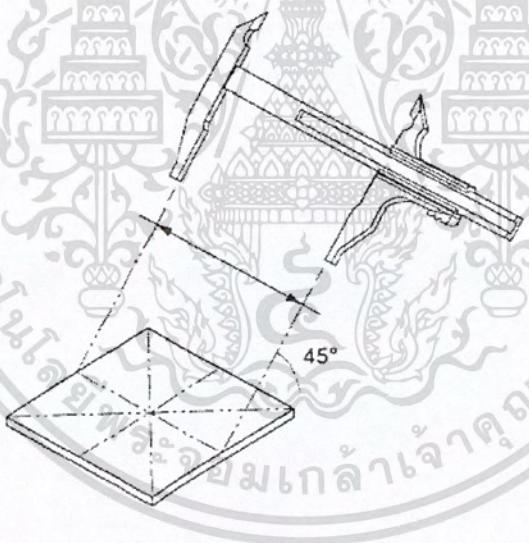
2.9.3.2 <u>วิธีทดสอบ</u>

1. ชั่งชิ้นทดสอบให้ได้มวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม
2. ใช้เครื่องมือตามข้อ 2 ในหัวข้อ 2.9.3.1 วัดความหนาตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบตามรูปที่ 2.12
3. ใช้เครื่องมือตามข้อ 3 ในหัวข้อ 2.9.3.1 วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ ตามรูปที่ 2.12 โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของชิ้นทดสอบ ประมาณ 45° ตามรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ



รูปที่ 2.13 วิธีวัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ

2.9.3.3 <u>วิธีคำนวณ</u>

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)} = \frac{m}{V} \times 10^6 \qquad (2.1)$$

เมื่อ m = มวลของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น กรัม

และ V = ปริมาตรของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.9.4 ปริมาณความชื้น

2.9.4.1 <u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
2. ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ (103 ± 2) °C
3. เดซิเคเตอร์

2.9.4.2 <u>วิธีทดสอบ</u>

1. ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามหัวข้อ 2.9.3 แล้ว ให้ได้มวลที่แน่นอน ถึง 0.01 กรัม เป็นมวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ
2. อบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ (103 ± 2) °C จนได้มวลคงที่ คือมวลของชิ้นทดสอบ เมื่อชั่ง 2 ครั้งที่เวลาห่างกัน 6 ชั่วโมง ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1 % ของมวลของชิ้นทดสอบ
3. นำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ปล่อยไว้ให้เย็น
4. ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง

2.9.4.3 <u>วิธีคำนวณ</u>

หาค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ m_1 = มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ หน่วยเป็น กรัม

และ m_2 = มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง หน่วยเป็น กรัม

2.9.5 การพองตัวตามความหนา

2.9.5.1 <u>เครื่องมือ</u>

ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ถึง 20 มิลลิเมตร

2.9.5.2 <u>วิธีทดสอบ</u>

1. วัดความหนาของชิ้นทดสอบ เป็นความหนาก่อนแช่น้ำ
2. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ (20 ± 2) °C โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำ ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร
3. เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 ชั่วโมง แล้วรีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก
4. ปล่อยชิ้นทดสอบไว้อีก 1 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119472

2.9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวตามความหนาจากสูตร

$$\text{การพองตัวตามความหนา (ร้อยละ)} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \qquad (2.3)$$

เมื่อ t_1 = ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

และ t_2 = ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

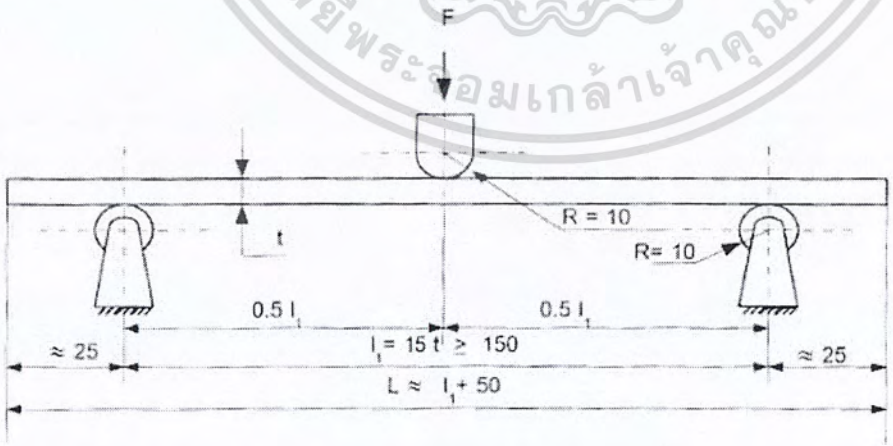
2.9.6 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

2.9.6.1 เครื่องมือ

1. เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือ 5% ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ แท่งกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 มิลลิเมตร และมีความยาวของแท่งกดไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
2. แท่งรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 มิลลิเมตร และมีความยาวของแท่งรองรับไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
3. เครื่องวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร

2.9.6.2 วิธีทดสอบ

1. วางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตร) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 2.14 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 มิลลิเมตร หน่วยเป็นมิลลิเมตร



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2.14 การวางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกด จนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการกดประมาณ 10 มิลลิเมตร/นาที)

3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว ดังรูปที่ 2.15

2.9.6.3 <u>วิธีคำนวณ</u>

1. ความต้านแรงดัด

หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

$$f_m = \frac{3F_{max}l_1}{2bt^2} \quad (2.4)$$

เมื่อ f_m = ความต้านแรงดัด หน่วยเป็น เมกะพาสคัล

F_{max} = แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หน่วยเป็น นิวตัน

l_1 = ระยะห่างของแท่งรองรับ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

b = ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

และ t = ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

2. มอดุลัสยืดหยุ่น

หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากสูตร

$$E_m = \frac{l_1^3(F_2 - F_1)}{4bt^3(a_2 - a_1)} \quad (2.5)$$

เมื่อ E_m = มอดุลัสยืดหยุ่น หน่วยเป็น เมกะพาสคัล

l_1 = ระยะห่างของแท่งรองรับ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

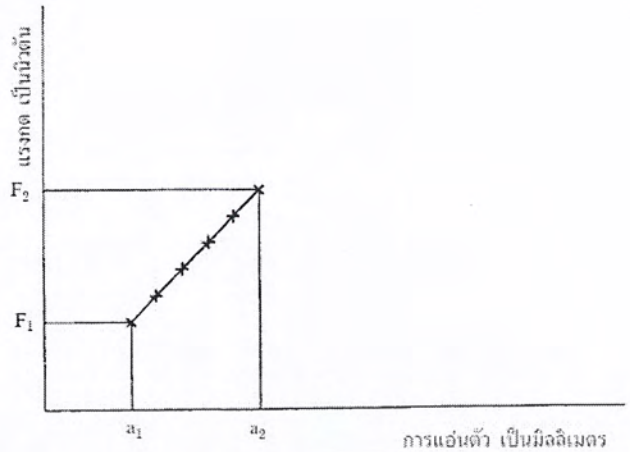
$F_2 - F_1$ = แรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 2.15 หน่วยเป็น นิวตัน

b = ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

t = ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

$a_2 - a_1$ = ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรงตามรูปที่ 2.15 หน่วยเป็น มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว

2.9.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

2.9.7.1 <u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า90 วินาที
2. แผ่นดึง ซึ่งทำด้วยโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

2.9.7.2 <u>วิธีทดสอบ</u>

1. ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ
2. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน ซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึง จนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการดึงประมาณ 2 มิลลิเมตร/นาที)

2.9.7.3 <u>วิธีคำนวณ</u>

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)} = \frac{F}{W \times L} \qquad (2.6)$$

เมื่อ F = แรงดึงสูงสุด หน่วยเป็น นิวตัน

W = ความกว้างของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

และ L = ความยาวของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาเรื่อง การนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานของโครงงานนี้ ซึ่งเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

เกศินี จิรวณิชชากร (2552) ได้กล่าวว่าโรงงานกรีนบอร์ดขนาดเล็กอยู่ได้ด้วยการอัดแผ่นกรีนบอร์ดวันละ 100 แผ่น ส่งลูกค้ากลุ่มรับเหมาก่อสร้างและกลุ่มที่กำลังมาแรงคือใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ในเรือ ด้วยเหตุผล คือ แข็งแรง ทนทาน กันปลวก และทนน้ำได้ดีกว่าไม้อัด เพราะส่วนที่ดูดน้ำมีเพียงส่วนของเยื่อกระดาษที่ผสมอยู่ 75% ส่วนอายุการใช้งานนั้นยังไม่สามารถระบุได้ชัด แต่มีความคงทนมากกว่าไม้อัดทั่วไป ซึ่งความทนทานเป็นประโยชน์ต่อการประหยัดทรัพยากร สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งยังสามารถรีไซเคิลได้ครั้งแล้วครั้งเล่า

ทรงกลด จารุสมบัติ (2545) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่ผลิตจากชิ้นกล่องนม U.H.T. กับชิ้นขวดนมพลาสติก โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบจากภาชนะบรรจุนม U.H.T. ที่อัตราส่วนความหนาแน่นที่แตกต่างกัน และนำมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ เช่น ค่าความชื้น ความต้านแรงดัดและมอดุรัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า ความคงขนาดหลังการแช่น้ำทั้งการพองตัวและการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่า การทดสอบคุณสมบัติต่างๆที่กล่าวมานั้นจะแปรผันตามอัตราส่วนของชิ้นขวดนมพลาสติกที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบกับความแน่นพบว่า คุณสมบัติของแผ่นประกอบแปรผันตามความแน่นที่เพิ่มขึ้น

ทรงกลด จารุสมบัติ และ วรธรรม อุ่นจิตติชัย (2541) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำกล่องนมกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ โดยได้ใช้ชิ้นกล่องนม U.H.T. กับชิ้นเกล็ดไม้ยูคาลิปตัส คามาล-ดูเลนซีส อายุ 15 ปี เพื่อศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นประกอบ โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆและนำมาทดสอบ ผลการศึกษาพบว่า ค่าความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำ แปรผันตามอัตราส่วนของชิ้นเกล็ดไม้ที่เพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าแปรผกผันตามอัตราส่วนของชิ้นเกล็ดไม้ที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นจะแปรผกผันตามอัตราส่วนของชิ้นเกล็ดไม้ที่เพิ่มขึ้น (ยกเว้นอัตราส่วน 100:0) เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบกับคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส อายุ 15 ปี กับเกณฑ์กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง (มอก.876-2532) พบว่า แผ่นประกอบอัตราส่วน 80:20 มีคุณสมบัติดีที่สุด

ทรงกลด จารุสมบัติ และ วรธรรม อุ่นจิตติชัย (2544) ได้ทำการศึกษาวิจัยศักยภาพของวัตถุดิบทดแทนไม้สำหรับแผ่นประกอบ (กรณีศึกษาใบไม้แห้ง) โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นประกอบ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า คุณสมบัติของแผ่นประกอบ ได้แก่ ค่าความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และค่าการดูดซึมน้ำ จะแปรผันตามความหนาแน่นของแผ่นประกอบและอัตราส่วนของกาวที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบกับเกณฑ์กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 876-2532) พบว่า แผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และที่ผสมกาว 10% มีคุณภาพดีที่สุด

สมชาย บุญพิทักษ์ (2547) ได้ทำการศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยการใช้เยื่อกระดาษจากกระดาษหนังสือพิมพ์ และกระดาษพิมพ์และเขียนที่เหลือใช้มาอัดเป็นแผ่นประกอบ ซึ่งใช้อัตราส่วนกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เหลว : เยื่อกระดาษ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน และนำแผ่นประกอบดังกล่าวมาทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล โดยใช้เกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัด : ความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966 – 2533) จากผลการทดสอบและเปรียบเทียบพบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษทั้ง 2 ชนิด ไม่ผ่านคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัด : ความหนาแน่น ปานกลาง (มอก. 966 – 2533) และมีคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในการศึกษาการนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ ผู้จัดทำโครงงานได้มีแผนการดำเนินงานและมีวิธีการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

3.1 การกำหนดแผนผังการดำเนินงาน

3.2 การกำหนดผลิตภัณฑ์

3.3 การจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

3.4 การผลิตแผ่นประกอบ

3.5 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นประกอบ

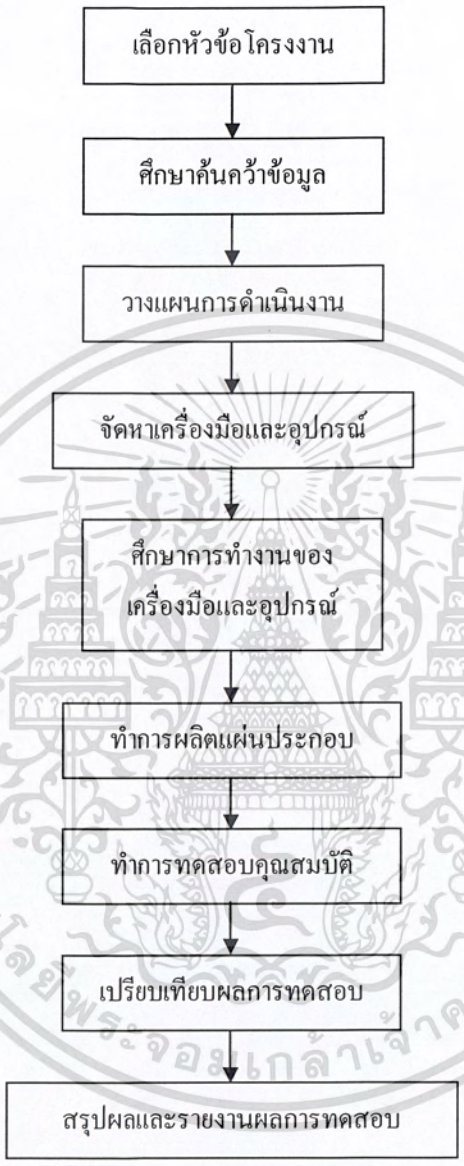
3.6 การจัดเตรียมสถานที่ดำเนินงาน

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การกำหนดแผนผังการดำเนินงาน

แผนผังการดำเนินงาน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน

3.2 การกำหนดผลิตภัณฑ์

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการกำหนดผลิตภัณฑ์ให้ออกมาในลักษณะที่เป็นแผ่นประกอบคล้ายกับแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบโดยแผ่นประกอบผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. มีความกว้าง 350 มิลลิเมตร ความยาว 350 มิลลิเมตร และความหนา 10 มิลลิเมตรและผลิตที่ความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 750 900 และ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบ

- กล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ใช้แล้ว
- เครื่องบด
- เครื่องอัดร้อน
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- กล่องเตรียมแผ่นอัด ขนาด 35 × 35 เซนติเมตร
- แผ่นรองอัดสเตนเลส
- แผ่นเทฟลอน
- กรอบเหล็ก ขนาด 35 × 35 เซนติเมตร หนา 10 มิลลิเมตร
- แผ่นไม้ราบ
- แท่นน้ำหนัก
- เลื่อยตัดไม้
- ถุงมือกันร้อน
- เกรียง

3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามเกณฑ์กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ([ส.ม.อ], 2547)

- สายวัดโลหะ
- ไมโครมิเตอร์
- แคลิเปอร์แบบเลื่อน
- เครื่องชั่ง
- ตู้อบ
- เดซิเคเตอร์
- ภาชนะแช่ชิ้นทดสอบ
- ผ้า
- พลาสติกหรือกระจก
- เครื่องกด
- เครื่องดึง
- แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะ
- กาวสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

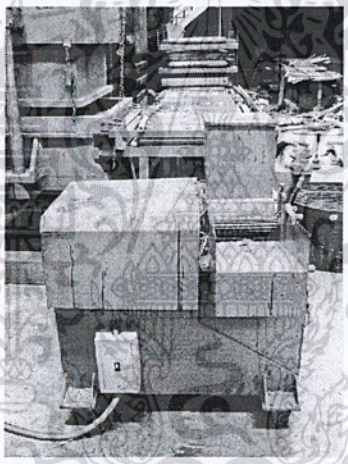
3.4 การผลิตแผ่นประกอบ

3.4.1 สภาวะต่างๆที่กำหนดในการผลิต

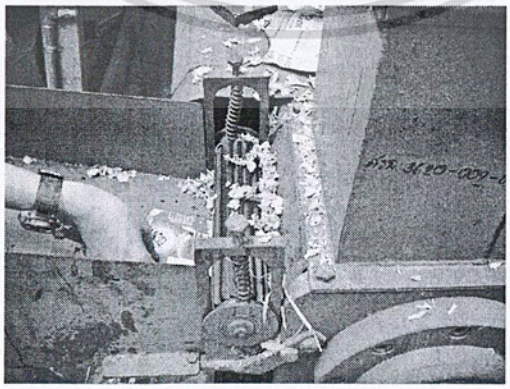
- ความหนาแน่นของแผ่น	750, 900, 1,000	กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
- ขนาดของแผ่น	35 × 35	เซนติเมตร
- ความหนาของแผ่น	10	มิลลิเมตร
- อุณหภูมิในการอัดร้อน	180	องศาเซลเซียส
- แรงดันในการอัดร้อน	25	กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
- ระยะเวลาในการอัดร้อน	20	นาที

3.4.2 กระบวนการผลิตแผ่นประกอบ

1. นำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. มาล้างให้สะอาด และนำไปผึ่งแดดให้แห้ง
2. ทำการตัดย่อยกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ด้วยเครื่องบด ดังรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 เครื่องบด



รูปที่ 3.3 การตัดย่อยกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ด้วยเครื่องบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คำนวณหาน้ำหนักของชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T ที่ต้องใช้สำหรับผลิตแผ่นประกอบ 1 แผ่น จากสภาวะที่กำหนดในการผลิตแผ่นประกอบแต่ละครั้ง ต้องชั่งชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T โดยการคำนวณจากสูตร

$$M = D \times V \tag{3.1}$$

เมื่อ M = น้ำหนักของชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T หน่วยเป็นกิโลกรัม

D = ความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่ต้องการ หน่วยเป็นกิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

และ V = ปริมาตรของแผ่นประกอบที่ต้องการ หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

- น้ำหนักของชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T ที่ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

$$M = D \times V$$
$$= 750 \times (0.35 \times 0.35 \times 0.01)$$
$$= 0.92 \text{ กิโลกรัม}$$

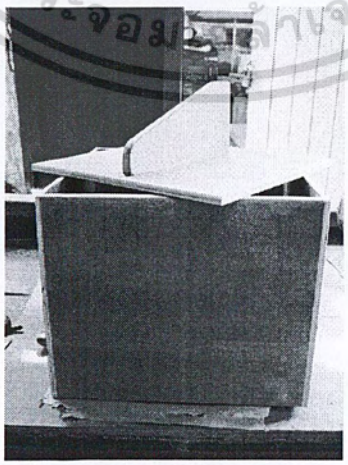
- น้ำหนักของชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T ที่ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

$$M = D \times V$$
$$= 900 \times (0.35 \times 0.35 \times 0.01)$$
$$= 1.10 \text{ กิโลกรัม}$$

- น้ำหนักของชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T ที่ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

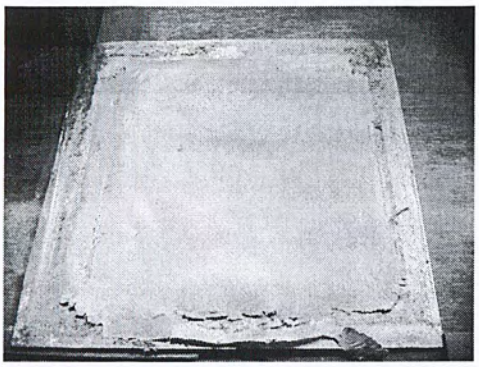
$$M = D \times V$$
$$= 1{,}000 \times (0.35 \times 0.35 \times 0.01)$$
$$= 1.23 \text{ กิโลกรัม}$$

4. นำแผ่นเทฟลอนวางบนแผ่นรองอัดสเตนเลส จากนั้นนำกรอบเหล็กวางบนแผ่นเทฟลอน และนำกล่องเตรียมแผ่นอัดขนาด 35 × 35 เซนติเมตร วางบนกรอบเหล็ก ดังรูปที่ 3.4, 3.5 และ 3.6

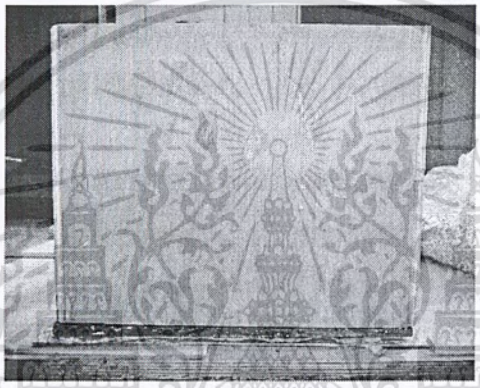


รูปที่ 3.4 กล่องเตรียมแผ่นอัดขนาด 35 × 35 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การนำแผ่นเทฟลอนวางบนแผ่นรองอัดสเตนเลส



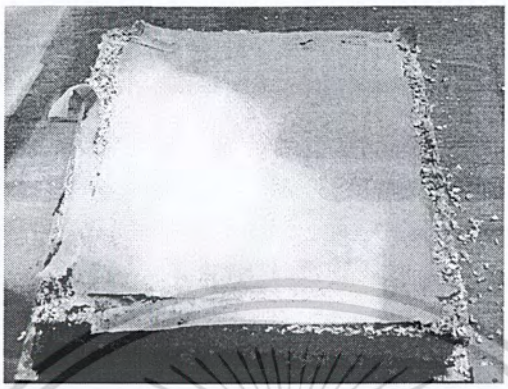
รูปที่ 3.6 การเตรียมกล่องเตรียมแผ่นอัดก่อนโรยชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T.

5. นำชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ทราบน้ำหนักจากการคำนวณสำหรับผลิตแผ่นประกอบ 1 แผ่น มาโรยในกล่องเตรียมแผ่นอัดขนาด 35 × 35 เซนติเมตร โดยพยายามโรยให้ทั่วกระจายในกล่องอย่างสม่ำเสมอซึ่งจะต้องคอยควบคุมการโรยให้ได้ความสูงของแผ่นมีระดับเดียวกันตลอดทั้งแผ่น เสร็จแล้วจึงปิดฝาและกดให้แน่นเพื่อให้ชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่โรยไว้มีความคงสภาพที่ดีขึ้นเป็นแผ่นเตรียมอัด ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 การโรยชิ้นกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ในกล่องเตรียมแผ่นอัด

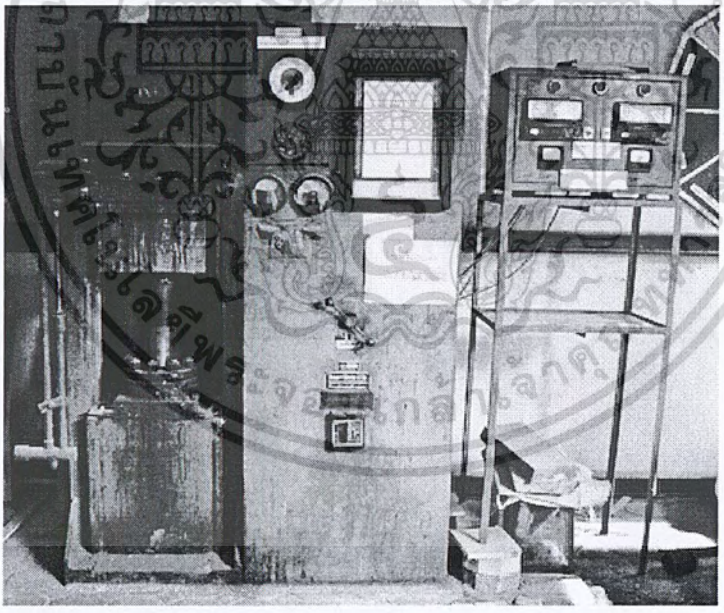
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ยกกล่องเตรียมแผ่นอัดขึ้นจากแผ่นเตรียมอัดซึ่งขณะที่ยกกล่องเตรียมแผ่นอัดขึ้นจะต้องกดฝาให้แน่นไว้ด้วย
7. นำฝาออก จากนั้นนำแผ่นเทฟลอนวางบนแผ่นเตรียมอัด และนำแผ่นรองอัดสเตนเลสวางบนแผ่นเทฟลอน ดังรูปที่ 3.8



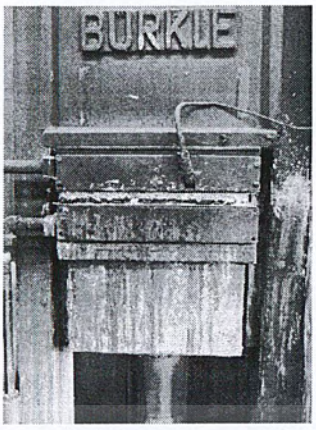
รูปที่ 3.8 การนำฝาออกและนำแผ่นเทฟลอนวางบนแผ่นเตรียมอัด

8. นำแผ่นเตรียมอัดเข้าอัดในเครื่องอัดร้อน โดยใช้สภาวะการอัดตามที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10



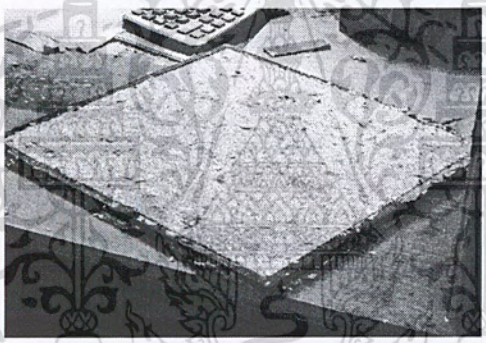
รูปที่ 3.9 เครื่องอัดร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



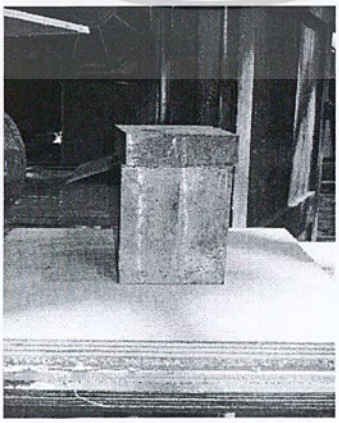
รูปที่ 3.10 การนำแผ่นเตรียมอัดเข้าอัดในเครื่องอัดร้อน

9. นำแผ่นประกอบออกจากเครื่องอัดร้อน จากนั้นนำแผ่นรองอัดสเตนเลสและแผ่นเทฟลอนออกจากแผ่นประกอบทั้ง 2 ด้าน และใช้เกรียงแซะแผ่นประกอบออกจากกรอบเหล็ก ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การนำแผ่นรองอัดสเตนเลสและแผ่นเทฟลอนออกจากแผ่นประกอบทั้ง 2 ด้าน

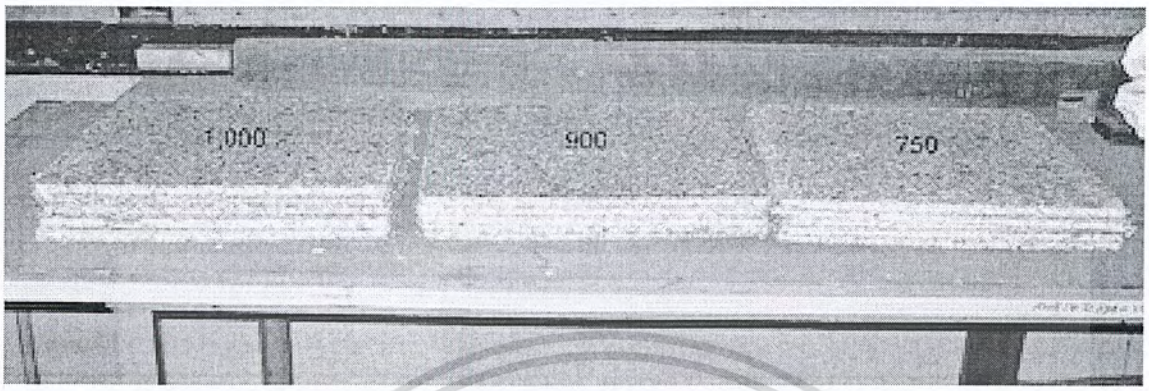
10. วางแผ่นประกอบระหว่างแผ่นไม้ราบ จากนั้นนำแท่นน้ำหนักวางทับแล้วทิ้งให้แผ่นประกอบเย็นตัวลง ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การวางแผ่นประกอบระหว่างแผ่นไม้ราบและนำแท่นน้ำหนักวางทับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขั้นตอนขั้นต้น จะทำการผลิตแผ่นประกอบที่มีความหนาแน่น750 900 และ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน

3.5 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นประกอบ

นำแผ่นประกอบที่ได้ไปทำการตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) โดยทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ดังนี้

- ความหนาแน่น
- ความชื้น
- การพองตัวตามความหนา
- ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น
- ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

3.5.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

การเตรียมชิ้นทดสอบจะมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขนาดและจำนวนของชิ้นทดสอบที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติ

การทดสอบ	ขนาด (มิลลิเมตร x มิลลิเมตร)	จำนวนชิ้นทดสอบ (ชิ้น)
ความหนาแน่นและความชื้น	50 x 50	6
การพองตัวตามความหนา	50 x 50	8
ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	50 x L	12
ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	50 x 50	8

โดยที่ L = 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร บวก 50 มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ

ให้นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ไปปรับภาวะที่อุณหภูมิ (20 ± 2) °C ความชื้นสัมพัทธ์ (65 ± 5) % จนมีมวลคงที่ คือ มวลของชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 24 h ต่างกันไม่เกิน 0.1 % แล้วทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับภาวะ ส่วนชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่น และปริมาณความชื้นไม่ต้องปรับภาวะ

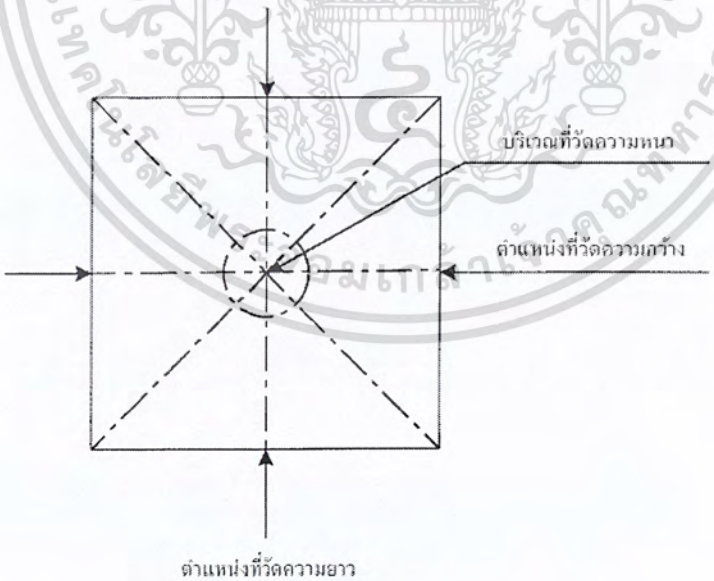
3.5.3 การทดสอบความหนาแน่น

3.5.3.1 <u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
2. ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ถึง 20 มิลลิเมตร
3. แคลิเปอร์แบบเลื่อน หรือเครื่องวัดอื่นที่เทียบเท่า อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร

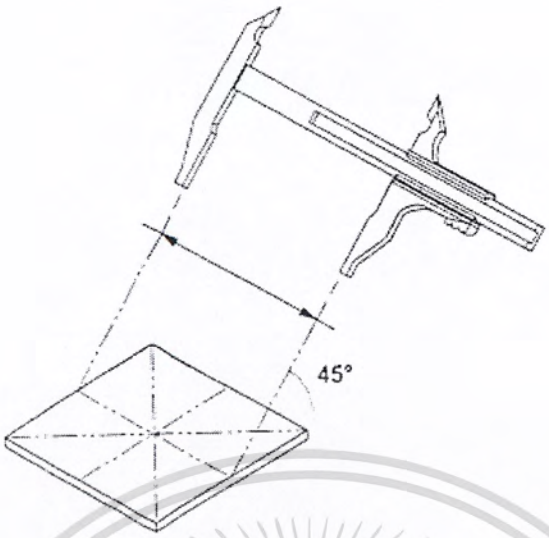
3.5.3.2 <u>วิธีทดสอบ</u>

1. ชั่งชิ้นทดสอบให้ได้มวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม
2. ใช้ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า วัดความหนาตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ ดังรูปที่ 3.14
3. ใช้แคลิเปอร์แบบเลื่อนหรือเครื่องวัดอื่นที่เทียบเท่า วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ ดังรูปที่ 3.14 โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของชิ้นทดสอบ ประมาณ 45° ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 วิธีวัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ

3.5.3.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)} = \frac{m}{V} \times 10^6 \qquad (3.2)$$

เมื่อ m = มวลของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น กรัม

และ V = ปริมาตรของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร

3.5.4 การทดสอบปริมาณความชื้น

3.5.4.1 เครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
2. ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ (103 ± 2) °C
3. เดซิเคเตอร์

3.5.4.2 วิธีทดสอบ

1. ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบความหนาแน่นแล้ว ให้ได้มวลที่แน่นอน ถึง 0.01 กรัม เป็นมวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ ดังรูปที่ 3.16
2. อบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ (103 ± 2) °C จนได้มวลคงที่ คือมวลของชิ้นทดสอบ เมื่อชั่ง 2 ครั้งที่เวลาห่างกัน 6 ชั่วโมง ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1 % ของมวลของชิ้นทดสอบ ดังรูปที่ 3.17
3. นำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ปล่อยไว้ให้เย็น ดังรูปที่ 3.18
4. ชั่งชิ้นทดสอบอีกครั้งหนึ่ง เป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \qquad (3.3)$$

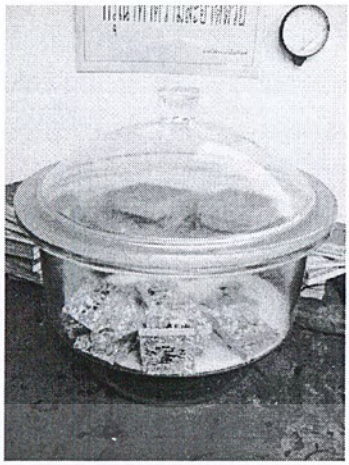
เมื่อ m_1 = มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ หน่วยเป็น กรัม

และ m_2 = มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง หน่วยเป็น กรัม

รูปที่ 3.16 การชั่งมวลของชิ้นทดสอบ

รูปที่ 3.17 การอบชิ้นทดสอบในตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 การนำชิ้นทดสอบใส่ในเดซิเคเตอร์แล้วปล่อยไว้ให้เย็น

3.5.5 การทดสอบการพองตัวตามความหนา

3.5.5.1 <u>เครื่องมือ</u>

ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ถึง 20 มิลลิเมตร

3.5.5.2 <u>วิธีทดสอบ</u>

1. ใช้ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า วัดความหนาของชิ้นทดสอบ เป็นความหนาก่อนแช่น้ำ
2. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ (20 ± 2) °C โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำ ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร
3. เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 ชั่วโมง แล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก
4. ปล่อยชิ้นทดสอบไว้อีก 1 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

3.5.5.3 <u>วิธีคำนวณ</u>

หาค่าการพองตัวตามความหนาจากสูตร

$$\text{การพองตัวตามความหนา (ร้อยละ)} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \qquad (3.4)$$

เมื่อ t_1 = ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

และ t_2 = ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

3.5.6.1 <u>เครื่องมือ</u>

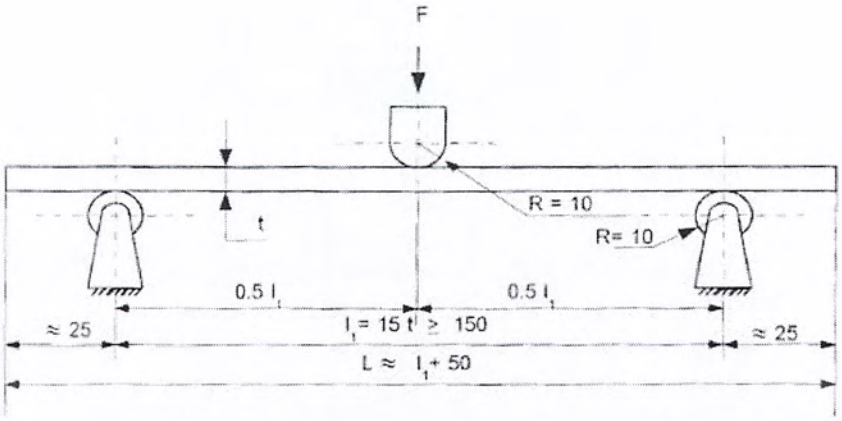
1. เครื่องกด ดังรูปที่ 3.19 ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือ 5 % ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ แท่งกดต้องมีปลาย ส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 มิลลิเมตร และมีความยาวของแท่งกดไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
2. แท่งรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 มิลลิเมตร และมีความยาวของแท่งรองรับไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
3. เครื่องวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร

3.5.6.2 <u>วิธีทดสอบ</u>

1. วางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตร) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.20 และ 3.21 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 มิลลิเมตร
2. ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการกดประมาณ 10 มิลลิเมตร/นาที)
3. บันทึกค่าความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นที่ได้จากเครื่องทดสอบ

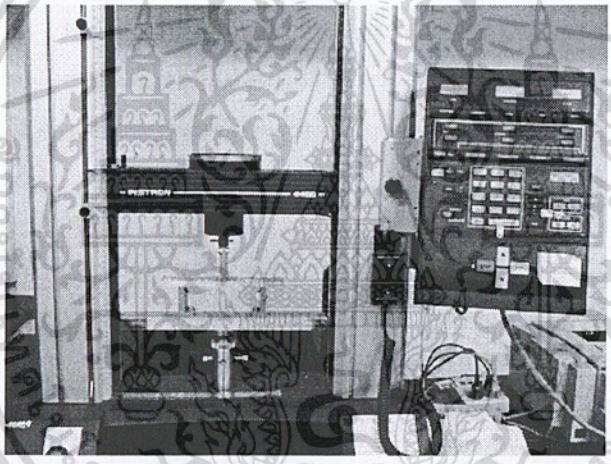
รูปที่ 3.19 เครื่องกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 3.20 การวางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับ



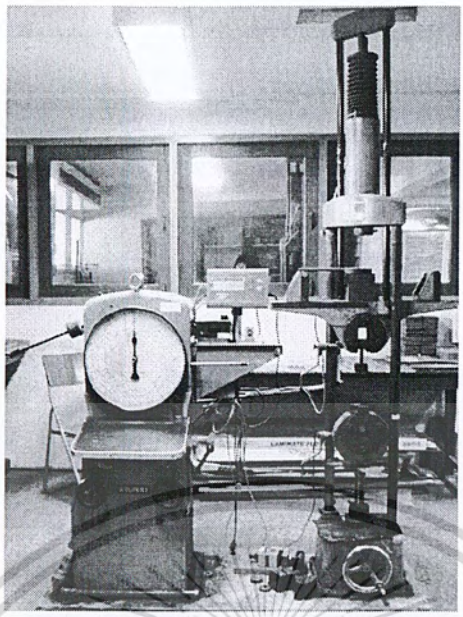
รูปที่ 3.21 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

3.5.7 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

3.5.7.1 <u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องดึง ดังรูปที่ 3.22 ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที
2. แผ่นดึงซึ่งทำด้วยโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



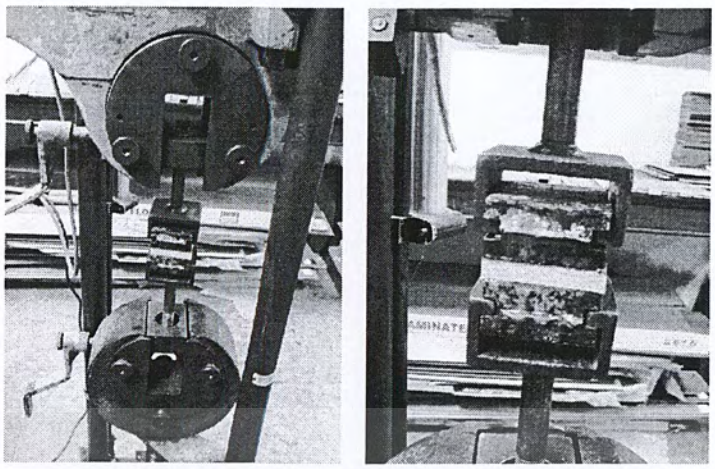
รูปที่ 3.22 เครื่องดึง

3.5.7.2 วิธีทดสอบ

1. ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ ดังรูปที่ 3.23
2. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน ซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึง จนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการดึงประมาณ 2 มิลลิเมตร/นาที) ดังรูปที่ 3.24 และ 3.25

รูปที่ 3.23 การเตรียมแผ่นดึงในการติดผิวหน้าของชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.25 ชิ้นทดสอบหลังจากเข้าเครื่องดึง

3.5.7.3 <u>วิธีคำนวณ</u>

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)} = \frac{F}{W \times L} \qquad (3.5)$$

เมื่อ F = แรงดึงสูงสุด หน่วยเป็น นิวตัน

W = ความกว้างของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

และ L = ความยาวของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็น มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การจัดเตรียมสถานที่ดำเนินงาน

ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นสถานที่ในการผลิตแผ่นประกอบและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่น

เมื่อผลิตแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่นแล้ว ให้นำไปทดสอบคุณสมบัติตามเกณฑ์กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) และทำการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติที่แต่ละความหนาแน่น

3.7.2 การประเมินคุณภาพของแผ่นประกอบกับเกณฑ์มาตรฐาน

ทำการประเมินคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน ว่าแผ่นประกอบที่ความหนาแน่นใดผ่านเกณฑ์มาตรฐานและแผ่นประกอบที่ความหนาแน่นใดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานในการศึกษาเรื่อง การนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ ผู้จัดทำโครงงานได้แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่น

4.2 ผลการประเมินคุณภาพของแผ่นประกอบกับเกณฑ์มาตรฐาน

4.1 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่น

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่น

คุณสมบัติ	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)		
	750	900	1,000
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	809.02	956.56	965.42
ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	3.68	3.18	3.15
การพองตัวตามความหนา (เปอร์เซ็นต์)	4.05	3.08	2.85
ความต้านแรงดัด (เมกะพาสคัล)	8.72	13.89	14.54
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)	398.10	661.45	773.75
ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)	0.10	0.34	0.36

จากตารางที่ 4.1 พบว่า การผลิตแผ่นประกอบจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. แผ่นประกอบที่ได้มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 809.02 ถึง 965.42 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ค่าปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าสูงที่สุด คือ 3.68 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าปริมาณความชื้นต่ำที่สุด คือ 3.15 เปอร์เซ็นต์

ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นประกอบความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าสูงที่สุด คือ 4.05 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าการพองตัวตามความหนาต่ำที่สุด คือ 2.85 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นประกอบความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าต่ำที่สุด คือ 8.72 และ 398.1 เมกะพาสคัล ตามลำดับ และแผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด คือ 14.54 และ 773.75 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าของแผ่นประกอบความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าต่ำที่สุด คือ 0.1 เมกะพาสคัล ส่วนแผ่นประกอบความหนาแน่น 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าใกล้เคียงกันและสูงที่สุด คือ 0.38 และ 0.39 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

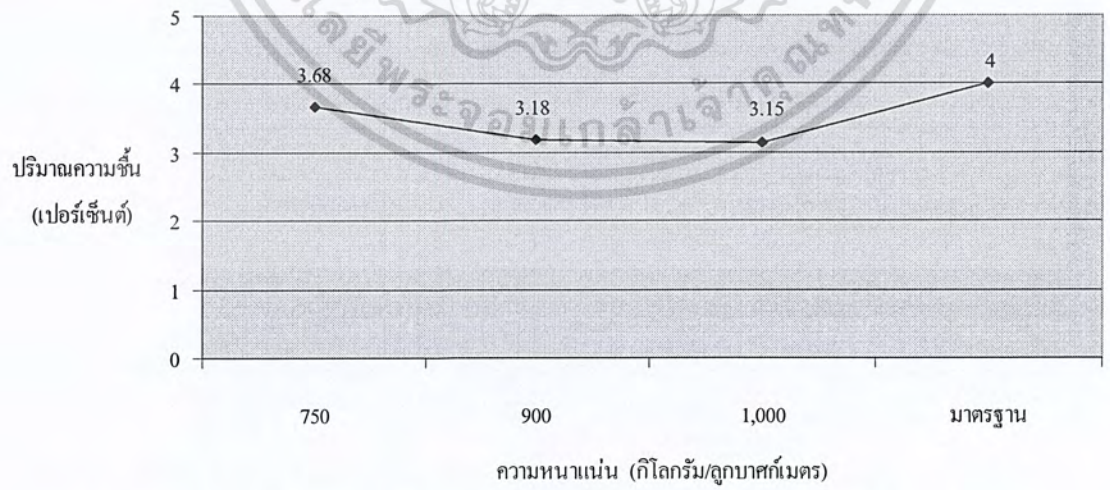
4.2 ผลการประเมินคุณภาพของแผ่นประกอบกับเกณฑ์มาตรฐาน

4.2.1 ปริมาณความชื้น

จากการทดสอบปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ

ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณความชื้น		มอก. 876-2547 (เปอร์เซ็นต์)
	ค่าเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
750	3.68	0.13	4 - 13
900	3.18	0.15	
1,000	3.15	0.23	



รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบตามความหนาแน่นและค่าคุณสมบัติมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

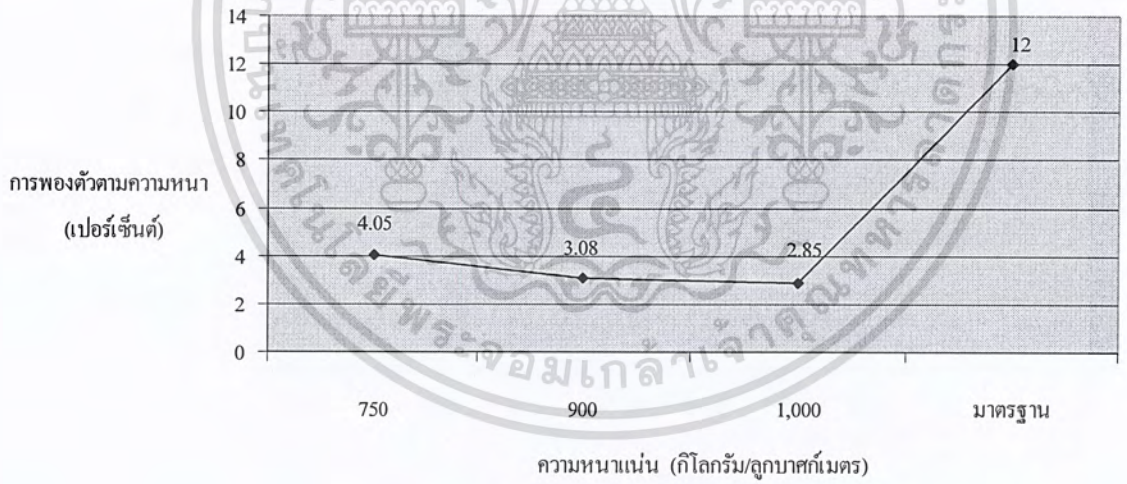
จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 พบว่า แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทุกความหนาแน่นไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าปริมาณความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ 4-13 เปอร์เซ็นต์

4.2.2 การพองตัวตามความหนา

จากการทดสอบการพองตัวตามความหนาของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนาของแผ่นประกอบ

ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	การพองตัวตามความหนา		มอก. 876-2547 (เปอร์เซ็นต์)
	ค่าเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
750	4.05	0.41	≤ 12
900	3.08	0.37	
1,000	2.85	0.28	



รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของการพองตัวตามความหนาของแผ่นประกอบตามความหนาแน่นและค่าคุณสมบัติมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2 พบว่า แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทุกความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์ค่าการพองตัวตามความหนาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ $\leq$ 12 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

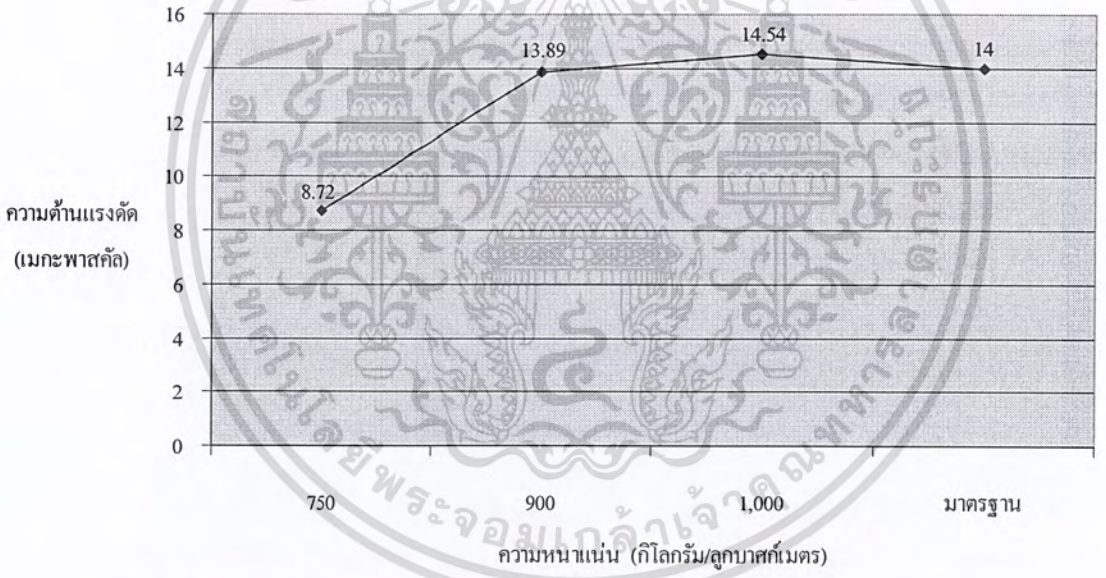
4.2.3 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

4.2.3.1 ความต้านแรงดัด

จากการทดสอบความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบ

ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ความต้านแรงดัด		มอก. 876-2547 (เมกะพาสคัล)
	ค่าเฉลี่ย (เมกะพาสคัล)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
750	8.72	1.38	≥ 14
900	13.89	1.94	
1,000	14.54	2.05	



รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบตามความหนาแน่นและค่าคุณสมบัติมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3 พบว่า แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีแผ่นประกอบที่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดัดตามมาตรฐาน คือ แผ่นประกอบที่มีความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนแผ่นประกอบที่มีความหนาแน่น 750 และ 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ ≥ 14 เมกะพาสคัล

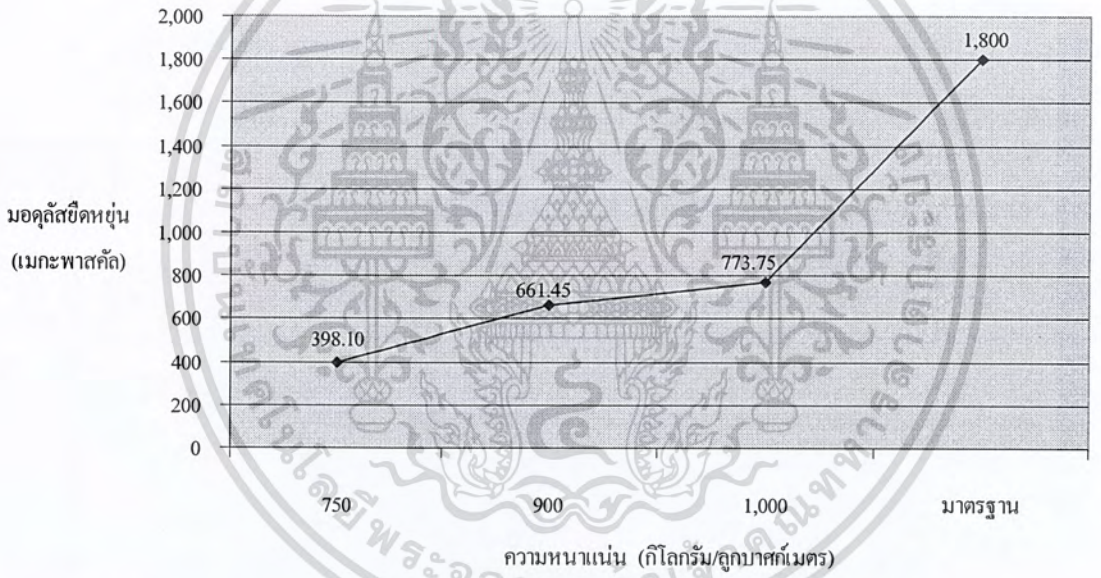
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.2 มอดุลัสยืดหยุ่น

จากการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นประกอบ

ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	มอดุลัสยืดหยุ่น		มอก. 876-2547 (เมกะพาสคัล)
	ค่าเฉลี่ย (เมกะพาสคัล)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
750	398.10	52.80	≥ 1,800
900	661.45	104.99	
1,000	773.75	33.75	



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นประกอบตามความหนาแน่นและค่าคุณสมบัติมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4 พบว่า แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทุกความหนาแน่นไม่อยู่ในเกณฑ์ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ ≥ 1,800 เมกะพาสคัล

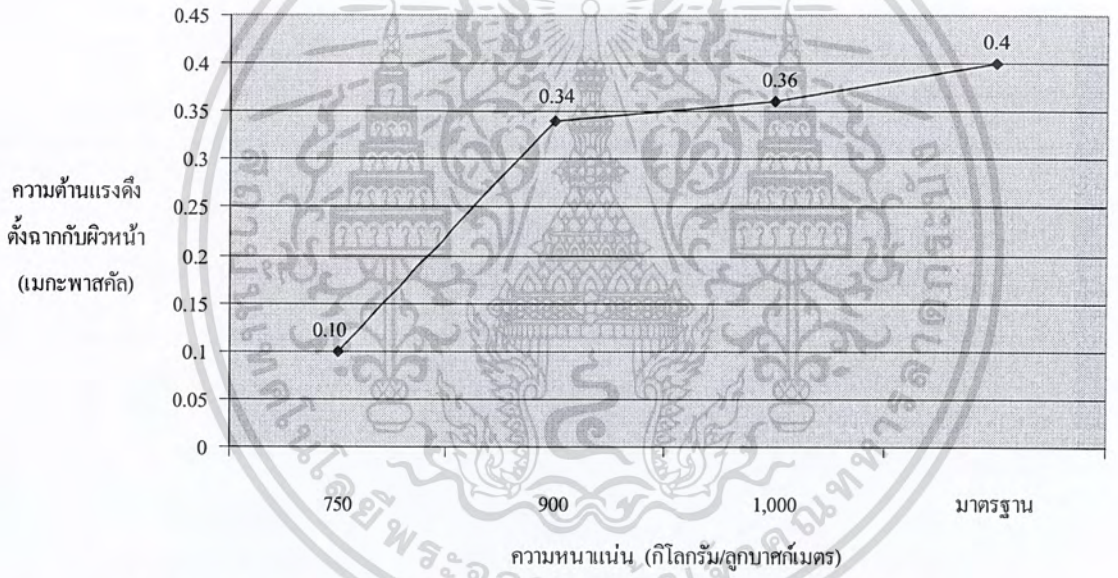
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

จากการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบ

ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า		มอก. 876-2547 (เมกะพาสคัล)
	ค่าเฉลี่ย (เมกะพาสคัล)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
750	0.10	0.18	≥ 0.4
900	0.34	0.04	
1,000	0.36	0.03	



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบตามความหนาแน่นและค่าคุณสมบัติมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5 พบว่า แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทุกความหนาแน่นไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ ≥ 0.4 เมกะพาสคัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ โดยทำการผลิตแผ่นประกอบที่ความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 750, 900 และ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบตามเกณฑ์กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

5.1 สรุปผล

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบได้ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่นเทียบกับเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่นเทียบกับเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน

คุณสมบัติ	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)			มอก.
	750	900	1,000	876-2547
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	809.02	956.56	965.42	400 - 900
ปริมาณความชื้น (%)	3.68	3.18	3.15	4 - 13
การพองตัวตามความหนา (%)	4.05	3.08	2.85	≤ 12
ความต้านแรงดัด (เมกะพาสคัล)	8.72	13.89	14.54	≥ 14
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)	398.10	661.45	773.75	$\geq 1,800$
ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)	0.10	0.34	0.36	≥ 0.4

จากผลทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล พบว่า ค่าปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนา แปรผกผันกับความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่มีค่าสูงขึ้น ค่าความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า แปรผันตามความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่มีค่าสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นประกอบที่แต่ละความหนาแน่น พบว่า แผ่นประกอบที่มีความหนาแน่นสูงจะมีคุณสมบัติโดยรวมดีกว่าแผ่นประกอบที่มีความหนาแน่นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการประเมินคุณภาพกับเกณฑ์มาตรฐานแสดงให้เห็นว่า แผ่นประกอบที่มีความหนาแน่น 750 และ 900 กิโลกรัม/ ลูกบาศก์เมตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ในคุณสมบัติด้านการพองตัวตามความหนา สำหรับแผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ในคุณสมบัติด้านการพองตัวตามความหนา และด้านความต้านแรงดัด

5.1.1 ความหนาแน่น

แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ทุกความหนาแน่น มีค่าความหนาแน่นไม่ตรงกับสภาวะการผลิตที่กำหนดไว้ ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เป็น 809.02 956.56 และ 965.42 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

5.1.2 ปริมาณความชื้น

แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทุกความหนาแน่นไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าปริมาณความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ 4-13 เปอร์เซ็นต์ โดยแผ่นประกอบความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าปริมาณความชื้นสูงที่สุด คือ 3.68 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าปริมาณความชื้นต่ำที่สุด คือ 3.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T.

5.1.3 การพองตัวตามความหนา

แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทุกความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์ค่าการพองตัวตามความหนาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ $\leq$ 12 เปอร์เซ็นต์ โดยแผ่นประกอบความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าการพองตัวตามความหนาสูงที่สุด คือ 4.05 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าการพองตัวตามความหนาต่ำที่สุด คือ 2.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นผลดีต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านการพองตัวตามความหนาของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T.

5.1.4 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

5.1.4.1 <u>ความต้านแรงดัด</u>

แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีแผ่นประกอบที่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดัดตามมาตรฐาน คือ แผ่นประกอบที่มีความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือว่าเป็นผลดีต่อแผ่นประกอบ ส่วนแผ่นประกอบที่มีความหนาแน่น 750 และ 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ $\geq$ 14 เมกะพาสคัล ซึ่งค่าความต้านแรงดัดที่ต่ำกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติเชิงกลด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. โดยแผ่นประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าความต้านแรงดัดต่ำที่สุด คือ 8.72 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าความต้านแรงดัดสูงที่สุด คือ 14.54 เมกะพาสคัล

5.1.4.2 มอดุลัสยืดหยุ่น

แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทุกความหนาแน่นไม่อยู่ในเกณฑ์ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ $\geq$ 1,800 เมกะพาสคัล โดยแผ่นประกอบความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด คือ 398.1 เมกะพาสคัล และแผ่นประกอบความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด คือ 773.75 เมกะพาสคัล ซึ่งค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ต่ำกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติเชิงกลด้านมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T.

5.1.5 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ที่ความหนาแน่น 750 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทุกความหนาแน่นไม่อยู่ในเกณฑ์ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ที่กำหนดไว้ที่ $\geq$ 0.4 เมกะพาสคัล โดยแผ่นประกอบความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าต่ำที่สุด คือ 0.1 เมกะพาสคัล ส่วนแผ่นประกอบความหนาแน่น 900 และ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าใกล้เคียงกันและสูงที่สุด คือ 0.38 และ 0.39 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ต่ำกว่ามาตรฐานถือว่าเป็นผลเสียต่อค่าคุณสมบัติเชิงกลด้านความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T.

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การนำผลการทดสอบไปใช้

1. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากการทดสอบนี้ไม่ควรนำไปใช้ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) และข้อมูลมีการกระจายตัวมาก โดยพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. แผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องรับแรงกระทำทางด้านแรงดัดและแรงดึงที่มีค่ามาก เพราะแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ไม่อยู่ในเกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) แต่สามารถที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทนต่อความชื้นและกันน้ำ รวมทั้งผลิตภัณฑ์จำพวกของตกแต่งได้ เช่น กระเป๋า นาฬิกา กรอบรูป กล่องใส่นามบัตร และชิ้นส่วนเสริมงานเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 แนวทางในการพัฒนาแผ่นประกอบ

1. การผลิตแผ่นประกอบจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ขนาดของชิ้นกล่องเครื่องดื่มที่ตัดย่อยควรมีขนาดที่สม่ำเสมอ และในการโรยชิ้นกล่องเครื่องดื่ม ควรโรยให้ทั่วกระจายและต้องควบคุมการโรยให้ได้ความสูงของแผ่นมีระดับเดียวกันตลอดทั้งแผ่น ซึ่งจะทำให้แผ่นประกอบมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันทั้งแผ่นมากขึ้น
2. การพัฒนาแผ่นประกอบที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ควรมีการปรับปรุงเพื่อให้คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นประกอบดีขึ้น อาจมีการนำวัสดุอื่นเข้ามาผสม เนื่องจากกล่องเครื่องดื่ม U.H.T. ประกอบด้วยกระดาษ 75% โพลิเอทิลีน 20% และอะลูมิเนียมฟอยล์ 5% ซึ่งปริมาณโพลิเอทิลีนที่มีอยู่อาจไม่เพียงพอในการใช้เป็นตัวประสานให้วัสดุมีการยึดติดกันได้ดีนัก และการกำหนดสภาวะในการผลิต ควรเลือกระดับความหนาแน่นไม่ใกล้เคียงกัน
3. การพัฒนาแผ่นประกอบในครั้งต่อไป น่าจะมีการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทอื่นๆ มาใช้ในการผลิตเป็นแผ่นประกอบ และในการเลือกวัสดุใด ควรมีการศึกษาถึงองค์ประกอบและคุณสมบัติของวัสดุนั้นว่าเหมาะที่จะนำมาผลิตเป็นแผ่นประกอบหรือไม่ นอกจากนี้ควรคำนึงถึงเรื่องของการใช้ตัวประสานหรือกาว เพราะกาวแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ควรมีการเลือกใช้ให้ถูกต้อง จึงจะได้แผ่นประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- กาญจนา ทุมมานนท์. แผ่นเปลวอะลูมิเนียม. 2547. <http://www.mew6.com/composer/package/package_36.php>.
- การรีไซเคิลกล่องเครื่องดื่ม. 2552. <http://www.thaikids-recycle.com/intro/ knowledge2.php>.
- เกศินี จิรวณิชชากร, 2552. ชีวิตหลังกล่องนม. นิตยสารสารคดี 25 ฉบับที่ 289 : 112-117.
- กรีนบอร์ด วัสดุทดแทนไม้จากกล่องเครื่องดื่มรีไซเคิล. 2552. <http://www.green.in.th/blog/design/1530>.
- กรมควบคุมมลพิษ. สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ.2551. 2551. <http://www.pcd.go.th/ public/ Publications/print_report.cfm?task=report2551>.
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. ฟิล์มพลาสติก สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร. 9 มกราคม 2547.<http://www.ryt9.com/s/ryt9/ 126572>.
- กล่องเครื่องดื่มยูเอชที ก็ขายได้แล้ว. 2551. <http://www.oknation.net/blog/print.php?id=273835>.
- ชมรมผู้ผลิตกล่องเครื่องดื่ม. ข้อมูลกล่องเครื่องดื่ม. 2552. <http://www.thaibcg.com/information/>.
- ทรงกลด จารุสมบัติ และวรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2541. การนำกล่องนม U.H.T. กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของแผ่นประกอบ. วารสารวนศาสตร์ 1 ฉบับที่ 18 : 64-72.
- ทรงกลด จารุสมบัติ และวรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2544. ศักยภาพของวัตถุดิบทดแทนไม้สำหรับแผ่นประกอบ (กรณีศึกษาใบไม้แห้ง). ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม : 292-299.
- ทรงกลด จารุสมบัติ, 2545. คุณสมบัติของแผ่นประกอบที่ผลิตจากภาชนะบรรจุนม. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545 ด้านวัสดุทดแทนไม้ : 152-159.
- บริษัท พรพรหมเม็ททอล จำกัด (มหาชน). อลูมิเนียมฟอยล์. 2551. <http://www.ppm.co.th/product_p.php?id=3>.
- บริษัท ยูนิฟอยล์ จำกัด. วาเลนไทน์ฟอยล์. 2552. <http://www.unifoil-thailand.com>.
- บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด. ทำไมต้องกล่อง. 2552. <http://www.ampolfood.com/csr/index.php/recycle/ why- box>.
- บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. โพลิเมอร์คอมโพสิต. 2549. <http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task =view&id=79&Itemid=36>.
- บรรเลง ศรนิล, 2548. เทคโนโลยีพลาสติก (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น).
- ปรีชา เกียรติกระจาย, 2531. กาวและการยึดติดไม้. โครงการเผยแพร่ความรู้ทางวนผลิตภัณฑ์ : 171-180.
- พันธพงศ์ ตั้งธีระสุนันท์. วัสดุคอมโพสิท. 2549. <http://www.nia.or.th/innolinks/200606/innovambassador.htm>.
- พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, 2538. พลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ : ห.จ.ก.ป.สัมพันธ์พาณิชย์.
- มูลนิธิอาสาเพื่อนพึ่ง (ภาฯ) ยามยาก. โลกร้อนกับการรีไซเคิล. 2552. <http://www.greenroof.in.th/globalwarming/ recycling>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โรงเรียนนายเรืออากาศ กองวิชาวิทยาศาสตร์. วัสดุผสม Composite Materials. <http://www.rtafa.ac.th/science/KM/AeroMat/KM-Composites.pdf>.
- สุมาลี มุงคุณคำชาว. 12..จิตอาสาหากล่องนม สมทบครูโย่ง ครั้งที่ 2. 2553. <http://gotoknow.org/blog/rangaai/331104>.
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. วัสดุที่เรียกว่า "คอมโพสิต (composites)" คือวัสดุประเภทใด. 2553. <http://www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=169&Itemid=178>.
- เศกสิทธิ์ บุญเสริม, 2547. การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(วนศาสตร์) สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมชาย บุญพิทักษ์, 2547. การศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้. ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.
- อิทธิพล. 2544. <http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2290/7/282411_ch2.pdf>.
- Abreu, Mario. Recycling of Tetra Pak Aseptic Cartons. Markham, Canada, 2001.
- Aluminium foil. 2010. <http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium_foil>.
- Department of Industrial Promotion. ขยะบรรจุภัณฑ์ ผลพวงที่ต้องรับผิดชอบ. 24 มีนาคม 2546. <http://library.dip.go.th/multim/edoc/09686.doc>.
- Erkliğ, Ahmet. ME 429 Introduction to Composite Materials. <http://www1.gantep.edu.tr/~erklig/me429/introduction.ppt>.
- Polyethylene. 2010. <http://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ค่าการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 1 ค่าการทดสอบความหนาแน่นที่ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร						
ตัวอย่าง ชิ้นทดสอบ	ขนาด (มิลลิเมตร)			มวล (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
	กว้าง	หนา	ยาว			
1	51.10	9.00	51.30	19.38	23,592.87	821.43
2	50.90	9.10	51.35	19.43	23,854.74	816.91
3	51.05	9.10	51.55	19.55	23,947.81	816.36
4	51.25	9.40	51.40	19.58	24,761.95	790.73
5	50.80	9.20	50.90	18.83	23,788.62	791.55
6	50.90	9.20	51.30	19.63	24,022.76	817.14

ตารางที่ ผ 2 ค่าการทดสอบความหนาแน่นที่ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร						
ตัวอย่าง ชิ้นทดสอบ	ขนาด (มิลลิเมตร)			มวล (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
	กว้าง	หนา	ยาว			
1	51.40	9.30	51.50	22.83	24,618.03	927.37
2	51.00	9.20	51.45	23.19	24,140.34	960.63
3	51.10	9.30	51.20	22.67	24,331.78	931.70
4	51.05	9.50	51.35	23.79	24,903.47	955.29
5	50.90	9.65	51.25	24.73	25,173.23	982.39
6	51.30	9.50	51.20	24.55	25,001.06	981.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 3 ค่าการทดสอบความหนาแน่นที่ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร						
ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	ขนาด (มิลลิเมตร)			มวล (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
	กว้าง	หนา	ยาว			
1	51.05	10.35	51.15	25.64	27,026.00	948.72
2	50.25	10.90	51.30	25.82	28,098.29	918.92
3	51.20	9.40	51.25	25.18	24,665.60	1,020.86
4	51.40	9.90	51.45	25.48	26,180.85	973.23
5	50.90	9.65	51.20	25.04	25,148.67	995.68
6	51.10	10.30	51.20	25.20	26,948.10	935.13

ตารางที่ ผ 4 ค่าการทดสอบปริมาณความชื้นที่ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร			
ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	มวลก่อนอบ (กรัม)	มวลหลังอบแห้ง (กรัม)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1	19.38	18.72	3.52
2	19.43	18.75	3.62
3	19.55	18.86	3.66
4	19.58	18.85	3.87
5	18.83	18.14	3.80
6	19.63	18.95	3.59

ตารางที่ ผ 5 ค่าการทดสอบปริมาณความชื้นที่ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร			
ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	มวลก่อนอบ (กรัม)	มวลหลังอบแห้ง (กรัม)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1	22.83	22.09	3.35
2	23.19	22.48	3.16
3	22.67	21.93	3.37
4	23.79	23.07	3.12
5	24.37	24.01	3.00
6	24.55	23.82	3.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 6 ค่าการทดสอบปริมาณความชื้นที่ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร			
ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	**มวลก่อนอบ (กรัม)**	**มวลหลังอบแห้ง (กรัม)**	**ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)**
1	25.64	24.85	3.18
2	25.82	24.96	3.45
3	25.18	24.48	2.86
4	25.48	24.72	3.07
5	25.04	24.32	2.96
6	25.20	24.38	3.36

ตารางที่ ผ 7 ค่าการทดสอบการพองตัวตามความหนาที่ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร			
ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	**ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)**	**ความหนาหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)**	**การพองตัวตามความหนา (เปอร์เซ็นต์)**
1	8.51	8.83	3.76
2	8.55	8.95	4.68
3	8.76	9.16	4.57
4	9.01	9.38	4.11
5	8.78	9.15	4.21
6	8.95	9.29	3.80
7	8.93	9.26	3.70
8	8.88	9.20	3.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 8 ค่าการทดสอบการพองตัวตามความหนาที่ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร			
ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)	ความหนาหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)	การพองตัวตามความหนา (เปอร์เซ็นต์)
1	9.05	9.35	3.31
2	9.18	9.41	2.51
3	9.05	9.35	3.31
4	9.21	9.48	2.93
5	9.20	9.44	2.61
6	9.15	9.46	3.39
7	9.11	9.39	3.07
8	9.16	9.48	3.49

ตารางที่ ผ 9 ค่าการทดสอบการพองตัวตามความหนาที่ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร			
ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)	ความหนาหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)	การพองตัวตามความหนา (เปอร์เซ็นต์)
1	10.70	11.00	2.80
2	10.95	11.24	2.65
3	9.48	9.74	2.74
4	9.48	9.75	2.85
5	9.58	9.86	2.92
6	9.89	10.13	2.43
7	10.00	10.31	3.10
8	10.20	10.54	3.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 10 ค่าการทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นที่ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร				
	ขนาด (มิลลิเมตร)		แรงกดสูงสุด (กิโลนิวตัน)	ความต้านแรงดัด (เมกะพาสคัล)	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)
	กว้าง	หนา			
1	51.10	8.95	0.1710	8.40	392.4
2	51.10	8.85	0.1812	9.10	458.8
3	51.10	9.00	0.1758	8.54	407.1
4	50.75	9.00	0.1694	8.41	396.2
5	51.35	9.00	0.1753	8.60	383.9
6	50.85	9.10	0.1232	5.97	265.5
7	51.10	9.45	0.2097	9.51	422.6
8	51.25	9.00	0.1917	9.56	441.6
9	50.90	9.00	0.2005	10.07	426.4
10	50.80	9.00	0.2169	10.75	514.0
11	51.10	8.85	0.1842	9.39	415.1
12	50.40	9.20	0.1340	6.41	253.6

ตารางที่ ผ 11 ค่าการทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นที่ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร				
	ขนาด (มิลลิเมตร)		แรงกดสูงสุด (กิโลนิวตัน)	ความต้านแรงดัด (เมกะพาสคัล)	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)
	กว้าง	หนา			
1	51.35	9.15	0.3251	15.99	669.4
2	51.10	9.50	0.3297	15.12	660.3
3	50.60	9.40	0.3286	15.54	643.3
4	51.30	9.30	0.2881	13.64	858.9
5	51.30	9.40	0.3227	14.95	817.8
6	50.40	9.25	0.3009	14.65	674.2
7	51.20	9.30	0.3109	14.74	665.6
8	51.25	9.00	0.3184	16.11	844.9
9	50.70	9.60	0.2341	10.52	459.3
10	50.85	10.00	0.2593	11.70	513.8
11	50.90	10.25	0.2583	11.09	557.7
12	51.25	10.25	0.2975	12.68	572.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 12 ค่าการทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นที่ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร				
	ขนาด (มิลลิเมตร)		แรงกดสูงสุด (กิโลนิวตัน)	ความต้านแรงดัด (เมกะพาสคัล)	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)
	กว้าง	หนา			
1	51.10	10.30	0.3015	13.01	828.9
2	51.30	10.30	0.2827	12.15	803.3
3	50.95	10.40	0.2983	12.67	787.3
4	51.35	9.40	0.3563	16.73	780.8
5	51.30	9.55	0.3385	15.41	812.4
6	51.50	9.30	0.3544	16.95	795.5
7	51.45	9.80	0.2561	11.58	696.6
8	51.10	10.05	0.3163	13.70	780.0
9	49.80	9.90	0.2883	13.20	733.0
10	51.00	9.45	0.3592	16.80	776.3
11	51.25	9.35	0.3592	17.08	789.7
12	51.20	9.45	0.3256	15.17	701.2

ตารางที่ ผ 13 ค่าการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	ความหนาแน่น 750 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร			
	ขนาด (มิลลิเมตร)		แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)
	กว้าง	ยาว		
1	50.20	51.20	215.82	0.08
2	50.80	51.00	343.35	0.13
3	50.40	51.20	215.82	0.08
4	51.00	51.15	245.25	0.09
5	50.90	51.35	284.49	0.11
6	50.90	51.35	284.49	0.11
7	50.00	51.20	274.68	0.11
8	51.00	51.30	225.63	0.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 14 ค่าการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	ความหนาแน่น 900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร			
	ขนาด (มิลลิเมตร)		แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)
	กว้าง	ยาว		
1	51.10	51.20	912.33	0.35
2	50.35	51.35	882.90	0.34
3	50.70	51.10	922.14	0.36
4	51.10	51.30	794.61	0.30
5	51.00	51.00	706.32	0.27
6	50.10	51.10	843.66	0.33
7	51.10	51.30	1,020.24	0.39
8	50.50	51.20	961.38	0.37

ตารางที่ ผ 15 ค่าการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ	ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร			
	ขนาด (มิลลิเมตร)		แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)
	กว้าง	ยาว		
1	50.25	51.35	990.81	0.38
2	50.20	51.30	1,000.62	0.39
3	51.40	51.40	902.52	0.34
4	51.25	51.50	863.28	0.33
5	50.95	51.25	1,069.29	0.41
6	50.40	51.25	892.71	0.35
7	51.30	51.30	951.57	0.36
8	50.10	51.10	882.90	0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้