รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้เศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตเป็นวัสดุผสมสำหรับ
ผลิตไม้เทียมขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง
Using Poly Ethylene Terephthalate Plastic Waste as Mixture to
Produce High Strength Milk Carton Waste Artificial Wood

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล
ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา
ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2559
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิต เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อทดสอบคุณสมบัติ เพื่อแนะนำแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ และเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ใช้อัตราส่วนของแผ่นไม้เทียมประกอบด้วย เศษกระดาษกล่องนม: เศษพลาสติก PET เท่ากับ 80:20, 75:25, 70:30, 65:35 และ 60:40 โดยน้ำหนัก บดเศษขยะกล่องนมและเศษพลาสติก PET ให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ขึ้นรูปแผ่นไม้เทียมด้วยเครื่องอัดร้อน ความหนา 6 มิลลิเมตร โดยใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 966-2547 จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน 60:40 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยมีคุณสมบัติต่างๆ ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ผลของการเพิ่มปริมาณเศษพลาสติก PET มีผลทำให้ความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวตามความหนามีค่าลดต่ำลง ส่วนความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้น แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่พัฒนาเป็นวัสดุที่เหมาะสำหรับการนำไปตกแต่งหรือก่อสร้างผนังอาคารทั้งภายในและภายนอก นอกจากนี้ ผลงานที่ได้สามารถยื่นขอรับอนุสิทธิบัตรและเขียนบทความเพื่อเป็นการเผยแพร่และถ่ายทอดเทคโนโลยี

คำสำคัญ ไม้เทียม, ขยะกล่องนม, พลาสติก, โพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต, นำกลับมาใช้ใหม่

Abstract

The objectives of this research are to study the production, to find the proper ratio, to test the properties, to suggest the implementation, and to transfer the technology of high strength milk carton waste artificial wood mixed with poly ethylene terephthalate (PET) plastic waste. The ratios of this artificial wood included milk carton waste: PET plastic waste equal to 80:20, 75:25, 70:30, 65:35 and 60:40 by weight. The milk carton and PET plastic wastes were grinded though sieve no.4. The artificial woods were casted by hot compression with 180 degree of Celsius for 5 minutes. The samples tested follow the TIS.966-2547 standard. From the results, the 60:40 of ratio was the proper ratio which can pass the standard. The increasing of PET waste effected to decrease the density, moisture, and swelling of properties. In case of bending strength, elastic modulus, and tensile strength perpendicular to surface, the increasing of PET effected to decrease their properties. The developed artificial wood mixed with milk cotton waste and PET plastic waste has the possibility to implement in decoration and construction both interior and exterior wall building. These results can register the petty patent and write the research paper which to transfer the technology.

Keywords Artificial Wood, Milk Carton Waste, Plastic, Poly Ethylene Terephthalate, Recycle

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การผลิตไม้อัด	4
2.2 กรรมวิธีการผลิตไม้อัดสลับชั้น	4
2.3 กรรมวิธีการผลิตไม้อัดแผ่นเรียบ	5
2.4 ไม้อัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	6
2.5 ประเภทของแผ่นไม้อัด	7
2.6 กาวสำหรับประสานไม้	8
2.7 ไม้ประกอบ	9
2.8 ประเภทของวัสดุไม้ประกอบ	9
2.9 ไม้ประกอบพลาสติกในมุมมองของนักวัสดุศาสตร์	13
2.10 กระบวนการขึ้นรูปไม้ประกอบ	15
2.11 สมบัติของแผ่นไม้ประกอบ	15
2.12 สมรรถนะการใช้งานของแผ่นไม้ประกอบ	16
2.13 กระดาษกล่องนม	17
2.14 การบรรจุเครื่องดื่มลงในกระดาษกล่องนม	18
2.15 การแยกกระดาษกล่องนมเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่	21
2.16 พอลิเมอร์	21
2.17 ชนิดของพอลิเมอร์	22
2.18 พอลิเมอไรเซชัน	22
2.19 โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์	23
2.20 พลาสติก	24
2.21 ประเภทของพลาสติก	24
2.22 คุณสมบัติของพลาสติก	25
2.23 ผลิตภัณฑ์พลาสติก	25
2.24 พลาสติกรีไซเคิล	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.25 สมบัติทางกลของเทอร์โมพลาสติก	30
2.26 กระบวนการผลิตวัสดุพลาสติก	30
2.27 สมมติฐาน	32
2.28 กรอบแนวความคิด	32
2.29 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	37
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย	37
3.2 การเตรียมวัสดุในการทำวิจัย	42
3.3 การออกแบบอัตราส่วนผสม	46
3.4 การขึ้นรูปตัวอย่าง	46
3.5 การทดสอบสมบัติ	48
3.6 ยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา	53
3.7 การเขียนบทความเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย	53
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	54
4.1 ผลการทดสอบลักษณะโดยทั่วไป	54
4.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น	56
4.3 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น	57
4.4 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา	57
4.5 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด	58
4.6 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น	59
4.7 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	60
4.8 ผลการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	61
4.9 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	63
4.10 ผลการทดสอบใช้งานจริง	64
4.11 ผลการยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา	67
4.12 ผลการเขียนบทความเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย	67
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุป	68
5.2 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	71
ก มาตรฐาน มอก.966-2547 เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง	
ข ร่างคำขอรับอนุสิทธิบัตร	
ค ร่างบทความสำหรับเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์	

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กรรมวิธีการผลิตไม้อัดสลับชั้น (Plywood)	5
2.2	กรรมวิธีการผลิตไม้อัดแผ่นเรียบวิธีที่ 1	6
2.3	คานไม้พลาสติกรูปตัวไอ	10
2.4	แผ่นไม้ประกอบแบบ Oriented Strand Board (OSB)	10
2.5	แผ่นไม้ประกอบแบบ Oriented Strand Board (OSB)	10
2.6	แผ่นไม้ประกอบแบบ Structural Insulated Panel (SIPS)	11
2.7	แผ่นไม้ประกอบแบบ Particleboard	11
2.8	แผ่นไม้ประกอบแบบ MDF	12
2.9	แผ่นไม้ประกอบแบบ Wood-plastic composite (three-dimensional)	12
2.10	แผ่นไม้ประกอบแบบ Wood-plastic composite (three-dimensional)	13
2.11	การทนต่ออุณหภูมิของไม่ประกอบ	14
2.12	โครงสร้างลำต้นของต้นไม้	14
2.13	เม็ดผสมของไม้พลาสติก	15
2.14	กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บสั้น (Short-life products)	17
2.15	กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาว (Long-life products)	18
2.16	ระบบการบรรจุแบบปลอดเชื้อของ TetraBrik	19
2.17	เครื่องบรรจุสำหรับบรรจุภัณฑ์ ชนิด Tetrahedral carton	19
2.18	บรรจุภัณฑ์ชนิด Tetrahedral carton	20
2.19	เครื่องบรรจุสำหรับบรรจุภัณฑ์ชนิด Gable–top cartons	20
2.20	โครงสร้างพอลิเมอร์แบบสายยาวหรือสายโซ่	23
2.21	โครงสร้างพอลิเมอร์แบบสาขาหรือแขนง	23
2.22	โครงสร้างพอลิเมอร์แบบร่างแห	24
2.23	ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Poly Ethylene Terephthalate, PET)	27
2.24	ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)	27
2.25	ผลิตภัณฑ์โพลิไวนิลคลอไรด์ (Poly Vinyl Chloride), PVC)	28
2.26	ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE)	28
2.27	ผลิตภัณฑ์โพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP)	29
2.28	ผลิตภัณฑ์โพลิสไตรีน (Polystyrene, PS)	29
2.29	พลาสติกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก	29
2.30	กรอบแนวความคิดของแผ่นไม้เทียม	33
3.1	ขยะกล่องนมชนิด Long-life products	37
3.2	เศษขยะกล่องนมชนิด Long-life products ที่ผ่านการบดหยาบแล้ว	37
3.3	ขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET)	38
3.4	เครื่องบดพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 4	38
3.5	เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบอัดร้อน	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.6	แบบหล่อแผ่นพลาสติก	39
3.7	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์พร้อมแท่นทดสอบความต้านทานแรงดัด	39
3.8	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์พร้อมมือจับทดสอบความต้านทานแรงดึง	40
3.9	แท่งเหล็กยึดแผ่นพลาสติกสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	40
3.10	กาวติดเหล็กสำหรับยึดผิวหน้าแผ่นพลาสติกกับแท่งเหล็ก	40
3.11	เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	41
3.12	ไมโครมิเตอร์	41
3.13	ตู้อบและไล่ความชื้นแบบปรับอุณหภูมิได้	42
3.14	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	42
3.15	การติดตั้งตะแกรงเบอร์ 4 ลงในเครื่องบดย่อยพลาสติก	43
3.16	การใส่เศษกระดาษกล่องนมลงในเครื่องบดย่อยเพื่อลดขนาด	43
3.17	เศษกระดาษกล่องนมก่อนและหลังการบดย่อยด้วยเครื่องบดย่อยพลาสติก	43
3.18	การใส่ขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ลงในเครื่องบดย่อยเพื่อลดขนาด	44
3.19	เศษขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่บดย่อยแล้ว	44
3.20	ภาพขยายด้านข้างของเศษกระดาษกล่องนมจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า	45
3.21	ภาพขยายของเศษกระดาษกล่องนมจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า	45
3.22	ภาพขยายของเศษกระดาษกล่องนมจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 500 เท่า	46
3.23	การใส่เศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ลงในแบบหล่อ	47
3.24	เครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นพลาสติกด้วยความร้อน	47
3.25	การอัดขึ้นรูปแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET	47
3.26	แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่อัดขึ้นรูปแล้ว	48
3.27	แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่นำออกจากแบบหล่อแล้ว	48
3.28	แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน	49
3.29	การชั่งน้ำหนักแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET	49
3.30	การแช่น้ำแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET	49
3.31	การวัดการพองตัวของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ด้วยไมโครมิเตอร์	50
3.32	การนำแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เข้าเครื่อง UTM	50
3.33	การทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET	50
3.34	การตัดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	51
3.35	อุปกรณ์สำหรับเตรียมการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	52
3.36	การติดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET กับแท่งเหล็ก	
3.37	การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.38	การวิบัติของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	52
3.39	ลักษณะเนื้อของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่วิบัติจากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	52
3.40	แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 3 ขนาด	53
4.1	ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 80:20	54
4.2	ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 75:25	54
4.3	ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 70:30	55
4.4	ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 65:35	55
4.5	ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40	55
4.6	ความหนาแน่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ	56
4.7	ปริมาณความชื้นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ	57
4.8	การพองตัวตามความหนาของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ	58
4.9	ความต้านทานแรงดัดของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ	59
4.10	มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ	60
4.12	ผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 35 เท่า	61
4.13	ผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 150 เท่า	62
4.14	ผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า	62
4.15	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ	63
4.16	การทดสอบตัดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ด้วยเลื่อยไฟฟ้า	64
4.17	การทดสอบเจาะแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ด้วยสว่านไฟฟ้า	64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.18	การขันตะปูเกลียวปลายปล่อยลงในแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ด้วยสว่านไฟฟ้า	65
4.19	แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่ยึดด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย	65
4.20	การยึดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เข้ากับโครงคร่าว	65
4.21	แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่ยึดเข้ากับโครงคร่าว	66
4.22	การวัดขนาดสำหรับเตรียมตัดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET	66
4.23	ผนังที่ตกแต่งด้วยแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET	66
4.24	การใช้งานแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เป็นผนังอาคาร	67

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบชนิดของพอลิเมอร์และโมโนเมอร์	22
2.2	ผลของการเติมแต่งสารที่มีต่อพลาสติก	26
2.3	สมบัติทางกลของเทอร์โมพลาสติก	30
4.1	ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก.966-2547	56

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

แผ่นไม้เทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายกลุ่มอุตสาหกรรม โดยอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นประตูและอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าตลาดสูงสุด รองลงมาคือ อุตสาหกรรมผลิตตู้ลำโพงและคอนโซลรถยนต์ ทำให้คาดว่า จะมีปัญหาขาดแคลนและราคาเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นแผ่นปาร์ติเกิล (Partical board), แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hard board) และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density fiber board : MDF) (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2536) คาดว่า ในปี 2560 ประเทศไทยและทั่วโลก จะมีความต้องการแผ่นไม้เทียมเพิ่มขึ้นถึง 1.93 ล้านลูกบาศก์เมตร เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น โดยเฉพาะแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเป็นแผ่นใยไม้อัดชนิดอัดแน่น (Compressed fiberboard) ชนิดหนึ่ง ผลิตจากการนำเอาวัสดุไม้หรือวัสดุที่มีเซลลูโลสหรือลิกนินเป็นองค์ประกอบหลักมาย่อยสลายให้เป็นเส้นใย แล้วนำมาผสมกับสารยึดติดและสารเติมแต่งอื่น จากนั้นอัดรวมกันเป็นแผ่นที่มีความหนาแน่นตลอดทั้งแผ่นอย่างสม่ำเสมอ (วรธรรม, 2546ก) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางนี้ มีความได้เปรียบแผ่นไม้อัดประเภทอื่นของทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิต เนื่องจากความหลากหลายในการประยุกต์ใช้งานที่มากกว่าชนิดอื่นๆ (ธวัช, 2551)

แผ่นไม้เทียมที่มีพลาสติกเป็นสารเชื่อมประสานหลัก กำลังเข้ามามีบทบาทและเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น เนื่องจากมีความทนต่อความชื้น ไม่เกิดการพองตัว และปลวกหรือแมลงไม่กัดกิน (วรธรรม, 2547) เมื่อพิจารณาสถานการณ์พลาสติกในปัจจุบัน พบว่า พลาสติกถูกทิ้งเป็นขยะภายในชุมชนท้องถิ่นค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็นขยะกระดาษกล่องนม และขยะเศษพลาสติกอื่นๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม น้ำมันพืช และเครื่องสำอาง เป็นต้น ทั้งนี้ เศษกระดาษกล่องนม (Waste cartons milk) ถูกทิ้งเป็นขยะมากถึง 4 แสนกล่องต่อวัน (บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, 2553) โดยตัวกล่องนมมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เชื่อมติดกันเป็นชั้น ผิวหน้าถูกพิมพ์ด้วยหมึกต่างๆ ผลิตจากกระดาษ (Paper) โพลีเอทธิลีน (Poly- ethylene) และแผ่นอลูมิเนียม (Aluminium foil) ยากต่อการย่อยสลาย แม้ว่าจะมีการนำกลับมาใช้ผลิตเป็นเยื่อเวียนสำหรับผลิตกระดาษพิมพ์และเขียน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544) แต่ก็ค่อนข้างยุ่งยาก และใช้ต้นทุนสูง เช่น การกระจายเยื่อ การแยกหมึกพิมพ์ และการฟอกขาวเยื่อ เป็นต้น รวมทั้งไม่สามารถใช้ประโยชน์จากสมบัติของกระดาษกล่องนมที่มีน้ำหนักเบา คงทน ยืดหยุ่นสูง และทึบน้ำได้ การนำกลับไปใช้ใหม่จึงควรนำไปใช้โดยตรง นอกจากนี้ พลาสติกจำพวกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ก็มีปริมาณมากเช่นเดียวกันจากการบริโภคน้ำดื่มขวด PET ที่เพิ่มขึ้น

หากมีการนำขยะพลาสติกทั้งกล่องนมและขวดน้ำ PET มาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นไม้เทียมซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของตลาด จะเป็นการสร้างงาน-สร้างรายได้ให้กับชุมชน นอกจากนี้ ยังเป็นการลดปริมาณขยะที่ไม่ค่อยมีการนำไปใช้ประโยชน์หรือการรีไซเคิลอีกด้วย โดยแผ่นไม้เทียมที่พัฒนาขึ้นนี้ จะมีส่วนประกอบหลัก คือ เศษขยะกล่องนม เนื่องจากไม่สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ และมีการใช้พลาสติกขวดน้ำ PET ในการเสริมความแข็งแรงเท่านั้น เพราะพลาสติก PET เป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่น และการทนต่อการผ่านของก๊าซและความชื้นได้ดี แผ่นไม้เทียมดังกล่าว จึงมีแนวโน้มต้นทุนที่ต่ำ ทนทาน และสามารถนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย ช่วยเพิ่มมูลค่าให้ขยะกระดาษและพลาสติก ลดการตัดไม้ทำลายป่าได้ดี

โครงการ การใช้เศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตเป็นวัสดุผสมสำหรับผลิตไม้เทียมขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง เป็นการพัฒนากรรมวิธีการผลิตที่สามารถผลิตในเชิงอุตสาหกรรม โดยศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับขนาดของวัสดุ สัดส่วนของวัสดุ ลำดับและขั้นตอนการขึ้นรูป อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ การทดสอบสมบัติที่จำเป็นในการใช้งานและมาตรฐานผลิตภัณฑ์จำพวกแผ่นไม้เทียม การแนะนำและจำลองการใช้งานจริง และการนำไปใช้ประโยชน์ที่เป็นรูปธรรม หากการพัฒนาแผ่นไม้เทียมนี้สำเร็จ จะสามารถใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์ งานผนังอาคาร งานตู้ลำโพง และงานวัสดุตกแต่งต่างได้อย่างหลากหลาย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตที่มีความแข็งแรงสูง

1.2.2 เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตที่มีความแข็งแรงสูง

1.2.3 เพื่อทดสอบและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตที่มีความแข็งแรงสูง

1.2.4 เพื่อแนะนำแนวทางการใช้งานแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตที่มีความแข็งแรงสูง

1.2.5 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตที่มีความแข็งแรงสูงให้กับผู้สนใจ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 วิจัยแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต จำนวน 3 ขนาด ประกอบด้วย ขนาด 0.20 x 0.20 ตารางเมตร ขนาด 0.30 x 0.30 ตารางเมตร และขนาด 0.60 x 0.30 ตารางเมตร โดยใช้ความหนาตั้งแต่ 0.6 เซนติเมตร

1.3.2 ใช้กระดาษกล่องนมชนิด Long-life products ที่มีชั้นของวัสดุ ประกอบด้วย Exterior PE, Paper, Surlyn, Al–Foil, Surlyn และ Interior PE เป็นวัสดุหลัก และใช้เศษขวดหรือเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Poly Ethylene Terephthalate, PET) เป็นวัสดุเสริม

1.3.3 ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นไม้เทียม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

1.3.4 ทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียม ตามมาตรฐาน ASTM C 177 โดยส่งตัวอย่างทดสอบ ณ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.3.5 ผลิตและทดสอบตัวอย่างแผ่นไม้เทียม ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร หน่วยงานภาครัฐอื่นที่เกี่ยวข้อง ชุมชนท้องถิ่น และบริษัทที่ให้การสนับสนุน

1.3.6 ทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นไม้เทียม ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร หน่วยงานภาครัฐอื่นที่เกี่ยวข้อง ชุมชนท้องถิ่น และบริษัทที่ให้การสนับสนุน

1.3.7 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตที่มีความแข็งแรงสูงนั้น ไม่รวมถึงสาระสำคัญที่อยู่ในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ด้านวิชาการ

1) ทราบกระบวนการผลิตแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต

2) ทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต

3) ทราบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต

4) ทราบผลการใช้งานจริงของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต

5) สามารถเผยแพร่บทความวิจัยในงานประชุมสัมมนาวิชาการหรือวารสารภายในประเทศหรือต่างประเทศ

6) เข้าร่วมจัดนิทรรศการในงานที่เกี่ยวข้องกับด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

7) ยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

1.4.2 ด้านนโยบาย

1) ช่วยเป็นข้อมูลในการเสนอนโยบายการพัฒนาชุมชนขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่ต้องการบริหารจัดการขยะและต้องการวัสดุทดแทนไม้ที่สามารถใช้งานได้จริง

2) ส่งเสริมให้ชุมชนมีการบริหารจัดการขยะให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

3) ผู้ประกอบการวัสดุก่อสร้างให้ความสำคัญกับการผลิตแผ่นไม้เทียมจากวัสดุรีไซเคิลมากขึ้น

4) ลดการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำไปใช้ในงานก่อสร้าง

1.4.3 ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์

1) ได้ต้นแบบผลิตแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตสำหรับใช้ในเชิงพาณิชย์

2) เพิ่มรายได้ให้กับชุมชน ผู้ประกอบการ และผู้รับเหมาก่อสร้างที่ต้องการไม้เทียมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3) ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนให้กับอาคารประหยัดพลังงาน

4) ส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์แผ่นไม้เทียมจากวัสดุรีไซเคิลขยายผลสู่เชิงพาณิชย์

1.4.4 ด้านสังคมและชุมชน

1) ชุมชนที่สนใจได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต

2) สังคมสามารถลดการใช้พลังงานภายในอาคารและลดการทำลายสิ่งแวดล้อม

3) ส่งเสริมการนำวัสดุเหลือมาใช้งานใหม่

4) ใช้เป็นแนวทางในการสร้างชุมชนให้รักษาสิ่งแวดล้อม

1.4.5 หน่วยงานภาครัฐมีการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.4.6 หน่วยงานภาคเอกชนมีการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการ “การใช้เศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตเป็นวัสดุผสมสำหรับผลิตไม้เทียมขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง” สามารถสรุปได้ ดังนี้

2.1 การผลิตไม้อัด

ไม้อัด มี 3 ชนิด ด้วยกัน คือ ไม้อัดสลับชั้น (Plywood) ไม้อัดแผ่นเรียบ (Hard Board or Fibre Baard) และแผ่นชิ้นไม้อัด (Particle Board) แต่ขอกล่าวถึงการผลิตไม้อัดสลับชั้นและไม้อัดแผ่นเรียบ ซึ่งเกี่ยวข้องกับโครงการนี้โดยตรง สำหรับวัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตไม้อัดสลับชั้น ได้แก่ ไม้ซุง กาวเทป และแป้งมัน ส่วนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไม้อัดแผ่นเรียบ ได้แก่ เศษไม้ กาว และขี้ผึ้ง โดยมีแหล่งที่มา (วันทนา, 2533) คือ

1) ไม้ซุง จากองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้หรือสั่งไม้จากต่างประเทศ เช่น ประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซีย

2) กาว จากโรงงานผลิตภายในประเทศ และสั่งซื้อจากต่างประเทศ เช่น ประเทศอังกฤษ สาธารณรัฐเยอรมันตะวันตก อิตาลี สวีเดน และญี่ปุ่น

3) เทป สั่งซื้อจากต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และเนเธอร์แลนด์

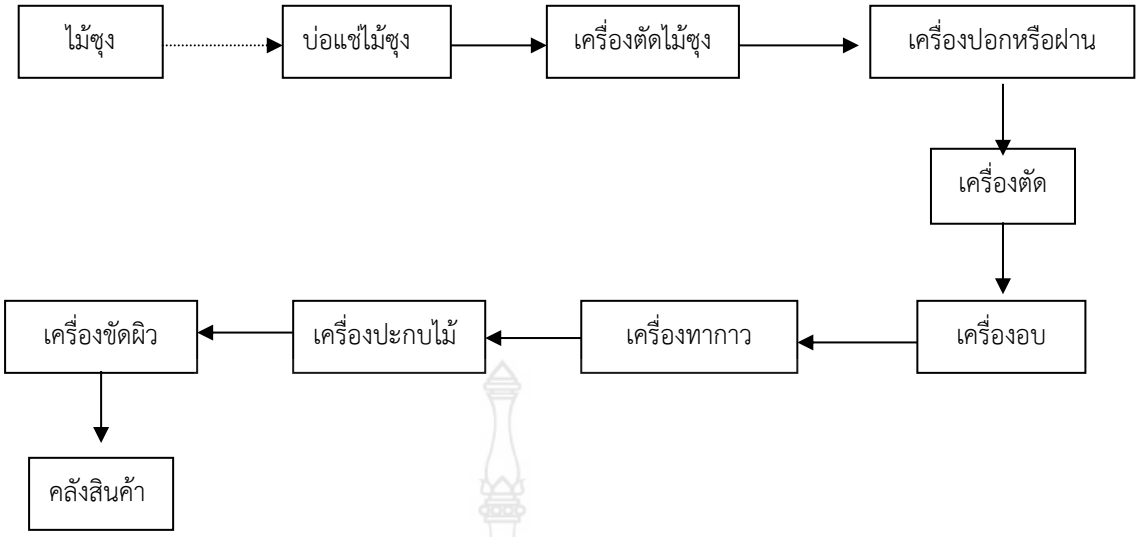
4) ขี้ผึ้ง จากโรงงานในประเทศและสั่งซื้อจากต่างประเทศ

5) แป้งมัน จากโรงงานในประเทศ

6) เศษไม้ จากโรงงานไม้แปรรูปภายในประเทศ

2.2 กรรมวิธีการผลิตไม้อัดสลับชั้น

การผลิตไม้อัดสลับชั้นจะต้องเริ่มตั้งแต่การผลิตไม้วีเนียร์ก่อน โดยการนำไม้ซุงทั้งท่อนแช่ในบ่อสำหรับต้มด้วยไอน้ำประมาณ 12-24 ชั่วโมง (แล้วแต่ความอ่อนแข็งของเนื้อไม้) เพื่อทำให้เนื้อไม้อ่อนตัวปอกง่าย และมีผิวเรียบ ไม้ที่ใช้ผลิตส่วนใหญ่ได้แก่ ไม้สัก ไม้ยาง ไม้สมพง ไม้สยา ไม้มะปิน ฯลฯ เมื่อต้มท่อนซุงได้ที่แล้ว จึงนำมาตัดเป็นท่อนสั้น ๆ ให้ได้ขนาดที่จะนำเข้าเครื่องปอกหรือเครื่องผ่านเพื่อปอกไม้ท่อนให้เป็นแผ่น ไม้วีเนียร์ เครื่องจักรจะปอกเนื้อไม้ออกเป็นแผ่นยาว ๆ ต่อจากนั้นจะเคลื่อนเข้าไปม้วนในลูกกลิ้ง แล้วนำไปเข้าเครื่องตัด เพื่อตัดออกเป็นแผ่นวีเนียร์ ต่อจากนั้นนำเข้าเครื่องอบประมาณ 1-2 นาที โดยใช้ความร้อนประมาณ 170 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นในเนื้อไม้ออกให้แห้งเท่ากับความชื้นในอากาศ ทั้งนี้ ป้องกันไม้ยืดและหดตัว และเพื่อให้แห้งพอดีที่จะติดกาวได้ ไม้วีเนียร์เมื่ออบแห้งแล้วนำมาต่อเป็นแผ่นโดยใช้เทปให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ แล้วนำเข้าเครื่องทากาวให้เสมอทั่วกันตลอดแผ่นปะกบไม้วีเนียร์เข้าด้วยกัน กาวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญยิ่งไม้อัดจะมีคุณภาพและความแข็งแรงคงทนมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณภาพของกาวเป็นสำคัญ การปะกบแผ่นไม้วีเนียร์จะต้องให้เส้นเนื้อไม้แผ่นบางแต่ละข้างสลับกันเป็นมุมฉากกันทุกแผ่น แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องขัด โดยใช้ความร้อน 120 องศาเซลเซียส (อยู่ในเครื่องประมาณ 2 นาที) และแรงอัดนี้ช่วยให้แผ่นวีเนียร์ที่ทากาวไว้แห้วสนิทติดเป็นแผ่นเดียวกัน กลายเป็นไม้อัดสลับชั้นและสงเข้าเครื่องขัดผิวให้เรียบ เพื่อตบแต่งให้สวยงาม (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2533)



รูปที่ 2.1 กรรมวิธีการผลิตไม้อัดสลับชั้น (Plywood) (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2533)

2.3 กรรมวิธีการผลิตไม้อัดแผ่นเรียบ

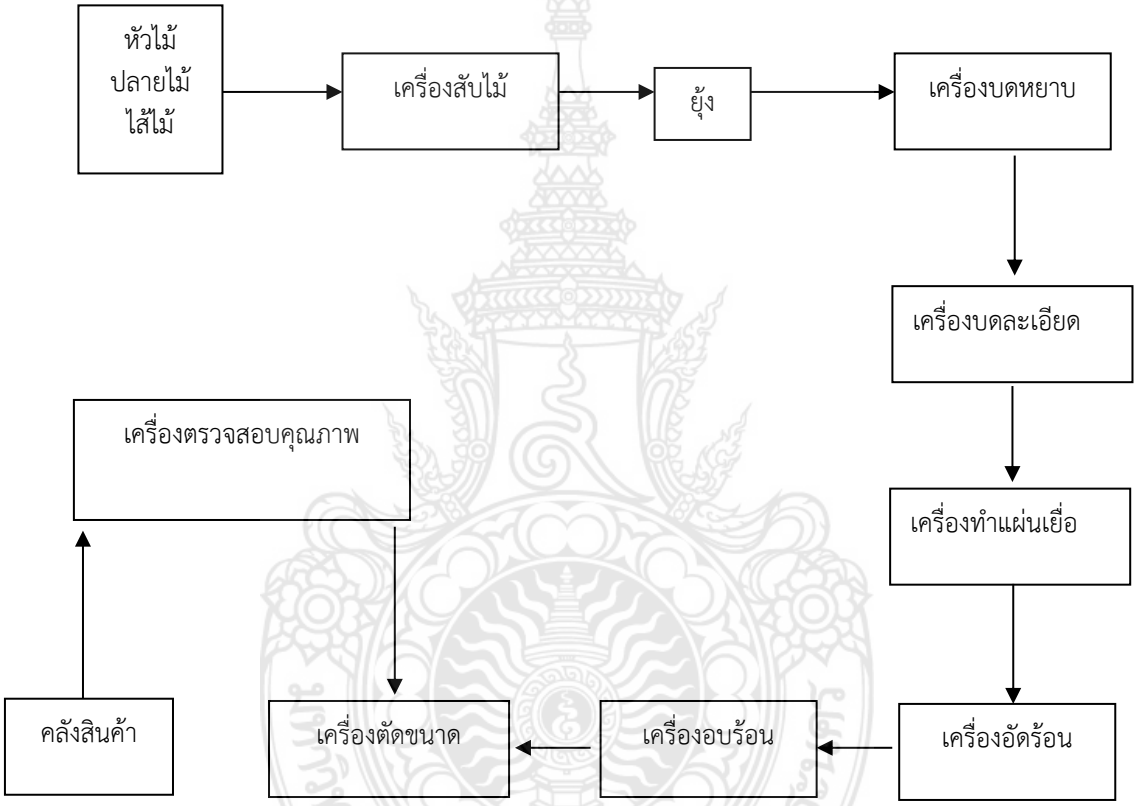
การผลิตไม้อัดแผ่นเรียบมีอยู่ 2 วิธี คือ

1) การผลิตไม้อัดแผ่นเรียบวิธีที่หนึ่ง คือ แผ่นไม้ที่ผลิตขึ้นจากการนำเอาสารประกอบลิกโนเซลลูโลส (ligro-Celluoss) หรือเยื่อซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในไม้มาทำเป็นแผ่นโดยนำมาอัดให้เป็นแผ่นตามที่ต้องการ เป็นการผลิตตามกรรมวิธีเปียก (Wet-Process) สำหรับลิกโนเซลลูโลสหรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า ไฟเบอร์ (Fiber) คือ ใยหรือเยื่อ ทำได้โดยนำเอาเศษไม้ชนิดและลักษณะต่างๆกัน สับให้ได้ขนาดพอเหมาะแล้วนำเข้านึ่งให้ร้อนจัดด้วยไอน้ำเพื่อให้อ่อนตัวในการนำไปบด เอาสารลิกโนเซลลูโลส เพื่อนำไปใช้ทำไม้อัดแผ่นเรียบต่อไป จากนั้นจะนำแผ่นเยื่อไปเข้าเครื่องอัดร้อน ด้วยแรงอัดสูงถึง 3,400 ตัน (50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม้น้อยกว่า 6 นาที เพื่ออัดเป็นแผ่นเรียบที่มีความแข็งก็จะส่งเข้าเตาอบความร้อนอีกประมาณ 4 ชั่วโมง ต่อจากนั้นก็นำเข้าปรับความชื้นอีก 8 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทานทานและให้คงรูปดีขึ้น เมื่อกรรมวิธีตามขั้นตอนต่างๆ ดังกล่าวแล้วจึงนำไม้อัดแผ่นเรียบไปตัดตามขนาดที่ต้องการและแยกชั้นคุณภาพตามผลการวิเคราะห์จากห้องวิจัยเพื่อนำออกจำหน่ายต่อไป (ณรงค์, 2517)

2) กรรมวิธีการผลิตไม้อัดแผ่นเรียบวิธีที่สอง คือ การผลิตตามวิธีแห้ง โดยนำไม้ต่าง ๆ เช่น เศษฟืนจากโรงเลื่อย ไม้ตะแบก ไม้เบญจพรรณ ที่เตรียมไว้ส่งไปตามร่างป้อนไม้ ใช้น้ำฉีด เพื่อล้างดินทรายที่สกปรกซึ่งติดมากับเศษไม้ แล้วป้อนเข้าเครื่องหั่นไม้ เพื่อหั่นให้เป็นชิ้นเล็กตามขนาดที่ต้องการ คือ ขนาดประมาณตั้งแต่ 1.5 เซนติเมตร, 1.0 เซนติเมตร และ 0.35 เซนติเมตร โดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 1นิ้ว x 1นิ้ว ส่วนที่โตเกินขนาดจะส่งกลับเข้าหั่นซ้ำอีก ส่วนที่เล็กเกินไปจะส่งไปเป็นเชื้อเพลิงผลิตไอน้ำสะเก็ดไม้ที่ได้ขนาดจะส่งเข้าไปเก็บไว้ในยุ้งเก็บ แล้วจะส่งสะเก็ดไม้ที่ได้ขนาดจากยุ้งเก็บเข้าหม้อต้มซึ่งใช้ไอน้ำประมาณ 10 - 20 นาที พร้อมกับฉีดขี้ผึ้งที่ละลายเข้าผสมกับสะเก็ดไม้ในเครื่องบด เพื่อบดสะเก็ดไม้จากหม้อต้มให้เป็นเส้นใยหรือเรียกว่า ไฟเบอร์ พร้อมทั้งฉีดกาวสังเคราะห์ซึ่งละลายน้ำแล้วเข้าผสมกับไฟเบอร์ในเครื่องบด ไฟเบอร์ในเครื่องบดจะมีความชื้นสูงจึงต้องผ่านเข้าเครื่องอบซึ่งเป็นท่อลมร้อน เพื่ออบให้เหลือความชื้นพอเหมาะ แล้วส่งเข้าเครื่องโรงแผ่นไฟเบอร์ จะโรยลงบนตะแกรงลวดทองแดงผสมกรรมวิธีการผลิตนี้เรียกว่า “Mat Forming Air Filter” แล้วส่งเข้าเครื่องอัดเย็นเพื่ออัดให้เป็นแผ่น และให้แต่ละแผ่นยาวประมาณ 16 ฟุต จึงส่งแผ่นที่อัดแล้วลงบนแผ่นรองรับ เพื่อส่งเข้าแท่นอัดร้อน อัดครั้งละ 12 แผ่น 4x16 ฟุต ใช้แรงอัดสูง ความร้อน 200-220 องศาเซลเซียส เวลาอัดประมาณ 4 นาที ส่งแผ่นฮาร์ด

บอร์ด ซึ่งออกจากแท่นอัดร้อนเข้าห้องป้อนความชื้นเพื่อให้แผ่นฮาร์บอร์ดมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์ 8 - 10% เมื่อแผ่นฮาร์บอร์ดได้รับความชื้นแล้วก็จะส่งเข้าเครื่องตัดริมตามขนาดกว้าง 4 ฟุต ยาว 8 ฟุต ความหนามีหลายขนาด แล้วจะส่งเข้าเก็บในโกดังสินค้า เพื่อรอจำหน่ายต่อไป (ณรงค์, 2517)

กรรมวิธีการผลิตทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะแตกต่างกัน คือ กรรมวิธีการผลิตวิธีที่ 2 เป็นวิธีการผลิตแบบแห้ง คือ เมื่อเส้นไฟเบอร์ผ่านเครื่องแยกไฟเบอร์ แล้วจะผ่านท่อลมร้อน โดยไฟเบอร์จะไม่มีน้ำผสมอยู่เลยเป็นการอัดแห้งและไม่ต้องมีตะแกรงรองรับภายใต้แผ่น ส่วนกรรมวิธีการผลิตวิธีที่ 1 เป็นวิธีการผลิตแบบเปียก คือ เมื่อชิ้นไม้ผ่านหม้อต้มและเครื่องแยกไฟเบอร์ แล้วเส้นไฟเบอร์ยังคงปนอยู่กับน้ำโดยยังไม่มีการโรยแผ่นซึ่งไฟเบอร์กับน้ำจะรวมตัวกันเข้าเครื่องทำแผ่น แล้วเข้าเครื่องอัดร้อนและท่อนอัด ซึ่งจะทำหน้าที่กดไฟเบอร์ เพื่อแยกน้ำออกภายใต้แผ่นจะต้องมีตะแกรงเพื่อให้น้ำออกได้



รูปที่ 2.2 กรรมวิธีการผลิตไม้อัดแผ่นเรียบวิธีที่ 1 (ณรงค์, 2517)

2.4 ไม้อัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เปลือกทุเรียนและใยมะพร้าว เป็นผลิตภัณฑ์ตัวหนึ่งที่ทดแทนการใช้ไม้จากธรรมชาติ และยังช่วยลดปริมาณขยะในสิ่งแวดล้อมลง โดยไม้อัดที่ทำได้จากเปลือกทุเรียนและใยมะพร้าวนี้ มีคุณสมบัติดีเทียบเท่ากับไม้อัดที่ทำจากไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งไม้เหล่านี้นับวันก็จะมีลดน้อยลงและราคาสูงขึ้น ตลาดไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นตลาดเดียวกับตลาดไม้อัดทั่วไป เนื่องจากไม้อัดชนิดนี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงสามารถทดแทนไม้อัดทั่วไปได้ค่อนข้างสมบูรณ ถึงแม้ว่าปัจจุบันการใช้ไม้อัดในภาคธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ มีแนวโน้มลดลง แต่การใช้ไม้อัดในภาคอุตสาหกรรมอื่น เช่น การผลิตเฟอร์นิเจอร์ ยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะเพื่อการสงออก จึงทำให้ไม้อัดมีแนวโน้มการใช้งานสูงขึ้น อีกทั้งตัวไม้อัดเองก็มีแนวโน้มการสง ออกสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ปัจจุบันมีผู้ผลิตไม้อัดจากไม้ต่างๆประมาณ 48 ราย ทั่วประเทศ แต่ยังไม่มีผู้ผลิตราย

ใดผลิตไมอัดจากเปลือกทุเรียนและใยมะพร้าวในเชิงพาณิชย์ มีเพียงการวิจัยเพื่อสนับสนุนและเผยแพรให้มีการผลิตโดยคณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยการผลิตนั้นมีลักษณะเช่นเดียวกับการผลิตไมอัดทั่วไปดังนั้นโรงงานที่ผลิตไมอัดอยู่แลว จึงสามารถผลิตไดทันทีโดยวัตถุดิบได่จากเปลือกทุเรียนซึ่งมีมากมายในฤดูกาล กากใยมะพร้าวซึ่งสามารถหาได่ตลอดทั้งปี สวนเครื่องจักรก็สามารถใช้ร่วมกันกับเครื่องจักรเดิมที่ใช้ในการผลิตไม่อัดทั่วไป ได่แก เครื่องสับ เครื่องร่อน เครื่องผสม แม่พิมพ์และเครื่องอัดร้อนซึ่งสามารถหาซื้อไดในประเทศทั้งสิ้น ด้านการลงทุนสำหรับผู้ประกอบการที่ผลิตไม่อัดอยู่แล่วสามารถดำเนินการได่ทันที เพียงแต่เปลี่ยนวัสดุจากเดิมที่ใช้ไม่ยางพารา ไม่ยูคาลิปตัส มาเป็นเปลือกทุเรียนและใยมะพร้าว ซึ่งมีราคาถูกมากเพียงกิโลกรัมละ 1-2 บาท สวนผู้ประกอบการรายใหม่ หากต้องลงทุนใหม่ควรมีทุนเริ่มต้นประมาณ 6 ล้านบาทขึ้นไป โดยเงินทุนหลัก 90 % เป็นการลงทุนในสินทรัพย์ถาวร ได้แก่ สิ่งปลูกสร้าง เครื่องจักรยานพาหนะและอุปกรณ์ สวนเงินทุนหมุนเวียนในกิจการประมาณ 10 % ซึ่งประมาณ 63% เป็นค่าต้นทุนในการผลิต และค่าการตลาดและการขายประมาณ 37% ของเงินทุนหมุนเวียน (ณรงค์, 2517)

2.5 ประเภทของแผ่นไม้อัด

ในการผลิตไมอัดปกติแล้วจะเป็นการนำเนื้อไมที่ไดจากการปอกหรือฝานบางๆ หลายแผ่นมาประกอบอัดยึดให้ติดกันด้วยกาว ซึ่งลักษณะสำคัญคือ ประกอบด้วย ไมบางตั้งแต่ 3 ชั้นขึ้นไป โดยชั้นที่ติดกันมีแนวเสี้ยนขวางตั้งฉากกันเพื่อเพิ่มสมบัติ ทางความแข็งแรง และลดการขยายตัวหรือหดตัวในแนวระนาบของแผ่นให้น้อยที่สุด ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของไมอัดตามกาวที่ใช้ออกเป็น 3 ประเภท (วรธรรม, 2547) คือ

1) ประเภทภายนอก ใช้กาวที่ทนทานต่อลมฟ้าอากาศ น้ำเย็น น้ำเดือด ไอน้ำและความร้อนแห้งไดดี เหมาะสำหรับใช้ภายนอกอาคาร หรือในที่ซึ่งถูกน้ำหรือละอองน้ำ

2) ประเภทภายใน ใช้กาวที่ทนน้ำเย็นไดดีพอสมควร ทนทานในน้ำร้อนไดในเวลาจำกัด ไม่ทนทานในน้ำเดือด เหมาะสำหรับใช้ภายในอาคารหรือในที่ซึ่งไม่ถูกน้ำหรือละอองน้ำ

3) ประเภทชั่วคราว ใช้กาวที่ทนน้ำเย็นไดในเวลาจำกัดเหมาะสำหรับใช้งานชั่วคราว

ในแต่ละประเภทของแผ่นไมอัด มีการแบ่งชั้นคุณภาพตามลักษณะของไมบางที่ทำเป็นไมหน้าและไมหลังที่นำมาประกบ โดยจะแบงออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ (เกรด) ซึ่งเลือกใช้จากประเภทของงานที่ต้องการความประณีตของหน้าไม้ นอกจากนี้ในการผลิตไมอัดนั้นยังจำเป็นต้องมีการเลือกกรรมวิธีในการผลิตให้มีความเหมาะสมกับเนื้อไมและหน้าที่ในการใช้งานด้วย ในการผลิตไมอัดจะสามารถจำแนกวิธีในการอัดดังนี้

1) แผ่นชิ้นไมอัดชนิดอัดราบ เป็นการผลิตไมอัดโดยใช้วัสดุที่เป็นแผ่นไมที่ทำมาจากไมหรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส 1(Ligno-cellulosic material) มาประกอบกันและอัดให้ติดกันด้วยกาว โดยใช้ความร้อน

2) แผ่นชิ้นไมอัดชนิดอัดทะลัก ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นทำจากชิ้นส่วนของเนื้อไมหรือวัสดุลิกโน-เซลลูโลส (Ligno-cellulosic material) ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร กับกาวโดยใช้วิธีอัดให้ทะลักผ่านแบบออกมา ทำให้ยึดติดกันด้วยความร้อน ชิ้นไมสวนใหญ่จะถูกอัดให้นอนตัวไปตามแนวตั้งฉากกับทิศทางของการอัดทะลัก แผ่นชิ้นไมอาจเป็นแบบตัน หรือแบบกลวงก็ไดมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 400 ถึง 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศกเมตร

3) แผ่นใยไมอัด ผลิตภัณฑ์ไมอัดที่ทำจากเส้นใยของไมหรือเส้นใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส (Ligno-cellulosic material) อื่นๆเป็นองค์ประกอบโดยการอัดร้อนหรือให้ความร้อนเพื่อให้เกิดความยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยด้วยกัน มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 800 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศกเมตร

4) แผ่นชิ้นไมอัดซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ทำจากชิ้นไมและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศกเมตรในการผลิตไมอัดจากเปลือกทุเรียนและเส้นใยมะพร้าว จะใช้กรรมวิธีตามการผลิตแผ่นชิ้นไมอัดชนิดอัดทะลัก และแผ่นใยไมอัดแข็ง โดยถ้าเป็นเปลือกทุเรียนที่ตัดเป็นชิ้นแลว จะทำการผลิตแบบแผ่นชิ้นไมอัดชนิดอัดทะลัก สวนการผลิตไมอัดจากใยมะพร้าวจะผลิตแบบแผ่นใยไมอัดแข็ง

2.6 กาวสำหรับประสานไม้

ไม้ประสาน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไม้ที่ผลิตจากการนำแผ่นไม้บางมาต่อกันด้วยกาว โดยให้เสี้ยนไม้ของแผ่นไม้ที่ประชิดติดกันอยู่ในทิศทางที่ขนานกัน นอกจากไม้อันเป็นปัจจัยหลักในการทำไม้ประสานแล้ว ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่สำคัญ คือ กาวเป็นวัสดุเพื่อใช้เป็นตัวเชื่อมประสานไม้ให้ติดกันกาวที่ใช้ในการทำไม้ประสานมีหลายประเภทด้วยกัน แต่ละชนิดต่างก็มีความแตกต่างกันทั้งในด้านคุณภาพและราคา ตลอดจนกรรมวิธีในการใช้ก็ไม่เหมือนกัน โดยกาวที่เราใช้กันในประเทศไทย ได้แก่ กาวยูเรียฟอร์มาลีไฮด์, กาวเมลามีนฟอร์มาลีไฮด์, กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์, กาวรีซอลซินอลฟอร์มัลดีไฮด์, กาวอีพอกส์ซีเรซิ่น, และกาว pvac โดยคุณสมบัติของกาวแต่ละตัว (ณรงค์, 2517) มีดังนี้

1) กาวยูเรียฟอร์มาลีไฮด์ ต้านทานความชื้น สามารถอยู่ในสภาพที่ตากแดดตากฝนได้เป็นเวลา 2-3 ปี มีความต้านทานต่อการนำไปแชในน้ำเย็นเป็นระยะเวลานาน ทนต่อการนำไปต้มในน้ำอุ่นในระยะเวลาจำกัด และมีความต้านทานต่อการทำลายโดยแมลงและเห็ดรา เก็บได้นานประมาณ 8-12 เดือน ที่ 20 °ซ ในสภาพที่เป็นผงกาวชนิดนี้จัดอยู่ใน MR TYPE (Mpisture resistance)

2) กาวเมลามีนฟอร์มาลีไฮด์ มีความต้านท่นต่อการต้มในสภาพน้ำเดือด ทนต่อการแช่ในสภาพน้ำเย็นได้เป็นเวลานาน และมีคสมต้านทานต่อการทำลายโดยพวกจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี กาวชนิดนี้จัดอยู่ใน TYPE BR (Boil resistance)

3) กาวฟีนอลและกาวรีซอลซินอลฟอร์มัลดไฮด์ เป็นกาวที่มีความทนทานตามธรรมชาติอย่างดีเลิศ สามารถต่อการแชในน้ำเย็น และต้มในสภาพน้ำเดือนได้ระยะเวลานาน ทนต่อการทิ้งไว้ในสภาพธรรมชาติได้เป็นระยะเวลาอันยาวนาน มีความต้านทานต่อความร้อน และการทำลายโดยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี กาวชนิดนี้เป็นกาวที่มีคุณาพดีมาก แต่ไม่ใคร่มีใครนิยมใช้กัน เนื่องจากราคาที่แพงมาก ประกอบกับอายุของกาวมีระยะเวลาที่สั้นจัดอยู่ใน WBP TYPE (Weather and boil proof)

4) กาวอีพอกส์ซีเรซิ่น เป็นกาวที่มีราคาแพงมาก ประกอบกับ ยากลำบากในการดำเนินงาน จึงไม่ใคร่มีใครนิยมใช้กัน คุณสมบัติที่ดีเด่นของกาวชนิดนี้ คือ สามารถนำไปใช้ติดคอนกรีตและพวกโลหะกับไม้

5) กาวโพลีไวนิลแอซิเตท หรือกาวลาเท็กซ์ที่เรารู้จักกันดี เป็นกาวชนิดที่ละลายในน้ำมีอายุของการที่ผสมแล้วนานมาก สะดวกในการดำเนินงาน และสามารถแข็งตัวในระยะเวลาอันสั้น กาวชนิดนี้มีคุณภาพด้านความแข็งแรงและความทนทานที่ต่ำ ความแข็งแรงของกาวจะลดลงเมื่อรอยต่อด้วยกาวได้รับน้ำหนักอยู่ตลอดเวลา กาวจะอ่อนตัวลงเมื่อนำไปในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 57.5 °ซ และอาจมีผลเสียบางประการกับแลกเกอร์ที่ใช้ จึงเหมาะกับชิ้นงานที่ใช้ประโยชน์ภายในและไม้ต้องรับน้ำหนักมาก

การใช้กาวแต่ละตัวอยู่ที่จุดประสงค์ของผู้ใช้ว่าจะเอาชิ้นไม้ที่อัดกาวแล้วไปใช้ทำอะไร เช่น ถ้าต้องการชิ้นงานภายในที่สามารถต้านทานน้ำเย็นหรือน้ำร้อนได้เป็นครั้งคราว อาจใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ หรือต้องการเอาชิ้นงานใช้ประโยชน์ภายนอก ก็อาจจำเป็นต้องใช้กาวที่มีคุณภาพสูงขึ้นอีก คือ กาวฟินอลหรือกาวรีซอลซินอลฟอร์มัลดีไฮด์ แต่ถ้าเป็นชิ้นงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากและไม่พิถีพิถันในการทำไม้ประสาน เช่นไม่ต้องการแรงอัดมาก ก็อาจใช้กาว PVAC ได้เพราะกาว PVAC มีคุณภาพในการอุดช่องว่างได้ดี

2.7 ไม้ประกอบ

ไม้ประกอบ (Wood Composite) (ธนดล, 2545) เป็นวัสดุไม้เทียมประเภทหนึ่ง ได้จากการนำเศษไม้ที่เหลือจากการไส้ไม้หรืออื่นๆ มาเสริมแรงด้วยพลาสติกหลากหลายชนิด โดยสมบัติของไม้ประกอบหรือไม้ประกอบพลาสติกนี้ สามารถพัฒนาให้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม มีอายุการใช้งานนานขึ้น เมื่อเทียบกับไม้ตามธรรมชาติ อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้ ทั้งบนบกและทางทะเล โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถสรุปข้อดีของการใช้ไม้ประกอบ ดังนี้

1) ผลิตวัสดุใหม่ๆ ทางวิศวกรรม การนำไม้มาประกอบกับพลาสติก (ไม่ว่าจะเป็นพลาสติกประเภท Themosetting หรือ Thermoplastic) นั้น เป็นการดึงเอาสมบัติที่เป็นทั้งข้อดีและข้อเสียของวัสดุทั้งสองชนิดเข้ามาไว้ด้วยกัน จึงเท่ากับว่า เป็นการสร้างวัสดุที่มีสมบัติใหม่ขึ้นมารองรับความต้องการทางวิศวกรรม

2) ได้สมบัติที่ดีขึ้น เดิมทีสมบัติของไม้ตามธรรมชาตินั้นไม่จัดว่าเป็นวัสดุทางวิศวกรรม เนื่องจากว่าเราไม่สามารถกำหนดให้มันมีสมบัติที่แน่นอนตามความต้องการได้ เพราะไม่ว่าจะควบคุมการปลูกและดูแลอย่างดีเพียงไรมนุษย์ก็ยังไม่สามารถจัดการให้ไม้มีสมบัติที่แม่นยำ และแน่นอนตามความต้องการได้ เนื่องจากในต้นไม้แต่ละต้นก็จะมีข้อบกพร่องและตำหนิในเนื้อไม้ที่แตกต่างกันตามส่วนต่างๆ แต่หากเรานำ ไม้มาผสมกับพลาสติกและทำ การขึ้นรูปใหม่ให้เป็นไม้ประกอบพลาสติก เราจะสามารถควบคุมให้มีสมบัติตามต้องการ หรือให้มีสมบัติที่ใกล้เคียงกันในแต่ละชิ้นผลิตภัณฑ์ได้ จึงกล่าวได้ว่า ไม้ประกอบนั้นสามารถจัดให้อยู่ในหมวดของวัสดุทางวิศวกรรมได้อย่างหนึ่ง

3) ใช้ทรัพยากรไม้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จากการใช้ไม้ของมนุษย์โดยรวม ไม่ถึง 60% ของที่ตัดมา เพราะไม้ส่วนใหญ่สูญเสียไปในกระบวนการแปรรูปไม้ที่ต้องทำ กันซ้ำแล้วซ้ำเล่ากว่าจะกลายมาเป็นเครื่องเรือน ไม้ท่อนหรือไม้แผ่นที่ใช้ในการก่อสร้างได้ แต่ในการผลิตไม้ประกอบส่วนใหญ่จะไม่เป็นเช่นนั้น เพราะสามารถนำ ต้นไม้มากกว่า 80% ของทั้งต้นที่ตัดมาในการผลิตไม้ประกอบได้โดยไม่ต้องผ่านการสูญเสียในกระบวนการแปรรูป ไม่ว่าจะเป็นการทำ ไม้อัด, Medium Density Fiber (MDF), Oriented Strand Board (OSB) หรืออื่นๆ ที่สามารถนำมารวมกันได้

4) รักษาสิ่งแวดล้อม หากไม่สามารถนำเศษไม้และขี้เลื่อยที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปไม้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างอื่นได้ เศษไม้และขี้เลื่อยเหล่านั้นก็จะกลายเป็นขยะและแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อรา ซึ่งจะส่งกลิ่นเหม็นและปล่อยสารพิษทำ ลายสภาพแวดล้อม และโรงเลื่อยไม้ต่างๆ ก็อาจจะต้องเสียงบประมาณในการกำ จัดของเสียเหล่านี้ แต่ถ้านำเอาเศษไม้และขี้เลื่อยเหล่านี้ ไปทำเป็นไม้ประกอบนอกจากจะไม่ต้องเสียงบประมาณในการกำจัดของเสียแล้วยังสามารถเพิ่มรายได้ให้ตัวเองอีกด้วย

5) ส่งเสริมให้มีการแข่งขันทางเศรษฐกิจกัน เมื่อมีวัสดุทางวิศวกรรมใหม่ๆ เกิดขึ้นในตลาดอุตสาหกรรม ก็ย่อมแน่นอนว่าจะต้องมีการแข่งขันทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นจากการขายวัสดุนั้นตามมา

2.8 ประเภทของวัสดุไม้ประกอบ

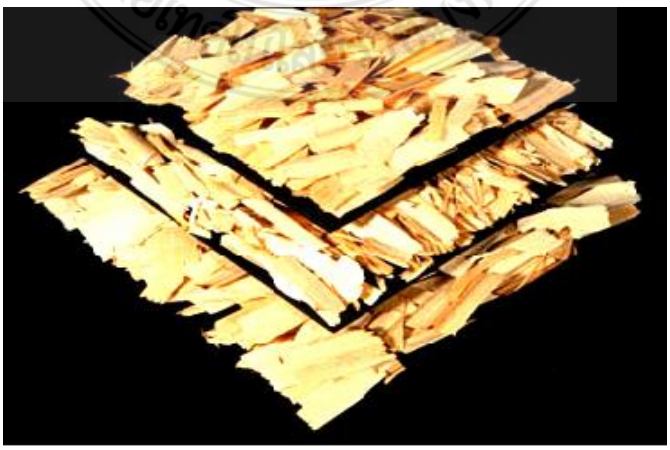
การจัดประเภทของวัสดุไม้ประกอบ (Wood Composite) แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ตามทิศทางการจัดเรียงตัวของเสี้ยน (ธนดล, 2545) ดังนี้

1) Beam element (one-dimensional) วัสดุไม้ประกอบประเภทนี้ จะจัดอยู่ในกลุ่มของงานก่อสร้างหรืองานที่ต้องใช้ในการรับแรง อาทิเช่น เสา ตง หรือคาน ลักษณะของชิ้นงานจะมีรูปร่างหน้าตาต่างๆ กันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ประกอบในหมวดนี้ รูปร่างของพื้นที่หน้าตัดส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า, สี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือรูปตัวไอ (I) ทิศทางการจัดเรียงตัวของเสี้ยนไม้ไปในทิศทางเดียวกันดังที่แสดงให้เห็นในรูปตัวอย่าง

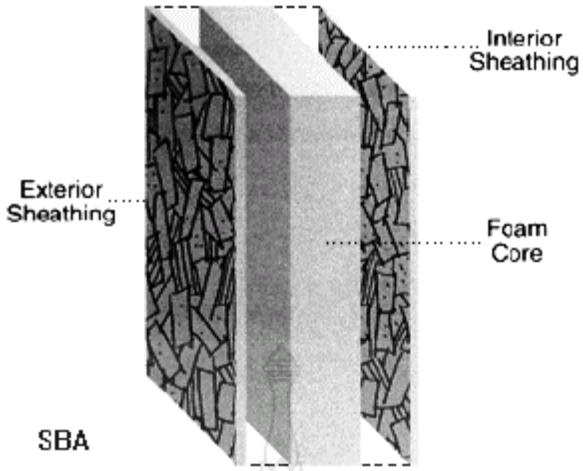
รูปที่ 2.3 คานไม้พลาสติกรูปตัวไอ (ธนดล, 2545)

2) Structural plate elements (two-dimensional) ไม้ประกอบประเภทที่สองจัดอยู่ในหมวดงานก่อสร้างเช่นกัน แต่จะเน้นในการรับแรงรองลงมาจากไม้ประกอบประเภทที่ 1 เช่น พื้น และกำ แพง เป็นต้น ลักษณะของผลิตภัณฑ์จะเป็นการนำ ไม้แผ่น หรือเศษแผ่นไม้มาทากาว แล้วนำ ไปอัดขึ้นรูปร้อน โดยทิศทางการจัดเรียงตัวของไม้อยู่ในลักษณะ 2 ทิศทางตามระนาบ

รูปที่ 2.4 แผ่นไม้ประกอบแบบ Oriented Strand Board (OSB) (ธนดล, 2545)

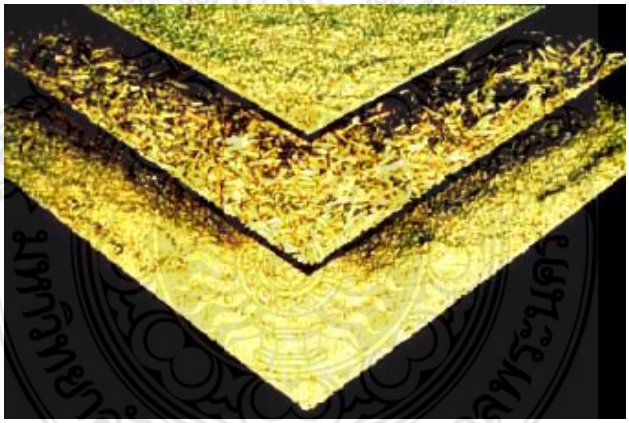


รูปที่ 2.5 แผ่นไม้ประกอบแบบ Oriented Strand Board (OSB) (ธนดล, 2545)

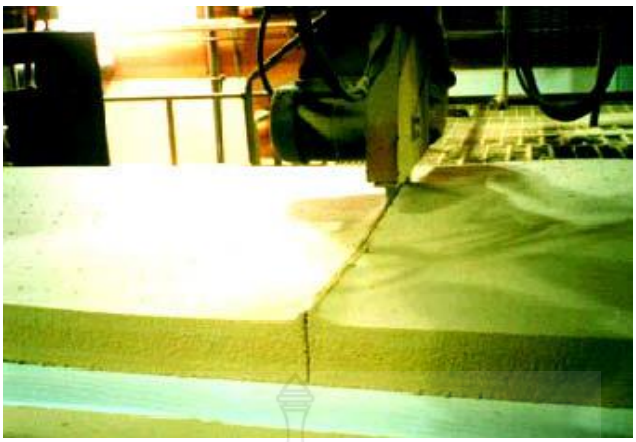


รูปที่ 2.6 แผ่นไม้ประกอบแบบ Structural Insulated Panel (SIPS) (ธนดล, 2545)

3) Non-Structural plate elements (two-dimensional) ไม้ประกอบประเภทใช้งานทางด้านเฟอร์นิเจอร์เครื่องเรือน เนื่องจากขนาดของเศษไม้ที่นำมาใช้ขึ้นรูปนั้น มีขนาดเล็กกว่าเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับไม้ประกอบ 2 ชนิดแรก จึงทำให้ความแข็งแรงในความแข็งแรงในด้านต่างๆ ลดลง ส่วนลักษณะการขึ้นรูปนั้นจะคล้ายคลึงกับวัสดุประเภทไม้ประกอบชนิดที่ 2 และทิศทางการจัดเรียงตัวของเสี้ยนไม้ยังคงอยู่ในลักษณะ 0, 90 องศา หรือ 2 ทิศทาง ซึ่งตั้งฉากกันนั่นเอง



รูปที่ 2.7 แผ่นไม้ประกอบแบบ Particleboard (ธนดล, 2545)



รูปที่ 2.8 แผ่นไม้ประกอบแบบ MDF (ธนดล, 2545)

4) Wood-plastic composite (three-dimensional) เป็นไม้ประกอบที่สามารถใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร สามารถใช้รับแรงได้ในระดับของแรงอันดับสองของโครงสร้าง (Secondary Load) เนื่องจากเศษไม้มีขนาดเล็กมาก ดังนั้นทิศทางการจัดเรียงตัวของเสี้ยนไม้จึงเป็นไปในลักษณะ 3 มิติ รูปร่างของพื้นที่หน้าตัดนั้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการการผลิตและการออกแบบ

รูปที่ 2.9 แผ่นไม้ประกอบแบบ Wood-plastic composite (three-dimensional) (ธนดล, 2545)

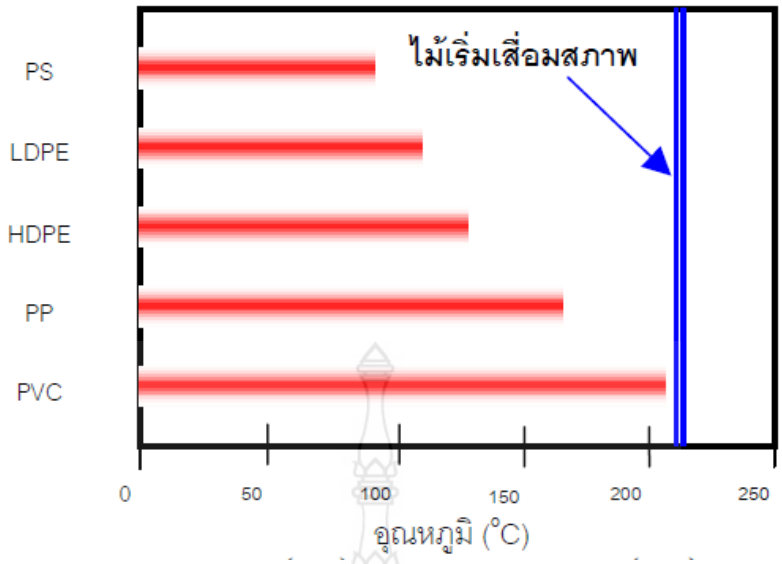
รูปที่ 2.10 แผ่นไม้ประกอบแบบ Wood-plastic composite (three-dimensional) (ธนดล, 2545)

2.9 ไม้ประกอบพลาสติกในมุมมองของนักวัสดุศาสตร์

ไม้ประกอบพลาสติก ซึ่งอาจเรียกสั้นๆ ว่าไม้พลาสติกนั้น เป็นเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นในวงการอุตสาหกรรมไม้และพลาสติกในต่างประเทศมานานแล้ว แต่ไม้พลาสติกนั้นค่อนข้างที่จะใหม่ในประเทศไทย ซึ่งถ้าจะนับแล้วก็จะมีอายุเพียงประมาณ 2 ปี เท่านั้น ไม้พลาสติกถือได้ว่าเป็นการนำ เอาความรู้ของทั้งวงการไม้และวงการพลาสติกมาประสานรวมกัน ทำ ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งสามารถถือได้ว่าเป็นวัสดุทางวิศวกรรมได้อีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากคุณสมบัติที่มีความแม่นยำ และแน่นอนมากกว่าไม้ท่อนหรือไม้ดิบ ในมุมมองทางด้านวัสดุ เราจะแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน กล่าวคือโครงสร้าง (Structure), กระบวนการผลิต (Processing), คุณสมบัติ (Properties), และสมรรถนะ (Performance) (ธนดล, 2545)

1) โครงสร้าง (Structure) ทั้งไม้และพลาสติกจัดเป็นวัสดุประเภทพอลิเมอร์ (Polymer) เช่นเดียวกัน แต่ต่างกันตรงที่ไม้เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ ในขณะที่พลาสติกเป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เราไม่สามารถควบคุมสมบัติของไม้ให้เป็นไปตามต้องการ แต่สามารถทำกับไม้พลาสติกได้

โครงสร้างของพลาสติก พลาสติกมีหลายชนิดแบ่งตามชนิดและรูปแบบการจับกันของสายโซ่โมเลกุล เนื่องจากพลาสติกแต่ละชนิดมีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกันจึงทำ ให้มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีต่างกันไปด้วย ในการเลือกใช้พลาสติกที่จะนำ มาใช้ประกอบกับไม้นั้น นอกจากจะต้องคำนึงถึงสมบัติที่ต้องการแล้วยังต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการผลิต และความเข้ากันได้อีกด้วย เพราะใช่ว่าพลาสติกทุกชนิดสามารถนำ มาใช้ประกอบกับไม้ได้เสมอไป ชนิดของพลาสติกที่สามารถนำ มาใช้นั้นขึ้นกับสมบัติของไม้ด้วยเช่นกัน เราไม่สามารถนำ พลาสติกที่มีจุดหลอมตัวสูงกว่าอุณหภูมิที่ไม้จะไหม้มาประกอบกันได้เพราะจะทำ ให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยที่ไม้ไม่ไหม้ อีกทั้งยังต้องพิจารณาในด้านการสร้างพันธะระหว่างไม้และพลาสติกที่จะนำ มาประกอบด้วยว่าสามารถจับกันได้ดีเพียงใด ตัวอย่างพลาสติกที่สามารถนำ มาใช้ประกอบกับไม้ได้ เช่น Polystyrene (PS), Polyethylene (PE), Poly [vinyl chloride] (PVC) และ Polypropylene (PP) เป็นต้น



รูปที่ 2.11 การทนต่ออุณหภูมิของไม่ประกอบ (ธนดล, 2545)

โครงสร้างของไม้ จัดเป็นวัสดุที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (non-homogeneous) เนื่องจากโครงสร้างของไม้ประกอบขึ้นจากเซลล์เนื้อไม้ที่มีรูปร่างหลากหลายกระจายเรียงตัวเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นมีสมบัติต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์, ความอุดมสมบูรณ์ของน้ำ, อาหาร, แสงแดดและสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่ต้นไม้นั้นได้รับขณะที่ทำ การสร้างเซลล์นั้นๆ และเนื่องจากเนื้อเยื่อของต้นไม้แต่ละชั้นมีความหนาแน่นและการกระจายตัวของเซลล์รูปทรงต่างๆ ไม่เหมือนกันนี้เอง จึงทำ ให้มีสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกันไปด้วย การควบคุมให้เนื้อไม้ของต้นไม้คนละต้นให้มีสมบัติเหมือนกันทุกประการจึงไม่สามารถเป็นไปได้ในทางปฏิบัติเพราะแม้แต่เนื้อไม้ที่มาจากต้นไม้ต้นเดียวกันแต่เป็นคนละส่วนกันยังยากที่จะทำ ให้มีสมบัติเหมือนกันได้ โครงสร้างหลักที่ให้ความแข็งแรงในเนื้อไม้ คือ สารพอลิเมอร์ที่เรียกว่า เซลลูโลซ (Cellulose)

รูปที่ 2.12 โครงสร้างลำต้นของต้นไม้ (ธนดล, 2545)

รูปที่ 2.13 เม็ดผสมของไม้พลาสติก (ธนดล, 2545)

นอกเหนือจากวัสดุไม้และพลาสติกที่จะเป็นส่วนผสมในตัววัตถุดิบแล้ว ยังมีสารเติมแต่ง (Additive) อื่นๆ อีกมากมาย ที่ช่วยในการปรับแต่งคุณสมบัติบางประการที่ทำ ให้ไม้พลาสติกมีสมรรถนะในการใช้งานที่ดีขึ้นอีกด้วย

2.10 กระบวนการขึ้นรูปไม้ประกอบ

กระบวนการขึ้นรูป (Processing)รายละเอียดและขั้นตอนในการผลิตไม้ประกอบพลาสติกตลอดจน การเตรียมวัตถุดิบและชนิดของสารเติมแต่งพลาสติก (Additives) ที่ใช้นั้น จะขึ้นอยู่กับวิธีการขึ้นรูปที่เลือกใช้ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า ในการขึ้นรูปแต่ละวิธีก็มีข้อจำ กัดแตกต่างกันไป เช่นบางวิธีอาจสามารถใช้กับวัตถุดิบที่มีขนาดไม้ไม่ต้องละเอียดมากได้ แต่บางวิธีจำ เป็นต้องเตรียมวัตถุดิบให้มีความละเอียดสูง เป็นผลทำ ให้มีขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบแตกต่างกัน และการขึ้นรูปไม้ประกอบพลาสติกสามารถขึ้นรูปได้หลายวิธีเช่นเดียวกับการขึ้นรูปพลาสติกทั่วไป เช่น Extrusion, Injection และ Hot Press เป็นต้น (ธนดล, 2545)

โดยทั่วไปแล้ว ขั้นตอนการผลิตไม้พลาสติกจะมีอยู่ 2 ส่วนหลักๆ นั่น คือ ขั้นตอนของการผสมวัตถุดิบให้เข้ากัน โดยสามารถจะทำ ให้อยู่ในรูปของเม็ดผสมของไม้พลาสติกก่อนแล้วนำ ไปผ่านกระบวนการการขึ้นรูปลักษณะต่างๆ ให้เหมาะสมกับการนำ ไปใช้งาน หรือยังสามารถจะเก็บไว้เพื่อใช้ในการขึ้นรูปต่อไป อย่างไรก็ตาม โดยปกติการขึ้นรูปแบบ Extrusion นั้นจะเป็นที่นิยมอย่างมากในต่างประเทศเพราะสามารถทำ ให้มีความยาวที่ไม่จำ กัดได้และยังง่ายในกระบวนการการผลิต (ธนดล, 2545)

2.11 สมบัติของแผ่นไม้ประกอบ

เนื่องจากไม้ประกอบพลาสติกเป็นวัสดุที่เอาทั้งไม้และพลาสติกมารวมกัน จึงเป็นผลทำ ให้สมบัติเดิมของไม้และพลาสติกเปลี่ยนไป ทั้งนี้ สัดส่วนของไม้และพลาสติกก็ยังมีผลกระทบต่อสมบัติของไม้พลาสติกด้วยเช่นกัน โดยส่วนใหญ่แล้ว ถ้าปริมาณของวัตถุดิบตัวใดตัวหนึ่งมาก คุณสมบัติโดยรวมของไม้พลาสติกก็จะมีแนวโน้มเอียงไปทางวัสดุที่มีปริมาณมากกว่า ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุป ดังนี้

ข้อดี เมื่อเปรียบเทียบไม้พลาสติกกับไม้

1) ทนทานต่อความชื้นได้ดีกว่า เนื่องจากโดยธรรมชาติแล้ว ไม้จะชอบน้ำและดูดน้ำ ทำให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา แต่เนื่องจากไม้พลาสติกมีส่วนผสมของพลาสติกอยู่ด้วย จึงทำ ให้ลดปริมาณการดูดซึมน้ำลงไปได้มาก

2) ต้านทานต่อเชื้อราและแมลงที่เป็นศัตรูของไม้ต่างๆ ได้ดีกว่าไม้ เพราะส่วนผสมของพลาสติกนี้เองที่ทำ ให้แมลงและเชื้อราไม่สามารถจะเข้าไปถึงตัวเนื้อไม้ได้

3) ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมได้นานกว่า เพราะว่าส่วนผสมของพลาสติกทำ ให้เกิดการเน่าเปื่อยผุพังช้ากว่าไม้ตามธรรมชาติ

4) สามารถผลิตให้มีรูปร่างต่างๆ ได้โดยไม่ทำ ให้เกิดเศษเหลือใช้ เพราะไม้พลาสติกนั้นเป็นการขึ้นรูปชิ้นงาน

5) สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือ recycle ได้ แต่สมบัติต่างๆ ของที่ถูกนำ กลับมาใช้ใหม่ ย่อมตกลงเป็นธรรมดาที่จะต้องมีขั้นตอนอื่นมาเสริม

ข้อดี ของไม้พลาสติกเมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติก

1) สามารถรับแรงได้มากขึ้น เพราะว่าเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักแล้ว ไม้จะมีความแข็งแรงมากกว่าพลาสติก ดังนั้น ไม้จึงทำ หน้าที่เป็นตัวเสริมแรงให้กับพลาสติก

2) มีความทนทานต่อแสง UV ได้ดีกว่าพลาสติก เพราะว่าแสง UV จะเข้าไปทำ ลายพันธะในสายโซ่โมเลกุลของพลาสติก แต่ไม้เป็นวัสดุที่มีความทนทานต่อแสง UV ได้ดีอยู่ จึงทำ ให้ไม้พลาสติกมีสมบัติที่เด่นกว่าพลาสติกในการใช้งานกลางแจ้ง

3) มีการหดและขยายตัว (เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ) น้อยกว่าพลาสติกเนื่องจากค่าสัมประสิทธิการขยายตัวของไม้มีค่าต่ำกว่าพลาสติกมากหากใช้งานที่อุณหภูมิสูงจะมีความคงทนกว่า

4) ในปริมาตรที่เท่ากัน ไม้พลาสติกจะมีน้ำหนักเบากว่าพลาสติก (แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตด้วย) ทำให้การนำมาใช้งานสะดวกมากขึ้น

ข้อด้อย ของไม้พลาสติกเมื่อเปรียบเทียบกับไม้

1) สมบัติทางกลจะด้อยกว่าไม้เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ที่มีขนาดเท่ากัน ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการคือ พลาสติกมีสมบัติทางกลด้อยกว่าไม้ และไม้ที่นำมาผสมกับพลาสติกก็มีขนาดเล็กทำ ให้มีสมบัติเชิงกลตกลงไปด้วย

2) มีความหนาแน่นมากกว่าไม้จริง น้ำหนักจึงมากกว่า ดังนั้นจึงต้องอาศัยการออกแบบรูปทรงที่จะทำให้มีน้ำหนักเบาขึ้นเข้ามาช่วยลดข้อด้อยนี้

3) มีการหดและขยายตัวมากกว่าไม้ ดังนั้นในการใช้งานจริงจึงต้องคำนึงถึงจุดนี้ด้วย

ข้อด้อย เมื่อเทียบกับพลาสติก

1) เกิดการขยายตัวเมื่อได้รับความชื้นมากกว่าพลาสติก จึงอาจไม่เหมาะสมกับงานที่ต้องโดนความชื้นตลอดเวลา

2) ขั้นตอนการผลิตชิ้นงานซับซ้อนกว่า เนื่องจากผลกระทบจากการผสมไม้ลงไปในปริมาณมากทำให้มีปัญหาอื่นตามมา

3) อายุการใช้งานสั้นกว่าพลาสติก เพราะมีไม้ผสมอยู่ แต่ก็นับว่าเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม เพราะย่อยสลายตัวได้เร็วกว่าพลาสติก

จะเห็นได้ว่าไม้ประกอบพลาสติกมีสมบัติทั้งข้อดีและข้อเสียอยู่ตรงกลางระหว่างไม้และพลาสติก ในการทดสอบค่าสมบัติด้านต่างๆ ของไม้ประกอบพลาสติกนั้นต้องคำนึงถึงการจะนำ ไปใช้งานเป็นหลักว่าตั้งใจจะนำไปใช้งานแทนไม้หรือพลาสติก และจะนำ ไปใช้งานในส่วนไหน เช่น ถ้าจะนำ ไปใช้ในส่วนโครงสร้างของอาคารก็ย่อมต้องมีความแข็งแรงสูงกว่าที่จะนำ ไปใช้ทำ เฟอร์นิเจอร์เครื่องเรือน

2.12 สมรรถนะการใช้งานของแผ่นไม้ประกอบ

เนื่องจากประเภทของวัตถุดิบที่หลากหลายทำ ให้มีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้มีสมบัติที่แตกต่างกันหลายอย่าง ทำ ให้การจะกล่าวถึงสมรรถนะการใช้งานนั้น หากจะมองโดยภาพรวม ซึ่ง

อาจจะมีข้อแตกต่างปลีกย่อย จึงไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ โดยรวมแล้วการเพิ่มไม้ลงไปในพลาสติกนั้น จะเป็นการการเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวพลาสติก แต่มันกลับทำ ให้มีความเปราะเพิ่มขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ดี สมบัติด้านอื่นๆ ก็จะแตกต่างกันออกไปดังที่ได้กล่าวมาแล้วบ้างในข้างต้น ไม่ว่าจะเป็นการนำ ไปใช้งานภายนอกหรือภายในก็ตาม ในขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การคัดสรรวัตถุดิบเลือกกระบวนการผลิตที่เหมาะสม และทดสอบสมบัติด้านต่างๆ จึงควรที่จะทำ ให้สอดคล้องกับการนำ ไปใช้งานจริง

วงการของไม้พลาสติกนั้นได้มีการพัฒนาออกไปอย่างกว้างขวางแล้วในต่างประเทศ ซึ่งอย่างที่ทราบว่า ไม้พลาสติกในประเทศไทยนั้นเพิ่งมีอายุได้ไม่กี่ปี มีบริษัทเอกชนและสถาบันการศึกษาหลายแห่งได้กำลังพัฒนาไม้พลาสติกออกมาใช้ในประเทศ ซึ่งจะเป็นการป้องกันไม่ให้เงินรั่วไหลออกไปนอกประเทศในทางอ้อม เนื่องจากเราสามารถที่จะผลิตใช้ได้เองโดยไม่ต้องนำ เข้า ซึ่งนับว่าเป็นการดีต่อส่วนรวม โดยเฉพาะผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจทางอ้อมด้วย เนื่องจากได้มีการนำวัสดุเหลือใช้มาทำ ให้เกิดประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุ อนาคตของไม้พลาสติกที่อาจเรียกได้ว่าเป็นของเล่นชิ้นใหม่ของประเทศไทย ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

1) ผู้พัฒนา คุณภาพของสินค้า ว่าสามารถทำแล้วมีสมรรถนะในการใช้งานได้ดีพอหรือไม่

2) ผู้ผลิต ควรมีการแยกแยะลักษณะผลิตภัณฑ์ให้ดีเพื่อไม่ให้เกิดความสับสน เพราะว่าได้มีการใช้คำว่า “ไม้” ในผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่ไม่ได้มีไม้ผสมอยู่ ทำให้ผู้บริโภคอาจเกิดการเข้าใจผิดได้ จึงควรจะมีการชี้แจงเพื่อให้มีการเข้าใจที่ตรงกัน

3) ผู้บริโภค การยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งต้องมีการลองใช้และเสนอข้อคิดเห็นตอบกลับมายังผู้ผลิตและผู้วิจัย เพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้วัสดุไม้พลาสติกที่ดีขึ้น

2.13 กระดาษกล่องนม

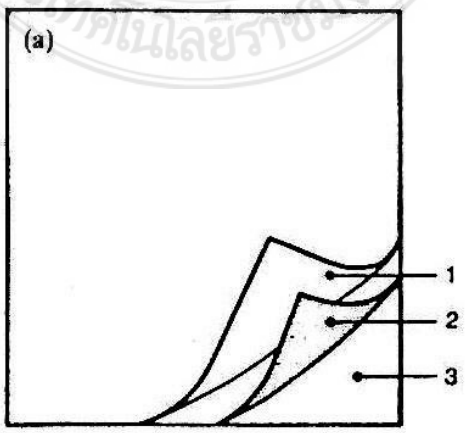
กระดาษกล่องนม (Milk carton) หรือกล่องกระดาษ (Carton board) เป็นการเรียกกล่องกระดาษสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำนม น้ำผลไม้ ชาเขียว หรือเครื่องดื่มต่างๆ ที่ไม่มีการอัดก๊าซหรืออัดลม เป็น Plastic-coated cardboard มีหลายชนิดตามส่วนประกอบและชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ ซึ่งแบ่งตามระยะเวลาของอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ คือ ระยะสั้น และระยะยาว

1) กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บสั้น (Short-life products) ประกอบด้วย

1.1) Exterior PE

1.2) Paper

1.3) interior PE



รูปที่ 2.14 กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บสั้น (Short-life products) (อภิญญา, 2554)

2) กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาว (Long-life products) ประกอบด้วย

2.1) Exterior PE

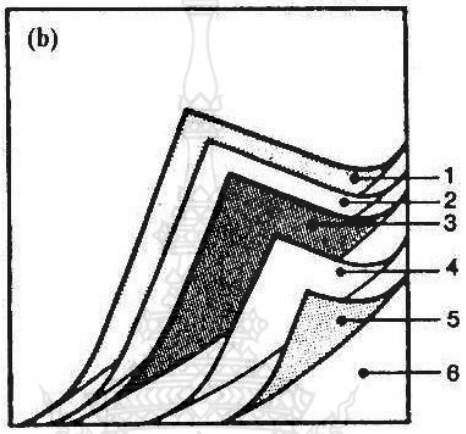
2.2) Paper

2.3) Surlyn

2.4) Al–Foil

2.5) Surlyn

2.6) Interior PE



รูปที่ 2.15 กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาว (Long-life products) (อภิญญา, 2554)

3) กระดาษกล่องนมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาว (อีกชนิดหนึ่ง) (Long-life products) (อภิญญา, 2554) ประกอบด้วย

3.1) Exterior PE

3.2) Bleached paper (printing)

3.3) Unbleached paper

3.4) Surlyn or PE

3.5) Aluminium foil

3.6) Surlyn or internal coating 1

3.7) Interior PE or internal coating 2

2.14 การบรรจุเครื่องดื่มลงในกระดาษกล่องนม

สำหรับกระบวนการนำกระดาษกล่องนมไปบรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดต่างๆ นั้น สามารถแบ่งตามวิธีการขึ้นรูปได้เป็น 2 แบบ คือ

1) Form–fill–seal cartons หมายถึง ภาชนะบรรจุที่มีการขึ้นรูปและบรรจุในขั้นตอนเดียว ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น Tetrahedral cartons Rectangular cartons และ Gable–top cartons เป็นต้น โดยตัวอย่างของวิธีการนี้ คือ ระบบการบรรจุแบบปลอดเชื้อของ TetraBrik มีขั้นตอน (อภิญญา, 2554) ดังนี้

1.1) บรรจุภัณฑ์เคลื่อนผ่านถาดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

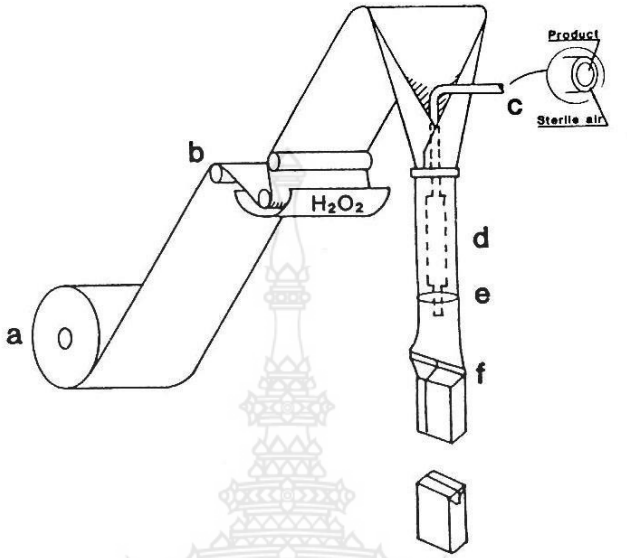
1.2) ขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์เป็นรูปท่อ

1.3) ทางป้อนน้ำนม

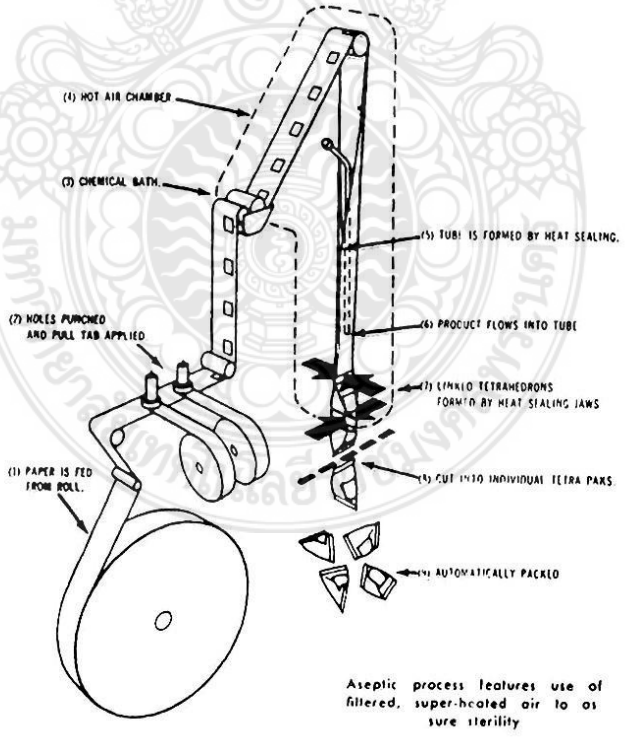
1.4) ให้ความร้อนกับบรรจุภัณฑ์

1.5) บรรจุและปิดผนึก

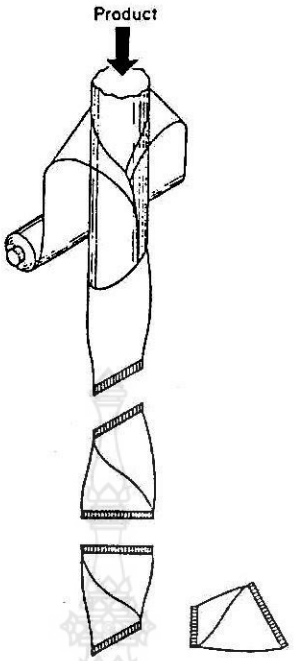
1.6) กล่องที่ผ่านการบรรจุแล้ว



รูปที่ 2.16 ระบบการบรรจุแบบปลอดเชื้อของ TetraBrik (อภิญญา, 2554)



รูปที่ 2.17 เครื่องบรรจุสำหรับบรรจุภัณฑ์ ชนิด Tetrahedral carton (อภิญญา, 2554)



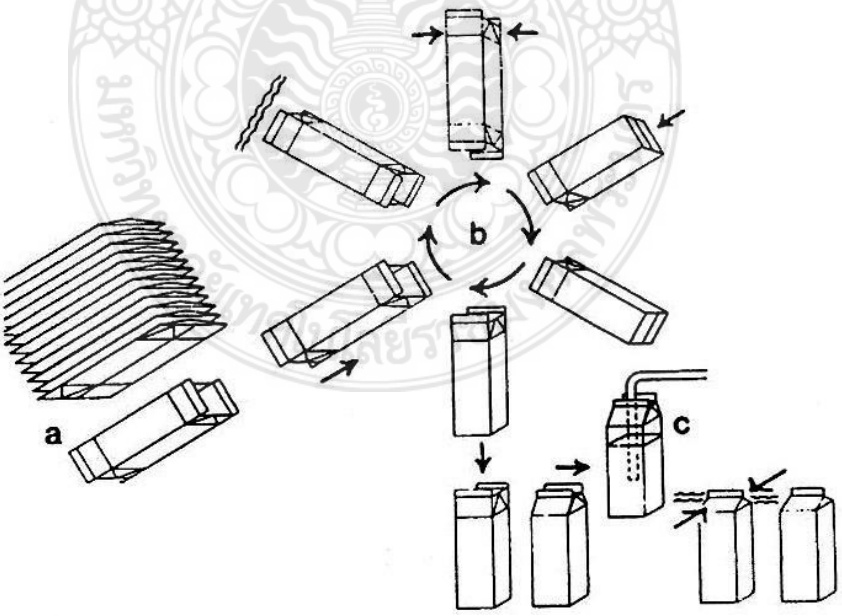
รูปที่ 2.18 บรรจุภัณฑ์ชนิด Tetrahedral carton (อภิญญา, 2554)

2) Pre–formed cartons หมายถึง ภาชนะบรรจุที่มีการขึ้นรูปไว้ก่อน ตัวอย่างเช่น Gable–top cartons ซึ่งเป็นขั้นตอนการบรรจุแบบขึ้นรูปไว้ก่อน ซึ่งมีขั้นตอนการบรรจุ ดังนี้

2.1) ป้อนกล่องเปล่าเข้าเครื่อง

2.2) ปิดผนึกก้นกล่องด้วยความร้อน

2.3) บรรจุและปิดผนึกกล่องด้วยความร้อน



รูปที่ 2.19 เครื่องบรรจุสำหรับบรรจุภัณฑ์ชนิด Gable–top cartons (อภิญญา, 2554)

2.15 การแยกกระดาษกล่องนมเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่

การแยกกระดาษ (Paper Separation) การแยกวัสดุสามารถทำได้โดยวิธี Gravimetric ซึ่งอาศัยความแตกต่างของมวลหรือน้ำหนัก และวิธี Densiometric ซึ่งอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น ซึ่งวิธีหลังนี้จะให้ประสิทธิภาพในการแยกที่ดีกว่า เนื่องจากความหนาแน่นเป็นค่าเฉพาะของสาร ดังนั้น ขนาดของวัสดุจะไม่มีผลต่อการแยกวิธีนี้ อย่างไรก็ตาม ไม่ควรบดพลาสติกให้มีขนาดเล็กจนเกินไป เพราะอาจจะเกิดการสูญเสียพลาสติกได้ เนื่องจากมวลของพลาสติกใกล้เคียงกับกระดาษโพลีไวนิลอะซีเตท กระดาษและโพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูงใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากกระดาษเป็นส่วนประกอบที่มีรูปร่างบางที่สุด จึงมีน้ำหนักเบาที่สุด ทำให้แยกออกไปได้ง่าย โดยทั่วไปแล้วกระดาษจะถูกแยกออกมาก่อน วิธีที่นิยมใช้คือ Fluidized Bed หรือใช้ Cyclone ซึ่งเป็นวิธี Gravimetric ในกระบวนการ Fluidized Bed อากาศจะถูกป้อนเข้าทางส่วนล่างของ Bed สวนที่มีน้ำหนักเบาจะถูกอากาศพัดออกทางส่วนบน และส่วนที่หนักจะตกลงสู่ด้านล่างและถูกแยกออกไป การทำงานของ Cyclone ก็ใกล้เคียงกัน เพียงแต่วัสดุจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนในแนวสัมผัส (Tangentially) กับผนังของกรวย (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544)

2.16 พอลิเมอร์

พอลิเมอร์ (Polymer) หมายถึง สารสังเคราะห์ที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือมนุษย์เป็นผู้สังเคราะห์ขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ที่จะนำไปใช้ให้เหมาะสมกับงานต่างๆ ได้ มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เกิดจากการรวมหน่วยเล็ก ๆ ที่เรียกว่า โมโนเมอร์ เข้าด้วยกัน (สมเกียรติ, 2556)

คำว่า พอลิเมอร์ อาจใช้คำว่า มาโครโมเลกุล (Macromolecule) แทนก็ได้ ผู้เสนอ คำศัพท์นี้ คือ Staudinger นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันผู้ได้รับรางวัลโนเบล จากการที่เขาสามารถอธิบายโครงสร้างโมเลกุลของพอลิสไตริน ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่ง ได้สำเร็จใน ค.ศ.1953

พอลิเมอร์มีอยู่ทั้งในธรรมชาติและโดยการสังเคราะห์ของมนุษย์ กระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบต่างๆ ทำให้เกิดพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างและสมบัติที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบชนิดของพอลิเมอร์และโมโนเมอร์

พอลิเมอร์	โมโนเมอร์
1. แป้ง	กลูโคส
2. ไกลโคเจน	กลูโคส
3. เซลลูโลส	กลูโคส
4. โปรตีน	กรดอะมิโน
5. ยางพารา (โพลีไอโซพรีน)	ไอโซพรีน
6. พอลิเอทิลีน	เอทิลีน
7. พอลิสไตรีน	สไตรีน
8. พอลิโพรพิลีน	โพรพิลีน
9. พอลิเอไมด์ (ไนลอน)	ไนลอนโมโนเมอร์
10. พอลิไวนิลครอไรด์ (PVC)	ไวนิลครอไรด์
11. พอลิเมอร์ของยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์	ยูเรียฟอร์มัลดิไฮด์
12. เบเคไลต์	ฟีนอลฟอร์มัลดิไฮด์
13. ฟอร์ไมกา (พอลิเมอร์ของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์)	เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบชนิดของพอลิเมอร์และโมโนเมอร์

พอลิเมอร์	โมโนเมอร์
14. ยางเอสบีอาร์ (Styrene Butadiene Rubber)	สไตรีน และบิวตาไดอีน
15. ยางเอบีเอส (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	อะคริโลไนตริล และบิวตาไอดีน และสไตรีน
16. พอลิไวนิลครอไรด์อะซิเตต	ไวนิลคลอไรด์ และไวนิลอะซิเตต

จากตัวอย่างพอลิเมอร์ดังที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า โมเลกุลของสารสังเคราะห์ที่จัดเป็นพอลิเมอร์นั้น จะต้องประกอบด้วยหน่วยย่อยที่ซ้ำๆ กัน หรือที่เรียกว่า โมโนเมอร์ หนึ่งหรือสองชนิดหรือมากกว่าก็ได้มาต่อกันเป็นแถวยาว (จะเรียงแถวแบบใดก็ได้) ดังนั้น สารสังเคราะห์ที่มีลักษณะโครงสร้างโมเลกุลไม่ได้ประกอบด้วยหน่วยที่ซ้ำๆ กันดังกล่าวจะไม่จัดเป็นสารพอลิเมอร์ เช่น สารพวกน้ำมันหรือไขมัน ปุ๋ยเคมี มอร์ฟีน นิโคติน เฮโรอีน สบู่ และผงซักฟอก เป็นต้น

2.17 ชนิดของพอลิเมอร์

ชนิดของพอลิเมอร์ สามารถจำแนกตามลักษณะการเกิดได้ 2 ชนิด

1) พอลิเมอร์จากธรรมชาติ พอลิเมอร์จากธรรมชาติที่สำคัญ เช่น เซลลูโลส ฝ้าย ขนสัตว์ และยางธรรมชาติ เป็นต้น คุณภาพของพอลิเมอร์จำพวกนี้จะอยู่กับชนิดและพันธุ์

2) พอลิเมอร์สังเคราะห์ พอลิเมอร์สังเคราะห์เป็นวัสดุที่สำคัญมากต่อชีวิตประจำวันเพราะเราสามารถควบคุมของวัสดุให้มีคุณสมบัติตามต้องการได้ และมีมากชนิดกว่า พอลิเมอร์จากธรรมชาติ ทำให้เราสามารถกำหนดใช้งานทดแทนวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้กันอยู่เดิม ไม่ว่าจะเป็น ไม้ แก้ว โลหะ หรือ เซรามิกส์ พอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น เส้นใยสังเคราะห์ ยางสังเคราะห์ วัสดุเคลือบผิว เรซิน พลาสติก กาว และโฟม เป็นต้น (สมเกียรติ, 2556)

2.18 พอลิเมอไรเซชัน

พอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) หรือกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ หรือปฏิกิริยาต่ออณู คือ ปฏิกิริยาการรวมตัวทางเคมีของสารโมเลกุลเล็กๆ จำนวนมากมาย ที่เรียกว่า โมโนเมอร์ แล้วเกิดสารใหม่ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ที่เรียกว่า พอลิเมอร์ พอลิเมอไรเซชันมี 2 แบบ (Donald, 1990) คือ

1) แบบควบแน่น (Condensation Polymerization) คือ ปฏิกิริยาการรวมตัวทางเคมีของสารโมเลกุลเล็ก หรือโมโนเมอร์ ได้สารโมเลกุลใหญ่หรือพอลิเมอร์ และได้สารโมเลกุลเล็กๆ เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ แอมโมเนีย หรือไฮโดรเจน เป็นผลพลอยได้ พอลิเมอร์ที่เกิดจากแบบควบแน่นนี้จะมีความแข็งแรงทนทาน โค้งงอได้น้อย มีแรงยึดเหนี่ยวในโมเลกุลสูง ตัวอย่าง พอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น เช่น

กลูโคส + กลูโคส + ... ⟶ แป้ง + น้ำ

กรดอะมิโน + กรดอะมิโน + ... ⟶ โปรตีน + น้ำ

ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ + ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ + ... ⟶ พอลิเมอร์ของยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ + น้ำ

2) แบบต่อเติม (Addition Polymerization) คือปฏิกิริยาการรวมตัวทางเคมีของสารโมเลกุลเล็กหรือโมโนเมอร์ แล้วได้สารโมเลกุลใหญ่ หรือพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (ไม่มีผลพลอยได้) พอลิเมอร์ที่เกิดจากแบบต่อเติมนี้ส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น พอลิเอทิลีน พอลิไวนิลคอลไรด์ เป็นต้น ตัวอย่าง พอลิเมอไรเซชันแบบต่อเติม เช่น

เอทิลีน + เอทิลีน + ... $\xrightarrow{\text{พอลิเมอไรเซชั่น}}$ พอลิเอทิลีน

ไวนิลครอไรด์ + ไวนิลครอไรด์ + ... $\xrightarrow{\text{พอลิเมอไรเซชั่น}}$ พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)

ไวนิลครอไรด์ + ไวนิลอะซิเตต + ... $\xrightarrow{\text{พอลิเมอไรเซชั่น}}$ พอลิไวนิลคลอไรด์อะซิเตต

2.19 โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์

โครงสร้างของพอลิเมอร์มีความสำคัญต่อสมบัติของพอลิเมอร์ เช่น ความยืดหยุ่น ความแข็งแรง ความเหนียว การยืดตัว การโค้งงอ ความแข็ง การคงรูป เป็นต้น โดยทั่วไปพอลิเมอร์มีโครงสร้าง 3 แบบ (Jesse, 1992) ดังนี้

1) โครงสร้างแบบสายยาวหรือสายโซ่ (Straight Chain Structure) พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบนี้เกิดจากโมโนเมอร์มาเรียงต่อกันโดยปฏิกิริยาเคมี เป็นเส้นตรงคล้ายเส้นด้าย เช่น พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน และเซลลูโลส เกิดจากโมโนเมอร์ชนิดที่มีตำแหน่งที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีเพียง 2 ตำแหน่ง

รูปที่ 2.20 โครงสร้างพอลิเมอร์แบบสายยาวหรือสายโซ่

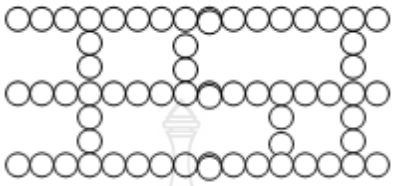
สารพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบสายยาวจะมีสมบัติเหนียวแข็งแรง ยืดตัวได้ดี โค้งงอได้มาก อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน แข็งตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง และเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ โดยที่สมบัติของพอลิเมอร์ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น เทอร์โมพลาสติก เป็นต้น

2) โครงสร้างแบบสาขาหรือแขนง (Branched Chain Structure) พอลิเมอร์ชนิดนี้มี สาขาโซ่แตกออกไปจากโซ่หลัก เกิดจากโมโนเมอร์ชนิดที่มีตำแหน่งที่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี 2 และ 3 ตำแหน่ง ตัวอย่าง เช่น เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ ไกลโคเจน และพอลิเอทิลีนแบบสาขา เป็นต้น

รูปที่ 2.21 โครงสร้างพอลิเมอร์แบบสาขาหรือแขนง

สารพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบสาขาจะมีสมบัติคล้ายกับแบบสายยาวแต่โครงสร้างแบบสาขาจะมีความหนาแน่นน้อยและโค้งงอได้ดีกว่าแบบสายยาว เนื่องจากโมเลกุลของสายพอลิเมอร์จะไม่แนบชิดอัดกันแน่น เพราะมีสาขาของสายขวางกั้นอยู่ แต่แบบสายยาวจะยืดตัวได้ดีกว่าแบบสาขา เพราะโมเลกุลเรียงตัวในแนวเส้นตรง

3) โครงสร้างแบบตาข่ายหรือร่างแห (Cross-linked Structure) พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบนี้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างโครงสร้างแบบสายยาวและแบบสาขามาเชื่อมต่อกันเป็นร่างแห มีกิ่งสาขาเชื่อมโยงภายในโมเลกุลหรือกับโมเลกุลอื่น เช่น โมเลกุลของแป้งและ เบเคไลต์ (ฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์) เป็นต้น



รูปที่ 2.22 โครงสร้างพอลิเมอร์แบบร่างแห

สารพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแหจะมีสมบัติแข็งแรงทนทาน โค้งงอได้น้อย เนื่องจากโมเลกุลยึดกันแน่นใน 3 ทิศทาง คงรูปร่าง ไม่ยืดหยุ่น ถ้าเป็นพลาสติกจะแข็งแรงมาก ทนความร้อนได้ดีโดยปกติจะไม่หลอมตัว และยากที่จะละลายในตัวทำละลายใดๆ ในอุตสาหกรรมการสังเคราะห์พอลิเมอร์จะพบว่าพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแหมักเกิดจากพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น ยกเว้นไนลอนจะมีโครงสร้างแบบสายยาวเกิดจากพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น พอลีเมอร์ จะมีโครงสร้างแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับ ความดัน อุณหภูมิ ชนิดและปริมาณของโมโนเมอร์ และตัวเร่งปฏิกิริยา

2.20 พลาสติก

พลาสติก (Plastics) ถูกพัฒนาขึ้นใน ปี ค.ศ. 1839 โดยชาร์ล กู๊ดเยียร์ ได้ค้นพบ วิธีการทำยางธรรมชาติ ซึ่งมีความอ่อนให้กลายเป็นยางแข็ง หลังจากนั้นประมาณ 30 ปี จอห์น เวสเลย์ ไฮแอท ชาวอเมริกันค้นพบพลาสติกที่เรียกว่าเซลลูลอยด์ (Celluloid) ซึ่งนับเป็นพลาสติกชนิดแรก

พลาสติกเป็นวัสดุที่เข้ามามีบทบาทสำคัญมากในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นในชีวิตประจำวันหรือในงานอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมต่างๆ จะเห็นได้จากการนำพลาสติกมาทำเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือน ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้าฯลฯ โดยพลาสติกได้เข้ามาแทนที่วัสดุอื่นๆ เช่น เหล็กโลหะต่างๆ และไม้ เป็นต้น

พลาสติก คือ วัสดุที่ประกอบด้วยมาโครโมเลกุลที่มีอยู่ตามธรรมชาติ (เช่น ยางธรรมชาติ เซลลูโลส และโปรตีน เป็นต้น) หรือได้จากการสังเคราะห์สารประกอบโมเลกุลต่ำ (เช่น Ethylene และ Benzyl Formaldehyde เป็นต้น)

เนื่องจากพลาสติกเป็นสารประเภทพอลิเมอร์ การสังเคราะห์พลาสติกจึงต้องนำวัตถุดิบมาผ่านกระบวนการทางเคมี ให้ได้โมเลกุลของโมโนเมอร์ก่อน แล้วจึงนำโมโนเมอร์มารวมกันโดยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันเป็นพอลิเมอร์ ซึ่งจะมีวิธีการต่างๆ กัน (สมเกียรติ, 2556)

2.21 ประเภทของพลาสติก

การจัดประเภทพลาสติกโดยใช้ลักษณะของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อนเป็นเกณฑ์นั้น สามารถจำแนกประเภทพลาสติกได้เป็น 2 ประเภท (ปุญญานิช, 2551) คือ

1) เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic ย่อว่า TP) เป็นพลาสติกที่ถูกความร้อนแล้วอ่อนตัวหรือหลอมเหลวที่ให้รูปร่างเปลี่ยนไปแล้ว สามารถเอากลับไปหลอมใหม่เป็นรูปเดิมหรือรูปอื่นได้ โดยที่สมบัติ

ยังคงเหมือนเดิม และสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ตลอด จึงกล่าวได้ว่าเป็น Plastics with a memory หรือ พลาสติกคืนรูป มีโครงสร้างเป็นแบบสายยาว ตัวอย่างเช่น พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน พอลิไวนิล คลอไรด์ (พีวีซี) พอลิเอไมด์ (Polyamide หรือไนลอน) พอลิโพรพิลีน อะคริลิก เป็นต้น

2) เทอร์โมเซต (Thermoses ย่อว่า TS) เป็นพลาสติกที่ถูกความร้อนแล้วไม่อ่อนตัว แต่ถ้าร้อนมากจะไหม้เป็นถ่าน เราเรียกพลาสติกประเภทนี้ว่า พลาสติกคงรูป เนื่องจากในกระบวนการผลิตได้เกิดความแข็งแรงมาก สลายตัวได้ยาก ตัวอย่างเช่น พอลิเอสเทอร์ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ (หรือ melmac) เบเคไลต์ พอลิยูรีเทน และอีพอกซี เป็นต้น

การแบ่งประเภทของพลาสติกนอกจากสมบัติของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อนแล้วยังมีการแบ่งประเภทของพลาสติกโดยใช้สมบัติอื่นๆ อีก เช่น ความหนาแน่น ลักษณะการติดไฟ การละลายในตัวทำละลาย เป็นต้น (วิสุทธิ์, 2551)

2.22 คุณสมบัติของพลาสติก

คุณสมบัติของพลาสติกเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากในการพิจารณาเลือกใช้พลาสติกให้เหมาะสมกับลักษณะของงานชนิดต่างๆ ได้แก่

1) ความต้านทานไฟฟ้า พลาสติกเกือบทุกชนิดมีความต้านทานไฟฟ้าสูง จึงถูกนำมาทำเป็นฉนวนป้องกันไฟฟ้า

2) การนำความร้อน พลาสติกมีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ต่ำมาก จึงถูกนำมาใช้ทำฉนวนกับความร้อน

3) ความหนาแน่น พลาสติกเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ ความหนาแน่นของพลาสติกมีค่าระหว่าง 0.30 ถึง 0.75 ปอนด์ต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าประมาณ 1 ใน 6 ของความหนาแน่นของเหล็กกล้า ดังนั้น จึงถูกนำไปใช้กับงานที่ต้องการให้มีน้ำหนักเบา

4) ความต้านทานต่อการเกิดกร่อน พลาสติกโดยทั่วไปมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนที่ดี สารละลายของเหลวในครัวเรือนส่วนมากไม่สามารถทำละลายต่อพลาสติกได้ แต่อย่างไรก็ตามสารละลายอินทรีย์บางชนิด เช่น อัลคลอไรด์ หรือแก๊สโซลีน สามารถทำละลายต่อพลาสติกบางชนิดได้

5) สมบัติทางแสง ได้แก่ความโปร่งแสง ความโปร่งใส และทึบแสง เช่น ใช้พลาสติกทำเป็นเลนส์แว่นตา

2.23 ผลิตภัณฑ์พลาสติก

พลาสติกที่ผลิตได้จากกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน เรียกว่า วัตถุดิบพลาสติก มีรูปแบบ 3 ชนิด คือ เป็นผง เป็นเม็ด และเป็นของเหลวข้นคล้ายยาง ที่เรียกว่า เรซิน (Rasin) เรซินเป็นสารอินทรีย์พื้นฐานที่ทำให้เกิดพลาสติก ซึ่งมีหลายชนิดแต่ละชนิดมีสมบัติและคุณภาพต่างกัน เมื่อจะนำมาใช้ต้องเลือกให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตออกมา วัตถุดิบพลาสติกเหล่านี้จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป ผลิตภัณฑ์พลาสติกต่างๆ จะมีรูปร่างแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน กรรมวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมพลาสติกนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น การหล่อแบบ การอัดแบบ และการฉีดเข้าแบบ เป็นต้น

การนำพอลิเมอร์มาทำผลิตภัณฑ์ นอกจากจะมีการเติมตัวเร่งและสารเสริมตัวเร่งปฏิกิริยาดังการทดลองนี้แล้ว ยังมีสารอื่นๆ ที่อาจเติมลงไปเพื่อทำให้พลาสติกมีสมบัติตามต้องการเหมาะสมในการใช้งานและทำให้พลาสติกคงรูปร่างตามต้องการได้ สารเหล่านี้ ได้แก่

1) พลาสติไซเซอร์ (Plasticizer) คือการที่ผสมลงไปแล้วทำให้พอลิเมอร์หลอมตัวได้ง่าย ลดความเปราะให้น้อยลง มีความยืดหยุ่นดี โค้งงอได้ง่าย ทนต่อแรงอัดและแรงดึงได้ดี พลาสติไซเซอร์จะต้องละลาย

รวมกับพอลิเมอร์ได้ดี ตัวอย่างของพลาสติไซเซอร์ เช่น ไดบิวทิลพธาเลตผสมในเมทิลเมตาดริเลต (เพลกซิกลาส) จะทำให้ได้พลาสติกที่โค้งงอได้ดี การบูรและน้ำมันละหุ่งเติมลงในไนโตรเซลลูโลส เพื่อลดความเปราะ และมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เป็นต้น

2) ฟิลเลอร์ (Filler) คือสารที่เป็นของแข็งไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมี ส่วนมากมีลักษณะเป็นผงบางชนิดเป็นเส้นใยเล็กๆ ใช้ผสมลงในเรซินหรือพอลิเมอร์ เพื่อลดต้นทุนในการผลิต เพราะ ฟิลเลอร์มีราคาถูก และทำให้สมบัติของพอลิเมอร์แตกต่างกันไปตามชนิดของฟิลเลอร์ที่ผสมลงไป เช่น ผสมใยหิน (แร่แอสเบสตอส) ลงไปจะทำให้พอลิเมอร์ทนความร้อนสูง ขยายตัวน้อย ผสมคาร์บอนลงไปจะทำให้พอลิเมอร์นำไฟฟ้าได้ดี ผสมกราไฟต์ลงไปจะทำให้พอลิเมอร์ทนการเสียดสีได้ดี

ปัจจุบันในการผลิตเครื่องใช้พลาสติก มักมีการใส่สารเติมแต่งลงไปในเนื้อพลาสติกด้วย เพื่อให้มีสมบัติต่างๆ ตามต้องการ ดังตาราง แสดงสารเติมแต่งและผลที่มีต่อพลาสติก

ตารางที่ 2.2 ผลของการเติมแต่งสารที่มีต่อพลาสติก

สารเติมแต่ง	ผลที่มีต่อพลาสติก
สี	เพื่อให้สวยงาม น่าใช้ และบอกถึงสมบัติบางประการของพลาสติก
ฝุ่นแป้งแคลเซียมคาร์บอเนต	เพื่อลดปริมาณเนื้อพลาสติก ทำให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกมีราคาถูกลง
ยางบิวทิล	ทำให้เนื้อพลาสติกเหนียว ไม่เปราะ ไม่แตกหักง่าย
ผงถ่านคาร์บอน	ช่วยกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต ทำให้พลาสติกทนแดด ไม่กรอบหักง่าย
สารต้านทานออกซิเจน	ช่วยให้พลาสติกมีสีคงทน ไม่ซีดง่าย

2.24 พลาสติกรีไซเคิล

พลาสติกที่ใช้ในชีวิตประจำวัน มีประมาณ 7 ชนิด ที่สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ และมีการให้สัญลักษณ์ ตัวเลขที่เป็นสากล เพื่อง่ายต่อการแยกประเภทของพลาสติก โดยตัวเลข 1 ถึง 7 จะอยู่ในสัญลักษณ์ลูกศรสามเหลี่ยมสามตัวที่วิ่งตามกัน มักปรากฏบริเวณก้นภาชนะพลาสติก (ศว., 2556) ดังนี้

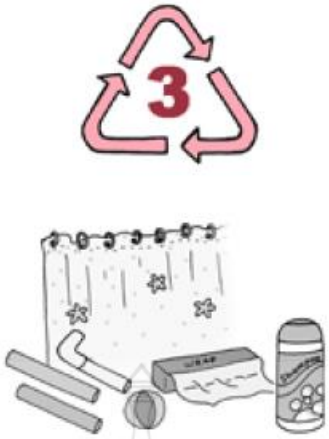
1) โพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Poly Ethylene Terephthalate, PET) PET ทนแรงกระแทก ไม่เปราะแตกง่าย สามารถทำให้ใสมาก มองเห็นสิ่งที่บรรจุอยู่ภายใน จึงนิยมใช้บรรจุน้ำดื่ม น้ำมันพืช และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ขวด PET ยังมีสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงใช้เป็นภาชนะบรรจุน้ำอัดลม PET สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยนิยมนำมาผลิตเป็นเส้นใยสำหรับทำเสื้อกันหนาว พรม และเส้นใยสังเคราะห์สำหรับยัดหมอน หรือเสื้อสำหรับเล่นสกี

รูปที่ 2.23 ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Poly Ethylene Terephthalate, PET) (ศว., 2556)

2) โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) HDPE โพลิเอทธิลีนชนิดหนาแน่นสูง ค่อนข้างแข็ง แต่ยืดได้มาก ไม่แตกง่าย ส่วนใหญ่ มักจะถูกตกแต่งให้มีสีสันสวยงาม ยกเว้น ขวดที่ใช้บรรจุน้ำดื่ม ซึ่งจะขุ่นกว่าขวด PET ราคาถูกขึ้นรูปได้ง่ายทนสารเคมี จึงนิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด แชมพูสระผม แป้งเด็ก และถุงหูหิ้วแบบหนา นอกจากนี้ภาชนะที่ทำจาก HDPE สามารถป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้นได้ดี จึงมักนำมาผลิตขวดบรรจุนมเพื่อยืดอายุของนมให้นานขึ้น HDPE สามารถนำกลับมารีไซเคิลเพื่อผลิตขวดต่างๆ ได้ เช่น ขวดใส น้ำยาซักผ้า แท่งไม้เทียมเพื่อใช้ทำรั้วหรือม้านั่งในสวน เป็นต้น

รูปที่ 2.24 ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) (ศว., 2556)

3) โพลิไวนิลคลอไรด์ (Poly Vinyl Chloride), PVC) PVC เป็นพลาสติกแข็งใช้ทำท่อ เช่น ท่อน้ำประปา แต่สามารถทำให้นิ่มโดยใส่สารพลาสติกไซเซอร์ ใช้ทำสายยางใส แผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ม่านในห้องอาบน้ำ แผ่นกระเบื้องยาง แผ่นพลาสติกปูโต๊ะ ขวดใส่แชมพูสระผม PVC เป็นพลาสติกที่มีสมบัติหลากหลาย สามารถนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์อุ่นได้อีกมาก เช่น ประตู หน้าต่าง วงกบ และหนังเทียม PVC สามารถนำกลับมารีไซเคิล เพื่อผลิตท่อประปาสำหรับการเกษตร กรวยจราจร และเฟอร์นิเจอร์ประเภทม้านั่งพลาสติก



รูปที่ 2.25 ผลิตภัณฑ์โพลิไวนิลคลอไรด์ (Poly Vinyl Chloride), PVC) (ศว., 2556)

4) โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) LDPE เป็นพลาสติกนิ่ม สามารถยืดตัวได้มาก และมีความใส นิยมนำมาทำเป็นฟิล์ม สำหรับห่ออาหารและห่อของถุงใส่ขนมปัง และถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหาร LDPE สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยใช้ผลิตเป็นถุงดำสำหรับใส่ขยะ ถุงหิ้วกอบแกบ หรือถังขยะ

รูปที่ 2.26 ผลิตภัณฑ์โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) (ศว., 2556)

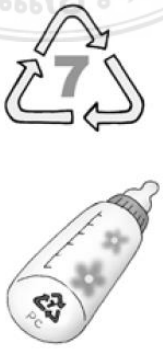
5) โพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) PP เป็นพลาสติกที่แข็ง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ทนต่อสารเคมี ความร้อน และ น้ำมัน ทำให้มีสีสันสวยงามได้ ส่วนใหญ่นิยมนำมาทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กล่อง ชาม จาน ถัง ตะกร้า หรือ กระบอกสำหรับใส่น้ำแช่เย็น PP สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยนิยมผลิตเป็นกล่องแบตเตอรี่รถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชน และ กรวยสำหรับกรอกน้ำมัน

รูปที่ 2.27 ผลิตภัณฑ์โพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) (ศว., 2556)

6) โพลิสไตรีน (Polystyrene, PS) PS เป็นพลาสติกที่แข็ง ใส แต่เปราะ และแตกง่าย ราคาถูก นิยมนำมาทำเป็นภาชนะบรรจุของใช้ เช่น เทปเพลง สำลี หรือ ของแห้ง เช่น หมูแผ่น หมูหยอง และคุ้กกี้ มีการนำพลาสติกประเภทนี้ผสมทำภาชนะหรือถาดโฟมสำหรับบรรจุอาหาร จะทำให้มีน้ำหนักที่เบามาก PS สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นิยมผลิตเป็นไม้แขวนเสื้อ กล้องวีดีโอ ไม้บรรทัด หรือของใช้อื่นๆ

รูปที่ 2.28 ผลิตภัณฑ์โพลิสไตรีน (Polystyrene, PS) (ศว., 2556)

7) พลาสติกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก หรือไม่ทราบว่าเป็นพลาสติกชนิดใด ปัจจุบันเรามีพลาสติกหลายชนิดให้เลือกใช้ พลาสติกที่ใช้ในครัวเรือนส่วนใหญ่สามารถนำกลับมารีไซเคิลเพื่อหลอมใช้ใหม่ได้ การมีสัญลักษณ์ตัวเลข ทำให้เราสามารถแยกพลาสติกออกเป็นชนิดต่างๆ เพื่อนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ง่ายขึ้น สำหรับพลาสติกในกลุ่มที่ 7 เป็นพลาสติกชนิดอื่นที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก ซึ่งมักจะมีตัวเลขระบุ และตัวย่อภาษาอังกฤษระบุชนิดของพลาสติกไว้ เช่น โพลิคาร์บอเนต (Polycarbonate, PC) เป็นต้น



รูปที่ 2.29 พลาสติกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก (ศว., 2556)

2.25 สมบัติทางกลของเทอร์โมพลาสติก

ด้วยพันธะของพลาสติกที่มีความแตกต่างกัน ทำให้สมบัติทางกลของพลาสติกแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังนี้

ตารางที่ 2.3 สมบัติทางกลของเทอร์โมพลาสติก

ประเภทพลาสติก	Tensile Strength ($MN.m^{-2}$)	% Elongation	Elastic Modulus ($MN.m^{-2}$)	Density ($Mg.m^{-3}$)	Izod Impact ($J.m^{-1}$)
Polyethylene (PE) :					
Low-density	20	800	270	0.92	480
High-density	37	130	1200	0.96	214
Ultrahigh molecular weight	47	350	660	0.934	1600
Polyvinyl chloride (PVC)	60	100	4000	1.40	
Polypropylene (PP)	40	700	1460	0.90	53
Polystyrene (PS)	53	60	3000	1.06	21
Polyacrylonitrile (PAN)	60	4	1.15	256	256
Polytetrafluoroethylene (PTFE) (Teflon)	47	400	540	2.17	160
Polyamide (PA) (nylon)	80	300	3330	1.14	112
Polyester (PET)	70	300	4000	1.36	32
Polymethyl methacrylate (PMMA) (acrylic, Perspex)	80	5	3000	1.22	27
Polyoxymethylene (POM)	80	75	3460	1.42	123
Polycarbonate (PC)	73	130	2660	1.20	83
Polyetheretherketone (PEEK)	68	150	3660	1.31	85
Polyphenylene sulphide (PPS)	63	2	3200	1.30	27
Polyether sulphone (PES)	81	80	2330	1.37	83
Polyamide-imide (PAI)	180	15	4860	1.39	214

2.26 กระบวนการผลิตวัสดุพลาสติก

กระบวนการผลิตวัสดุสำเร็จรูปให้ออกมาเป็นแผ่น เป็นแท่ง หรือให้มีรูปร่างต่าง ๆ จากเม็ดพลาสติกนั้น ทำได้หลายวิธี เช่น ใช้กระบวนการอัดฉีดเข้าไปในแบบหรือทำออกมาเป็นท่อ การจะใช้

กระบวนการใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก คือ เป็นเทอร์โมพลาสติก หรือเทอร์โมเซททิงพลาสติก สำหรับเทอร์โมพลาสติกจะใช้วิธีทำให้ร้อนจนอ่อนตัวลง หรือเหลวแล้วจึงอัดฉีดเข้าไปในแบบให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ กันก่อนที่จะเย็นตัวลง แต่ถ้าเป็นเทอร์โมเซททิงพลาสติกจะใช้กระบวนการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเชื่อโยงเป็นโครงข่ายแล้วเข้าในแบบเป็นรูปร่างตามที่ต้องการก่อนที่กระบวนการพอลิเมอไรเซชันจะสิ้นสุดลง และขั้นสุดท้ายของการเกิดพอลิเมอไรเซชันก็คือ การให้ความร้อนหรือความกดดันหรือใช้ตัวเร่งที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิสูงขึ้น (แม้น, 2553) ต่อไปนี้ จะเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตเทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซททิงพลาสติกกระบวนการที่ใช้ผลิตวัสดุเทอร์โมพลาสติก

1) การฉีดเข้าในแบบ (Injection molding) วิธีการนี้นับว่าเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ใช้ผลิตวัสดุสำเร็จรูปของวัสดุเทอร์โมพลาสติก เครื่องที่ทันสมัยใช้ reciprocating-screw เป็นตัวพาพลาสติกที่หลอมเหลวแล้วฉีดเข้าไปในแบบในกระบวนการผลิตด้วยการฉีดพลาสติกเหลวเข้าไปในแบบนั้น เม็กพลาสติกจะถูกส่งลงมาจากถังใส่ (hopper) เข้าไปยังกระบอกฉีดซึ่งมีสกรูหมุนไปรอบ ๆ พร้อมกันนั้น เม็ดพลาสติกจะถูกทำให้ร้อนจนหลอมเหลว เมื่อพลาสติกเหลวที่ปลายสกรูมีมากพอ สกรูจะหยุดหมุน แต่จะทำหน้าที่เป็นตัวอัดฉีดจากช่องออกเข้าสู่แบบ ในช่วงเวลาสั้นและให้ความดันคงที่จนพลาสติกแข็งตัว สกรูจะถอยออกมา แบบที่ใช้หล่อจะมีน้ำเย็นเข้าไปหล่อ เพื่อให้พลาสติกแข็งตัวเร็ว ขั้นสุดท้ายแบบจะเปิดออก พลาสติกจะหลุดออกมาจากแบบด้วยการใช้อากาศหรือสปริงดันออกมา แล้วแบบก็จะประกอบเข้าไปใหม่พร้อมที่จะอัดฉีดต่อไป (แม้น, 2553)

ข้อดีของกระบวนการผลิตโดยวิธีนี้ คือ

- ชิ้นงานหรืออุปกรณ์ที่ผลิตได้จะมีคุณภาพดีและสามารถผลิตได้รวดเร็ว
- เป็นกระบวนการผลิตที่มีค่าแรงถูก
- ผิวของอุปกรณ์ที่ผลิตได้จะมีสภาพดี
- กระบวกการนี้สามารถผลิตแบบอัตโนมัติได้
- ชิ้นงานที่มีลักษณะยุ่งยากซับซ้อน สามารถผลิตได้โดยวิธีนี้

ข้อเสียของวิธีนี้ คือ

- เครื่องจักรมีราคาแพงมาก จึงต้องผลิตครั้งละมากๆ
- เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีจะต้องควบคุมกระบวนการค่อนข้างใกล้ชิด

2) กระบวนการอัดรีด (Extrusion) เป็นกระบวนการผลิตที่สำคัญอีกวิธีหนึ่งสำหรับใช้กับเทอร์โมพลาสติก กระบวนการนี้โดยมากใช้ผลิตพวกท่อแท่ง เป็นฟิล์มและแผ่นพลาสติกหรือผลิตเป็นรูปแบบอย่างอื่น เครื่องอัดรีดอาจใช้ทำวัตถุดิบที่เป็นพลาสติกผสมให้ออกมามีรูปร่างต่าง ๆ กันเช่น ทำเม็ดและใช้กับพวกพลาสติกที่ใช้แล้ว ในกระบวนการอัดรีดพลาสติกนี้เม็ดพลาสติกจะถูกส่งเข้าไปให้ความร้อนแล้วพลาสติกที่หลอมเหลวจะถูกบังคับให้ออกไปทางท่อเปิดหรือ die ตามรูปร่างที่ต้องการด้วยสกรูหมุน พลาสติกที่ออกมาแล้วจะทำให้เย็นต่ำกว่า Tg หรือ glass transition temperature เพื่อให้แน่ใจว่ารูปร่างจะคงที่ การทำให้พลาสติกเย็นลงใช้วิธีเอาลมเป่าหรือใช้ระบบน้ำเย็นหล่อก็ได้

3) กระบวนการอัดเข้ากับแบบ (compression molding) เป็นกระบวนการอัดเข้ากับแบบ ซึ่งโดยทั่วไปตัวแบบเองจะมีการทำให้ร้อนก่อน แล้วใช้เม็ดพลาสติกใส่ลงไปในแบบ เมื่อแบบเข้าประกบกันความร้อนและความดันจะรักษาให้คงที่จนกว่าเม็ดพลาสติกจะเข้าเต็มแบบและทำให้แข็งตัวกระบวนการนี้เหมาะที่จะใช้กับ Thermosetting materials เพราะการทำให้แข็งตัวสำหรับ Thermosetting polymers นั้น ขึ้นอยู่กับเวลาของการเกิดปฏิกิริยาและมักจะใช้เวลานานกว่ากระบวนการแบบฉีด

4) กระบวนการ Transfer molding เป็นกระบวนการที่ใช้กับพลาสติกที่เป็น Thermosets โดยเอาวัสดุที่จะขึ้นรูปใส่ในกระบอกอัด วัสดุนั้นจะถูกเผาให้ร้อนจนเหลวแล้ววัสดุนั้นจะถูกอัดเข้าไปในแบบ วิธีการนี้ได้ดัดแปลงมาจาก compression molding

5) กระบวนการ Blow molding กระบวนการนี้ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่กลวง โดยการเป่าพอลิเมอร์ที่ร้อนด้วยลมให้พอลิเมอร์เข้าไปติดกับแบบที่เป็น 2 ชิ้นประกบกัน โดยให้พอลิเมอร์ที่เป็นหลอด (tube หรือ parison) ทำให้ร้อนแล้วถูกดันลงมาจากด้านบนของแบบ แล้วใช้อัดอากาศเข้าไป พอลิเมอร์ที่หลอมเหลวจะกลายเป็นรูปร่างต่าง ๆ กันตามแบบที่ใช้และได้ความหนาที่ค่อนข้างสม่ำเสมอกัน วิธีการใช้ในการผลิตขวดพลาสติกหรือภาชนะบรรจุอื่น ๆ ซึ่งสามารถทำได้รวดเร็วและให้กับเทอร์โมพลาสติก

6) กระบวนการ Thermoforming เป็นกระบวนการที่ใช้พอลิเมอร์แผ่นหรือฟิล์มบาง ๆ ผลิตเป็นรูปต่าง ๆ วิธีการนี้แผ่นพอลิเมอร์จะถูกเผาจนอ่อนตัวลงและห้อยลงมาจนสัมผัสกับแบบด้วยระบบสุญญากาศ ทำให้แผ่นพอลิเมอร์ออกมามีรูปร่างตามแบบที่ใช้ บางครั้งอาจใช้แบบที่เป็นโลหะ 2 ชิ้นประกบกันก็ได้ กระบวนการนี้เหมาะที่จะนำไปใช้กับการผลิตที่มีจำนวนไม่มากนัก

7) กระบวนการรีดให้เป็นแผ่น (Calendaring) เป็นกระบวนการที่ใช้ Thermoplastic ทำเป็นแผ่นหรือเป็นฟิล์ม โดยใช้พลาสติกผ่านเข้าไประหว่างลูกกลิ้งที่ให้ความร้อน (heated rolls) และต่อเนื่องกัน ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งคู่สุดท้ายจะบอกความหนาของแผ่นพลาสติกนั้น กระบวนการนี้อาจนำมาใช้เป็นวิธีผสมวัสดุให้เข้ากันก็ได้ โดยทั่วไปยางแผ่นก็ใช้กระบวนการนี้ทำเช่นเดียวกัน

8) กระบวนการหล่อ (Casting) กระบวนการนี้ใช้ในการขึ้นรูปของที่ตันหรือกลวง โดยใช้พลาสติกที่หลอมเหลวหรือจากเรซินที่ผสมตัวเร่งแล้ว ด้วยการเทลงไปในแบบ แล้วปล่อยให้แข็งตัวหรือให้ set ตัว (curing) สำหรับแบบควรจะต้องให้ข้างบนเปิด กระบวนการนี้ใช้กันมากในการหล่อพวกยูรีเทน และ silicone elastomers ให้เป็นแผ่นหรือเหมาะที่จะใช้ทำเครื่องร่อนแร่ หรือใช้สร้างอุปกรณ์ที่อยู่กับที่ด้วยสาร epoxy หรือ polyester resins

9) กระบวนการ Reaction Injection Molding (RIM) กระบวนการนี้จะใช้วิธีปั๊มพอลิเมอร์ที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเข้าไปใน mixing chamber ก่อน ให้ผสมกันแล้วให้ออกไปสู่แบบหล่อที่ความดันปกติ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะก่อให้เกิดการขยายตัวเต็มแบบหล่อ ถ้ามีความร้อนเกิดขึ้น จะช่วยทำให้พอลิเมอร์แข็งตัวเร็วขึ้น และอาจใช้ filler ผสมเข้าไปเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้นก็ได้ กระบวนการนี้ใช้หล่ออุปกรณ์รถยนต์ต่าง ๆ วัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อเป็นพอลิยูรีเทนโฟม (แม้น, 2553)

2.27 สมมติฐาน

1) เศษขยะกล่องนม และเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Poly Ethylene Terephthalate, PET) และโพลิเอทธิลีน (Polyethylene, PE) สามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของแผ่นไม้เทียม แล้วทำให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน

2) แผ่นไม้เทียม มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 966-2547) ได้

3) แผ่นไม้เทียม มีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีกว่าแผ่นไม้เทียมทั่วไป

4) แผ่นไม้เทียม เป็นที่สนใจของหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และประชาชนทั่วไป

2.28 กรอบแนวความคิด

กรอบแนวความคิดของโครงการแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (Poly Ethylene Terephthalate, PET) และโพลิเอทธิลีน (Polyethylene, PE) สามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ ดังนี้

รูปที่ 2.30 กรอบแนวความคิดของแผ่นไม้เทียม

2.29 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนา แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) สามารถสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ ดังนี้

วันทนา สุขแก้ว (2550) ได้ทำการผสมพลาสติกขวดน้ำชนิด PE และ PET โดยใช้อัตราส่วน PE: PET เท่ากับ 90: 10 โดยน้ำหนัก และทำการเติมสารเสริมแรง 3 ชนิด แยกกัน ได้แก่ ไฟเบอร์กราส ซิลิก้า และไมก้า โดยเติมที่ร้อยละ 25 ผสมในเครื่องผสมแบบเกลียวหนอนคู่ ทดสอบสมบัติต่างๆ พบว่า ความต้านทานแรงกระแทก ความต้านทานแรงดึง มอดูลัสยืดหยุ่น พบว่า ไฟเบอร์กราส เป็นสารเสริมแรงที่กระจายตัวได้ดีที่สุด และมีสมบัติที่ดีที่สุด ในการเสริมแรงให้กับพลาสติกผสมระหว่าง PE และ PET

ณัฏฐ์ชญาภา ธนวัฒนาศิริกุล และคณะ (2554) ทำการศึกษาและผลิตวัสดุไม้พลาสติกจากไม้ปาล์มและพลาสติกเหลือใช้ เพื่อเพิ่มคุณค่าของวัสดุเหลือใช้ซึ่งนับได้ว่าเป็นการช่วยประหยัดทรัพยากรในทางอ้อม ซึ่งไม้ปาล์มเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยจะนำผงไม้ปาล์มมาผสมกับเศษผงพลาสติกพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ซึ่งได้มาจากขวดน้ำดื่มขาวขุ่นใช้แล้วและมีการใช้สารเติมแต่งคือ มาเลอิก แอนไฮไดรด์ (MA) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารช่วยผสม โดยวัตถุดิบทั้งหมดจะถูกผสมกันในอัตราส่วนระหว่างผงไม้กับ HDPE และ MA ที่ 50:47:03 40:57:03 และ 30:67:03 โดยน้ำหนัก ทำการขึ้นรูปด้วยวิธีอัดร้อนที่อุณหภูมิ 130 150 และ 170 องศาเซลเซียส ความดัน 2500 psi แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานของ ASTM โดยจะใช้ตัวอย่างในการทดสอบจำนวน 5 ชิ้นตัวอย่างต่อหนึ่งการทดสอบ ซึ่งผลการทดลอง พบว่า ความแข็ง ความต้านทานแรงดัด ความต้านทานดึง ความต้านทานกด และการดูดซับ

พลังงานแรงกระแทกของไม้พลาสติกมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสัดส่วน การเพิ่มขึ้นของเศษพลาสติกและอุณหภูมิในการขึ้นรูป โดยที่สัดส่วน 30:67:03 อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส มีสมบัติเชิงกลดีที่สุด และเมื่อนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับไม้เทียมทางการค้าพบว่า ไม้พลาสติกมีความแข็งแรงดึงและการดูดซับพลังงานแรงกระแทกสูงกว่าไม้เทียมทางการค้า แต่ความแข็งและความแข็งแรงกดน้อยกว่าไม้เทียมทางการค้า ส่วนความแข็งแรงดัดมีค่าใกล้เคียงกับไม้เทียมทางการค้า โดยมีต้นทุนรวมเท่ากับ 52.02 บาทต่อชิ้น สำหรับสัดส่วน 30:67:03 ต้นทุนรวมเท่ากับ 51.60 บาทต่อชิ้น สำหรับสัดส่วน 40:57:03 และสัดส่วน 50:47:03 มีต้นทุนรวมเท่ากับ 51.18 บาทต่อชิ้น

จินตนา สุขสวัสดิ์ และคณะ (2555) ทำการศึกษาไม้พลาสติก (WPC) จากพลาสติกพอลิโพรพิลีน (Polypropylene; PP) และเส้นใยธรรมชาติที่เป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน ได้แก่ เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า (Empty fruit bunch fibers, EFBF) และเส้นใยทางใบ (Frond fibers, FF) โดยควบคุมอัตราส่วน PP ต่อเส้นใย 50:50 (w/w) เตรียมเส้นใยด้วยกระบวนการบดเชิงกล (Mechanical pulp, MP.) ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 (เล็กกว่า 80 mesh) WPC เตรียมโดยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูป (Compression molding machine) จากนั้นนำไปศึกษาสมบัติเชิงกล (Mechanical properties) และสัณฐานวิทยา (Morphological properties) งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อ WPC ได้แก่การเติมสารช่วยผสม (พอลิโพรพิลีนต่อกิ่งด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์; PP-g-MA) (0-3% โดยน้ำหนัก) ผลของน้ำมันปาล์มดิบที่ตกค้างในเส้นใย (0-6% โดยน้ำหนัก) ผลของชนิดเส้นใยปาล์ม (EFBF และ FF) จากผลการทดลองพบว่า WPC ที่เตรียมจาก PP ผสมเส้นใยทะลายปาล์มเปล่า (EFBF) และเส้นใยทางใบ (FF) มีสมบัติเชิงกลต่างกันเล็กน้อย ทั้งสองทำหน้าที่เป็นสารตัวเติมเพิ่มเนื้อแบบไม่เสริมแรง (Non-reinforcing filler) การใช้สารช่วยผสม (จนถึง 3%) ช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลโค้งงอเฉพาะ WPC ที่เตรียมจากเส้นใยทางใบ (FF) จากการศึกษาผลของน้ำมันปาล์มดิบ (Crude palm oil, CPO) ที่เหลืออยู่ในเส้นใย พบว่า น้ำมันปาล์มดิบ 0-6 % ไม่ได้ส่งผลอย่างมีนัยต่อสมบัติเชิงกลของไม้เทียม WPC ทั้งที่เตรียมจากเส้นใย EFBF และ FF อย่างไรก็ดี น้ำมัน CPO ถ้ามากทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่น (Lubricant) อาจทำให้เกิดการลื่นไถลในการผสม ทำให้ประสิทธิภาพการผสมและการกระจายของเส้นใยใน WPC ไม่ดี ส่งผลให้มีสมบัติเชิงกลลดลง จากการศึกษาสัณฐานวิทยาด้วย SEM พบว่า ทั้งนี้เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า (EFBF) ที่มีผิวเรียบ ลักษณะทั้งเป็นก้อน และเป็นเส้นหลายๆ เส้นมัดติดกัน มีการยึดเกาะที่ไม่ดีกับพลาสติก PP ส่วนเส้นใยทางใบ (FF) มีลักษณะผิวขรุขระและเป็นเส้นสม่ำเสมอกว่า และมีการยึดเกาะที่ดีกว่า

ในฝัน แว่วสอน (2547) ได้ศึกษาการผลิตวัสดุติดผนังภายในด้วยวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่หาได้ง่ายในประเทศไทย อันได้แก่ กาบมะพร้าวและฟางข้าว มาใช้เพื่อผลิตวัสดุติดผนังภายใน โดยทำการอัดแบบเปียกร่วมกับเยื่อกระดาษ 2 ชนิด คือ เยื่อกระดาษชานอ้อยสำเร็จรูปชนิดฟอกเยื่อ และ เยื่อกระดาษเตรียมขึ้นเองเพื่อเป็นตัวผสาน หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต และนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาผึ่งให้แห้งและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆของชิ้นงาน จากการทดลองพบว่า ความแข็งแรงของชิ้นงานที่มีส่วนผสมของกาบมะพร้าวจะมีความแข็งแรงกว่าชิ้นงานที่มีส่วนผสมของฟางข้าว ความสามารถในการดูดซับเสียงของชิ้นงานที่มีส่วนของฟางขนาดเล็กกว่าจะสามารถดูดซับเสียงได้ดีกว่าที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน ความหนาของชิ้นงานที่มีส่วนผสมของกาบพร้าวจะมีความคงตัวดีกว่าเนื่องจากสมบัติของเส้นใย เนื่องจากชิ้นงานสามารถดูดความชื้นในอากาศจึงมีน้ำหนักไม่คงที่ คุณสมบัติต่างๆ ของชิ้นงานที่ทำการทดสอบได้ผลเป็นที่น่าพอใจระดับหนึ่ง แต่จำเป็นต้องมีการพัฒนาต่อไปเพื่อนำไปสู่การผลิตเป็นผลิตภัณฑ์

วรธรรม อุ่นจิตติชัย (2546ข) ได้ทำการศึกษาขนาดของขี้เลื่อยและขนาดของเศษไม้สัก ควบคู่กับการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ ปัจจัยการใช้ชนิดของกาวที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ กาวยู

เรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวไอโซไซยาเนต ชนิด polymeric diphenylmethane diisocyanate (pMDI) ผลการศึกษาพบว่า จากการทดสอบสมบัติด้านความแข็งแรงทั้ง 3 สมบัติ ได้แก่ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัด พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยจะมีค่าที่สูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้สักเกือบทุกชนิดกาว ยกเว้น กาว PF 7 % จะให้ค่าความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่นต่ำกว่า ส่วนสมบัติด้านความคงขนาดเมื่อแช่น้ำ ปรากฏว่า แผ่นชิ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยจะให้ค่าที่ต่ำกว่าแผ่นชี้ไม้อัดจากเศษไม้สักทุกชนิดกาวที่ใช้ กล่าวคือ แผ่นชิ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยจะคงความคงขนาดเมื่อแช่น้ำได้ดีกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้สัก นั่นเอง ไม่ว่าจะผลิตด้วยกาวชนิดใดก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดกับเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน JIS A 5908(1994) พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยจะมีคุณสมบัติดีกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดจากเศษไม้สัก

ภาวดี เมธะคานนท์ (2548) ได้ศึกษาสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้ จากการใช้กาวโพลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVA, ตัวควบคุม), กาว PVA + ไคโตซาน (กาวสูตร 1), กาว PVA + ลิกนิน + แป้ง (กาวสูตร 2) และ กาว PVA + ลิกนิน + ไคโตซาน (กาวสูตร 3) เป็นตัวประสานเท่ากับ 3.62% ในปริมาณเนื้อกาวแห้งเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส จากการทดสอบพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวสูตร 1, กาวสูตร 2 และ กาวสูตร 3 เป็นตัวประสาน จะมีค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำที่ต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวตัวควบคุมเป็นตัวประสาน และยังให้ค่าความต้านทานแรงดัด (MOR), ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) และค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) ของแผ่นชิ้นไม้อัดมากกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวตัวควบคุมเป็นตัวประสาน และเมื่อพิจารณาสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดด้านต่างๆ โดยรวมแล้วพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวสูตร 2 เป็นตัวประสานมีสมบัติด้านต่างๆ โดยรวมดีที่สุด เมื่อทำการทดสอบและเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards ผลปรากฏว่า ค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นชิ้นไม้อัดเป็น 813 – 847 kg/m3 และ 7.04 – 7.26 % ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนค่าความต้านทานแรงดัด (22.90 – 26.65 MPa) และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (1.02 – 1.51 MPa) มีค่าที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (1890.1 - 2110.0 MPa) และการพองตัวหลังการแช่น้ำ (20.02 – 31.01 %) ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานและควรปรับปรุงค่าทั้งสองต่อไป

ธวัท รอบรู้ (2547) ได้ทดลองผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบมีไส้ และไม่มีไส้ โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ที่ระดับกาวต่อน้ำหนักแห้งของต้นยาสูบที่แตกต่างกัน คือ 7% 10% และ 13% เป็นตัวเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกล และทางกายภาพของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบมีไส้และไม่มีไส้ จากนั้นนำผลทั้งหมดที่ได้มา เปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 : Particleboards. ได้ผลสรุปดังนี้ แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบมีไส้ มีผลทางด้านคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพที่สูงกว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบไม่มีไส้ การใช้ปริมาณกาวเพิ่มขึ้นในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบ ทำให้คุณสมบัติทางกลและ ทางกายภาพของแผ่นปาร์ติเกิลดีขึ้น เมื่อนำผลทดสอบมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ปรากฏว่าแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบ แบบมีไส้ และไม่มีไส้ มีคุณสมบัติทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่คุณสมบัติทางกลของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งผลิตจากต้นยาสูบแบบมีไส้และไม่มีไส้ สามารถอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพียงคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า ส่วนค่าอื่น ๆ ยังคงต่ำกว่ามาตรฐาน JIS A 5908-1994

อาคม ปาสีโล (2550) ได้ศึกษาสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากแกลบและฟางข้าว โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซินเป็นสารยึดติด พารามิเตอร์ที่ศึกษา คือ เปอร์เซ็นต์สารยึดติด แกลบและฟางข้าว โดยมีสมบัติที่ศึกษา คือ ความหนาแน่น การนำความร้อน มอดูลัสแตกร้าว มอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านทานแรงกระแทกและการขยายตัว ผลจากการทดลองพบว่า ค่าความหนาแน่น ค่าการนำความ

ร้อน ค่ามอดูลัสแตกร้าว ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านทานแรงกระแทกของปาร์ติเกิลบอร์ดจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์สารยึดติดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ และยังมีค่าความแข็งแรงสูง

กิตติเดช แก้วฉา (2547) ได้นำใบยางพาราที่เหลือทิ้งจากการเกษตรมาใช้เป็นวัสดุทดลองในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้ชนิดและปริมาณกาวที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบยางพารา โดยการอัดในแนวราบด้วยเครื่องอัดร้อน แรงดันในการอัด 150 กก/ซม.^{2} อุณหภูมิในการอัด 150 $^{\circ}$C ใช้เวลาในการอัด 5 นาที ชิ้นใบยางพารามีความชื้นที่ 4.8 % โดยใช้กาว pMDI ที่ระดับปริมาณกาว 4% , 7% ,10% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) 13% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) 13% ผสมกับกาว pMDI 1% และ 2% ของปริมาณเนื้อกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) ทั้งหมด ผลจากการทดสอบค่าตามมาตรฐาน JIS A 5908 - 1994 พบว่าแผ่นชิ้นทดสอบที่ใช้กาว pMDI ที่ระดับปริมาณกาว 4% , 7% , 10% จะมีคุณสมบัติสูงกว่าแผ่นชิ้นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% และกาวผสมของทั้งสองสัดส่วนแผ่นชิ้นใบยางพาราอัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% ผสมกาว pMDI 1% และ 2% ของปริมาณเนื้อกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ทั้งหมด จะมีคุณสมบัติสูงกว่าแผ่นชิ้นทดสอบที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% อย่างเดียว นอกจากนี้ จากการทดสอบยังพบว่าแผ่นชิ้นทดสอบที่มีความหนาแน่นสูงจะมีค่าการพองตัว การดูดซึมน้ำ และความชื้นต่ำ แต่มีคุณสมบัติทางกลสูงโดยกาว pMDI ที่ระดับปริมาณกาว 10% มีความหนาแน่นสูงสุด สรุปได้ว่าคุณสมบัติของแผ่นชิ้นอัดจากใบยางพาราขึ้นอยู่กับชนิดและระดับปริมาณกาวที่ใช้ ซึ่งระดับปริมาณกาวที่สูงขึ้นจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นชิ้นใบยางพาราอัด

ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์ (2552) ศึกษาโครงสร้างภายในของวัสดุเส้นใยจากธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศทำให้วัสดุเส้นใยจากธรรมชาติมีศักยภาพที่จะมีค่าการนำความร้อนต่ำและมีสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน การศึกษาวิจัยนี้นำวัสดุผสมที่มีเส้นใยจากธรรมชาติมาเป็นวัตถุดิบในการทำวัสดุผนัง โดยคัดเลือกเส้นใยในท้องถิ่นภายในประเทศมาศึกษาสมบัติขั้นต้นในการเตรียมเส้นใยเพื่อเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ชานอ้อย หญ้าขน ฟางข้าว กก หญ้าคา ใบสับปะรด ใบไผ่ ขุยมะพร้าว ใบยางพารา ใบตาล ทลายและเปลือกผลปาล์ม โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพความยาก/ง่ายในการตัด และลักษณะโครงสร้างภายในที่เหมาะสมในการทำเป็นวัสดุผนังที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานภาครัฐอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

1) เศษขยะกล่องนมชนิด Long-life products ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2

รูปที่ 3.1 ขยะกล่องนมชนิด Long-life products

รูปที่ 3.2 เศษขยะกล่องนมชนิด Long-life products ที่ผ่านการบดหยาบแล้ว

2) เศษขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ดังรูป 3.3

รูปที่ 3.3 ขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET)

3) เครื่องบดพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องบดพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 4

4) เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบอัดร้อน ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบอัดร้อน

5) แบบหล่อแผ่นพลาสติก ขนาด 0.20 x 0.20 ตารางเมตร หนา 0.6 เซนติเมตร แบบหล่อแผ่นพลาสติก ขนาด 0.30 x 0.30 ตารางเมตร หนา 0.6 เซนติเมตร และแบบหล่อแผ่นพลาสติก ขนาด 0.60 x 0.30 ตารางเมตร หนา 0.6 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6

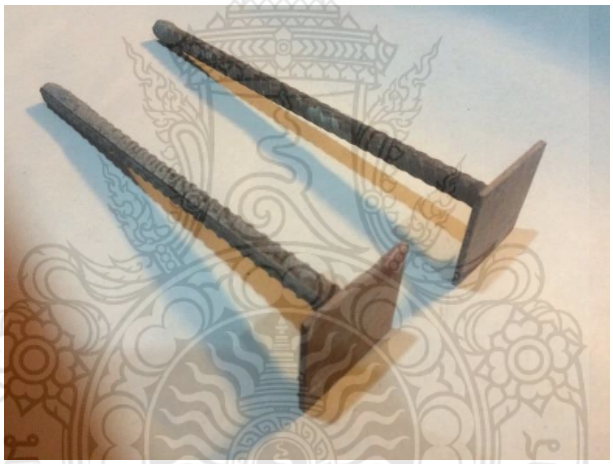
รูปที่ 3.6 แบบหล่อแผ่นพลาสติก

6) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) พร้อมแท่นและมือจับแบบต่างๆ ดังรูปที่ 3.7 และ 3.8

รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์พร้อมแท่นทดสอบความต้านทานแรงดัด

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์พร้อมมือจับทดสอบความต้านทานแรงดึง

7) แท่งเหล็กยึดแผ่นพลาสติกและกาวติดเหล็ก สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10



รูปที่ 3.9 แท่งเหล็กยึดแผ่นพลาสติกสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.10 กาวติดเหล็กสำหรับยึดผิวหน้าแผ่นพลาสติกกับแท่งเหล็ก

8) เครื่องมือชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

9) เครื่องมือวัดขนาด เช่น ไม้บรรทัด ตลับเมตร เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และไมโครมิเตอร์ เป็นต้น ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12

รูปที่ 3.11 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

รูปที่ 3.12 ไมโครมิเตอร์

10) ตู้อบและไล่ความชื้นแบบปรับอุณหภูมิได้ ดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 ตู้อบและไล่ความชื้นแบบปรับอุณหภูมิได้

11) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

12) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

13) ชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผล

3.2 การเตรียมวัสดุในการทำวิจัย

1) ย่อยเศษกระดาษกล่องนม และเศษขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ด้วยเครื่องบดพลาสติกที่มีการติดตั้งตะแกรงขนาดเบอร์ 4 หรือ 4.76 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.15 ถึง 3.19

รูปที่ 3.15 การติดตั้งตะแกรงเบอร์ 4 ลงในเครื่องบดย่อยพลาสติก

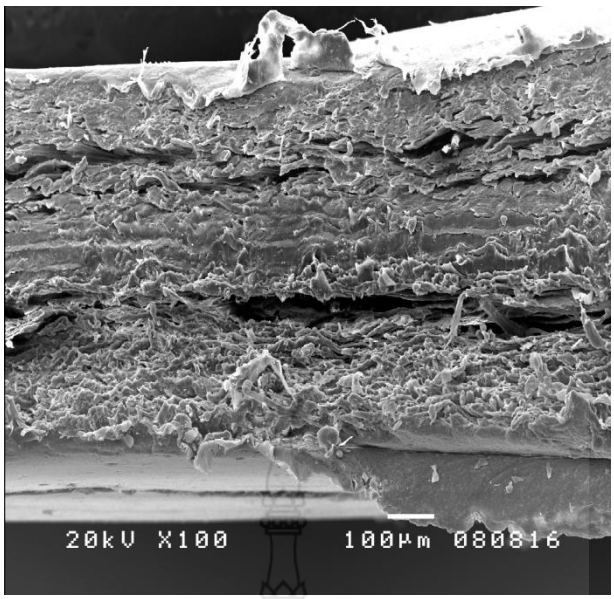
รูปที่ 3.16 การใส่เศษกระดาษกล่องนมลงในเครื่องบดย่อยเพื่อลดขนาด

รูปที่ 3.17 เศษกระดาษกล่องนมก่อนและหลังการบดย่อยด้วยเครื่องบดย่อยพลาสติก

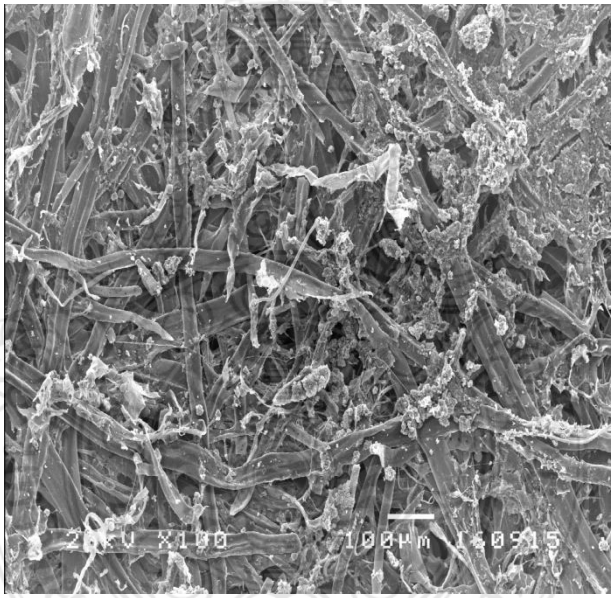
รูปที่ 3.18 การใส่ขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ลงในเครื่องบดย่อยเพื่อลดขนาด

รูปที่ 3.19 เศษขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่บดย่อยแล้ว

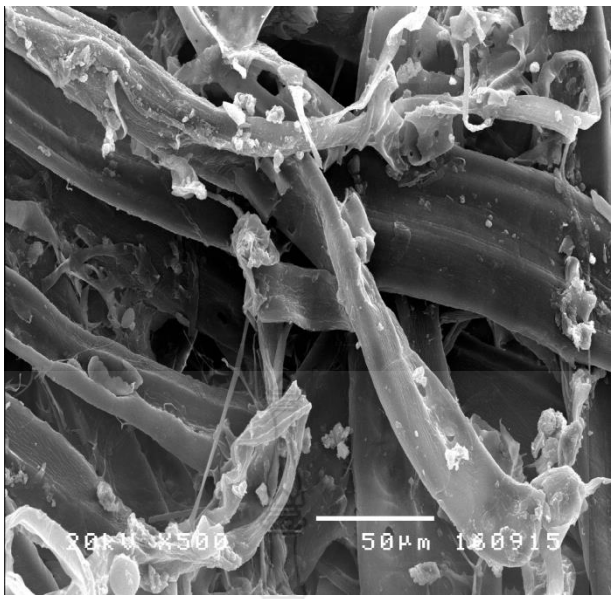
2) ส่องขยายลักษณะของเศษกระดาษกล่องนม และเศษพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อตรวจดูอสัณฐานของวัสดุดังกล่าว ซึ่งสามารถสรุปเป็นภาพขยายต่างๆ ได้ ดังรูปที่ 3.20 ถึง 3.22



รูปที่ 3.20 ภาพขยายด้านข้างของเศษกระดาษกล่องนมจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 3.21 ภาพขยายของเศษกระดาษกล่องนมจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า



รูปที่ 3.22 ภาพขยายของเศษกระดาษกล่องนมจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 500 เท่า

3.3 การออกแบบอัตราส่วนผสม

1) ออกแบบอัตราส่วนผสมของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จำนวน 5 อัตราส่วน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

อัตราส่วน	เศษกระดาษกล่องนม	เศษขวดพลาสติก PET
80: 20	80	20
75: 25	75	25
70: 30	70	30
65: 35	65	35
60: 40	60	40

3.4 การขึ้นรูปตัวอย่าง

1) เตรียมแบบหล่อทาน้ำมัน

2) ตวงส่วนผสมตามที่ออกแบบไว้ในตารางที่ 3.1

3) ผสมส่วนผสมทั้งเศษขยะกล่องนมและเศษขวดพลาสติก PET ให้เข้ากัน

4) นำส่วนผสมของเศษกระดาษกล่องนมที่ผสมเข้ากับเศษพลาสติก PET มาใส่ลงในแบบหล่อ ดังรูปที่ 3.23

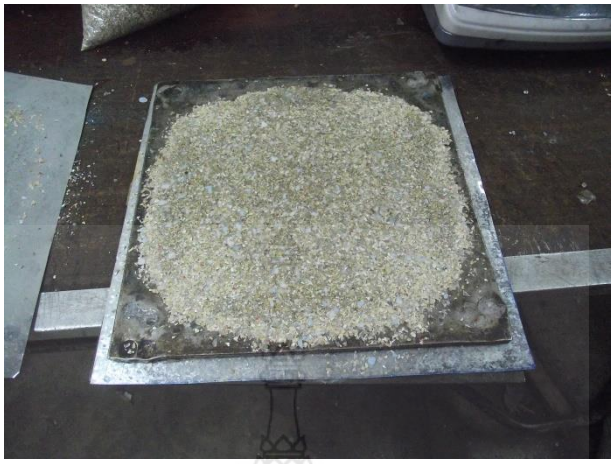
รูปที่ 3.23 การใส่เศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ลงในแบบหล่อ

5) อัดขึ้นรูปแผ่นไม้เทียมด้วยเครื่องอัดร้อน ด้วยอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาการอัด 5 นาที ดังรูปที่ 3.24 และ 3.25

รูปที่ 3.24 เครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นพลาสติกด้วยความร้อน

รูปที่ 3.25 การอัดขึ้นรูปแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

6) นำแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่อัดขึ้นรูปแล้วออกจากแบบหล่อ ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่อัดขึ้นรูปแล้ว

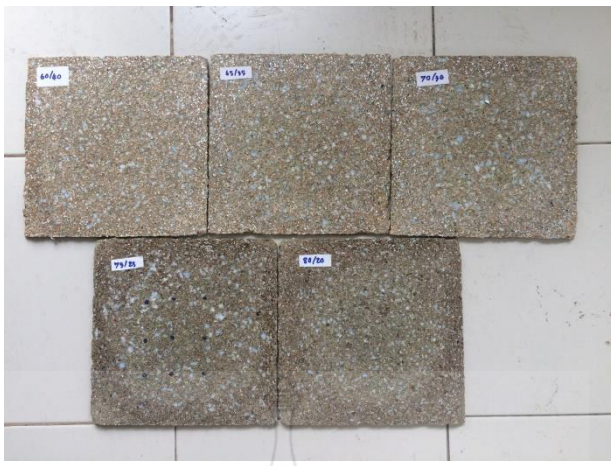
7) ทิ้งแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ให้เย็นตัวลง และนำไปทดสอบต่อไป ดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.27 แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่นำออกจากแบบหล่อแล้ว

3.5 การทดสอบสมบัติ

ทำการทดสอบสมบัติของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (สมอ., 2547) และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) ลักษณะโดยทั่วไป ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน

2) ความหนาแน่น ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ดังรูปที่ 3.29

รูปที่ 3.29 การชั่งน้ำหนักแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

3) ปริมาณความชื้น ตามมาตรฐาน มอก.966-2547
4) การพองตัวตามความหนา ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ดังรูปที่ 3.30 และ 3.31

รูปที่ 3.30 การแช่น้ำแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

รูปที่ 3.31 การวัดการพองตัวของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ด้วยไมโครมิเตอร์

5) ความต้านทานแรงดัด ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ดังรูปที่ 3.32 ถึง 3.33

รูปที่ 3.32 การนำแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เข้าเครื่อง UTM

รูปที่ 3.33 การทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

6) มอดูลัสยืดหยุ่น ตามมาตรฐาน มอก.966-2547

7) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ดังรูปที่ 3.34 ถึง 3.39

รูปที่ 3.34 การตัดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.35 อุปกรณ์สำหรับเตรียมการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.36 การติดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET กับแท่งเหล็ก

รูปที่ 3.37 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้เทียม
จากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

รูปที่ 3.38 การวิบัติของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET
จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.39 ลักษณะเนื้อของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET
ที่วิบัติจากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

8) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ตามมาตรฐาน ASTM E 986 (ASTM, 2010)

9) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 177 (ASTM, 2010)

10) การใช้งานจริง โดยทำการคัดเลือกแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมและเศษขวดพลาสติก PET อัตราส่วนที่เหมาะสมมา 1 อัตราส่วน รวม 3 ขนาด (รูปที่ 3.40) มาทดสอบการตัดด้วยเลื่อย การยึดตะปูเกลียวปลายปล่อย และการติดตั้งเป็นผนังตกแต่ง ขนาด 2.00 x 1.50 เมตร พร้อมทั้งเก็บข้อมูลและตรวจพินิจ

รูปที่ 3.40 แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 3 ขนาด

3.6 ยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

ร่างและยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา ประเภทอนุสิทธิบัตร ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.7 การเขียนบทความเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย

เขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ หรือการประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ

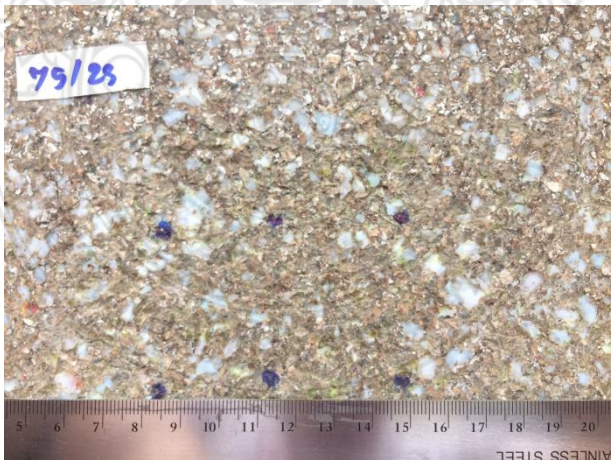
บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

การทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) สามารถสรุปเป็นผลตามประเภทการทดสอบได้ ดังนี้

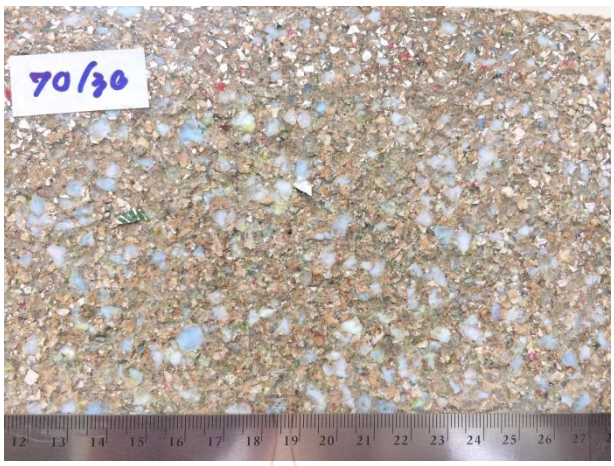
4.1 ผลการทดสอบลักษณะโดยทั่วไป

ผลการพิจารณาลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 (สมอ., 2547) สามารถสรุปได้ ดังนี้

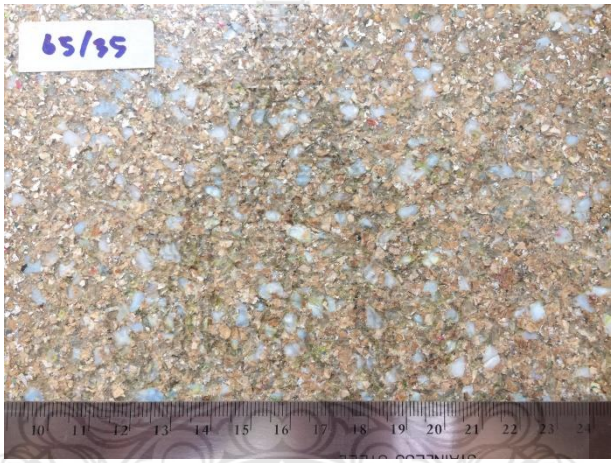
รูปที่ 4.1 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 80:20



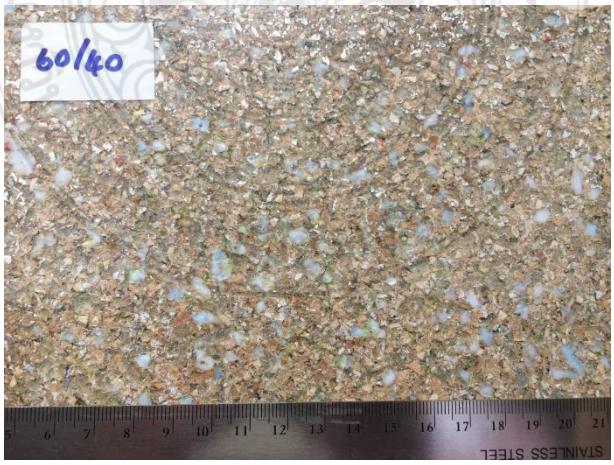
รูปที่ 4.2 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 75:25



รูปที่ 4.3 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 70:30



รูปที่ 4.4 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 65:35



รูปที่ 4.5 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40

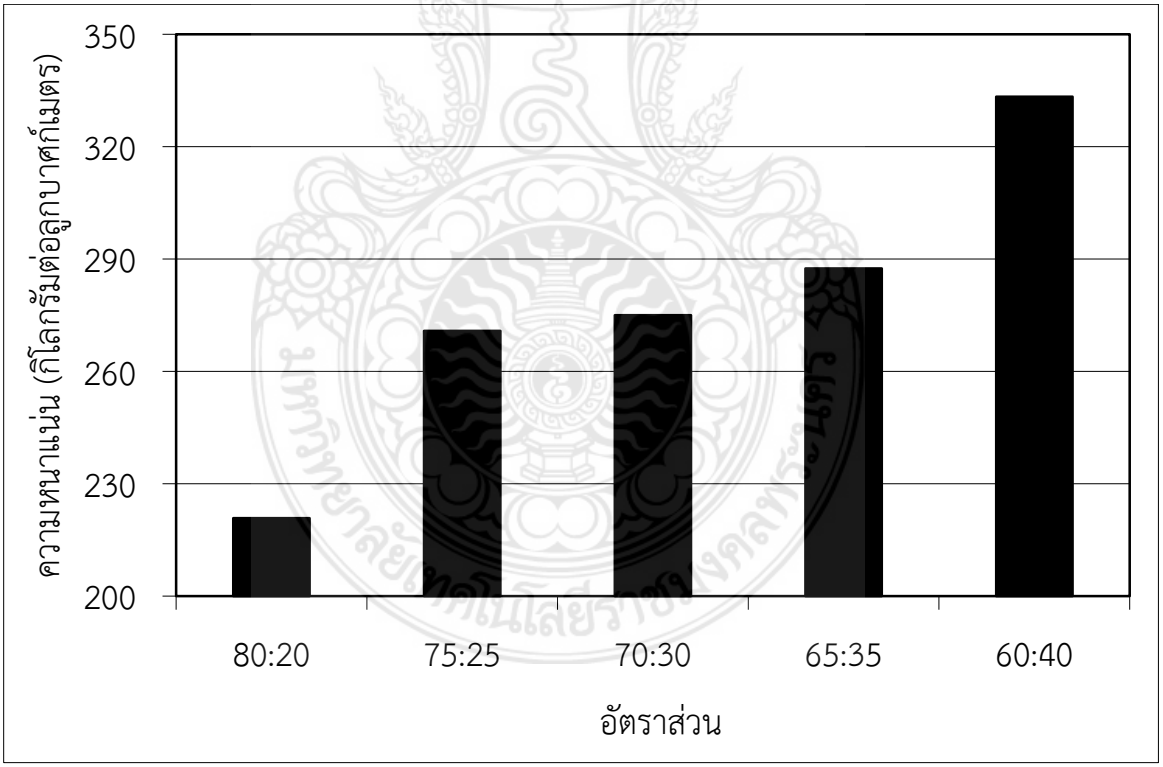
ตารางที่ 4.1 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก.966-2547

อัตราส่วน	ลักษณะโดยทั่วไป ตามมาตรฐาน มอก.966-2547
80:20	ผ่าน
75:25	ผ่าน
70:30	ผ่าน
65:35	ผ่าน
60:40	ผ่าน

จากผลการตรวจพินิจในรูปที่ 4.1 ถึง 4.5 และตารางที่ 4.1 พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน มีลักษณะโดยทั่วไปผ่านตามมาตรฐาน มอก.966-2547 กำหนด คือ ตัวแผ่นมีความเรียบเสมอกันตลอดทั้งแผ่น และขอบมีความคมตั้งฉากกับระนาบผิวในทุกแผ่น (สมอ., 2547)

4.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น

จากการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปเป็นผลการทดสอบความหนาแน่น ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ได้ ดังรูปที่ 4.6



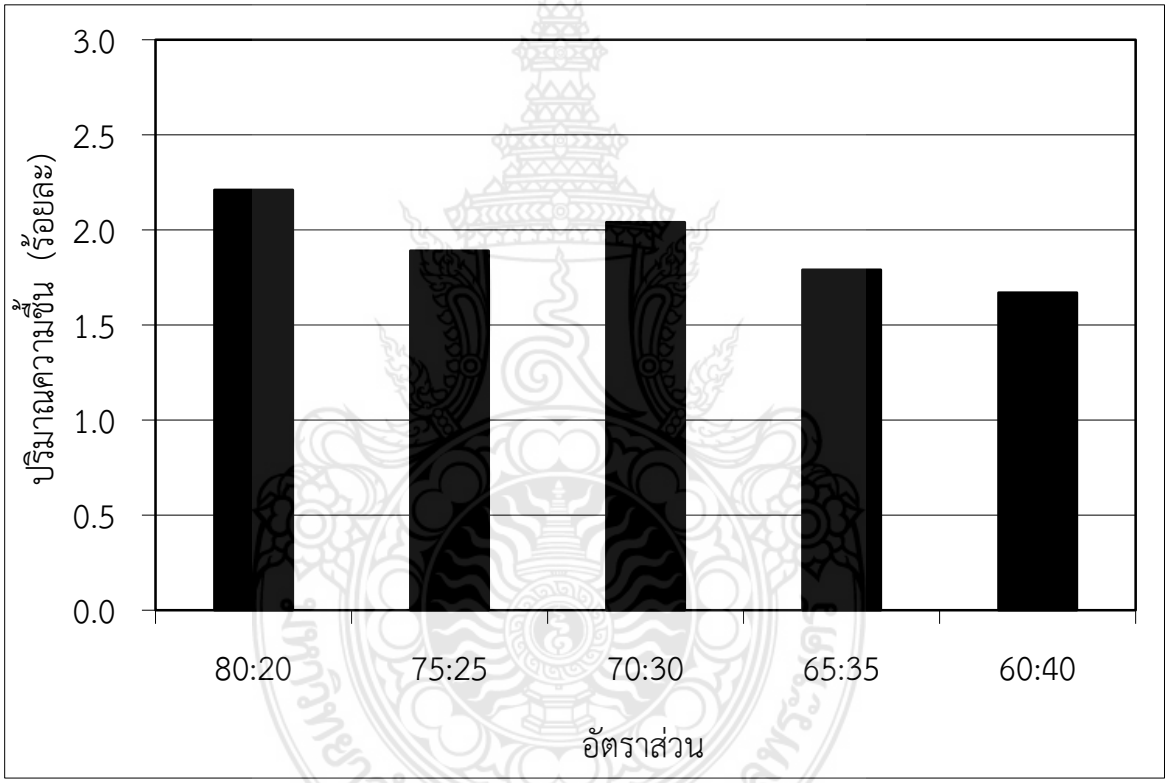
รูปที่ 4.6 ความหนาแน่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ ในรูปที่ 4.6 พบว่า การผสมเศษพลาสติก PET มีส่วนทำให้ความหนาแน่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยแผ่นไม้เทียมอัตราส่วน 60:40 เป็นแผ่นไม้เทียมที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด เท่ากับ 333.33 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ อัตราส่วน 65:35, 70:30, 75:25 และอัตราส่วน

80:20 เป็นอัตราส่วนแผ่นไม้เทียมที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด เท่ากับ 287.50, 275.00, 270.83 และ 220.83 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากความหนาแน่นของเศษพลาสติก PET มีค่าสูงกว่าความหนาแน่นส่วนใหญ่ของวัสดุที่ใช้อยู่ในเศษขยะกล่องนม (Jesse, 1992) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.966-2547 เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทุกอัตราส่วนมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF ทั่วไป ซึ่งมีความหนาแน่นระหว่าง 400 – 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สมอ., 2547)

4.3 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทุกอัตราส่วน เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน มอก.966-2547 สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.7

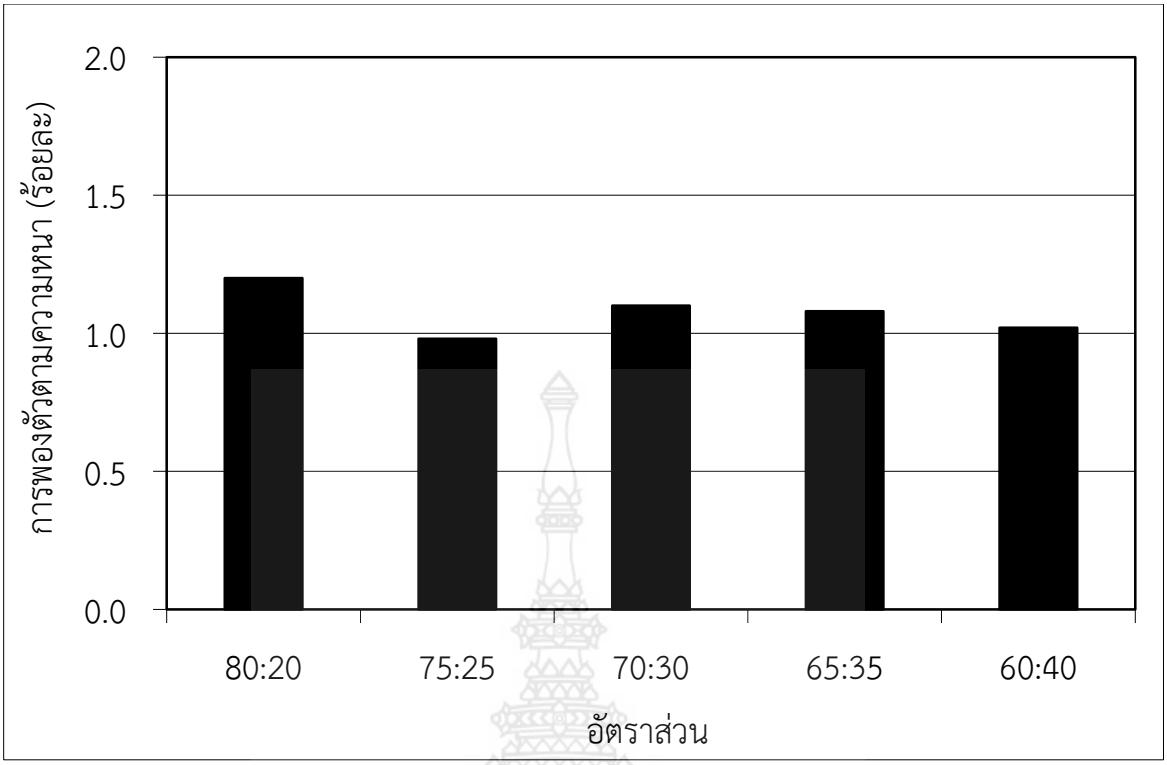


รูปที่ 4.7 ปริมาณความชื้นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.7 พบว่า ความชื้นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทุกอัตราส่วน มีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF ทั่วไป ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ซึ่งมีค่าระหว่างร้อยละ 4 – 13 (สมอ., 2547) ทั้งนี้ การผสมเศษพลาสติก PET ที่มีความพรุนต่ำมาก (อภิญญา, 2554) ลงในแผ่นไม้เทียมจากกล่องนม มีส่วนทำให้ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดต่ำลง

4.4 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา

การพองตัวตามความหนาของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.8

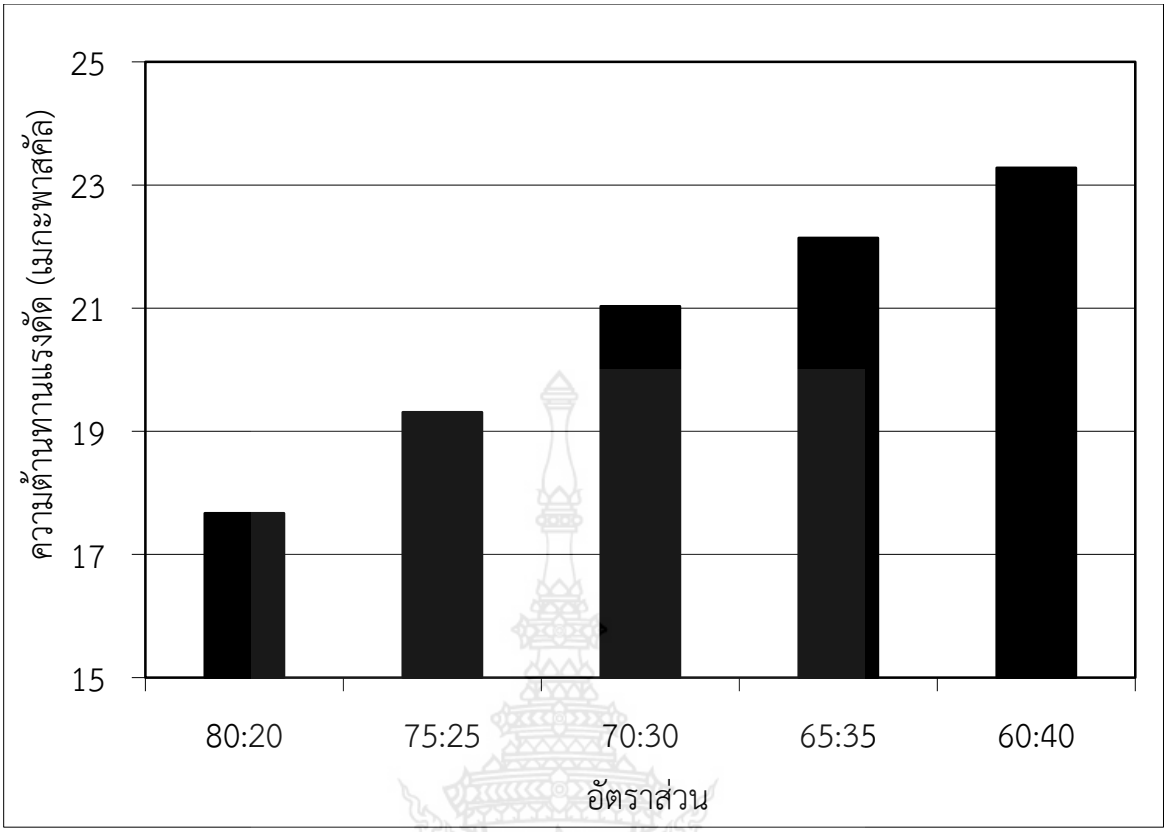


รูปที่ 4.8 การพองตัวตามความหนาของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.8 พบว่า การพองตัวตามความหนาของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เมื่อแช่น้ำทุกอัตราส่วน มีค่าต่ำกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF ทั่วไปอย่างมาก โดยมาตรฐาน มอก.966-2547 กำหนดให้แผ่นใยไม้อัด ต้องมีค่าการพองตัวตามความหนาไม่เกินร้อยละ 30 (สมอ., 2547) ทั้งนี้ แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้งหมด มีค่าการพองตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 0.98 ถึง 1.20 ซึ่งต่ำมาก และน่าจะใช้เป็นวัสดุก่อสร้างที่ทนฝนหรือความชื้นได้ดีกว่าแผ่นใยไม้อัดทั่วไปอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลมาจากพลาสติกเป็นวัสดุที่ทนทานต่อความชื้นดีกว่าไม้หรือเส้นใยธรรมชาติทั่วไป (Jesse, 1992)

4.5 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

ความต้านทานแรงดัดของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.9

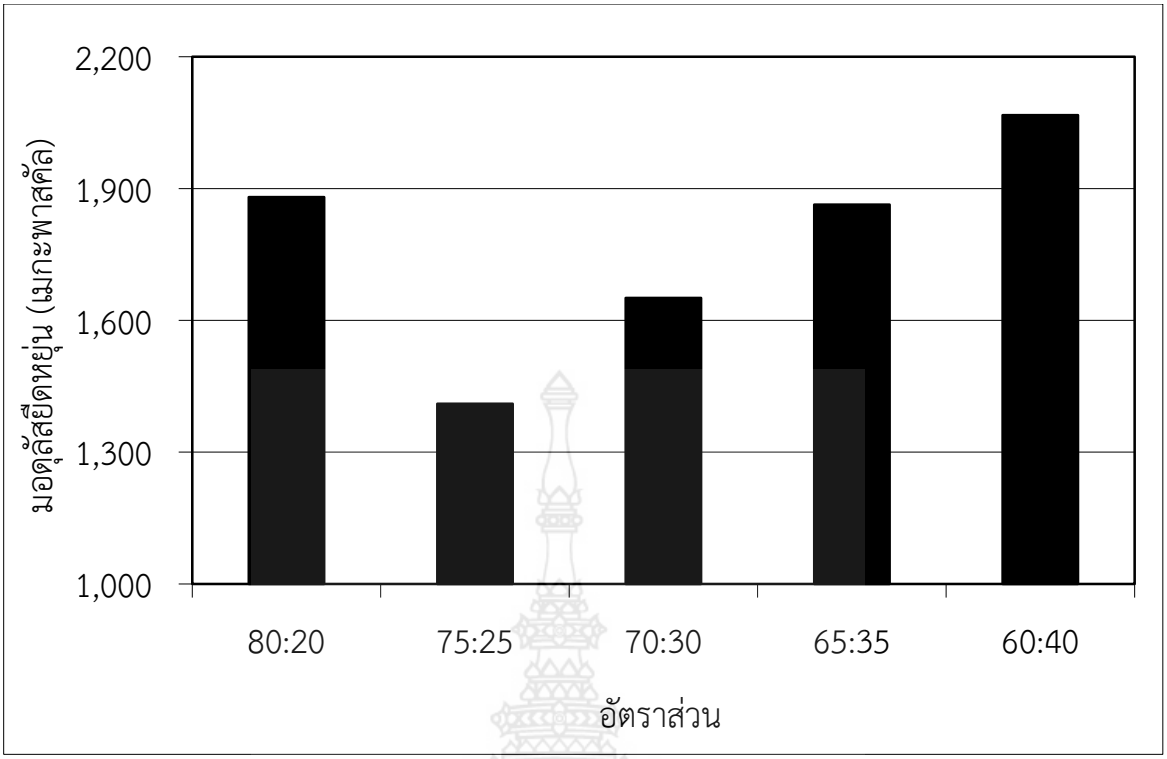


รูปที่ 4.9 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.9 พบว่า ความต้านทานแรงดัดของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเป็นผลมาจากปริมาณพลาสติก PET ที่ผสม สามารถช่วยยึดเหนี่ยวส่วนผสมต่างๆ ในติดกันและรับแรงต่างๆ ได้ดีขึ้น (Jesse, 1992; Bledzki and Gassan, 1999) ซึ่งแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 65:35, 70:30, 75:25 และ 80:20 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุดตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมาตรฐาน มอก.966-2547 พบว่า มีเพียงอัตราส่วน 60:40 ที่สามารถผ่านมาตรฐานดังกล่าวได้ โดยมีความต้านทานแรงดัดสูงกว่า 23 เมกะพาสคัล (สมอ., 2547)

4.6 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น

มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบความต้านทานแรงดัด สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.10

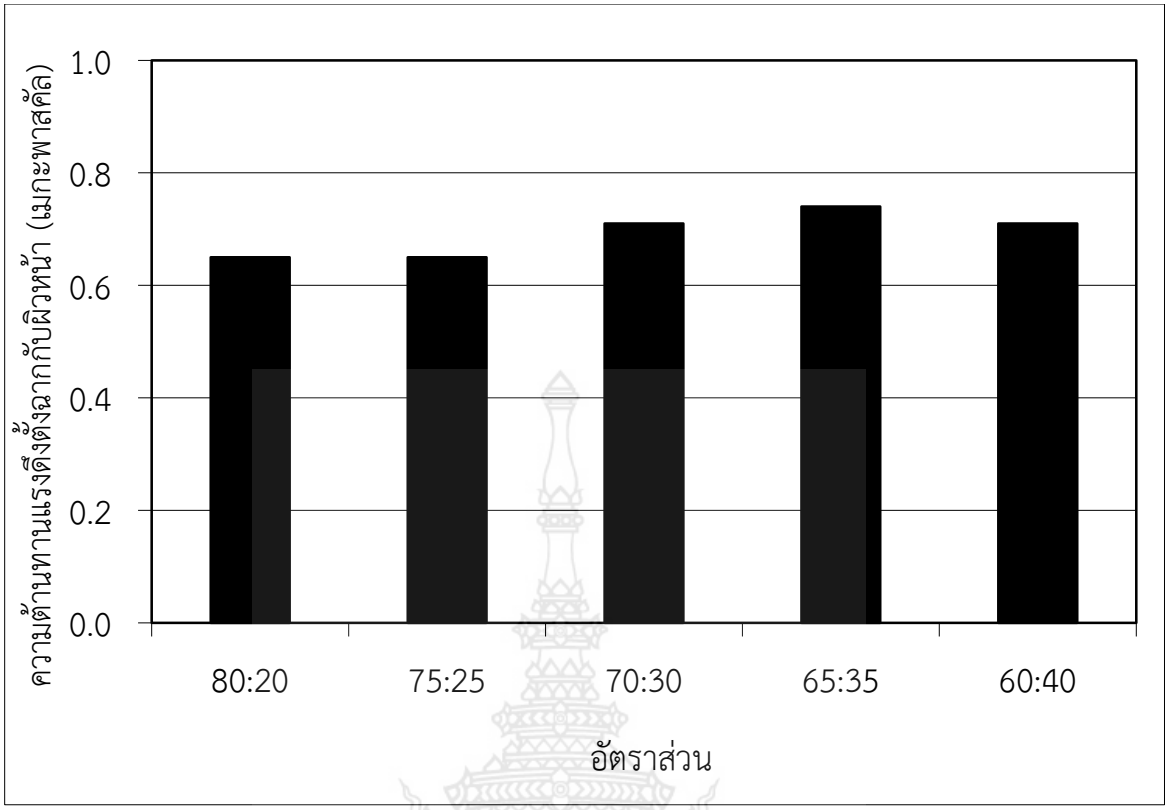


รูปที่ 4.10 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.10 พบว่า มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน มีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐาน มอก.966-2547 คือ 2,700 เมกะพาสคัล (สมอ., 2547) โดยค่ามอดุลัสที่ต่ำดังกล่าว เนื่องจากพลาสติก PE และ PET ซึ่งผสมอยู่ในแผ่นไม้เทียม เป็นวัสดุที่มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าประมาณ 1,100 เมกะพาสคัล เท่านั้น ทั้งนี้ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ต่ำ แสดงว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จะเกิดการโก่งตัวได้ง่ายกว่าแผ่นใยไม้อัดทั่วไปเมื่อต้องรับแรงดัด (Bledzki and Gassan, 1999)

4.7 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.11

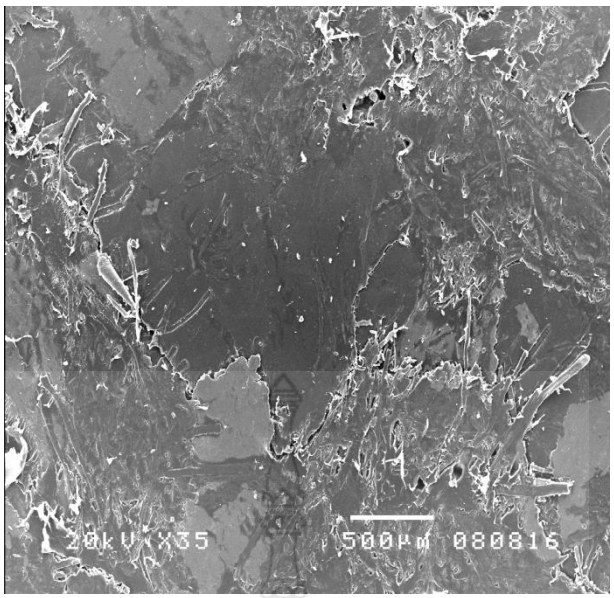


รูปที่ 4.11 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนม ผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ ในรูปที่ 4.11 พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทุกอัตราส่วนมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.966-2547 กำหนด คือ มีค่าสูงกว่า 0.65 เมกะพาสคัล (สมอ., 2547) นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณเศษพลาสติก PET ที่ผสมมีส่วนช่วยเพิ่มค่าความต้านทานแรงดึงดังกล่าวให้สูงขึ้นได้ โดยอัตราส่วน 60:40 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 65:35, 70:30, 75:25 และ 80:20 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติด้านการรับแรงดึงที่สูง พร้อมทั้งสามารถยึดเหนี่ยวส่วนผสมอื่นๆ ได้ดี (Jesse, 1992)

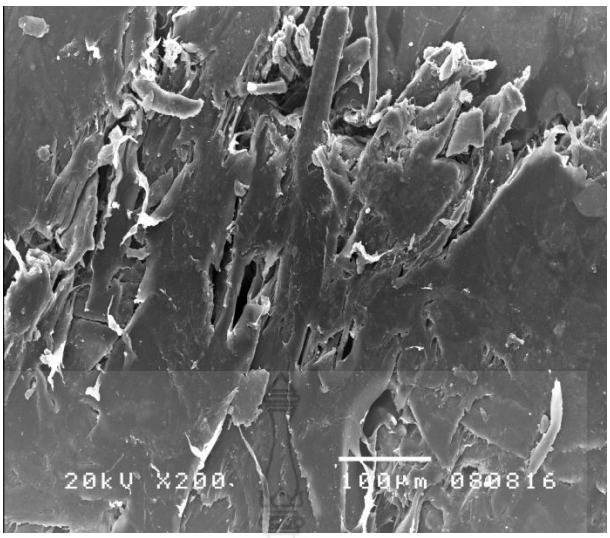
4.8 ผลการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เมื่อนำแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 ไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ตามมาตรฐาน ASTM E 986 สามารถได้ภาพขยายเพื่อสังเกตอสัญฐานของแผ่นดังกล่าวได้ ดังนี้



รูปที่ 4.12 ผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 35 เท่า

รูปที่ 4.13 ผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 150 เท่า

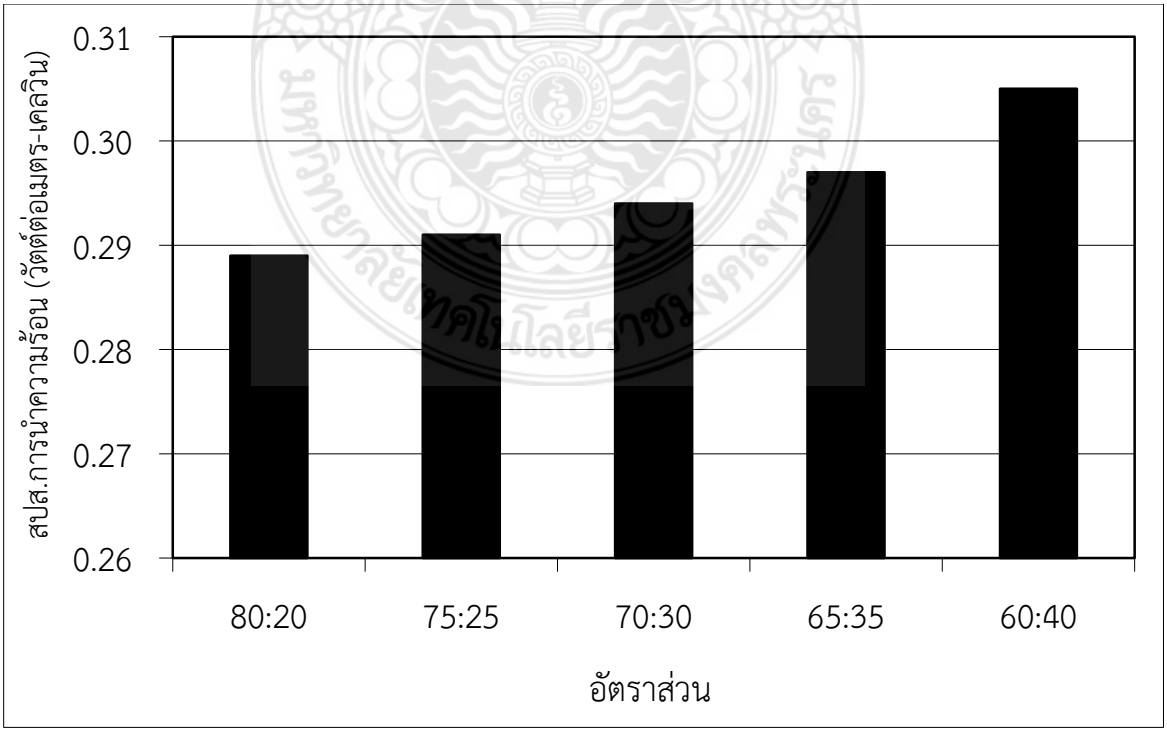


รูปที่ 4.14 ผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า

จากรูปที่ 4.12 ถึง 4.14 พบว่า เศษขยะกล่องนมผสมพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้เทียมที่มีเนื้อเดียวกัน และรูพรุนค่อนข้างน้อย โดยช่องว่างของแผ่นไม้เทียมระหว่างเศษกระดาษกล่องนมและพลาสติกที่ผสมลงไปมีความกว้างเพียง 50 ไมโครเมตร เท่านั้น

4.9 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

เมื่อทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 177 ของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

การผสมเศษพลาสติก PET ลงในแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนม มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 4.15 โดยแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมอัตราส่วน 80:20 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 75:25, 70:30, 65:35 และ 60:40 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุด ทั้งนี้ เป็นผลมาจากกระดาษกล่องนม มีวัสดุส่วนใหญ่เป็นกระดาษ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.23 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน ในขณะที่เศษพลาสติก PET มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่สูงกว่ากระดาษกล่องนม โดยเศษพลาสติก PET มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.33 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน (Engineering Toolbox, 2016; ธนัญชัย และคณะ, 2549) ทำให้เมื่อผสมเศษพลาสติกลงในแผ่นไม้เทียมกล่องนมแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียมดังกล่าวจึงมีค่าเพิ่มขึ้น

4.10 ผลการทดสอบใช้งานจริง

จากผลการทดสอบทั้งหมด พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 เป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปใช้ทดสอบการใช้งานจริง เนื่องจากมีคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงดัดที่สูงที่สุด และผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.966-2547 (สมอ., 2547) กำหนด โดยการทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นไม้เทียม ประกอบด้วย การตัดด้วยเลื่อย การยึดตะปูเกลียวปลายปล่อย และการติดตั้งเป็นผนังตกแต่ง ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.16 ถึง 4.24

รูปที่ 4.16 การทดสอบตัดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ด้วยเลื่อยไฟฟ้า

รูปที่ 4.17 การทดสอบเจาะแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ด้วยสว่านไฟฟ้า

รูปที่ 4.18 การขันตะปูเกลียวปลายปล่อยลงในแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนม ผสมเศษพลาสติก PET ด้วยสว่านไฟฟ้า

รูปที่ 4.19 แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่ยึดด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย

รูปที่ 4.20 การยึดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เข้ากับโครงคร่าว

รูปที่ 4.21 แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่ยึดเข้ากับโครงคร่าว

รูปที่ 4.22 การวัดขนาดสำหรับเตรียมตัดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

รูปที่ 4.23 ผนังที่ตกแต่งด้วยแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

รูปที่ 4.24 การใช้งานแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เป็นผนังอาคาร

จากผลการใช้งานจริงในรูปที่ 4.16 ถึง 4.24 พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 สามารถตัดด้วยเลื่อย และยึดตะปูเกลียวปลายปล่อยได้เช่นเดียวกับแผ่นใยไม้อัดหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF ทั่วไปได้ รวมทั้ง การติดตั้งเป็นผนังตกแต่งที่ใช้งานได้ดี และสามารถทนต่อความชื้นได้ดีกว่าแผ่นไม้อัดทั่วไปอย่างชัดเจน

4.11 ผลการยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

ได้ร่างคำขอรับอนุสิทธิบัตร เรื่อง “กรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต” ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4.12 ผลการเขียนบทความเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย

ได้บทความวิจัยเรื่อง “การใช้เศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตเป็นวัสดุผสมสำหรับผลิตไม้เทียมขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง” เพื่อใช้ในการเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้สู่กลุ่มเป้าหมาย โดยผ่านวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ หรือการประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินโครงการ “การใช้เศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตเป็นวัสดุผสมสำหรับผลิตไม้เทียมขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง” สามารถสรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ แบ่งตามวัตถุประสงค์และหัวข้อต่างๆ ได้ ดังนี้

5.1 สรุป

5.1 กระบวนการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่มีความแข็งแรงสูง สามารถทำได้โดยการบดย่อยให้เศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 นำเศษดังกล่าวมาผสมกัน และอัดด้วยเครื่องอัดความร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที ปล่อยให้เย็นได้แผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่มีความแข็งแรงสูง

5.2 อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET คืออัตราส่วน 60:40 ทำให้ได้แผ่นไม้เทียมที่มีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐาน มอก.966-2547 เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง กำหนด ทั้งลักษณะโดยทั่วไป ความชื้น การพองตัวตามความหนา ความต้านทานแรงดัด และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

5.3 การผสมเศษพลาสติก PET ลงในแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียม ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวตามความหนามีค่าลดต่ำลง ส่วนความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้น

5.4 แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET มีคุณสมบัติที่โดดเด่น ใช้งานได้ทั่วไป ทั้งการตัดด้วยเลื่อย การยึดตะปูเกลียว การใช้ตกแต่งและก่อสร้างเป็นผนังเทียบเท่ากับแผ่นใยไม้อัดหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF แต่มีความสามารถในการทนต่อความชื้นที่ดีกว่าแผ่นไม้อัดทั่วไป จึงมีแนวโน้มว่า จะสามารถใช้งานภายนอกอาคารได้

5.5 จากการพัฒนาแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET สามารถร่างและยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร ในนามมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และสามารถเขียนบทความเพื่อตีพิมพ์ลงในวารสารหรือการประชุมวิชาการ ระดับชาติหรือนานาติ ซึ่งจะเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้ให้กับกลุ่มเป้าหมาย

5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ในครั้งต่อไป ควรมีการเสริมเส้นใยต่างๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงและลดการโก่งตัวให้กับแผ่นไม้เทียม รวมทั้ง ควรมีการเพิ่มปริมาณเศษพลาสติก PET ให้มากขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

กิตติเดช แก้วฉา, 2547. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบยางพารา. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544. การผลิตเยื่อเวียนทำใหม่จากเศษกระดาษกล่องนม. โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2533. แผ่นใยไม้อัดแข็ง. อุตสาหกรรมสาร, ศูนย์บริการข้ออุตสาหกรรมมูลชนบท กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2536. อุตสาหกรรมไม้อัด. วัฏจักรอุตสาหกรรม, ฉบับที่ 3,114 (ส.ค.35), กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, หน้า 22-33.

จินตนา สุขสวัสดิ์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย และอิทธิพล แจ้งชัด, 2555. การศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้พลาสติกจากพอลิโพรพิลีน และเศษไม้จากปาล์มน้ำมัน: เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า และเส้นใยทางใบ. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์, 2552. เส้นใยธรรมชาติสำหรับวัสดุผนังอาคาร. คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณัฏฐ์ชญาภา ธนวัฒนาศิริกุล, ธเนศ รัตนวิไล และกลางเดือน โพชนา, 2554. วัสดุไม้พลาสติกจากไม้ปาล์มและ HDPE. วิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 38 ฉบับที่ 3 (285 -296) กรกฎาคม – กันยายน 2554.

ณรงค์ เพ็งปรีชา, 2517. กาวสำหรับงานไม้. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้.

ธนดล สัตตบงกช, 2545. ไม้ประกอบและไม้ประกอบพลาสติก. การประชุมการป่าไม้ ด้านวัสดุทดแทนไม้.

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ พันธุดา พุฒิไพโรจน์ วรธรรม อุ่นจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 3(4): 119 - 126.

ธวัช จิรายุส, 2551. ปัญหาวัตถุดิบในอุตสาหกรรมไม้อัดไม้ประกอบ. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

ธวัท รอบรู้, 2547. การศึกษาคุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบ. เทคโนโลยีศิลปอุตสาหกรรม (ก่อสร้างและงานไม้) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ในฝัน แว่วสอ, 2547. การผลิตวัสดุติดผนังภายในด้วยวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, 2553. เอกสารโครงการกล่องวิเศษ. บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

ปุญญานิช อินทรพัฒน์, 2551. เทอร์โมพลาสติกยางธรรมชาติจากการเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตทโดยใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิไดเมทิลเมทาคริโลอิลออกซีเมทิลฟอสฟอเนตเป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ภาวดี เมธะคานนท์, 2548. **สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตจากกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

แม้น อมรสิทธิ์, 2553. วัสดุวิศวกรรม. เอกสารประกอบการบรรยาย.

วันทนา เพ็รชรัตน์, 2533. ไม้อัดซีเมนต์. อุตสาหกรรมสาร, ศูนย์บริการข้ออุตสาหกรรมมูลชนบท กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

วันทนา สุขแก้ว, 2550. อิทธิพลของสารเสริมแรงต่อสมบัติทางกลของการรีไซเคิลขวดน้ำ. วารสารสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 17 ฉบับที่ 81, 18-29 มิถุนายน 2550.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2546ก. โลกเกษตร: เส้นทางของเศษฟางข้าว...วัสดุทดแทนไม้ที่มีอนาคต. สำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, หนังสือพิมพ์เดลินิวส์.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2546ข. การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยและเศษไม้สัก**.** กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2547. เมื่อสารพัดเศษวัสดุเหลือทิ้งกลายร่างเป็น (เสมือน)**.** กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, นวัตกรรม ปีที่ 5 ฉบับวันที่ 17 มีนาคม 2547.

วิสุทธิ์ แก้วสกุล, 2551. เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับโคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตท.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ศว.), 2556. พลาสติกรีไซเคิล**.** เอกสารประกอบการให้ความรู้, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.966-2547) เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สมเกียรติ ฐิติภูมิเดชา, 2556. เอกสารประกอบการเรียนรายวิชาวัสดุวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อาคม ปาสีโล, 2550. การศึกษาสมบัติบาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3.

อภิญญา เจริญกุล, 2554. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์นม**.** เอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2010. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

Bledzki, A.K. and Gassan, J., 1999. Composites Reinforced with Cellulose based Fibers. Progress in Polymer Science 24. pp. 221 – 274.

Donald V.Rosato, 1990. Plastic processing data handbook.

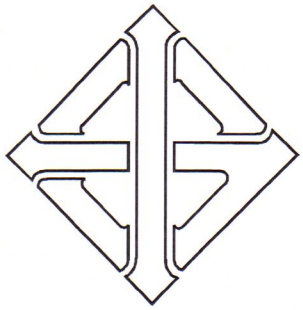
Jesse Edenbaum, 1992. Plastics additives and modifiers handbook, New York: Van Nostrand Reinhold, p.95–101.

ภาคผนวก

ก มาตรฐาน มอก.966-2547 เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

ข ร่างคำขอรับอนุสิทธิบัตร

ค ร่างบทความสำหรับเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 966 – 2547

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

MEDIUM DENSITY FIBREBOARDS (MDF)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 79.060.20

ISBN 974-687-213-3

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

มอก. 966 – 2547

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 121 ตอนที่ 63ง
วันที่ 5 สิงหาคม พุทธศักราช 2547

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 120
มาตรฐานแผ่นอัดสำหรับการก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายนิคม แหลมสัก	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรรมการ

นายวินัย สีเที่ยงธรรม	กรมโยธาธิการและผังเมือง
นายวรธรรม อุ่นจิตติชัย	กรมป่าไม้
นายวิทยา วุฒิจำนงค์	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายสมุทร พรหมเกษตรินทร์	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
นายสุรินทร์ กาญจนกุญชร	สำนักงานมาตรฐานสินค้า
นายชุมพล เพี้ยนภักตร์	บริษัท ไม้อัดไทย จำกัด
นายชัยพร มังกรเดชไชยกุล	บริษัท เดอะ วนชัย กรุ๊ป ออฟ คอมปานีส์ จำกัด
-	บริษัท สตาร์บล็อก กรุ๊ป จำกัด
นายอนุชา ราญรอน	บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด
นายทรวง ทิมบุญธรรม	บริษัท ไทยชิปบอร์ด จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวนิลเนตร ไพรพิสุทธิ์	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางนี้ ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานเลขที่ มอก.966-2533 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 107 ตอนที่ 101 วันที่ 14 มิถุนายน พุทธศักราช 2533 ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงในสาระสำคัญของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว เพื่อให้ทันสมัยและเหมาะสมกับขีดความสามารถของผู้ทำและความต้องการของผู้ใช้จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

EN 120 : 1991	Wood based panels - Determination of formaldehyde content - Extraction method called the perforator method
EN 622-1 : 1997	Fibreboards - Specifications - Part 1 : General requirements
EN 622-5 : 1997	Fibreboards - Specifications - Part 5 : Requirements for dry process boards (MDF)
JIS A 5905-1994	Fibreboards
มอก.499-2526	ตะปูเกลียวหัวผ่า

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3263 (พ.ศ. 2547)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มาตรฐานเลขที่ มอก.966-2533

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1604 (พ.ศ.2533) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ลงวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ.2533 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มาตรฐานเลขที่ มอก.966-2547 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 90 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2547

พินิจ จารุสมบัติ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ความหนาแน่นตั้งแต่ 400 kg/m^3 ถึง 800 kg/m^3 ที่นำไปใช้ภายในอาคาร เช่น งานเครื่องเรือนและงานตกแต่งทั่วไป

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (medium density fibreboards ; MDF) ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "แผ่นเอ็มดีเอฟ" หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากใยของไม้หรือใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosic material) โดยการอัดร้อนหรือให้ความร้อนเพื่อให้ใยไม้ติดกันเป็นแผ่น มีการใช้กาวหรือไม่ใช้กาวเป็นส่วนประกอบ

2.2 ใยไม้ หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสที่มีรูปร่างคล้ายเข็มหรือด้าย

2.3 วัสดุลิกโนเซลลูโลส หมายถึง วัสดุที่มีเซลลูโลส และลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ไม้และพืชต่าง ๆ ได้แก่ ชานอ้อย ป่าน ปอ เป็นต้น

2.4 กาว หมายถึง สารอินทรีย์ที่ใช้ติดใยไม้ในแผ่นเอ็มดีเอฟ โดยปกติเป็นกาวเรซินสังเคราะห์

2.5 สารเติมแต่ง หมายถึง สารที่ใช้เติมในการทำแผ่นเอ็มดีเอฟ เพื่อให้มีสมบัติพิเศษ ซึ่งรวมทั้ง สารรักษาเนื้อไม้ด้วย

3. แบบ สัญลักษณ์ และชั้นคุณภาพ

3.1 แผ่นเอ็มดีเอฟ แบ่งตามความเรียบ ออกเป็น 2 แบบ คือ

3.1.1 แบบขัดผิว (sanded) มีสัญลักษณ์ SAN

3.1.2 แบบไม่ขัดผิว (unsanded) มีสัญลักษณ์ UNS

3.2 แผ่นเอ็มดีเอฟ แต่ละแบบแบ่งตามปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ

3.2.1 ชั้นคุณภาพ 1 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 9 mg/100 g

3.2.2 ชั้นคุณภาพ 2 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ มากกว่า 9 mg/100g ถึง 400 mg/100 g

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความกว้าง ความยาว และความหนา ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 1

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.1 และข้อ 9.3.2

ตารางที่ 1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความกว้าง ความยาว และความหนา

(ข้อ 4.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความหนา	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน		
	ความกว้างและความยาว	ความหนา	
		SAN	UNS
น้อยกว่า 7	± 5.0	± 0.3	± 0.5
7 ถึง 15			± 1.0
มากกว่า 15			± 1.5

4.2 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้ง 2 เส้น จะมีได้ไม่เกิน 0.25% ของเส้นสั้น
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.3

4.3 ความตรงของขอบแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรงได้ไม่เกิน 3.0 mm
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.4

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส สำหรับทำแผ่นเอ็มดีเอฟ

5.1.2 กาว

5.1.3 สารเติมแต่ง

5.2 การทำ

ย่อยวัสดุลิกโนเซลลูโลสให้เป็นใยโดยวิธีที่เหมาะสม นำไปคลุกเคล้ากับกาวและสารเติมแต่งตามอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วยเครื่องจักร แล้วอบจนได้ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมด้วยเครื่องอบ (การคลุกเคล้ากับกาวและสารเติมแต่ง อาจทำหลังการอบใยก็ได้) นำใยไปทำเป็นแผ่นใยด้วยเครื่องทำแผ่น แล้วนำไปอัดด้วยเครื่องอัดร้อนในแนวราบ ทั้งนี้ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ แรงอัด และระยะเวลาอัดร้อน แล้วนำไปขัดผิว (ในกรณีที่เป็นแบบขัดผิว)

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นเอ็มดีเอฟต้องมีความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยของแผ่นเอ็มดีเอฟต้องอยู่ในช่วง 400 mg/m^3 ถึง 800 mg/m^3 และความหนาแน่นของแผ่นเอ็มดีเอฟแต่ละแผ่นจะคลาดเคลื่อนจากค่าความหนาแน่นเฉลี่ยได้ไม่เกิน 10%

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.4

6.3 ปริมาณความชื้น (moisture content)

ปริมาณความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 4% ถึง 13%

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.5

6.4 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

6.4.1 แผ่นเอ็มดีเอฟชั้นคุณภาพ 1

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 9 mg/100g

6.4.2 แผ่นเอ็มดีเอฟชั้นคุณภาพ 2

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ มากกว่า 9 mg/100g ถึง 40 mg/100g

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.6

6.5 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

(ข้อ 6.5)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด									วิธีทดสอบตาม
		ความหนา mm									
		1.8 ถึง 2.5	เกิน 2.5 ถึง 4.0	เกิน 4.0 ถึง 6.0	เกิน 6.0 ถึง 9.0	เกิน 9.0 ถึง 12.0	เกิน 12.0 ถึง 19.0	เกิน 19.0 ถึง 30.0	เกิน 30.0 ถึง 45.0	เกิน 45.0	
1	การพองตัวตามความหนา % ไม่เกิน	45	35	30	17	15	12	10	8	6	ข้อ 9.7
2	ความต้านแรงดัด MPa* ไม่น้อยกว่า	23	23	23	23	22	20	18	17	15	ข้อ 9.8
3	มอดุลัสยืดหยุ่น MPa ไม่น้อยกว่า	2 700	2 700	2 700	2 700	2 500	2 200	2 100	1 900	1 700	ข้อ 9.8
4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า MPa ไม่น้อยกว่า	0.65	0.65	0.65	0.65	0.60	0.55	0.55	0.50	0.50	ข้อ 9.9
5	ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว N ไม่น้อยกว่า										ข้อ 9.10
	– ด้านผิว	–	–	–	–	–	800**	750	750	750	
	– ด้านขอบ	–	–	–	–	–	650**	500	450	450	

หมายเหตุ * *1 MPa เท่ากับ 1 N/mm²*

** *หมายถึง ทดสอบเฉพาะที่ความหนา 15.0 mm ถึง 19.0 mm*

– *หมายถึง ไม่ต้องทดสอบ*

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่แผ่นเอ็มดีเอฟทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามชื่อมาตรฐาน

(2) สัญลักษณ์แสดงแบบ และ ชั้นคุณภาพ

(3) ขนาด (ความกว้าง x ความยาว x ความหนา) เป็น มิลลิเมตร x มิลลิเมตร x มิลลิเมตร

(4) ข้อความหรือรหัสแสดงเดือน ปีที่ทำ หรือรุ่นที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ตามภาคผนวก ก. ให้ไว้เป็นเพียงข้อแนะนำ

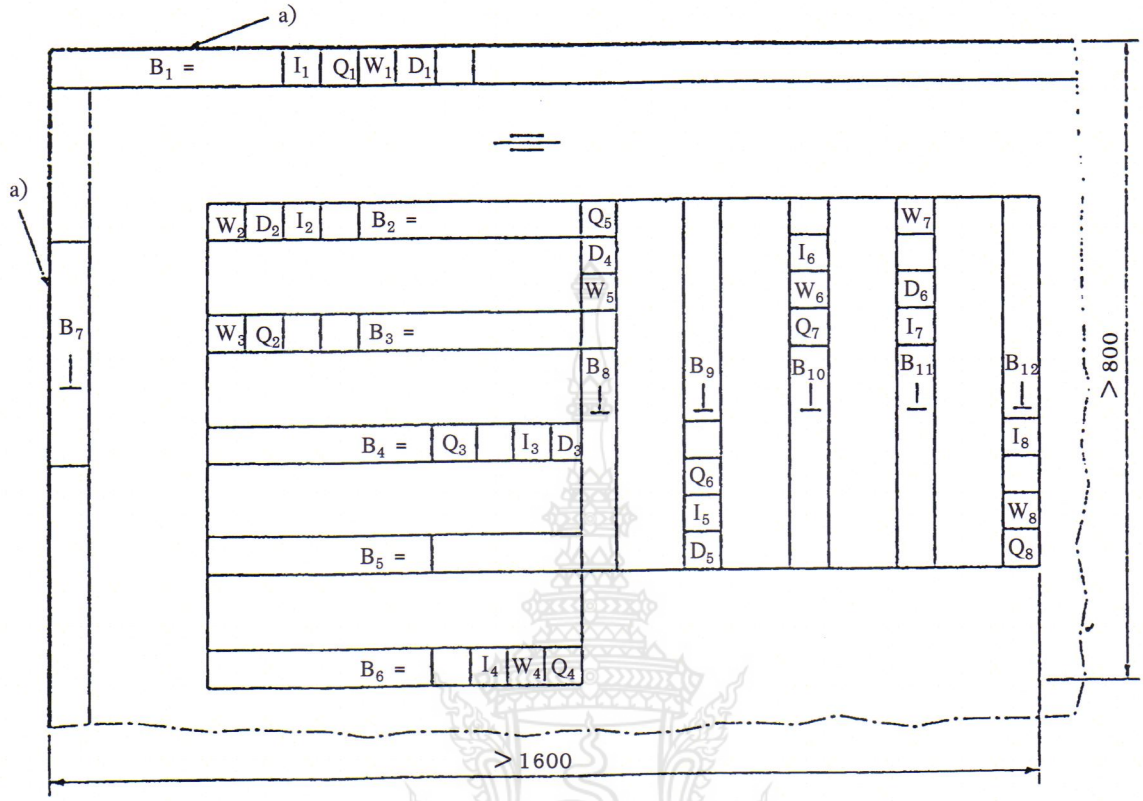
9. การทดสอบ

9.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างแต่ละแผ่น เป็นชิ้นทดสอบตามรูปที่ 1 ดังนี้

- ชิ้นทดสอบ D_1 ถึง D_6 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 6 ชิ้น สำหรับทดสอบความหนาแน่นและปริมาณความชื้น
- ชิ้นทดสอบ Q_1 ถึง Q_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา
- ชิ้นทดสอบ B_1 ถึง B_{12} ขนาด 50 mm x L mm จำนวน 12 ชิ้น สำหรับทดสอบความต้านแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

  L = 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ไม่น้อยกว่า 150 mm บวก 50 mm)
- ชิ้นทดสอบ I_1 ถึง I_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า
- ชิ้นทดสอบ W_1 ถึง W_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบการทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

= หมายถึง ทิศทางของแนวแกนด้านยาวของชิ้นทดสอบขนานกับทิศทางของเครื่อง

⊥ หมายถึง ทิศทางของแนวแกนด้านยาวของชิ้นทดสอบตั้งฉากกับทิศทางของเครื่อง

a) หมายถึง ขอบด้านนอก

รูปที่ 1 ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบ

(ข้อ 9.1)

9.2 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ

ให้นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่นความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียวไปปรับภาวะที่อุณหภูมิ (20 ± 2) °C ความชื้นสัมพัทธ์ (65 ± 5)% จนมีมวลคงที่คือมวลของชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้ง ห่างกัน 24 h ต่างกันไม่เกิน 0.1% แล้วทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับภาวะ ส่วนชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่น และปริมาณความชื้นไม่ต้องปรับภาวะ

9.3 ขนาด

9.3.1 ความกว้าง และความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 mm วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นเอ็มดีเอฟประมาณ 100 mm ดังรูปที่ 2

9.3.2 ความหนา

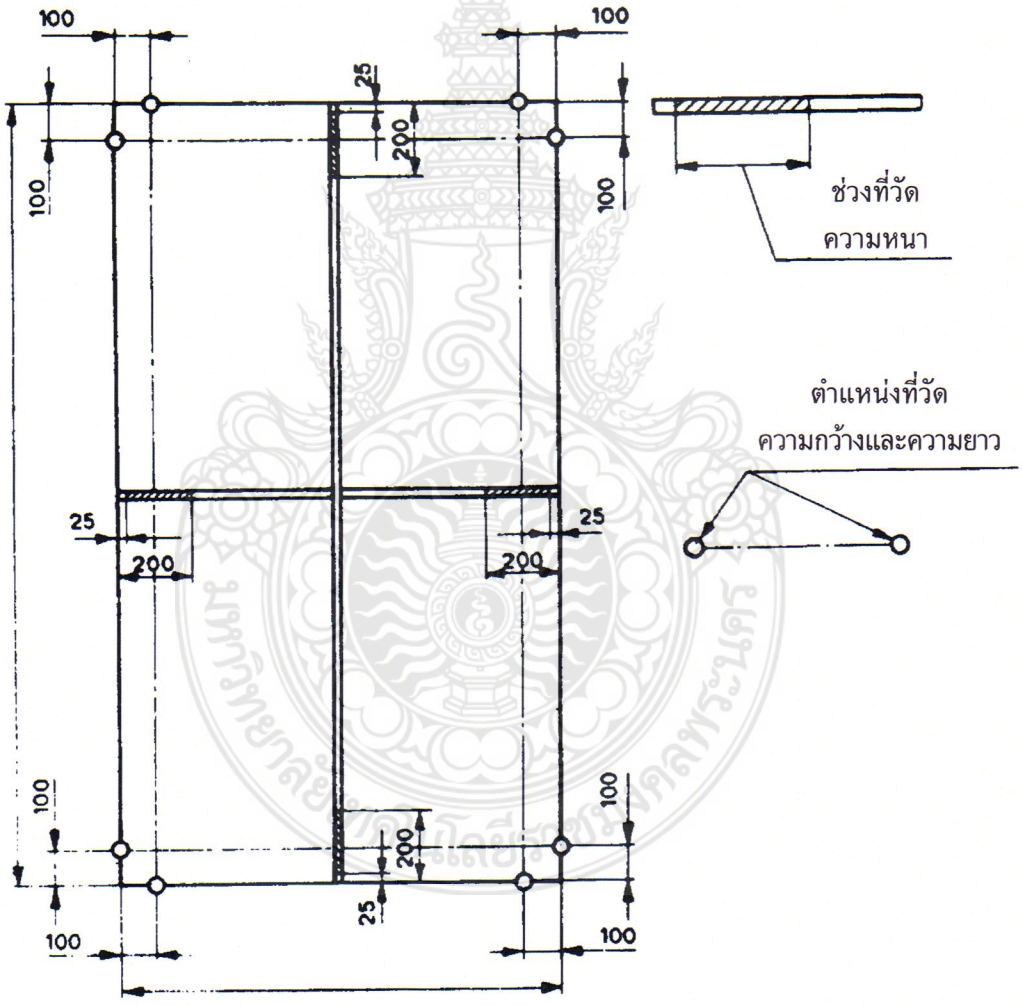
ใช้ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm ให้วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นเอ็มดีเอฟทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 mm ถึง 200 mm ดังรูปที่ 2

9.3.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.3.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.3.4 ความตรงของขอบ

ขึงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกันของแผ่นเอ็มดีเอฟ แล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และ ความหนาของแผ่นเอ็มดีเอฟ

(ข้อ 9.3.1 และข้อ 9.3.2)

9.4 ความหนาแน่น

9.4.1 เครื่องมือ

9.4.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g

9.4.1.2 ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm

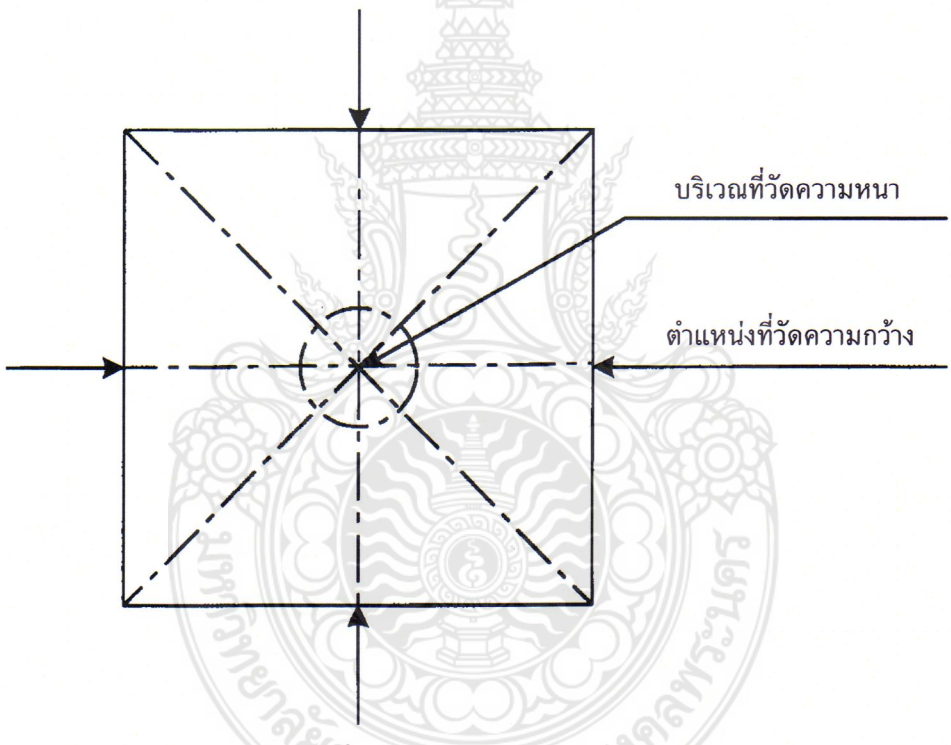
9.4.1.3 แคลิเปอร์แบบเลื่อน (sliding caliper) หรือเครื่องวัดอื่นที่เทียบเท่า อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 mm

9.4.2 วิธีทดสอบ

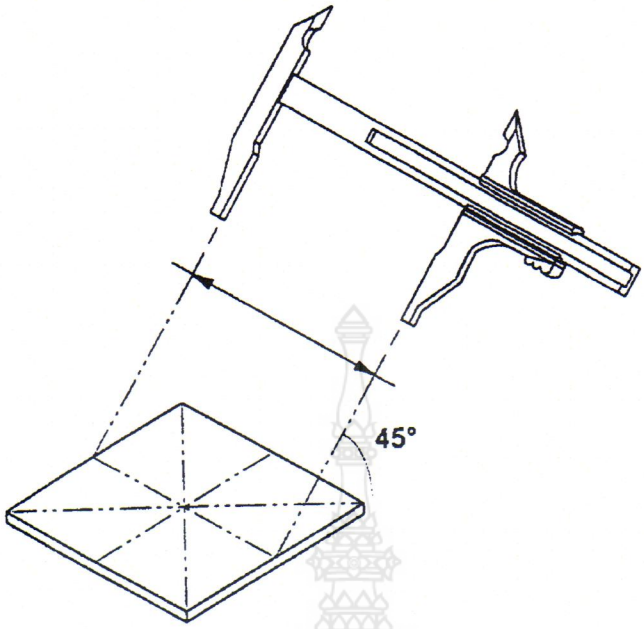
9.4.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบให้ได้มวลที่แน่นอนถึง 0.01 g

9.4.2.2 ใช้เครื่องมือตามข้อ 9.4.1.2 วัดความหนาตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบตามรูปที่ 3

9.4.2.3 ใช้เครื่องมือตามข้อ 9.4.1.3 วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ ตามรูปที่ 3 โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของชิ้นทดสอบ ประมาณ 45° ตามรูปที่ 4



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.4.2.2 ข้อ 9.4.2.3 และข้อ 9.7.2.1)



รูปที่ 4 แสดงวิธีวัดความกว้าง ความยาวของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.4.2.3)

9.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{m}{V} \times 10^6$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ เป็น กรัม

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ เป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร

9.4.4 การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นและความหนาแน่นเฉลี่ย

9.5 ปริมาณความชื้น

9.5.1 เครื่องมือ

(1) เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g

(2) ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ (103 ± 2) °C

(3) เดซิเคเตอร์

9.5.2 วิธีทดสอบ

9.5.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 9.4 แล้ว ให้ได้มวลที่แน่นอน ถึง 0.01 กรัม เป็นมวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ

9.5.2.2 อบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ (103 ± 2) °C จนได้มวลคงที่ คือมวลของชิ้นทดสอบ เมื่อชั่ง 2 ครั้งที่เวลาห่างกัน 6 h ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1% ของมวลของชิ้นทดสอบ

9.5.2.3 นำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ปล่อยไว้ให้เย็น

9.5.2.4 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละ} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

เมื่อ m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ เป็น กรัม

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลับอบแห้ง เป็น กรัม

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้น

9.6 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

9.6.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นทดสอบกว้าง 25 mm ยาว 25 mm ให้มีมวลรวมประมาณ 500 g

9.6.2 วิธีทดสอบ

ให้ปฏิบัติตาม BS EN 120

หมายเหตุ *การทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ให้ใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าได้ โดยใช้เกณฑ์กำหนดและวิธีทดสอบ (รวมทั้งการเตรียมชิ้นทดสอบ) ต้องสอดคล้องกันดังในภาคผนวก ข. ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีตาม BS EN 120 เป็นวิธีตัดสิน*

9.7 การพองตัวตามความหนา

9.7.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ เป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

9.7.2.2 แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ $(20 \pm 2)\ ^{\circ}C$ โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำ ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 mm แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 mm

9.7.2.3 เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 h แล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด วัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวตามความหนา จากสูตร

$$\text{การพองตัวตามความหนา ร้อยละ} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

t_2 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของการพองตัวตามความหนา เป็นร้อยละ

9.8 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.8.1 เครื่องมือ

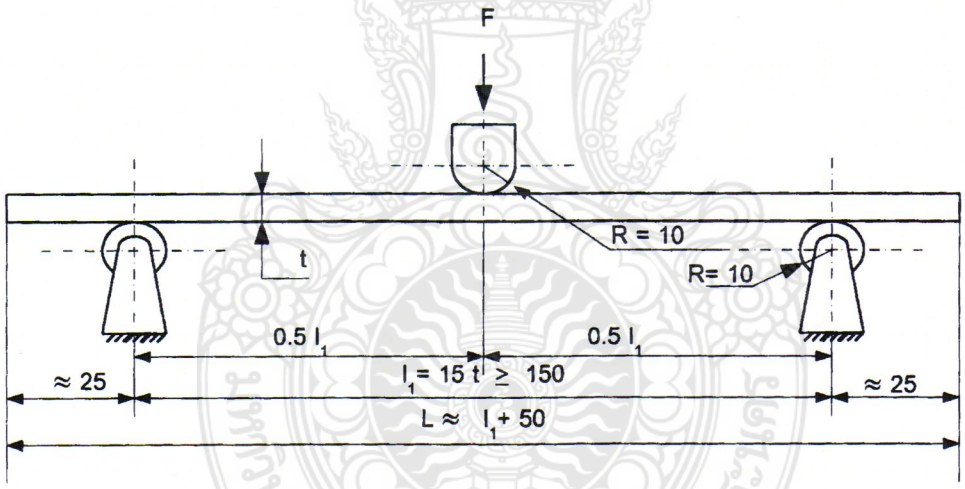
9.8.1.1 เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 N หรือ 5% ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ แท่งกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 mm และมีความยาวของแท่งกดไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.8.1.2 แท่งรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 mm และมีความยาวของแท่งรองรับไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.8.1.3 เครื่องวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1 mm

9.8.2 วิธีทดสอบ

9.8.2.1 วางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม ของ 10 mm) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 150 mm ตามรูปที่ 5 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 mm



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 5 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.8.2.1)

9.8.2.2 ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกด จนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการกดประมาณ 10 mm/min)

9.8.2.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว ดังรูปที่ 6

9.8.3 วิธีคำนวณ

9.8.3.1 ความต้านแรงดัด

หาค่าความต้านแรงดัด จากสูตร

$$fm = \frac{3\ F_{max}\ l_1}{2\ b\ t^2}$$

เมื่อ fm คือ ความต้านแรงดัด เป็น เมกะพาสคัล

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็น นิวตัน

l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็น มิลลิเมตร

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

9.8.3.2 มอดุลัสยืดหยุ่น

หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จากสูตร

$$E_m = \frac{l_1^{\ 3}\ (F_2 - F_1)}{4\ b\ t^3\ (a_2 - a_1)}$$

เมื่อ E_m คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็น เมกะพาสคัล

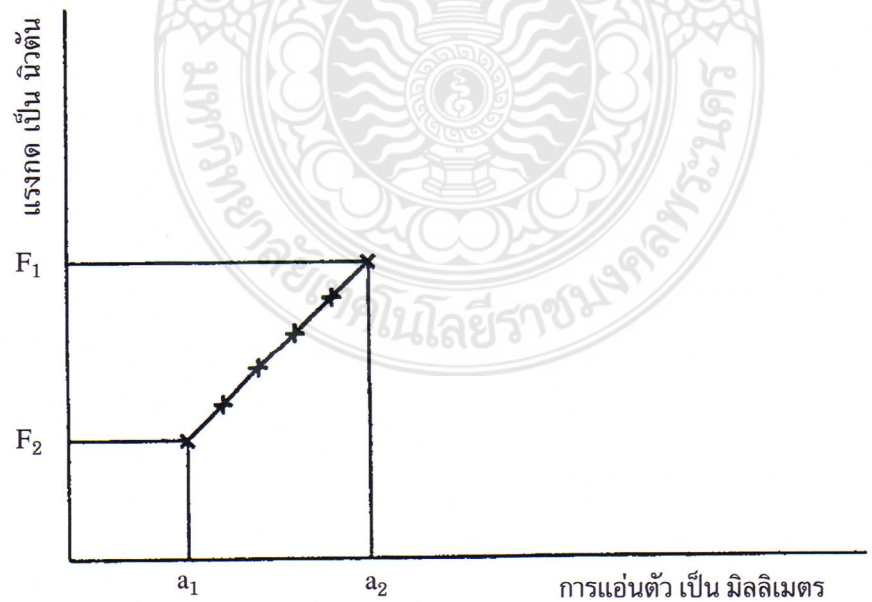
l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็น มิลลิเมตร

$F_2 - F_1$ คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 6 เป็น นิวตัน

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

$a_2 - a_1$ คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรงตามรูปที่ 6 เป็น มิลลิเมตร



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว

(ข้อ 9.8.2.3 และข้อ 9.8.3.2)

9.8.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.9 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.9.1 เครื่องมือ

9.9.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s

9.9.1.2 แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 mm x 50 mm ความหนาตามความเหมาะสม

9.9.2 วิธีทดสอบ

9.9.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ

9.9.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึง จนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการดึง ประมาณ 2 mm/min)

9.9.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล} = \frac{F}{W \times L}$$

เมื่อ F คือ แรงดึงสูงสุด เป็น นิวตัน

W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

9.9.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.10 ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

9.10.1 เครื่องมือ

9.10.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อถอนตะปูเกลียวออกจากชิ้นทดสอบในเวลาไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s

9.10.1.2 ตะปูเกลียว ชนิดหัวจมแบบผ่าที่เป็นไปตาม มอก.499 ขนาดระบุ 4.1 ความยาว 40 mm หรือที่มีขนาดใกล้เคียง

9.10.2 วิธีทดสอบ

9.10.2.1 ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ทดสอบ 3 แห่ง คือ ที่กึ่งกลางผิวหน้า 1 แห่ง และที่กึ่งกลางของขอบ 2 ขอบที่ประชิดกัน

9.10.2.2 ขันตะปูเกลียวลงในชิ้นทดสอบ ซึ่งได้เจาะรูนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.7 mm ± 1 mm ลึก 19 mm ± 1 mm ไว้แล้ว ขันตะปูเกลียวจนกระทั่งส่วนเกลียวที่สมบูรณ์จมลึกลงไปถึง 15 mm ± 0.5 mm ไม่นับความยาวส่วนปลายเรียวของตะปูเกลียว

9.10.2.3 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบ แรงที่ใช้ดึงจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับตะปูเกลียว และตั้งฉากกับผิวหน้าหรือผิวขอบของชิ้นทดสอบ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการดึง ประมาณ 2 mm/min)

9.10.3 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 8.)

ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง แผ่นเอ็มดีเอฟ ที่มีแบบ ชั้นคุณภาพและความหนาเดียวกัน ทำจากกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

ก.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ ก.1

ก.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6.1 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ ก.1 จึงจะถือว่าแผ่นเอ็มดีเอฟรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ ก.1 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

(ข้อ ก.2.1)

ขนาดรุ่น แผ่น	ขนาดตัวอย่าง แผ่น	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 150	3	0
151 ถึง 500	13	1
501 ขึ้นไป	20	2

ก.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

ก.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากแผ่นเอ็มดีเอฟที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาดและลักษณะทั่วไปแล้ว ให้มีมวลประมาณ 500 g

ก.2.2.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.4 จึงจะถือว่าแผ่นเอ็มดีเอฟรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ก.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากแผ่นเอ็มดีเอฟ ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาดและลักษณะทั่วไปแล้ว จำนวน 3 แผ่น

ก.2.3.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ข้อ 6.3 และข้อ 6.5 จึงจะถือว่าแผ่นเอ็มดีเอฟรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างแผ่นเอ็มดีเอฟ ต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1 ข้อ ก.2.2 และข้อ ก.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าแผ่นเอ็มดีเอฟรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ภาคผนวก ข.

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

(ข้อ 9.6)

ข.1 ข้อแนะนำเกณฑ์กำหนดและวิธีทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ โดยวิธีใดวิธีหนึ่งตามตารางวิธีทดสอบเทียบเท่าดังนี้

ชั้นคุณภาพ	เกณฑ์กำหนด		วิธีทดสอบ
1	ไม่เกิน 8 mg/100g		วิธี Perforator ตาม BS EN 120
	ไม่เกิน 0.5 mg/l	E_0	วิธี Desiccator ตาม JIS A 5905
	มากกว่า 0.5 mg/l ถึง 1.5 mg/l	E_1	
2	มากกว่า 8 mg/100g ถึง 30 mg/100g		วิธี Perforator ตาม BS EN 120
	มากกว่า 1.5 mg/l ถึง 5.0 mg/l	E_2	วิธี Desiccator ตาม JIS A 5905

หมายเหตุ *E_0 E_1 E_2 หมายถึง ปริมาณการปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์*

คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☑ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ 2535 และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันรับคำขอ	เลขที่คำขอ
วันยื่นคำขอ	
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์	
วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่	

1.ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
กรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต

2.คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ที่อยู่ เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร
รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย

3.1 สัญชาติ	ไทย
3.2 โทรศัพท์	0 2282 9009, 06 1894 6111
3.3 โทรสาร	0 2282 9009
3.4 อีเมล์	p.v_eng@hotmail.com

4.สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☑ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5.ตัวแทน(ถ้ามี)/ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด รหัสไปรษณีย์)
ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ เลขที่ 8/3 หมู่ที่8 ถนนพุทธรักษา
ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ
รหัสไปรษณีย์ 10280 ประเทศไทย

5.1 ตัวแทนเลขที่	2262
5.2 โทรศัพท์	08 1199 4705
5.3 โทรสาร	0 2577 5652
5.4 อีเมล์	siam_macho@hotmail.com

6.ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล, ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย และ
ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 หมู่ที่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก คลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่ วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

8.การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย

☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9.การแสดงการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด

วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10.การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ

11.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา

☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่นๆ

12.ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ

☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13.คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย

ก. แบบพิมพ์คำขอ	2	หน้า
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์	3	หน้า
ค. ข้อถือสิทธิ	1	หน้า
ง. รูปเขียน	รูป	หน้า
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์		
☐ รูปเขียน	รูป	หน้า
☐ ภาพถ่าย	รูป	หน้า
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์	1	หน้า

14.เอกสารประกอบคำขอ

☑ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์

☑ หนังสือมอบอำนาจ

☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ

☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย

☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

☐ เอกสารอื่น ๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า

☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรมาก่อน

☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก.....

16.ลายมือชื่อ (☑ ผู้ขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร; ☐ ตัวแทน)

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

สาขาวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

แผ่นไม้เทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายกลุ่มอุตสาหกรรม โดยอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นประตูและอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าตลาดสูงสุด รองลงมาคือ อุตสาหกรรมผลิตตู้ลำโพงและคอนโซลรถยนต์ ทำให้คาดว่า จะมีปัญหาขาดแคลนและราคาเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นแผ่นปาร์ติเกิล (Partical board), แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hard board) และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density fiber board : MDF) คาดว่า ในปี 2560 ประเทศไทยและทั่วโลก จะมีความต้องการแผ่นไม้เทียมเพิ่มขึ้นถึง 1.93 ล้านลูกบาศก์เมตร เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น โดยเฉพาะแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเป็นแผ่นใยไม้อัดชนิดอัดแน่น (Compressed fiberboard) ชนิดหนึ่ง ผลิตจากการนำเอาวัสดุไม้หรือวัสดุที่มีเซลลูโลสหรือลิกนินเป็นองค์ประกอบหลักมาย่อยสลายให้เป็นเส้นใย แล้วนำมาผสมกับสารยึดติดและสารเติมแต่งอื่น จากนั้นอัดรวมกันเป็นแผ่นที่มีความหนาแน่นตลอดทั้งแผ่นอย่างสม่ำเสมอ แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางนี้ มีความได้เปรียบแผ่นไม้อัดประเภทอื่นของทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิต เนื่องจากความหลากหลายในการประยุกต์ใช้งานที่มากกว่าชนิดอื่นๆ

แผ่นไม้เทียมที่มีพลาสติกเป็นสารเชื่อมประสานหลัก กำลังเข้ามามีบทบาทและเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น เนื่องจากมีความทนต่อความชื้น ไม่เกิดการพองตัว และปลวกหรือแมลงไม่กัดกิน เมื่อพิจารณาสถานการณ์พลาสติกในปัจจุบัน พบว่า พลาสติกถูกทิ้งเป็นขยะภายในชุมชนท้องถิ่นค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็นขยะกระดาษกล่องนม และขยะเศษพลาสติกอื่นๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม น้ำมันพืช และเครื่องสำอาง เป็นต้น ทั้งนี้ เศษกระดาษกล่องนม (Waste cartons milk) ถูกทิ้งเป็นขยะมากถึง 4 แสนกล่องต่อวัน โดยตัวกล่องนมมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เชื่อมติดกันเป็นชั้น ผิวหน้าถูกพิมพ์ด้วยหมึกต่างๆ ผลิตจากกระดาษ (Paper) โพลีเอทธิลีน (Poly- ethylene) และแผ่นอลูมิเนียม (Aluminium foil) ยากต่อการย่อยสลาย แม้ว่าจะมีการนำกลับมาใช้ผลิตเป็นเยื่อเวียนสำหรับผลิตกระดาษพิมพ์และเขียน แต่ก็ค่อนข้างยุ่งยาก และใช้ต้นทุนสูง เช่น การกระจายเยื่อ การแยกหมึกพิมพ์ และการฟอกขาวเยื่อ เป็นต้น รวมทั้งไม่สามารถใช้ประโยชน์จากสมบัติของกระดาษกล่องนมที่มีน้ำหนักเบา คงทน ยืดหยุ่นสูง และทึบน้ำได้ การนำกลับไปใช้ใหม่ จึงควรนำไปใช้โดยตรง นอกจากนี้ พลาสติกจำพวกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ก็มีปริมาณมากเช่นเดียวกันจากการบริโภคน้ำดื่มขวด PET ที่เพิ่มขึ้น

หากมีการนำขยะพลาสติกทั้งกล่องนมและขวดน้ำ PET มาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นไม้เทียมซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของตลาด จะเป็นการสร้างงาน-สร้างรายได้ให้กับชุมชน นอกจากนี้ ยังเป็นการลดปริมาณขยะที่ไม่ค่อยมีการนำไปใช้ประโยชน์หรือการรีไซเคิลอีกด้วย โดยแผ่นไม้เทียมที่พัฒนาขึ้นนี้ จะมีส่วนประกอบหลัก คือ เศษขยะกล่องนม เนื่องจากไม่สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ และมีการใช้พลาสติกขวดน้ำ PET ในการเสริมความแข็งแรงเท่านั้น เพราะพลาสติก PET เป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่น และการทนต่อการผ่านของก๊าซและความชื้นได้ดี แผ่นไม้เทียมดังกล่าว จึงมีแนวโน้มต้นทุนที่ต่ำ ทนทาน และสามารถนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย ช่วยเพิ่มมูลค่าให้ขยะกระดาษและพลาสติก ลดการตัดไม้ทำลายป่าได้ดี

การใช้เศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตเป็นวัสดุผสมสำหรับผลิตไม้เทียมขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง เป็นการพัฒนากรรมวิธีการผลิตที่สามารถผลิตในเชิงอุตสาหกรรม โดยศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับขนาดของวัสดุ สัดส่วนของวัสดุ ลำดับและขั้นตอนการขึ้นรูป อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ การทดสอบสมบัติที่จำเป็นในการใช้งานและมาตรฐานผลิตภัณฑ์จำพวกแผ่นไม้เทียม การแนะนำและจำลองการใช้งานจริง และการนำไปใช้ประโยชน์ที่เป็นรูปธรรม หากการพัฒนาแผ่นไม้เทียมนี้สำเร็จ จะสามารถใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์ งานผนังอาคาร งานตู้ลำโพง และงานวัสดุตกแต่งต่างได้อย่างหลากหลาย

<u>ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์</u>

ลักษณะของกรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต ประกอบด้วย การบดย่อยเศษขยะกล่องนม และเศษพลาสติก PET การทาน้ำมันหล่อลื่น การตวงส่วนผสม การผสมส่วนผสม การนำส่วนผสมใส่แบบหล่อ การอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน การนำแผ่นไม้เทียมออกจากแบบ และการปล่อยให้เย็นตัวลง

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ เพื่อนำแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตที่ได้ ไปใช้ตกแต่งและก่อสร้างผนังอาคาร หรือขึ้นรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ต้องการความสวยงาม เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ต้นทุนต่ำ และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

<u>การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์</u>

กรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. บดเศษขยะกล่องนม และเศษพลาสติก PET ด้วยเครื่องบดพลาสติกให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือขนาดเล็กกว่า 4.76 มิลลิเมตร

ข. ทาน้ำมันหล่อลื่นลงแบบหล่อที่มีรูปทรงตามต้องการ

ค. ตวงส่วนผสม ประกอบด้วย

เศษขยะกล่องนม	1	ส่วนโดยน้ำหนัก
เศษพลาสติก PET	0.6 – 0.7	ส่วนโดยน้ำหนัก

ง. ผสมส่วนผสมทั้งเศษขยะกล่องนม และเศษพลาสติก PET ให้เข้ากัน

จ. นำส่วนผสมของเศษขยะกล่องนม และเศษพลาสติก PET มาใส่ลงในแบบหล่อ

ฉ. อัดขึ้นรูปส่วนผสมเป็นแผ่นไม้เทียมด้วยเครื่องอัดร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 170 - 200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 - 15 นาที

ช. นำแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่อัดขึ้นรูปแล้วออกจากแบบหล่อ

ซ. ทิ้งแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ให้เย็นตัวลง

<u>วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด</u>

ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

1. กรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) มีขั้นตอนดังนี้

ก. บดเศษขยะกล่องนม และเศษพลาสติก PET ด้วยเครื่องบดพลาสติกให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือขนาดเล็กกว่า 4.76 มิลลิเมตร

ข. ทาน้ำมันหล่อลื่นลงแบบหล่อที่มีรูปทรงตามต้องการ

ค. ตวงส่วนผสม ประกอบด้วย

เศษขยะกล่องนม	1	ส่วนโดยน้ำหนัก
เศษพลาสติก PET	0.6 – 0.7	ส่วนโดยน้ำหนัก

ง. ผสมส่วนผสมทั้งเศษขยะกล่องนม และเศษพลาสติก PET ให้เข้ากัน

จ. นำส่วนผสมของเศษขยะกล่องนม และเศษพลาสติก PET มาใส่ลงในแบบหล่อ

ฉ. อัดขึ้นรูปส่วนผสมเป็นแผ่นไม้เทียมด้วยเครื่องอัดร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 170 - 200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 - 15 นาที

ช. นำแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่อัดขึ้นรูปแล้วออกจากแบบหล่อ

ซ. ทิ้งแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ให้เย็นตัวลง

บทสรุปการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต ประกอบด้วย การบดย่อยเศษขยะกล่องนม และเศษพลาสติก PET การทาน้ำมันหล่อลื่น การตวงส่วนผสม การผสมส่วนผสม การนำส่วนผสมใส่แบบหล่อ การอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน การนำแผ่นไม้เทียมออกจากแบบ และการปล่อยให้เย็นตัวลง เพื่อให้ได้แผ่นไม้เทียมไปใช้ตกแต่งและก่อสร้างผนังอาคาร หรือขึ้นรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งต้องการความสวยงาม เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ต้นทุนต่ำ และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

หนังสือสัญญาโอนสิทธิขอรับสิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตร

เขียนที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

วันที่ 11 กันยายน 2559

สัญญาระหว่างผู้โอน คือ **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล, ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์, และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา** ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย และ **ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร** ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110 ประเทศไทย โดยมีผู้รับโอน คือ **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร** โดย รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์ ตำแหน่ง อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถ.สามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย

โดยสัญญานี้ ผู้โอนซึ่งเป็นผู้ประดิษฐ์ **กรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต** ขอโอนสิทธิในการประดิษฐ์ดังกล่าว ซึ่งรวมถึงสิทธิขอรับอนุสิทธิบัตรและสิทธิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้แก่ผู้รับโอน โดยผู้รับโอนได้จ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมให้แก่ผู้โอน

เพื่อเป็นพยานหลักฐานแห่งการนี้ ผู้โอนและผู้รับโอนได้ลงลายมือชื่อไว้ข้างล่างนี้

(ลงชื่อ) ผู้โอน (ลงชื่อ) ผู้โอน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล) (ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

(ลงชื่อ) ผู้โอน (ลงชื่อ) ผู้โอน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา) (ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) ผู้รับโอน
(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) พยาน (ลงชื่อ) พยาน
(นายกิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล) (จ่าอากาศเอกหญิงเดือนเต็ม ทิมายงค์)

หนังสือมอบอำนาจ

ข้าพเจ้า **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร** โดย รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์ ตำแหน่ง อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย ขอมอบหมายและแต่งตั้งให้ **ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร** (ตัวแทนสิทธิบัตรเลขที่ 2262) ที่อยู่ เลขที่ 8/3 หมู่ที่ 8 ถนนพุทธรักษา ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10280 ประเทศไทย เป็นตัวแทนและผู้รับมอบอำนาจของข้าพเจ้าอันแท้จริง และชอบด้วยกฎหมายเพื่อข้าพเจ้าและในนามข้าพเจ้าให้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตรและให้ได้มาซึ่งสิทธิบัตรภายใต้ชื่อ **"กรรมวิธีการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต"** ให้รับโอนการประดิษฐ์การออกแบบผลิตภัณฑ์สิทธิบัตรและคำขอรับสิทธิบัตรต่างๆ และเพื่อความประสงค์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในนามของข้าพเจ้า ให้ลงนามและยื่นบรรดาหนังสือและเอกสารทั้งมวลซึ่งตัวแทนผู้รับมอบอำนาจในฐานะดังที่ได้กล่าวมาแล้วอาจคิดเห็นว่าเป็นการจำเป็นหรือพึงต้องการให้เปลี่ยนแปลงแก้ไขและเพิกถอนคำขอรับสิทธิบัตรและเอกสารต่างๆ เช่นว่ามานั้น ให้ไปปฏิบัติการ ณ สถานที่ราชการหรือ ณ ที่อื่นใด ให้ต่อสู้หรือป้องกันคำขอและสิทธิบัตรให้พ้นจากการปฏิเสธการคัดค้านหรือการขัดขวางใดๆ ให้ยื่นคำร้องคัดค้านและคำอุทธรณ์ ให้ชำระค่าธรรมเนียมทั้งหลายทั้งปวง และให้แต่งตั้งตัวแทนช่วงภายใต้อำนาจของตัวแทนผู้รับมอบอำนาจเพื่อกระทำกิจการอย่างหนึ่งอย่างใดหรือกระทำการทั้งมวลดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น และให้มีอำนาจยกเลิกการแต่งตั้งตัวแทนช่วงได้ตามอำเภอใจเช่นเดียวกัน และโดยหนังสือนี้ข้าพเจ้าขอยืนยันและให้สัตยาบันรับรองทุกสิ่งทุกอย่างที่ตัวแทนของข้าพเจ้าหรือตัวแทนช่วงอาจได้กระทำไปโดยชอบด้วยกฎหมายอาศัยอำนาจแห่งหนังสือนี้

ลงวันที่ ณ วันที่ 11 กันยายน 2559

(ลงชื่อ) ผู้มอบอำนาจ

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) ผู้รับมอบอำนาจ

(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) พยาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

(ลงชื่อ) พยาน

(ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

การใช้เศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตเป็นวัสดุผสมสำหรับผลิตไม้เทียมขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง

Using Poly Ethylene Terephthalate Plastic Waste as Mixture to Produce High Strength Milk Carton Waste Artificial Wood

ปราโมทย์ วีรานุกูล [1], ผกามาศ ชูสิทธิ์ [1], วิหาร ดีปัญญา [2], กิตติพงษ์ สุวีโร [3]

[1] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[3] หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิต เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อทดสอบคุณสมบัติ และเพื่อแนะนำแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) อัตราส่วนของแผ่นไม้เทียม ประกอบด้วย เศษกระดาษกล่องนม: เศษพลาสติก PET เท่ากับ 80:20, 75:25, 70:30, 65:35 และ 60:40 โดยน้ำหนัก บดเศษขยะกล่องนมและเศษพลาสติก PET ให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ขึ้นรูปแผ่นไม้เทียมด้วยเครื่องอัดร้อน ความหนา 6 มิลลิเมตร โดยใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 966-2547 จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน 60:40 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยมีคุณสมบัติต่างๆ ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ผลของการเพิ่มปริมาณเศษพลาสติก PET มีผลทำให้ความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวตามความหนามีค่าลดต่ำลง ส่วนความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้น แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่พัฒนาเป็นวัสดุที่เหมาะสำหรับการนำไปตกแต่งหรือก่อสร้างผนังอาคารทั้งภายในและภายนอก นอกจากนี้ ผลงานที่ได้สามารถยื่นขอรับอนุสิทธิบัตรและเขียนบทความเพื่อเป็นการเผยแพร่และถ่ายทอดเทคโนโลยี

คำสำคัญ ไม้เทียม, ขยะกล่องนม, พลาสติก, โพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต, นำกลับมาใช้ใหม่

Abstract

The objectives of this research are to study the production, to find the proper ratio, to test the properties, to suggest the implementation, and to transfer the technology of high strength milk carton waste artificial wood mixed with poly ethylene terephthalate (PET) plastic waste. The ratios of this artificial wood included milk carton waste: PET plastic waste equal to 80:20, 75:25, 70:30, 65:35 and 60:40 by weight. The milk carton and PET plastic wastes were grinded though sieve no.4. The artificial woods were casted by hot compression with 180 degree of Celsius for 5 minutes. The samples tested follow the TIS.966-2547 standard. From the results, the 60:40 of ratio was the

proper ratio which can pass the standard. The increasing of PET waste effected to decrease the density, moisture, and swelling of properties. In case of bending strength, elastic modulus, and tensile strength perpendicular to surface, the increasing of PET effected to decrease their properties. The developed artificial wood mixed with milk cotton waste and PET plastic waste has the possibility to implement in decoration and construction both interior and exterior wall building. These results can register the petty patent and write the research paper which to transfer the technology.

Keywords Artificial Wood, Milk Carton Waste, Plastic, Poly Ethylene Terephthalate, Recycle

1. บทนำ

แผ่นไม้เทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายกลุ่มอุตสาหกรรม โดยอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นประตูและอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าตลาดสูงสุด รองลงมาคือ อุตสาหกรรมผลิตตู้ลำโพงและคอนโซลรถยนต์ ทำให้คาดว่า จะมีปัญหาขาดแคลนและราคาเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นแผ่นปาร์ติเกิล (Partical board), แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hard board) และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density fiber board : MDF) (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2536) คาดว่า ในปี 2560 ประเทศไทยและทั่วโลก จะมีความต้องการแผ่นไม้เทียมเพิ่มขึ้นถึง 1.93 ล้านลูกบาศก์เมตร เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจมีการเจริญเติบโตสูงขึ้น โดยเฉพาะแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเป็นแผ่นใยไม้อัดชนิดอัดแน่น (Compressed fiberboard) ชนิดหนึ่ง ผลิตจากการนำเอาวัสดุไม้หรือวัสดุที่มีเซลลูโลสหรือลิกนินเป็นองค์ประกอบหลักมาย่อยสลายให้เป็นเส้นใย แล้วนำมาผสมกับสารยึดติดและสารเติมแต่งอื่น จากนั้นอัดรวมกันเป็นแผ่นที่มีความหนาแน่นตลอดทั้งแผ่นอย่างสม่ำเสมอ (วรธรรม, 2546ก) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางนี้ มีความได้เปรียบแผ่นไม้อัดประเภทอื่นของทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิต เนื่องจากความหลากหลายในการประยุกต์ใช้งานที่มากกว่าชนิดอื่นๆ (ธวัช, 2551)

แผ่นไม้เทียมที่มีพลาสติกเป็นสารเชื่อมประสานหลัก กำลังเข้ามามีบทบาทและเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น เนื่องจากมีความทนต่อความชื้น ไม่เกิดการพองตัว และปลวกหรือแมลงไม่กัดกิน (วรธรรม, 2547) เมื่อพิจารณาสถานการณ์พลาสติกในปัจจุบัน พบว่า พลาสติกถูกทิ้งเป็นขยะภายในชุมชนท้องถิ่นค่อนข้างมาก ไม่ว่าจะเป็นขยะกระดาษกล่องนม และขยะเศษพลาสติกอื่นๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม น้ำมันพืช และเครื่องสำอาง เป็นต้น ทั้งนี้ เศษกระดาษกล่องนม (Waste cartons milk) ถูกทิ้งเป็นขยะมากถึง 4 แสนกล่องต่อวัน (บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, 2553) โดยตัวกล่องนมมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เชื่อมติดกันเป็นชั้น ผิวหน้าถูกพิมพ์ด้วยหมึกต่างๆ ผลิตจากกระดาษ (Paper) โพลีเอทธิลีน (Poly- ethylene) และแผ่นอลูมิเนียม (Aluminium foil) ยากต่อการย่อยสลาย แม้ว่าจะมีการนำกลับมาใช้ผลิตเป็นเยื่อเวียนสำหรับผลิตกระดาษพิมพ์และเขียน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544) แต่ก็ค่อนข้างยุ่งยาก และใช้ต้นทุนสูง เช่น การกระจายเยื่อ การแยกหมึกพิมพ์ และการฟอกขาวเยื่อ เป็นต้น รวมทั้งไม่สามารถใช้ประโยชน์จากสมบัติของกระดาษกล่องนมที่มีน้ำหนักเบา คงทน ยืดหยุ่นสูง และทึบน้ำได้ การนำกลับไปใช้ใหม่จึงควรนำไปใช้โดยตรง นอกจากนี้ พลาสติกจำพวกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ก็มีปริมาณมากเช่นเดียวกันจากการบริโภคน้ำดื่มขวด PET ที่เพิ่มขึ้น

หากมีการนำขยะพลาสติกทั้งกล่องนมและขวดน้ำ PET มาใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นไม้เทียมซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของตลาด จะเป็นการสร้างงาน-สร้างรายได้ให้กับชุมชน นอกจากนี้ ยังเป็นการลด

ปริมาณขยะที่ไม่ค่อยมีการนำไปใช้ประโยชน์หรือการรีไซเคิลอีกด้วย โดยแผ่นไม้เทียมที่พัฒนาขึ้นนี้ จะมีส่วนประกอบหลัก คือ เศษขยะกล่องนม เนื่องจากไม่สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ และมีการใช้พลาสติกขวดน้ำ PET ในการเสริมความแข็งแรงเท่านั้น เพราะพลาสติก PET เป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่น และการทนต่อการผ่านของก๊าซและความชื้นได้ดี แผ่นไม้เทียมดังกล่าว จึงมีแนวโน้มต้นทุนที่ต่ำ ทนทาน และสามารถนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย ช่วยเพิ่มมูลค่าให้ขยะกระดาษและพลาสติก ลดการตัดไม้ทำลายป่าได้ดี

โครงการ การใช้เศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตเป็นวัสดุผสมสำหรับผลิตไม้เทียมขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง เป็นการพัฒนากรรมวิธีการผลิตที่สามารถผลิตในเชิงอุตสาหกรรม โดยศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับขนาดของวัสดุ สัดส่วนของวัสดุ ลำดับและขั้นตอนการขึ้นรูป อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ การทดสอบสมบัติที่จำเป็นในการใช้งานและมาตรฐานผลิตภัณฑ์จำพวกแผ่นไม้เทียม การแนะนำและจำลองการใช้งานจริง และการนำไปใช้ประโยชน์ที่เป็นรูปธรรม หากการพัฒนาแผ่นไม้เทียมนี้สำเร็จ จะสามารถใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์ งานผนังอาคาร งานตู้ลำโพง และงานวัสดุตกแต่งต่างได้อย่างหลากหลาย

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

1) เศษขยะกล่องนมชนิด Long-life products

2) เศษขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET)

3) เครื่องบดพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 4

4) เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบอัดร้อน

5) แบบหล่อแผ่นพลาสติก ขนาด 0.20 x 0.20 ตารางเมตร หนา 0.6 เซนติเมตร แบบหล่อแผ่นพลาสติก ขนาด 0.30 x 0.30 ตารางเมตร หนา 0.6 เซนติเมตร และแบบหล่อแผ่นพลาสติก ขนาด 0.60 x 0.30 ตารางเมตร หนา 0.6 เซนติเมตร ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 แบบหล่อแผ่นพลาสติก

6) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) พร้อมแท่นและมือจับแบบต่างๆ

7) แท่งเหล็กยึดแผ่นพลาสติกและกาวติดเหล็ก สำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

8) เครื่องมือชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

9) เครื่องมือวัดขนาด เช่น ไม้บรรทัด ตลับเมตร เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และไมโครมิเตอร์ เป็นต้น

10) ตู้อบและไล่ความชื้นแบบปรับอุณหภูมิได้

11) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

12) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

13) ชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผล

2.2 การเตรียมวัสดุในการทำวิจัย

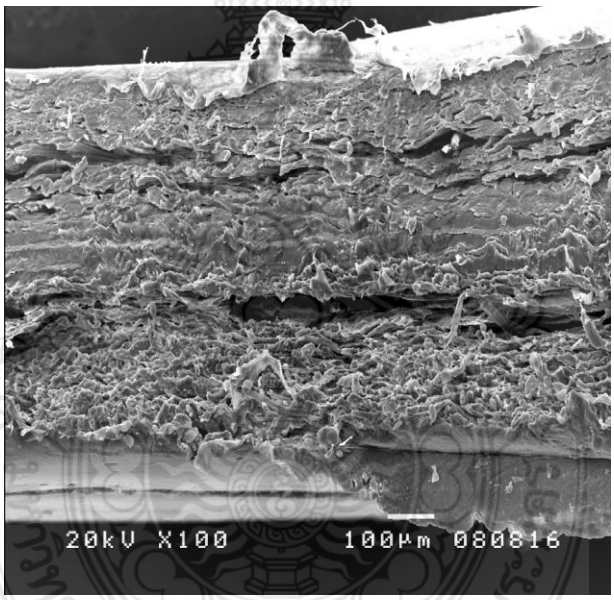
1) ย่อยเศษกระดาษกล่องนม และเศษขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ด้วยเครื่องบดพลาสติกที่มีการติดตั้งตะแกรงขนาดเบอร์ 4 หรือ 4.76 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2 ถึง 4

รูปที่ 2 เครื่องบดพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 4

รูปที่ 3 เศษกระดาษกล่องนมก่อน (ซ้าย) และหลัง (ขวา) การบดย่อยด้วยเครื่องบดย่อยพลาสติก

รูปที่ 4 เศษขวดพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่บดย่อยแล้ว

2) ส่องขยายลักษณะของเศษกระดาษกล่องนม และเศษพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อตรวจดูอสัณฐาน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ภาพขยายด้านข้างของเศษกระดาษกล่องนมจากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 100 เท่า

2.3 การออกแบบอัตราส่วนผสม

1) ออกแบบอัตราส่วนผสมของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จำนวน 5 อัตราส่วน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

อัตราส่วน	เศษกระดาษกล่องนม	เศษขวดพลาสติก PET
80: 20	80	20
75: 25	75	25
70: 30	70	30
65: 35	65	35
60: 40	60	40

2.4 การขึ้นรูปตัวอย่าง

1) เตรียมแบบหล่อทาน้ำมัน

2) ตวงส่วนผสมตามที่ออกแบบไว้

3) ผสมส่วนผสมทั้งเศษขยะกล่องนมและเศษขวดพลาสติก PET ให้เข้ากัน

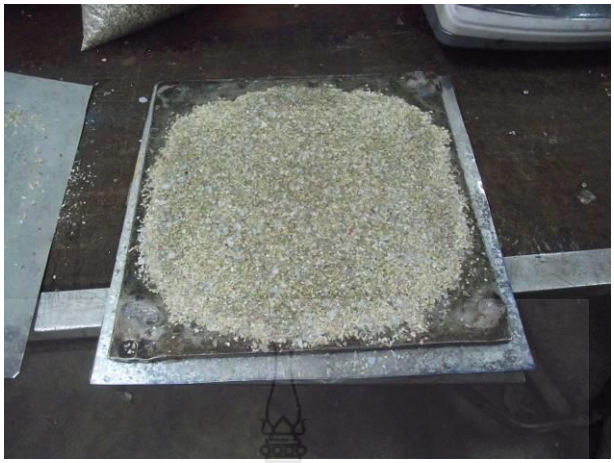
4) นำส่วนผสมของเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET มาใส่ลงในแบบหล่อ ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 การใส่เศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ลงในแบบหล่อ

5) อัดขึ้นรูปแผ่นไม้เทียมด้วยเครื่องอัดร้อน ด้วยอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาการอัด 5 นาที ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 เครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นพลาสติกด้วยความร้อน

6) นำแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ออกจากแบบหล่อ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่อัดขึ้นรูปแล้ว

7) ทิ้งแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ให้เย็นตัวลง และนำไปทดสอบต่อไป

2.5 การทดสอบสมบัติ

ทำการทดสอบสมบัติของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (สมอ., 2547) และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) ลักษณะโดยทั่วไป ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน

2) ความหนาแน่น ตามมาตรฐาน มอก.966-2547

3) ปริมาณความชื้น ตามมาตรฐาน มอก.966-2547

4) การพองตัวตามความหนา ตามมาตรฐาน มอก.966-2547

5) ความต้านทานแรงดัด ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 การนำแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เข้าเครื่อง UTM

6) มอดูลัสยืดหยุ่น ตามมาตรฐาน มอก.966-2547

7) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ดังรูปที่ 11 ถึง 13

รูปที่ 11 อุปกรณ์สำหรับเตรียมการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 12 การวิบัติของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 13 ลักษณะเนื้อของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่วิบัติจากการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

8) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ตามมาตรฐาน ASTM E 986 (ASTM, 2010)

9) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 177 (ASTM, 2010)

10) การใช้งานจริง โดยทำการคัดเลือกแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมและเศษขวดพลาสติก PET อัตราส่วนที่เหมาะสมมา 1 อัตราส่วน รวม 3 ขนาด (รูปที่ 3.40) มาทดสอบการตัดด้วยเลื่อย การยึดตะปูเกลียวปลายปล่อย และการติดตั้งเป็นผนังตกแต่ง ขนาด 2.00 x 1.50 เมตร พร้อมทั้งเก็บข้อมูลและตรวจพินิจ

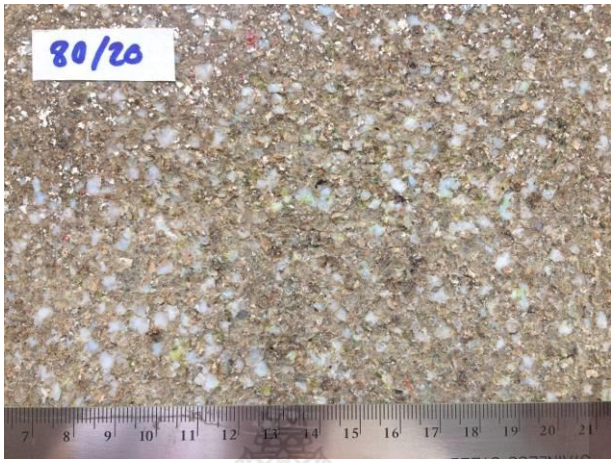
รูปที่ 14 แผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 3 ขนาด

3. ผลการดำเนินการวิจัย

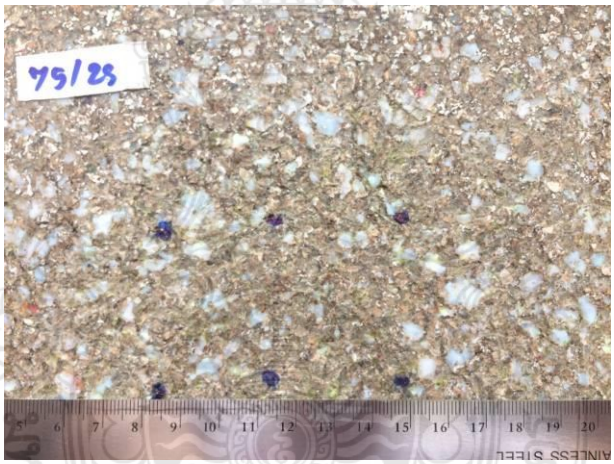
การทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) สามารถสรุปเป็นผลตามประเภทการทดสอบได้ ดังนี้

3.1 ผลการทดสอบลักษณะโดยทั่วไป

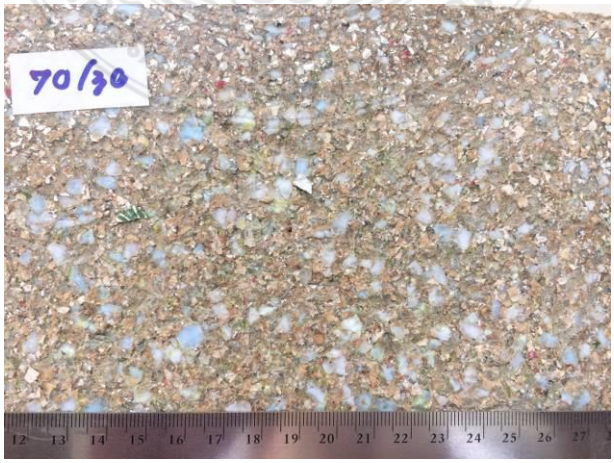
ผลการพิจารณาลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 (สมอ., 2547) สามารถสรุปได้ ดังนี้



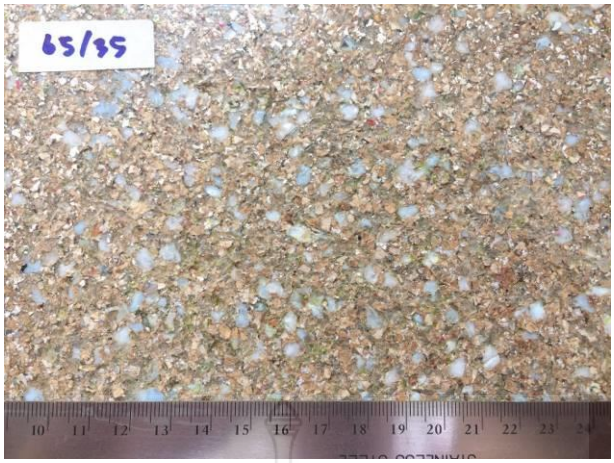
รูปที่ 15 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 80:20



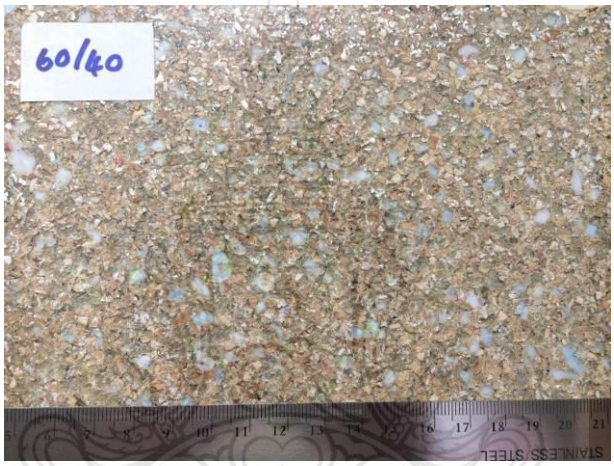
รูปที่ 16 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 75:25



รูปที่ 17 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 70:30



รูปที่ 18 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 65:35

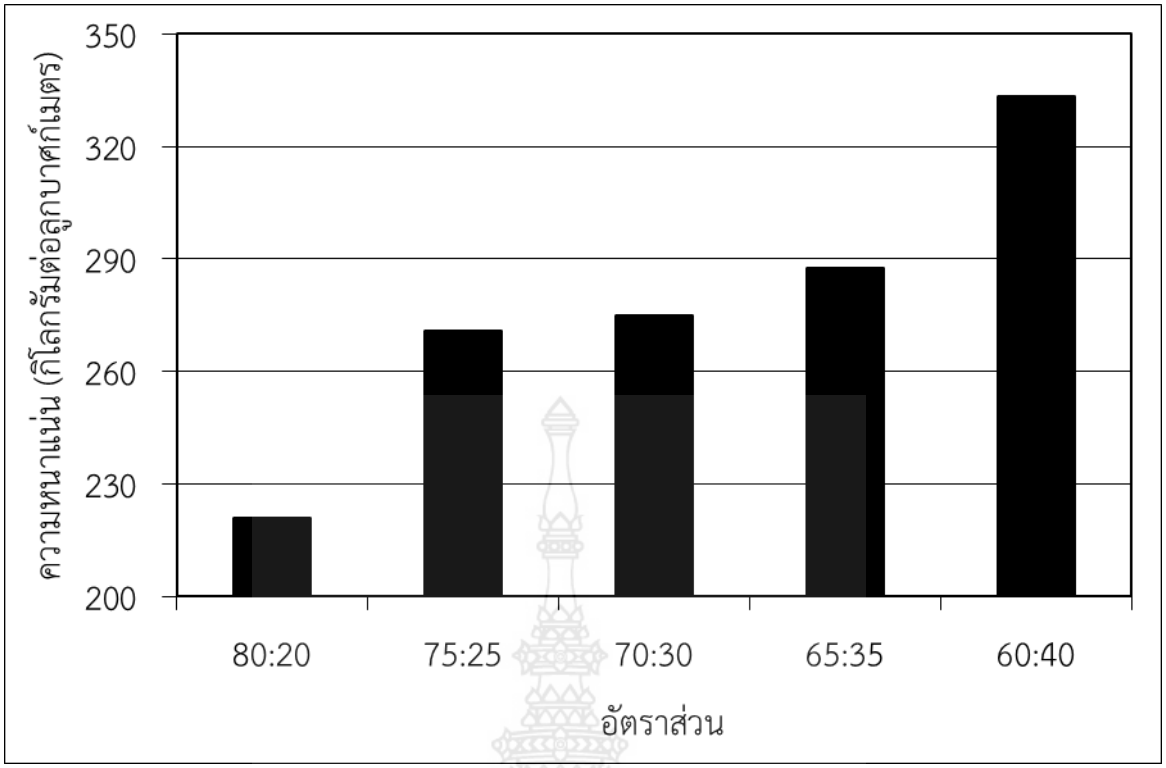


รูปที่ 19 ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40

จากผลการตรวจพินิจในรูปที่ 15 ถึง 19 พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน มีลักษณะโดยทั่วไปผ่านตามมาตรฐาน มอก.966-2547 กำหนด คือ ตัวแผ่นมีความเรียบเสมอกันตลอดทั้งแผ่น และขอบมีความคมตั้งฉากกับระนาบผิวในทุกแผ่น (สมอ., 2547)

3.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น

จากการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปเป็นผลการทดสอบความหนาแน่น ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ได้ ดังรูปที่ 20

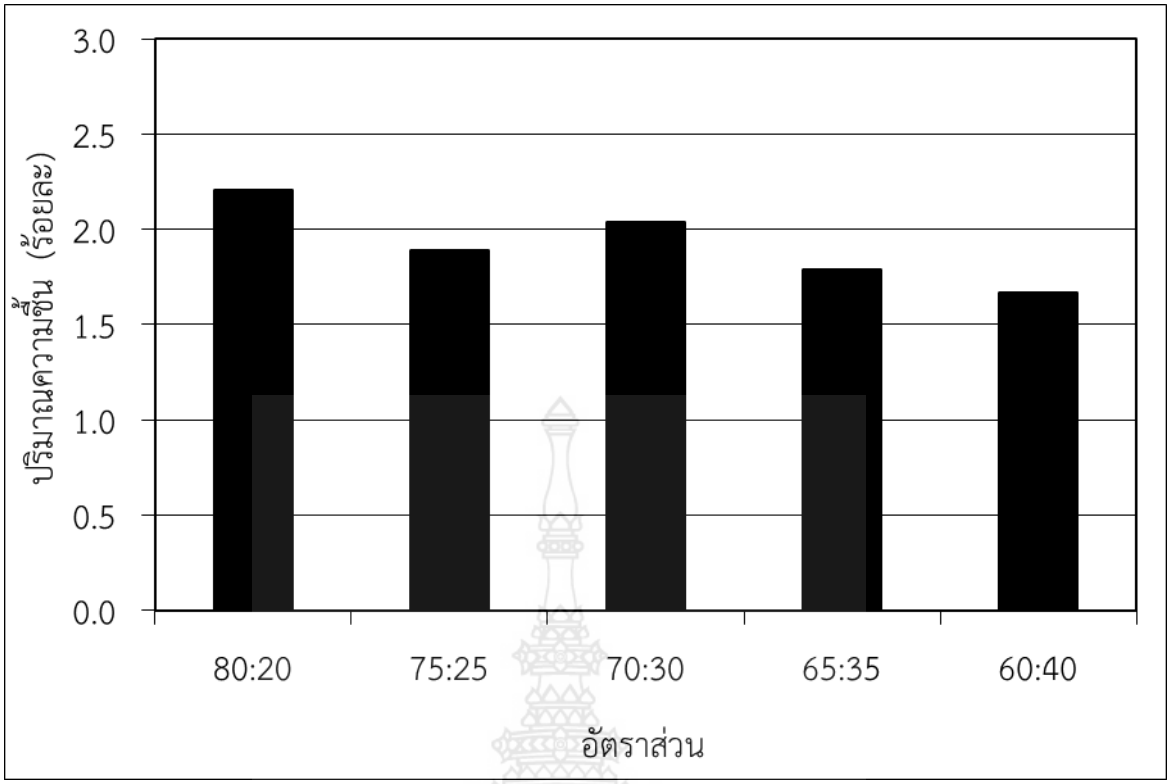


รูปที่ 20 ความหนาแน่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ ในรูปที่ 20 พบว่า การผสมเศษพลาสติก PET มีส่วนทำให้ความหนาแน่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยแผ่นไม้เทียมอัตราส่วน 60:40 เป็นแผ่นไม้เทียมที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด เท่ากับ 333.33 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ อัตราส่วน 65:35, 70:30, 75:25 และอัตราส่วน 80:20 เป็นอัตราส่วนแผ่นไม้เทียมที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด เท่ากับ 287.50, 275.00, 270.83 และ 220.83 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากความหนาแน่นของเศษพลาสติก PET มีค่าสูงกว่าความหนาแน่นส่วนใหญ่ของวัสดุที่ใช้อยู่ในเศษขยะกล่องนม (Jesse, 1992) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.966-2547 เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทุกอัตราส่วนมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF ทั่วไป ซึ่งมีความหนาแน่นระหว่าง 400 – 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สมอ., 2547)

3.3 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทุกอัตราส่วน เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน มอก.966-2547 สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 21

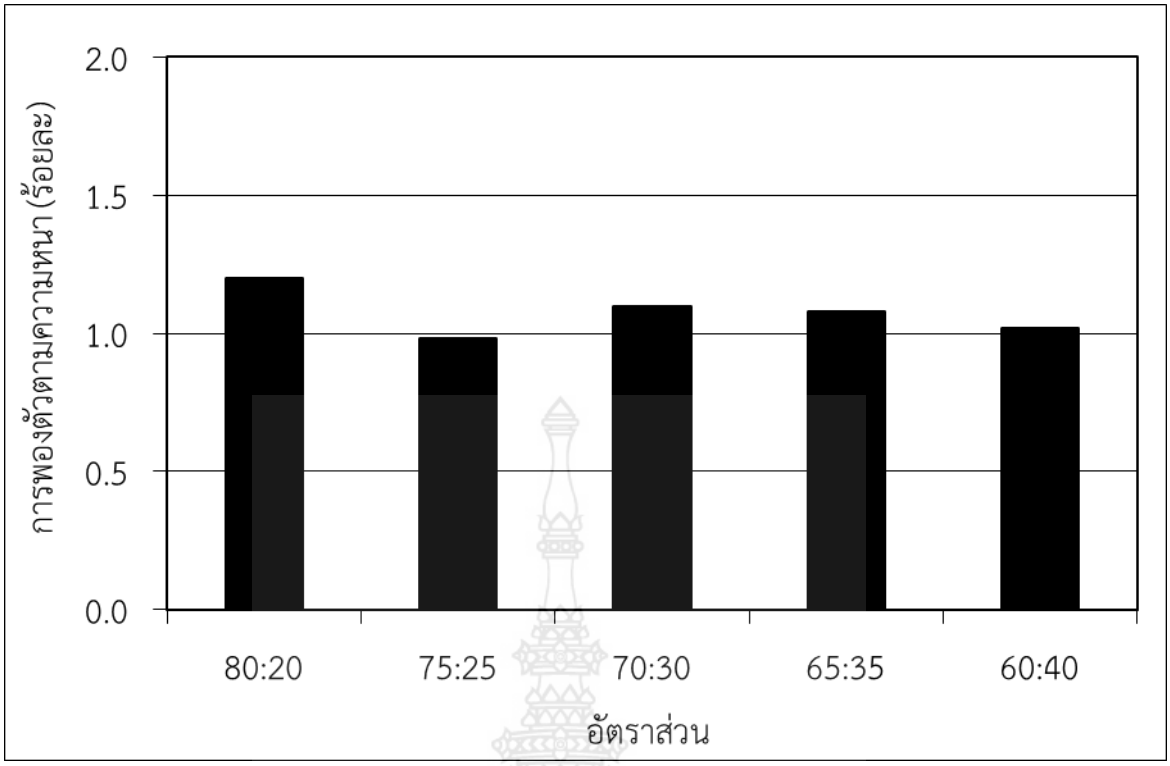


รูปที่ 21 ปริมาณความชื้นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 21 พบว่า ความชื้นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทุกอัตราส่วน มีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF ทั่วไป ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ซึ่งมีค่าระหว่างร้อยละ 4 – 13 (สมอ., 2547) ทั้งนี้ การผสมเศษพลาสติก PET ที่มีความพรุนต่ำมาก (อภิญญา, 2554) ลงในแผ่นไม้เทียมจากกล่องนม มีส่วนทำให้ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดต่ำลง

3.4 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา

การพองตัวตามความหนาของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 22

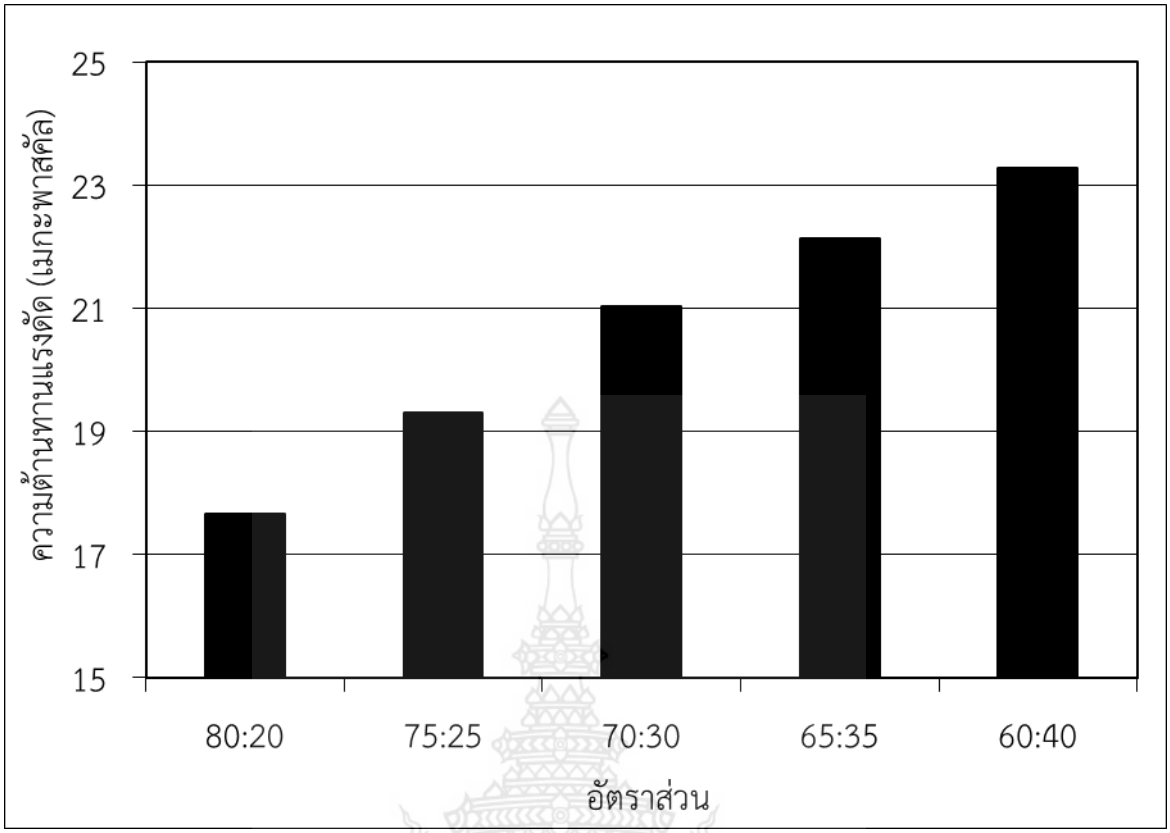


รูปที่ 22 การพองตัวตามความหนาของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 22 พบว่า การพองตัวตามความหนาของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เมื่อแช่น้ำทุกอัตราส่วน มีค่าต่ำกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF ทั่วไปอย่างมาก โดยมาตรฐาน มอก.966-2547 กำหนดให้แผ่นใยไม้อัด ต้องมีค่าการพองตัวตามความหนาไม่เกินร้อยละ 30 (สมอ., 2547) ทั้งนี้ แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้งหมด มีค่าการพองตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 0.98 ถึง 1.20 ซึ่งต่ำมาก และน่าจะใช้เป็นวัสดุก่อสร้างที่ทนฝนหรือความชื้นได้ดีกว่าแผ่นใยไม้อัดทั่วไปอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลมาจากพลาสติกเป็นวัสดุที่ทนทานต่อความชื้นดีกว่าไม้หรือเส้นใยธรรมชาติทั่วไป (Jesse, 1992)

3.5 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

ความต้านทานแรงดัดของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 23

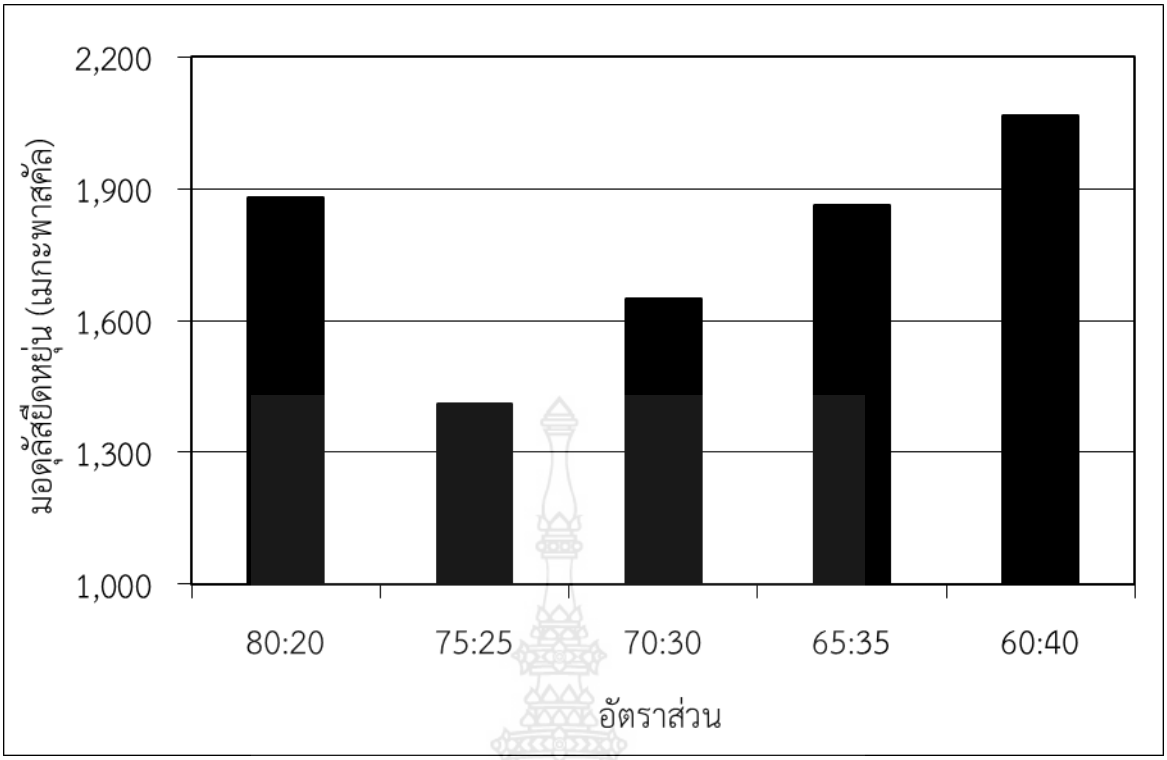


รูปที่ 23 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 23 พบว่า ความต้านทานแรงดัดของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเป็นผลมาจากปริมาณพลาสติก PET ที่ผสม สามารถช่วยยึดเหนี่ยวส่วนผสมต่างๆ ในติดกันและรับแรงต่างๆ ได้ดีขึ้น (Jesse, 1992; Bledzki and Gassan, 1999) ซึ่งแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 65:35, 70:30, 75:25 และ 80:20 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมาตรฐาน มอก.966-2547 พบว่า มีเพียงอัตราส่วน 60:40 ที่สามารถผ่านมาตรฐานดังกล่าวได้ โดยมีความต้านทานแรงดัดสูงกว่า 23 เมกะพาสคัล (สมอ., 2547)

3.6 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น

มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบความต้านทานแรงดัด สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 24

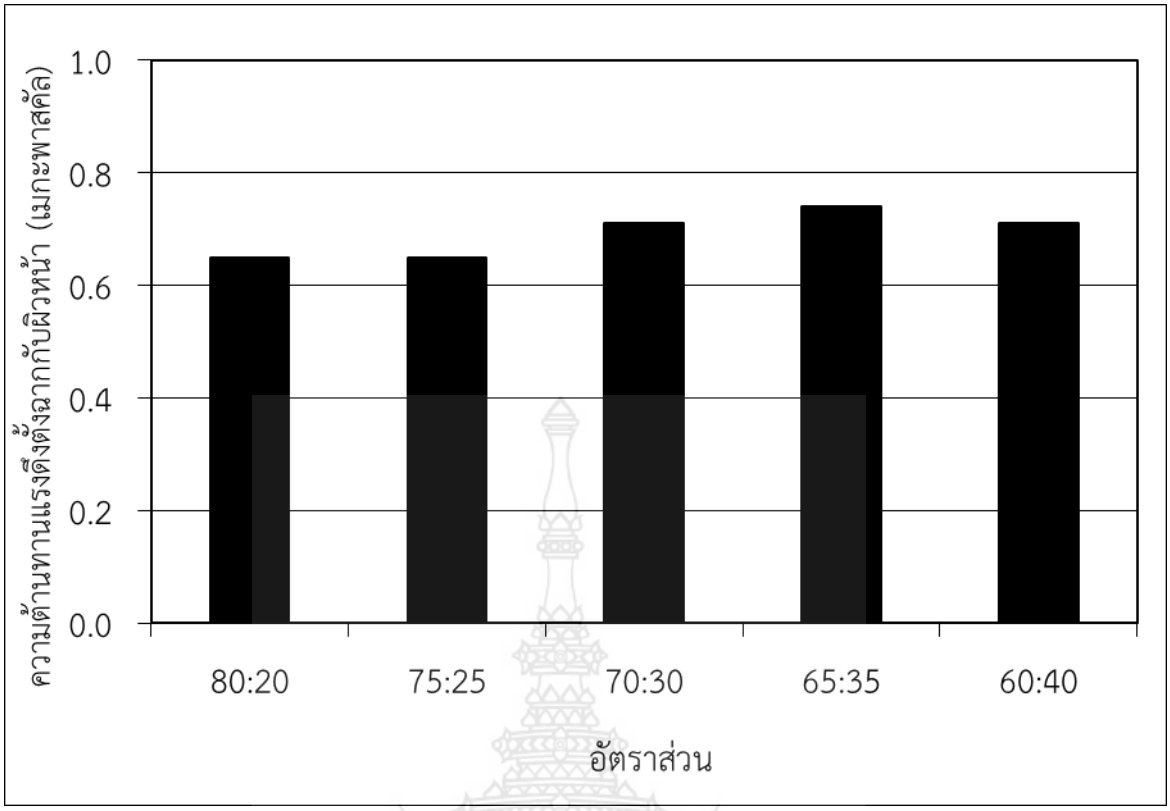


รูปที่ 24 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 24 พบว่า มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน มีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐาน มอก.966-2547 คือ 2,700 เมกะพาสคัล (สมอ., 2547) โดยค่ามอดุลัสที่ต่ำดังกล่าว เนื่องจากพลาสติก PE และ PET ซึ่งผสมอยู่ในแผ่นไม้เทียม เป็นวัสดุที่มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าประมาณ 1,100 เมกะพาสคัล เท่านั้น ทั้งนี้ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ต่ำ แสดงว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จะเกิดการโก่งตัวได้ง่ายกว่าแผ่นใยไม้อัดทั่วไปเมื่อต้องรับแรงดัด (Bledzki and Gassan, 1999)

3.7 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ตามมาตรฐาน มอก.966-2547 สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 25

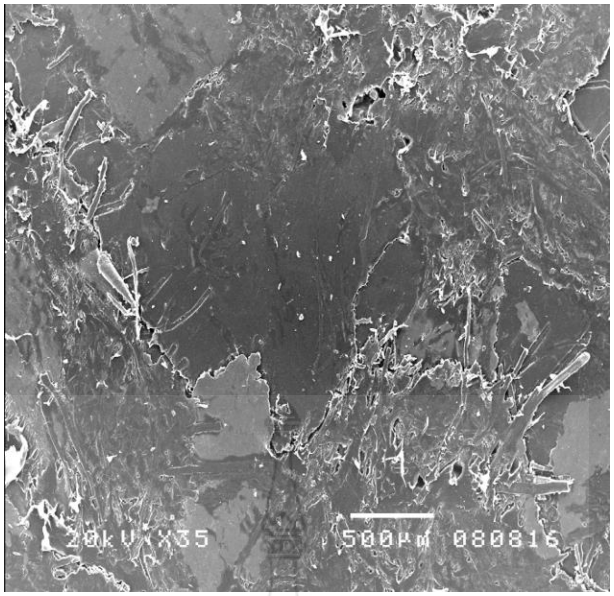


รูปที่ 25 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนม ผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ ในรูปที่ 25 พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทุกอัตราส่วนมีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.966-2547 กำหนด คือ มีค่าสูงกว่า 0.65 เมกะพาสคัล (สมอ., 2547) นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณเศษพลาสติก PET ที่ผสมมีส่วนช่วยเพิ่มค่าความต้านทานแรงดึงดังกล่าวให้สูงขึ้นได้ โดยอัตราส่วน 60:40 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดึงสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 65:35, 70:30, 75:25 และ 80:20 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดึงต่ำที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติด้านการรับแรงดึงที่สูง พร้อมทั้งสามารถยึดเหนี่ยวส่วนผสมอื่นๆ ได้ดี (Jesse, 1992)

3.8 ผลการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เมื่อนำแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 ไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ตามมาตรฐาน ASTM E 986 สามารถได้ภาพขยายเพื่อสังเกตอสัญฐานของแผ่นดังกล่าวได้ ดังนี้



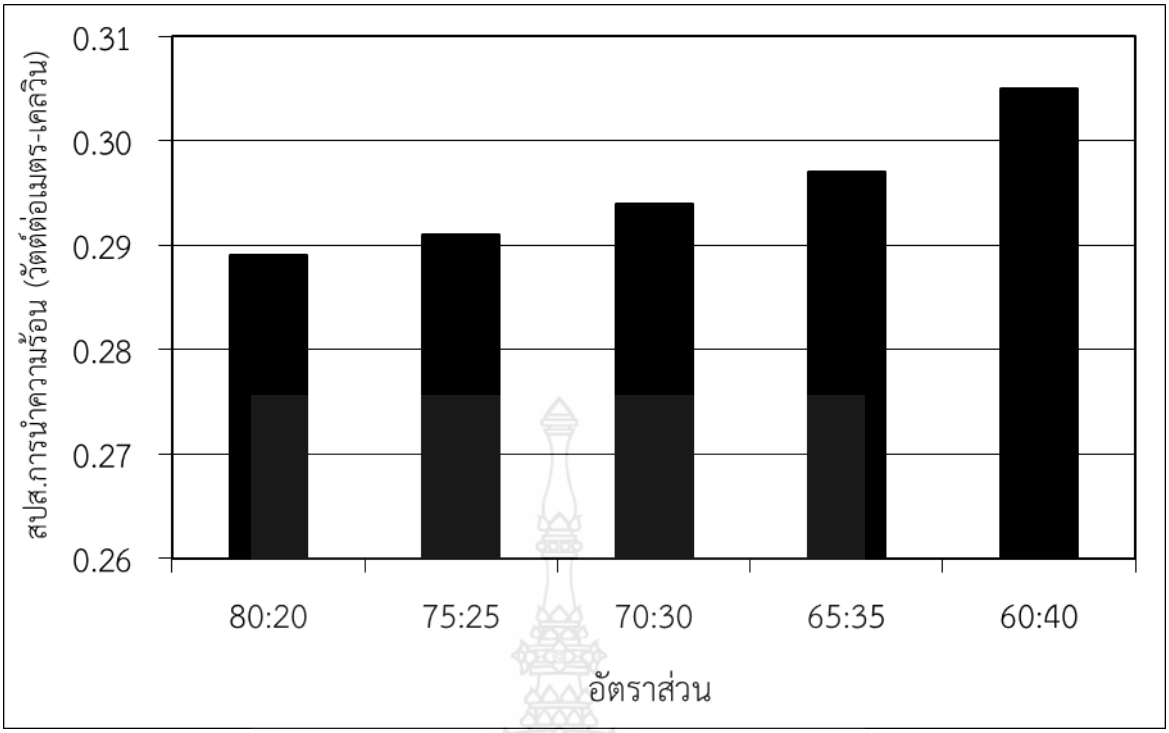
รูปที่ 26 ผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 35 เท่า

รูปที่ 27 ผิวหน้าของแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET จากกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 200 เท่า

จากรูปที่ 26 และ 27 พบว่า เศษขยะกล่องนมผสมพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้เทียมที่มีเนื้อเดียวกัน และรูพรุนค่อนข้างน้อย โดยช่องว่างของแผ่นไม้เทียมระหว่างเศษกระดาษกล่องนมและพลาสติกที่ผสมลงไปมีความกว้างเพียง 50 ไมโครเมตร เท่านั้น

3.9 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

เมื่อทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 177 ของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 28



รูปที่ 28 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วนต่างๆ

การผสมเศษพลาสติก PET ลงในแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนม มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 28 โดยแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมอัตราส่วน 80:20 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 75:25, 70:30, 65:35 และ 60:40 เป็นอัตราส่วนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุด ทั้งนี้ เป็นผลมาจากกระดาษกล่องนม มีวัสดุส่วนใหญ่เป็นกระดาษ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.23 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน ในขณะที่เศษพลาสติก PET มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่สูงกว่ากระดาษกล่องนม โดยเศษพลาสติก PET มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.33 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน (Engineering Toolbox, 2016; ธนัญชัย และคณะ, 2549) ทำให้เมื่อผสมเศษพลาสติกลงในแผ่นไม้เทียมกล่องนมแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียมดังกล่าวจึงมีค่าเพิ่มขึ้น

3.10 ผลการทดสอบใช้งานจริง

จากผลการทดสอบทั้งหมด พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 เป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปใช้ทดสอบการใช้งานจริง เนื่องจากมีคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงดัดที่สูงที่สุด และผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.966-2547 (สมอ., 2547) กำหนด โดยการทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นไม้เทียม ประกอบด้วย การตัดด้วยเลื่อย การยึดตะปูเกลียวปลายปล่อย และการติดตั้งเป็นผนังตกแต่ง ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 29 ถึง 33

รูปที่ 29 การทดสอบตัดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ด้วยเลื่อยไฟฟ้า

รูปที่ 30 การขันตะปูเกลียวปลายปล่อยลงในแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนม
ผสมเศษพลาสติก PET ด้วยสว่านไฟฟ้า

รูปที่ 31 การยึดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET เข้ากับโครงคร่าว

รูปที่ 32 การวัดขนาดสำหรับเตรียมตัดแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

รูปที่ 33 ผนังที่ตกแต่งด้วยแผ่นไม้เทียมจากเศษกระดาษกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET

จากผลการใช้งานจริงในรูปที่ 29 ถึง 33 พบว่า แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET อัตราส่วน 60:40 สามารถตัดด้วยเลื่อย และยึดตะปูเกลียวปลายปล่อยได้เช่นเดียวกับแผ่นใยไม้อัดหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF ทั่วไปได้ รวมทั้ง การติดตั้งเป็นผนังตกแต่งที่ใช้งานได้ดี และสามารถทนต่อความชื้นได้ดีกว่าแผ่นไม้อัดทั่วไปอย่างชัดเจน

4. สรุป และข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินโครงการ “การใช้เศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลตเป็นวัสดุผสมสำหรับผลิตไม้เทียมขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง” สามารถสรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ แบ่งตามวัตถุประสงค์และหัวข้อต่างๆ ได้ ดังนี้

1) กระบวนการผลิตแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติกโพลิเอทธิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่มีความแข็งแรงสูง สามารถทำได้โดยการบดย่อยให้เศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 นำเศษดังกล่าวมาผสมกัน และอัดด้วยเครื่องอัดความร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที ปล่อยให้เย็นได้แผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ที่มีความแข็งแรงสูง

2) อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET คือ อัตราส่วน 60:40 ทำให้ได้แผ่นไม้เทียมที่มีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐาน มอก.966-2547 เรื่องแผ่นใยไม้อัด

ความหนาแน่นปานกลาง กำหนด ทั้งลักษณะโดยทั่วไป ความชื้น การพองตัวตามความหนา ความต้านทานแรงดัด และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

3) การผสมเศษพลาสติก PET ลงในแผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมที่มีความแข็งแรงสูง ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นไม้เทียม ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวตามความหนามีค่าลดต่ำลง ส่วนความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้น

4) แผ่นไม้เทียมจากขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET มีคุณสมบัติที่โดดเด่น ใช้งานได้ทั่วไป ทั้งการตัดด้วยเลื่อย การยึดตะปูเกลียว การใช้ตกแต่งและก่อสร้างเป็นผนังเทียบเท่ากับแผ่นใยไม้อัดหรือแผ่นไม้อัดชนิด MDF แต่มีความสามารถในการทนต่อความชื้นที่ดีกว่าแผ่นไม้อัดทั่วไป จึงมีแนวโน้มว่า จะสามารถใช้งานภายนอกอาคารได้

การพัฒนาแผ่นไม้เทียมจากเศษขยะกล่องนมผสมเศษพลาสติก PET ในครั้งต่อไป ควรมีการเสริมเส้นใยต่างๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงและลดการโก่งตัวให้กับแผ่นไม้เทียม รวมทั้ง ควรมีการเพิ่มปริมาณเศษพลาสติก PET ให้มากขึ้นด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2559 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

กิตติเดช แก้วฉา, 2547. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากใบยางพารา**.** กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544. การผลิตเยื่อเวียนทำใหม่จากเศษกระดาษกล่องนม**.** โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2533. แผ่นใยไม้อัดแข็ง. อุตสาหกรรมสาร, ศูนย์บริการข้ออุตสาหกรรมมูลชนบท กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2536. อุตสาหกรรมไม้อัด. วัฏจักรอุตสาหกรรม, ฉบับที่ 3,114 (ส.ค.35), กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, หน้า 22-33.

จินตนา สุขสวัสดิ์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย และอิทธิพล แจ้งชัด, 2555. การศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้พลาสติกจากพอลิโพรพิลีน และเศษไม้จากปาล์มน้ำมัน: เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า และเส้นใยทางใบ. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์, 2552. เส้นใยธรรมชาติสำหรับวัสดุผนังอาคาร. คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณัฏฐ์ชญาภา ธนวัฒนาศิริกุล, ธเนศ รัตนวิไล และกลางเดือน โพชนา, 2554. วัสดุไม้พลาสติกจากไม้ปาล์มและ HDPE. วิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 38 ฉบับที่ 3 (285 -296) กรกฎาคม – กันยายน 2554.

ณรงค์ เพ็งปรีชา, 2517. กาวสำหรับงานไม้**.** กองวิจัยผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้.

ธนดล สัตตบงกช, 2545. ไม้ประกอบและไม้ประกอบพลาสติก**.** การประชุมการป่าไม้ ด้านวัสดุทดแทนไม้.

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ พันธุดา พุฒิไพโรจน์ วรธรรม อุ่นจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 3(4): 119 - 126.

ธวัช จิรายุส, 2551. ปัญหาวัตถุดิบในอุตสาหกรรมไม้อัดไม้ประกอบ. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

ธวัท รอบรู้, 2547. การศึกษาคุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดซึ่งผลิตจากต้นยาสูบ. เทคโนโลยีศิลปอุตสาหกรรม (ก่อสร้างและงานไม้) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ในฝัน แว่วสอ, 2547. การผลิตวัสดุติดผนังภายในด้วยวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, 2553. เอกสารโครงการกล่องวิเศษ**.** บริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

ปุญญานิช อินทรพัฒน์, 2551. เทอร์โมพลาสติกยางธรรมชาติจากการเบลนด์ระหว่างยางธรรมชาติกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตทโดยใช้กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิไดเมทิลเมทาคริโลอิลออกซีเมทิลฟอสฟอเนตเป็นสารเพิ่มความเข้ากันได้, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ภาวดี เมธะคานนท์, 2548. **สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตจากกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

แม้น อมรสิทธิ์, 2553. วัสดุวิศวกรรม**.** เอกสารประกอบการบรรยาย.

วันทนา เพ็รชรัตน์, 2533. ไม้อัดซีเมนต์. อุตสาหกรรมสาร, ศูนย์บริการข้ออุตสาหกรรมมูลชนบท กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

วันทนา สุขแก้ว, 2550. อิทธิพลของสารเสริมแรงต่อสมบัติทางกลของการรีไซเคิลขวดน้ำ. วารสารสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 17 ฉบับที่ 81, 18-29 มิถุนายน 2550.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2546ก. โลกเกษตร: เส้นทางของเศษฟางข้าว...วัสดุทดแทนไม้ที่มีอนาคต. สำนักวิจัยและการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, หนังสือพิมพ์เดลินิวส์.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2546ข. การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากขี้เลื่อยและเศษไม้สัก**.** กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2547. เมื่อสารพัดเศษวัสดุเหลือทิ้งกลายร่างเป็น (เสมือน)**.** กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, นวัตกรรม ปีที่ 5 ฉบับวันที่ 17 มีนาคม 2547.

วิสุทธิ์ แก้วสกุล, 2551. เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์จากการเบลนด์ยางธรรมชาติกับโคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลอะซิเตท.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ศว.), 2556. พลาสติกรีไซเคิล**.** เอกสารประกอบการให้ความรู้, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.966-2547) เรื่องแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สมเกียรติ ฐิติภูมิเดชา, 2556. เอกสารประกอบการเรียนรายวิชาวัสดุวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อาคม ปาสีโล, 2550. การศึกษาสมบัติปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำจากฟางข้าวและแกลบ. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3.

อภิญญา เจริญกุล, 2554. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์นม**.** เอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2010. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.

Bledzki, A.K. and Gassan, J., 1999. Composites Reinforced with Cellulose based Fibers. Progress in Polymer Science 24. pp. 221 – 274.

Donald V.Rosato, 1990. Plastic processing data handbook.

Jesse Edenbaum, 1992. Plastics additives and modifiers handbook, New York: Van Nostrand Reinhold, p.95–101.