การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

Development of Cement Boards with Ground Coffee for Environment Conservation

ปราโมทย์ วีรานุกูล

กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

การใช้กากกาแฟเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาพัฒนาเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดเป็นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อแก้ไขปัญหามลภาวะทางอากาศจากกลิ่นและการฟุ้งกระจายของกากกาแฟ โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: ทรายละเอียด: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.5: 0.416 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: กากกาแฟ เท่ากับ 1: 0.05, 1: 0.06, 1: 0.07, 1: 0.08, 1:0.09 และ 1: 0.10 โดยน้ำหนัก (รวม 6 อัตราส่วน) ขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัด ที่อุณหภูมิ 30 – 35 องศาเซลเซียส ควบคุมความหนาแน่นที่ 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นทดสอบสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน 1: 0.05 เป็นปริมาณกากกาแฟ: ปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้ แผ่นซีเมนต์บอร์ดนี้ สามารถช่วยลดปริมาณกากกาแฟเหลือทิ้ง โดยการนำมาใช้เป็นมวลรวมในการผลิตวัสดุก่อสร้างได้

คำสำคัญ: แผ่นซีเมนต์บอร์ด; กากกาแฟ; วัสดุก่อสร้าง; สิ่งแวดล้อม

Abstract

The using of ground coffee wastes from industries to develop the cement board is an objective of this research that can solve the air pollution problems from smell and spreading of ground coffee wastes. The ratio of Portland cement type1: fine sand: tap water is equal to 1: 0.5: 0.416 by weight and the ratios of Portland cement type1: ground coffee wastes include 1: 0.05, 1: 0.06, 1: 0.07, 1: 0.08, 1:0.09 and 1: 0.10 by weight (6 ratios). The production of cement board uses the pressure casting in temperature 30 – 35 degree of Celsius and controls 0.75 g/cm3 of density. The testing of cement-bonded fiberboard properties follow the TIS 878-2537 standard (cement bonded particle board: high density). From the results, 1: 0.05 is the most suitable quantity of cement: ground coffee wastes which mixed in cement board. This cement boards can reduce the ground coffee wastes by using as aggregate to produce the construction materials.

Keywords: cement board; ground coffee waste; construction material; environment

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	3
2.1 กาแฟ	3
2.2 เส้นใยธรรมชาติ	4
2.3 แผ่นซีเมนต์บอร์ด	5
2.4 ประเภทของแผ่นซีเมนต์บอร์ด	6
2.5 มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์	7
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.7 กรอบแนวความคิด	12
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	14
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	14
3.2 การออกแบบส่วนผสม	18
3.3 การขึ้นรูปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	19
3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	24
3.5 การทดสอบสมบัติอื่นๆ ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟเพิ่มเติม	30
บทที่ 4 ผลการวิจัย	33
4.1 ลักษณะโดยทั่วไป	33
4.2 ความหนาแน่น	38
4.3 ความชื้น	38
4.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ	39
4.5 สภาพการนำความร้อน	40
4.6 ความต้านทานแรงดัด	40
4.7 มอดุลัสยืดหยุ่น	41
4.8 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	42
4.9 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	43
4.10 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง	44
4.11 การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร	47
4.12 การเขียนบทความวิจัยส่งลงในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ	47
4.13 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์	48

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผล	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	53
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537	
เอกสารประกอบคำขอรับอนุสิทธิบัตร	
บทความสำหรับเผยแพร่	
หนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กรอบแนวความคิดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีกากกาแฟ	13
3.1	กากกาแฟจากโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดปทุมธานี	15
3.2	กากกาแฟที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด	15
3.3	เครื่องผสมคอนกรีต	15
3.4	เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า	16
3.5	แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับเครื่องอัดขึ้นรูปแบบสั่นเขย่า	16
3.6	แท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด	16
3.7	กาวติดเหล็กสำหรับยึดผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ด	17
3.8	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)	17
3.9	เครื่องวัดระดับเสียง	18
3.10	ด้านหน้าของห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง	18
3.11	ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง	19
3.12	แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมากเกินไปจนเกิดรอยร้าวที่เนื้อ	19
3.13	แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมากเกินไปจนเกิดแตกหักเมื่อสัมผัส	20
3.14	การชั่งน้ำหนักส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	20
3.15	การผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 เข้ากับทรายละเอียด	21
3.16	การเติมกากกาแฟลงในส่วนผสม	21
3.17	การรองแผ่นพลาสติกและทาน้ำมันหล่อลื่นบนแบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ด	21
3.18	การชั่งน้ำหนักส่วนผสมสำหรับเทลงในเครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด	22
3.19	การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	22
3.20	การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	23
3.21	การอัดและเขย่าส่วนผสมให้เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัด	23
3.22	การนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดออกจากเครื่องอัด	23
3.23	การพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟด้วยแท่นพลิก	24
3.24	แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟอัตราส่วน 1: 0.10	24
3.25	การชั่งน้ำหนักแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	25
3.26	การนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟไปแช่น้ำเพื่อทดสอบการพองตัว	25
3.27	การวัดขนาดและเตรียมคานรองรับเพื่อทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	25
3.28	การวางตำแหน่งของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟเพื่อทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	26
3.29	การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	26
3.30	การให้น้ำหนักกดในการทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	26
3.31	การวิบัติของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟจากน้ำหนักกดขณะทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.32	เนื้อของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่วิบัติจากน้ำหนักกดขณะทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	27
3.33	การตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟออกเป็นชิ้นเล็กเพื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	27
3.34	การตัดเหล็กเพื่อใช้ในการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	28
3.35	แผ่นเหล็กและเหล็กข้ออ้อยที่เชื่อมติดกันเพื่อยึดเข้ากับผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	28
3.36	การผสมกาวติดเหล็กเข้าด้วยกัน	28
3.37	การทากาวติดเหล็กลงบนแท่งเหล็กเพื่อยึดเข้ากับผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	29
3.38	การยึดผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟเข้ากับแท่งทดสอบความต้านทานแรงดึง	29
3.39	แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่ยึดกับแท่งเหล็กพร้อมทำการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	29
3.40	การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	30
3.41	การวิบัติของผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟภายหลังทดสอบความต้านทานแรงดึง	30
3.42	เนื้อของผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟภายหลังทดสอบความต้านทานแรงดึง	30
3.43	ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง	31
3.44	การติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงภายในห้องจำลอง	31
3.45	คอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	31
3.46	การวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องจำลอง	32
3.47	การติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดกะลาสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง	32
3.48	การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟด้วยเครื่องวัดระดับเสียง	32
4.1	การแตกหักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟที่มีอัตราส่วนมากกว่า 1:0.10	34
4.2	ภาพขยายของกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100 เท่า	35
4.3	ภาพขยายของกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า	35
4.4	ภาพขยายของกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า	36
4.5	ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 50 เท่า	36
4.6	ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 200 เท่า	37
4.7	ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า	37
4.8	ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน	39
4.10	การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน	39
4.11	สภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน	40
4.12	ความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน	41
4.13	มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน	41
4.14	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน	42
4.15	พื้นผิวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่เสียหายจากการรับแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	42
4.16	ระดับเสียงที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟออกจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน	43
4.17	ระดับเสียงเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟออกจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน	44
4.18	โครงคร่าวเหล็กสำหรับติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	45
4.19	ลักษณะการยึดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่ขันด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อย ลงในโครงคร่าวเหล็กโดยใช้สว่านไฟฟ้า	45
4.20	การใช้สว่านไฟฟ้าขันตะปูเกลียวปลายปล่อยเพื่อติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ด จากกากกาแฟที่ผ่านการตัดให้เข้ามุมผนัง	45
4.21	การฉาบปิดรอยต่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟด้วยกาวซีเมนต์	46
4.22	ลักษณะผนังแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่มีการฉาบรอยต่อด้วยกาวซีเมนต์	46
4.23	ผนังจำลองที่ทำการติดตั้งด้วยแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	46
4.24	ด้านหลังของผนังจำลองที่ติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	47
4.25	คณะผู้วิจัยนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7	47
4.26	คณะผู้วิจัยรับใบประกาศในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7	48

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร ปี 2530/31 (ไร่)	5
2.2	คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ	8
2.3	ความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไมยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ตราเพชร จากการใช้น้ำและสารเคมีต่างๆ	10
2.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติจากค่าความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ในการทดลองด้วยน้ำและสารเคมีต่างๆ กัน	10
3.1	องค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟจากการทดสอบด้วยเครื่อง XRF	14
3.2	ส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	19
4.1	ลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ	34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

กาแฟ เป็นพืชเครื่องดื่มที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยพืชหนึ่ง สามารถทำรายได้จากการส่งออกเมล็ดกาแฟและผลิตภัณฑ์กาแฟให้ประเทศ ปีละประมาณ 2,500 ล้านบาท ปี 2551 พื้นที่ปลูกกาแฟที่ให้ผลผลิตแล้วมี 388,662 ไร่ ผลผลิต 50,442 ตัน พันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์โรบัสต้า ร้อยละ 95 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัด ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ พังงา นครศรีธรรมราช และประจวบคีรีขันธ์ ส่วนพันธุ์อาราบิก้ามีเพียงร้อยละ 5 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน และตาก (องอาจ, 2551)

แผ่นซีเมนต์บอร์ดหรือไม้อัดซีเมนต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างลงได้ เนื่องจากนิยมนำมาใช้เป็นผนังแทนการก่ออิฐฉาบปูน แผ่นซีเมนต์บอร์ด แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดแรก แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม้ว่า Wood-Wood Board หรือ Wood-Wood Cement Slabs (W.W.S.) มีมาตรฐานคือ มอก.442-2525 เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป (สมอ., 2525) ชนิดที่สอง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ มีความหนาแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และชนิดที่สาม แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) มีกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แต่ใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นชิ้นไม้ ปัจจุบันอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงยังไม่มีมาตรฐานควบคุม ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน อาจถูกนำมาใช้ผลิตไม้อัดชนิดนี้สำหรับทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) ที่สร้างมลพิษให้สภาพแวดล้อมมาก

แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟนี้ เป็นวัสดุทดแทนการก่อผนังที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดูดซับเสียงได้ น้ำหนักเบา ทนทาน สามารถช่วยประหยัดพลังงานและลดขนาดโครงสร้างของอาคารลงได้ เป็นการนำกากกาแฟที่มีอยู่มากมาใช้ประโยชน์ และมีต้นทุนต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป กล่าวได้ว่า เป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

2) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

3) เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

4) เพื่อทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

5) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ใช้กากกาแฟจากโรงงานแปรรูปและวิสาหกิจชุมชนภายในประเทศ

2) ออกแบบอัตราส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยการนำกากกาแฟมาแทนที่ชิ้นไม้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ จำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน

3) ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537)

4) ทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 (ASTM, 2012) โดยส่งตัวอย่างทดสอบ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

5) ทำการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง โดยใช้การทดสอบระดับเสียงที่ลดลงจากแหล่งกำเนิดเสียงความถี่ต่างๆ ภายในห้องจำลอง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร ซึ่งบุผนังภายในด้วยแผ่นเหล็ก และติดตั้งแผ่นโฟมโดยรอบ (Abdullah et al., 2014)

6) ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบขั้นตอนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

2) ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

3) ทราบผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

4) ทราบผลทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

5) ผู้สนใจสามารถนำเทคโนโลยีแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

6) ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติภายในประเทศได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

7) ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตรได้

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

โครงการการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ได้ทบทวนวรรณกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกาแฟ เส้นใยธรรมชาติ แผ่นซีเมนต์บอร์ด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถสรุปเป็นรายละเอียดได้ ดังนี้

2.1 กาแฟ

กาแฟ (Coffee) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Coffea* spp. เริ่มมีการใช้ประโยชน์จากคนเลี้ยงแพะชาวอาราเบียที่สังเกตเห็นว่าเมื่อแพะกินผลและเมล็ดกาแฟแล้วมีความคึกคะนองผิดปกติ จึงได้เริ่มรับประทานบ้างพบว่าก่อให้เกิดความสดชื่น จึงได้แพร่กระจายการรับประทานเมล็ดกาแฟไปสู่ชาวยุโรป และทั่วโลกในเวลาต่อมาจนถึงปัจจุบัน (องอาจ, 2551)

ถิ่นกำเนิดเชื่อกันว่า กาแฟมีถิ่นกำเนิดในทวีปอัฟริกา แถบประเทศเอธิโอเปีย โดยเป็นพืชที่ขึ้นโดยทั่วไป เป็นพืชป่าในระยะนั้น และเมื่อมีการใช้ประโยชน์มากขึ้น ความต้องการกาแฟก็มีมากขึ้น จึงถูกนำมาพัฒนาเป็นพืชปลูกในระยะต่อมา

แหล่งผลิตกาแฟของโลก กาแฟเป็นพืชเขตร้อนชื้น ฉะนั้นแหล่งผลิตจะกระจายอยู่ในแถบร้อนชื้นของทวีป อัฟริกา อเมริกาใต้ และเอเชีย โดยมีประเทศในแถบอเมริกาใต้ คือบราซิล โคลัมเบีย เป็นแหล่งผลิตที่สำคัญของโลก และมีประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นแหล่งผลิตที่สำคัญรองลงมาตามลำดับ

การผลิตของประเทศไทย การปลูกกาแฟในประเทศไทยเริ่มในช่วงยุคการล่าอาณานิคมของชาวยุโรป โดยมีรายงานการปลูกในภาคเหนือที่จังหวัดลำปาง ภาคตะวันออกที่จังหวัดจันทบุรี และภาคใต้ในแถบจังหวัดสงขลา แต่มีได้เป็นล่ำเป็นสัน จนต่อมาระยะหลังมีการพัฒนาการปลุกมากขึ้น และแหล่งปลูกที่สำคัญคือภาคใต้ ได้แก่จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช แต่พันธุ์ที่ใช้ปลูกคือพันธุ์โรบัสตา และแหล่งปลูกที่เริ่มมีการพัฒนาใหม่คือทางภาคเหนือ ในแถบ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ เป็นต้น ซึ่งแหล่งปลูกกาแฟทางภาคเหนือจะเป็นกาแฟพันธุ์อาราบิกา

พันธุ์กาแฟในปัจจุบันทั่วโลก จะมีมากกว่า 50 พันธุ์ ซึ่งมีรายละเอียดมากมายตามการพัฒนาพันธุ์มาโดยลำดับ แต่โดยทั่วไปจะอาศัยพื้นฐานจาก 3 สายพันธุ์หลักคือ

1) พันธุ์อาราบิกา มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coffea arabica* เป็นกาแฟที่มีผลผลิตประมาณ 90 % ของปริมาณกาแฟของโลก ถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบประเทศเอธิโอเปีย เจริญเติบโตได้ดีในแถบที่มีอากาศค่อนข้างหนาว จัดเป็นพืชกึ่งเมืองหนาว และต้องการฤดูแล้งที่ค่อนข้างยาวนานประมาณ 2-3 เดือน คุณภาพเล็ดกาแฟอาราบิกามีคุณภาพทั้งกลิ่นและรสชาติดีที่สุด ลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญคือมีทรงพุ่มเป็นรูปปีระมิด ลำต้นสูงประมาณ 6-16 ฟุต กิ่งมักจะแตกเป็นมุมกว้างกับลำต้น ทำให้ดูเกือบขนานกับพื้นดิน ใบจะเล็ก ไม่ต้านทานต่อโรคราสนิม จึงปลูกไม่ค่อยได้ในแถบที่มีความชื้น หรือฝนตกชุก

2) พันธุ์โรบัสตา มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coffea canephora* หรือ *Coffea robusta* เป็นกาแฟที่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมปลูกได้ดีมาก โดยเฉพาะจะเจริญเติบโตได้ดีในแถบที่มีฝนตกสม่ำเสมอ ปลูกได้ทั้งที่มีระดับน้ำใต้ดินเสมอระดับน้ำทะเล จนถึง4,300 ฟุต ผลจะเล็กกว่าพันธุ์อาราบิกา และมีนิสัยชอบร่มเงา เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคราสนิม ผลผลิตดีกว่าพันธุ์อาราบิกาเมื่อเปรียบเทียบต้นต่อต้น แต่มีข้อเสียที่คุณภาพเมล็ดทั้งกลิ่น และรสชาติด้อยกว่าพันธุ์อาราบิกา

3) พันธุ์ลิเบอริกา มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coffea liberica* เป็นกาแฟที่ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนักในแง่ของการผลิตเพื่อการค้า เพราะเป็นกาแฟที่มีคุณภาพต่ำ คือทั้งกลิ่นและรสชาติด้อยกว่า 2 พันธุ์ข้างต้น แต่ข้อดีคือปลูกได้ดีในแถบที่มีฝนตกชุก และสม่ำเสมอ อีกทั้งมีลักษณะที่สำคัญคือสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดลอมปลูกได้เป็นอย่างดี จึงมีความสำคัญในแง่ของการปรับปรุงพันธุ์มากกว่าการผลิตเพื่อการค้า

การเก็บเกี่ยวผลผลิต กาแฟจะออกดอกหลังจากผ่านการกระทบความแห้งแล้งและผ่านความชุ่มชื้นจากฝนหรือการให้น้ำ จะพัฒนากลายเป็นผลจนสุกซึ่งมีลักษณะสีแดงในเวลาต่อมา การเก็บเกี่ยวผลผลิตจะต้องเก็บเฉพาะผลผลิตที่สุกเท่านั้น ซึ่งจะยุ่งยากพอสมควร เพราะกาแฟบางพันธุ์จะมีผลที่สุกไม่พร้อมกันในช่อเดียวกันจึงต้องระวัง เพราะผลกาแฟที่แก่ ไม่สุก เมื่อนำไปแปรรูปจะทำให้กาแฟที่ได้มีคุณภาพที่ไม่ดี การเก็บเกี่ยวเพื่อความสะดวก เกษตรกรมักใช้วัสดุที่เป็นแผ่นเช่นตาขายตาถี่ปูใต้โคนต้นแล้วปลิดเฉพาะผลที่สุกร่วงหล่นลงมาบนตาข่ายแล้วค่อยรวบรวมเป็นต้นๆไป

การแปรรูปขั้นต้นของผลกาแฟคือการปอกเปลือก เอาส่วนที่เป็นเมล็ดกาแฟเท่านั้น การปอกเปลือกจะมี 2 วิธี คือ

1) การปอกแห้ง (Dry method) เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจำนวนมาก โดยการนำผลกาแฟสุกมาตากแดดประมาณ15-20 วัน จนแห้งสนิทดี แล้วทำการนำไปเข้าเครื่องสีกะเทาะเปลือก ก็จะได้เมล็ดกาแฟที่แห้งสามารถส่งโรงงานได้เลย

2) การปอกเปียก (Wet method) เป็นวิธีการที่ต้องการความรวดเร็ว ซึ่งวิธีการคือการนำผลสดมาแช่น้ำร้อนเพื่อแยกเอาเปลือกออกจากเมล็ด นอกจากนี้ยังมีอีกหลานวิธีเช่นการหมัก เพื่อให้เปลือกนิ่มแยกออกจากเมล็ดได้ง่าย หลังจากได้เมล็ดกาแฟจะมีเมือกอยู่อาจต้องใช้สารละลายที่เป็นด่างหรือเครื่องกำจัดเมือก โดยการเสียดสีที่เรียกว่า Raoerg หรือ Agua pulpa แล้วนำเมล็ดที่ได้ไปตากแดดจนแห้งสนิทก็สามารถส่งขายได้เลย ส่วนมากในพื้นที่ปลูกกาแฟมากๆ จะมีผู้รับซื้อผลสดเพื่อกะเทาะเมล็ด หรือชาวบ้านเรียกว่าลานตากกาแฟ หรือโรงสีกาแฟ รับขั้นตอนการแปรรูปโดยการปอกเปลือกและตากให้แห้งเพื่อส่งขายอีกชั้นหนึ่ง (องอาจ, 2551)

2.2 เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน เส้นใยแร่ โลหะ เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_x$ โครงสร้างและการยึดเกาะของโมเลกุลแสดงในภาพประกอบ โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย กล่าวคือในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดจากหน่วยโมเลกุลซ้ำ (Repeat units) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลโลไบโอส (Cellobiose) เกิดจากบีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (Crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85 – 95 % และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง จากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ จะเห็นว่าสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตได้ ดังนั้นแนวความคิดในการนำเส้นใยธรรมชาติมาผสมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่ง และสมควรนำมาทำการศึกษาวิจัยอย่างเป็นจริงจัง เพื่อที่จะได้มีวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีและมีราคาถูกกว่าวัสดุฉนวนชนิดอื่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดต่อไป (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)

ตารางที่ 2.1 พื้นที่ปลูกพืชเส้นใยทางเกษตร ปี 2530/31 (ไร่) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)

ชนิดไม้	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	รวม
ข้าวนาปี	25,950,364	12,590,919	11,752,901	3,615,859	53,910,043
ข้าวนาปัง	361,559	854,327	3,136,422	211,682	4,583,990
ข้าวฟ่าง	39,438	533,752	532,114	-	1,105,304
มันสำปะหลัง	5,926,308	720,463	3,232,588	-	9,879,69
อ้อย	532,091	613,231	2,518,327	-	3,663,649
ปอแก้ว	960,787	-	44,668	-	1,005,455
ฝ้าย	41,164	227,689	143,414	-	412,26
ถั่วลิสง	201,877	425,186	102,063	33,493	762,619
ถั่วเหลือง	323,840	1,693,467	243,084	-	2,260,391
ถั่วเขียว	223,317	2,318,959	325,667	31,980	2,899,923
ปาล์มน้ำมัน	*	*	*	*	615,000
มะพร้าว	*	*	*	*	2,545,000
ละหุ่ง	*	*	*	*	263,400
สับปะรด	*	*	*	*	395,000

หมายเหตุ * = ไม่มีข้อมูล, ** = พื้นที่เก็บเกี่ยว

2.3 แผ่นซีเมนต์บอร์ด

แผ่นผนังไม้เทียมที่มีส่วนผสมจากเศษไม้และปูนซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ หรือแผ่นซีเมนต์บอร์ด และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ถือกำเนิดมาจากแนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์จากเศษไม้ที่เหลือจากอุตสาหกรรมไม้อัดและการตัดไม้ซุงจากป่าออกมาใช้ประโยชน์จะมีเศษไม้ ปลายไม้เหลือไว้ในป่าอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ตัดออกมา และเมื่อนำไม้ซุงมาแปรรูปในโรงเลื่อยก็จะเหลือปริมาณไม้แปรรูปประมาณ ร้อยละ 50 ของไม้ซุงที่เข้าแปรรูป จึงได้คิดวิธีที่นำเศษไม้จำนวนมากเหล่านี้มาเป็นวัตถุดิบ โดยงานวิจัยแผ่นไม้อัดสารแร่ กลุ่มวิจัยพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ได้ค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำเศษไม้และไม้โตเร็ว โดยเฉพาะยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “แผ่นวัสดุที่ทำจากไม้ Wood Base Panel” ซึ่งได้แก่ ไม้อัด (Plywood) แผ่นไม้อัด (Particle Bord) แผ่นชิ้นไม้อัด (Fiber Board) บล็อกบอร์ด (Block Board) และผลิตภัณฑ์ไม้อัดสารแร่ (Mineral Bonded Panel Products) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ออกได้วัตถุดิบและสารเชื่อม ประเภทที่ได้จากสารแร่ (Inorganic Binder) หลายชนิดด้วยกัน เช่น แผ่นไม้อัดยิปซั่ม เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์นั้น มีคุณสมบัติพิเศษรวมกันทั้งของไม้และซีเมนต์กล่าวคือ ทนน้ำทนไฟ ทนปลวกและแมลง สามารถตกแต่งได้เช่น การตัด การเจาะ ได้เช่นเดียวกับไม้ โดยไม้ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ การฉาบผิวของผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์กระทำได้โดยวิธีธรรมดา เช่น การลงแลกเกอร์ การฉาบผิวด้วยสี หรือน้ำมันต่างๆ การปะหน้าด้วยพีวีซี หรือแผ่นไม้บางวีเนียร เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถใช้เครื่องมือธรรมดาตดแต่งได้ จึงสามารถนำไปใช้ทำบังใบ มนขอบทำลิ้นได้ นอกจากนี้ บริษัท Bison Werke จำกัด ในสหพันธ์สาธารณารัฐเยอรมันได้พัฒนาวิธีที่เรียกว่า “การพับ” (Flolding) โดยใช้ใบมีดของเครื่องจักรเซาะผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์เป็นร่อง ให้ตัวร่องเป็นมุมฉากแล้วหักพับเป็นมุมเหลี่ยมต่างๆ ได้ เช่นใน

ลักษณะตัว L ตัว C ตัว U และตัว T เป็นต้น โดยการใช้กาวยึดรอยพับให้แน่น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างได้กว้างมากขึ้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539)

2.4 ประเภทของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

ประเทศต่างๆ ได้ให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์กันอย่างมากโดยผลิตภัณฑ์นี้เข้ามามีบทบาทอย่างสำคัญในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน ทำให้ต้นทุนในด้านวัสดุก่อสร้างถูกลงมาก อุตสาหกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดซีเมนต์ แบ่งได้เป็น 3 ชนิด (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544) ดังนี้

1) อุตสาหกรรมแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม้ว่า Wood-Wood Board หรือ ว่า Wood-Wood Cement Slabs ซึ่งเขียนเป็นตัวย่อว่า W.W.S. และมีชื่อเรียกตามมาตรฐาน มอก. 442-2525 ว่า “แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป” (สมอ., 2525) อุตสาหกรรมประเภทนี้เกิดขึ้นในประเทศไทยมาร่วม 26 ปีเศษแล้ว โดยมีวิธีการผลิตจากการนำไม้ท่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้ท่อนซุงที่มีลักษณะดีงาม และกลมมาทอนเป็นท่อนสั้นๆ ประมาณ 40-50 ซม. ผ่าท่อนนั้นเป็น 2 ซีก แล้วขูดซีกของท่อนซุงด้วยเครื่องทำฝอยไม้ (Wood-Wood Machine) ฝอยที่ขูดออกมาจะเป็นลักษณะขี้กบบางๆ กว้างราว 4-5 มม. หนาราว 0.2-1 มม. ยาวประมาณ 50 ซม. ต่อจากนั้นนำไปผสมกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ วัตถุเคมีบางอย่างละน้ำ แล้วนำไปเข้าแบบอัดเป็นแผ่น มีความหนาตั้งแต่ 0.5 นิ้วถึง 4 นิ้ว ส่วนความกว้างความยาวของแผ่นเส้นฝอยอัดซีเมนต์นั้น โดยมากใช้ขนาดมาตรฐาน 1x2 เมตร นำไปผึ่งให้ซีเมนต์แห้งจะมีความยืดหดตัวน้อย สามารถกันเสียง และเป็นฉนวนกันความร้อนความหนาวได้ดี เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน และฝากั้นห้อง คุณสมบัติพิเศษคือสามารถฉาบปูนได้เนื่องมีผิวที่หยาบเกาะยึดปูนฉาบได้ดี จึงสามารถนำไปทำฝาห้องได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร แต่สิ่งที่ควรระวังคือไม้ที่นำมาขูดทำเส้นไม้ (Wood-Wood) จะต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะยึดเกาะซีเมนต์ได้ โดยที่ไม้เหล่านั้นจะต้องไม่มีปริมาณสารแทรกเช่น น้ำตาล ไขมัน น้ำมัน (Resin) เป็นต้น มากเกินควร เพราะสารเหล่านี้จะเป็นตัวการขัดขวางปฏิกิริยาแข็งตัวระหว่างไม้กับซีเมนต์ ไม้ที่เหมาะจะนำมาเป็นวัตถุดิบได้แก่ ไม้ก่อ มะอ้าแดง อินทนิน ไม้สน และยูคาลิปตัส ฯลฯ สำหรับในต่างประเทศในทวีปยุโรปสามารถนำไม้เนื้ออ่อนชนิดต่างๆ มาผลิตแผ่นฝอยอัดซีเมนต์ โดยใช้น้ำยาเคมีช่วย อย่างไรก็ตามแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ในประเทศไทยยังไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร เนื่องจากต้นทุนการดำเนินงานสูง วัตถุดิบหลักคือซีเมนต์และไม้ ซึ่งต้องเลือกชนิดยึดเกาะกับซีเมนต์ และเลือกท่อนโตเปลาตรง เพื่อจะขุดได้ฝอยไม้เส้นยาว ทำให้วัตถุดิบมีราคาสูง ซึ่งผู้ประกอบการสามารถแก้ไขปัญหาได้โดยปลูกสร้างสวนป่าเอง เพื่อจะมีไม้ชนิดที่ต้องการมาป้อนเป็นวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอและร่วมทุนกับบริษัทที่ผลิตปูนซีเมนต์ปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในประเทศออสเตรีย และสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด, 2553) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้ทำการสำรวจพบว่า ในปี 21 ทั่วโลกมีปริมาณการผลิตแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ราว 7.6 ล้านลูกบาศก์เมตร และคาดคะเนต่อไปว่าอัตราการใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ของโลกจะถีบตัวสูงขึ้นถึง 15.0 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยที่แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์จะเป็นที่นิยมนำมาใช้ทำองค์ประกอบอาคารทั่วไปและอาคารสำเร็จรูปมากขึ้นในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา การคาดคะเนนี้ อาศัยพื้นฐานจากการคาดการณ์ว่าบรรดาบ้านราคาถูกสำหรับผู้มีรายได้น้อยทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นราวปีละ 1 ล้านหลังทุกปี และบ้านเหล่านี้จะหันมาใช้แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์กันมากขึ้น เพราะมีราคาถูกและยังมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ ทนไฟ ทนปลวก เชื้อรา สมารถฉาบตัดแต่งได้ และมีความทนทานสูงอีกด้วย โดยส่วนประกบของแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ใน 1 ลูกบาศก์เมตรประกอบด้วยเส้นไม้ 120-140 กิโลกรัม ซีเมนต์ 240-250 กิโลกรัม น้ำ 120-140 ลิตร และเกลือ 3-35 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ที่ใช้จะต้องเป็นซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์ 350 หรือ 450 ทั้งนี้ควรใช้น้ำสะอาดและเกลือจะเป็นตัวเร่งให้แผ่นเส้นไม้อัด

ซีเมนต์แห้งเร็วขึ้นปกติแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์แผ่นหนึ่งจะมีขนาดมาตรฐานตามที่ระบุไว้ใน มอก. 422-2530 เรื่องไม้สักแปรรูป (สมอ., 2530)

2) อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมนี้เป็นวัตถุดิบเช่นเดียวกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิ้ลบอร์ดโดยทั่วๆ ไป คุณสมบัติของไม้ที่ต้องเลือกคือจะต้องเป็นไม้สับที่บางและยาว ซึ่งจะทำให้แผ่นผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น ขนาดของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ โดยทั่วไปมี 2 ขนาดคือ 1,250x2,240 มม. และขนาด 1,250x2,800 มม. ส่วนความหนานั้นมีตั้งแต่ 8-40 มม. ความแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ถ้าส่วนผสมระหว่างชิ้นไม้สับกับซีเมนต์เป็นอัตราส่วน 1:2:75 โดยน้ำหนัก การจะลดความหนาแน่นให้ต่ำลงสามารถทำได้ด้วยการลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ลง แต่จะทำให้อัตราการทนไฟต่ำลงและทำให้การพองตัวเมื่อถูกน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแผ่นชิ้นไม้สับอัดซีเมนต์ที่ลดความหนาแน่นโดยวิธีลดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์นั้นอาจนำไปใช้ทำฝากันห้องทำเพดานและทำส่วนประกอบของสิ่งก่อสร้างที่ต้องการความทนไฟสูง และมีมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537)

3) อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) อุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นเรื่องที่น่าสนใจจะศึกษาค้นคว้าผลิตออกมาเป็นรูปแบบอุตสาหกรรม เพราะมีกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ มีข้อแตกต่างเพียงใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นชิ้นไม้ การผลิตควรจะสร้างเป็นโรงงานผนวกกับโรงงานไม้อัดแผ่นเรียบ (Fiber-Board) เนื่องจากอุตสาหกรรมวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมนี้ คือเส้นใยไม้ ซึ่งโรงงานไฟเบอร์บอร์ดต้องผลิตอยู่แล้ว ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชการเกษตรที่มีความสำคัญมากดังเช่น ปาล์มน้ำมันอาจเป็นสิ่งทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) เพราะได้มีกฎหมายห้ามใช้ในผลิตภัณฑ์ก่อสร้างเนื่องจากมลพิษในสภาพแวดล้อม และอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงเป็นเรื่องที่ศึกษาทดลอง ตลอดจนถึงการศึกษาการผลิตอิฐบล็อกด้วยไฟเบอร์ผสมซีเมนต์และชิ้นไม้สับผสมซีเมนต์ด้วย

2.5 มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง มีการควบคุมด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 878-2537 (สมอ., 2537) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐาน

1.1) แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ทำจากชิ้นไม้และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1.2) ชิ้นไม้ หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (lingo-cellulosic material) อื่นๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ชิ้นไม้อาจมีลักษณะต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

- เกล็ด (flake) หมายถึง ชิ้นไม้บางๆ มีทิศทางของเสี้ยนขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย
- เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า
- แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

- ขี้กบ (planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutter head)

- แท่ง (splinter or sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

- เม็ด (granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

- ลักษณะอื่นๆ ซึ่งเหมาะสำหรับทำแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

1.3) วัสดุลิกโนเซลลูโลส หมายถึง วัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ไม้ และพืชต่างๆ ได้แก่ ชานอ้อย ป่าน ปอ เป็นต้น

2) ส่วนประกอบและการทำ

2.1) ส่วนประกอบ

- ชิ้นไม้

- ปูนซีเมนต์ ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม1

2.2) การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้ แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวแล้วจึงถอดแบบออก หารใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป

3) คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1) ลักษณะทั่วไป

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

3.2) ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.3) ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

3.4) สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (ทดสอบตาม BS 874)

3.5) คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ (สมอ., 2537)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ	ไม่เกิน ร้อยละ 2
2	ความต้านทานแรงดัด	ไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล
3	มอดุลัสยืดหยุ่น	ไม่น้อยกว่า 3,000 เมกะพาสคัล
4	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	ไม่น้อยกว่า 0.5 เมกะพาสคัล

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติสำหรับผสมลงในซีเมนต์ที่ทำการรวบรวมมาพอสังเขป สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ธนัญชัย ปคุณวรกิจ และคณะ (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรระหว่างฉนวนที่ผลิตจากซังข้าวโพดกับฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลัง ในระดับความหนาแน่นที่ต่างกัน เพื่อหาความหนาแน่นที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก โดยฉนวนต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 200 กก./ ลบ.ม. หนา 10 มม. จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.059 วัตต์/ เมตร เคลวิน ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในให้ต่ำลงประมาณ 2.3 องศาเซลเซียส จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นฉนวนอาคาร โดยเฉพาะบ้านเรือนในชนบท เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและใช้วัสดุในท้องถิ่น นอกจากนี้เมื่อนำแผ่นที่ทำจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 800 กก./ ลบ.ม หนา 10 มม. มาทำแผ่นผนังภายในแทนการใช้ไม้อัด พบว่า สามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าไม้อัด 3.03 องศาเซลเซียส และมีต้นทุนวัสดุที่ถูกกว่ามาก อย่างไรก็ตาม ฉนวนและแผ่นผนังที่ทำจากต้นมันสำปะหลังยังต้องได้รับการพัฒนาในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพการป้องกันแมลง การควบคุมการผลิต รวมไปถึงการพัฒนาจากการศึกษาวิจัยไปสู่การใช้งานจริง ซึ่งปัจจุบันมีฉนวนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากที่มีการศึกษาวิจัย เช่น ฟางข้าว หญ้าแฝก เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าแก่วัสดุเหลือใช้ เพราะสามารถลดปริมาณขยะ ลดมลพิษอันเกิดจากการเผาทำลาย สร้างรายได้ให้กับชุมชนและยังสะท้อนอัตลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นได้อีกด้วย

2) ธวัช จิรายุส (2535) ศึกษาการจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัสและทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลเลน เริ่มจากการนำไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่ได้มาจากสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ ไม้ที่ใช้ทดลองอายุประมาณ 20 ปี นำไม้มาตัดเป็นแท่งเล็กๆ ขนาด 200 มม. x 15 มม. x 5 มม. เลือกเอาแท่งไม้ที่มีเสี้ยนตรงไม่บิด และส่วนปลายปราศจากตำหนิเช่น ตา, รอยแตกร้าว ฯลฯ แช่แท่งไม้ทดสอบที่คัดดีแล้วในน้ำกลั่น และน้ำกลั่นที่มีสารเคมีผสมอยู่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สารละเลยเคมีที่ใช้เปรียบเทียบมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) ปักแท่งไม้ทดสอบให้จมลงในส่วนผสมของซีเมนต์กับน้ำกลั่นที่เตรียมไว้ โดยมีอัตราส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ 400 กรัม และน้ำกลั่น 160 มิลลิลิตร ภายในถ้วยกระดาษขนาด 200 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่แช่แท่งไม้ในน้ำกลั่นหรือสารละลายประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงนำไม้ออกมาซับน้ำผิวหน้าออกให้แห้งพอหมาดๆ แล้วจึงปักไม้ลงในถ้วยที่บรรจุส่วนผสมในระดับลึก 50 มม. ให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของซีเมนต์แต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กแต่ละถ้วย โดยใช้แบบที่ทำขึ้นจากเหล็กฉากมีรูเป็นตัวบังคับ หลังปล่อยให้ส่วยผสมซีเมนต์แข็งตัวภายในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำแบบถ้วยทดลองทั้งหมดไปทำการทดสอบการเกาะยึดระหว่างไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส โดยวิธี stick test method โดยการทดลองใช้สารเคมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต, แคลเซียมคลอไรด์, และโซเดียมซิลิเกต เป็นสารปรับปรุงคุณภาพฉาบผิวและซึมเข้าในเนื้อไม้เพื่อเร่งการแข็งตัวของซีเมนต์ และปรับปรุงการเกาะยึดโดยใช้สภาวะที่ไม่ได้ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) เป็นการทดลองเปรียบเทียบ สามารถสรุปผลเป็นข้อๆ (ธวัช, 2528) ได้ว่า

2.1) การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต และอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถให้ค่าความแข็งแรงด้านแรงดึงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์เฉลี่ยสูงกว่าสภาวะทดลองที่ไม่ใช้สารเคมีเป็นตัวเปรียบเทียม ตามลำดับ แต่การทดลองใช้สารเคมีชนิดแคลเซียมคลอไรด์ กลับให้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยต่ำกว่าการทดลองเปรียบเทียบที่ไม่ใช้สารเคมี (ใช้น้ำอย่างเดียว) ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไมยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ตราเพชร จากการใช้น้ำและสารเคมีต่างๆ

สารละลายที่ใช้	น้ำ	แคลเซียมคลอไรด์	อลูมิเนียมซัลเฟต	โซเดียมซิลิเกต
ปริมาณสารละลายที่ดูดซึม (ASA), กรัม[1]	2.97	1.41	1.59	2.60
ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของการเกาะยึดไม้กับซีเมนต์, นิวตัน[2]	276.23 กข [3]	233.41 ก	490.02 ขค	540.53 ค

หมายเหตุ [1] ASA = Amount of solution absorbed [2] เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองทำ 6 ซ้ำ, 1 กก. แรง x 9.807 = 1 นิวตัน [3] เป็นการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงโดยวิธี Duncan's new multiple range test ซึ่งตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกัน แสดงว่าเป็นค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ดังตารางที่ 2.4 พบว่า สภาวะการทดลองต่างๆ จากการใช้สารเคมี 3 ชนิด และน้ำในการศึกษาครั้งนี้ ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) เท่ากับ ร้อยละ 49.60

ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติจากค่าความแข็งแรงของการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ในการทดลองด้วยน้ำและสารเคมีต่าง ๆ กัน

SOV	df	SS	MS	F
Blocks	5	151,502.17	30,300.43	0.83 [NS]
Treatments	3	420,180.26	140,060.09	3.84 *
Error	15	547,071.07	36,471.40	

หมายเหตุ CV = 49.60% NS คือ ความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

2.3) เมื่อทำการตรวจสองความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงการใช้สารเคมีโดยวิธี Duncan's new multiple range test พบว่า

ก. การใช้สารเคมีชนิดอลูมิเนียมซัลเฟต และแคลเซียมคลอไรด์ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการทดลองที่ไม่ใช้สารเคมี

ข. การใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต ให้ค่าความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยวระหว่างไม้และซีเมนต์สูงที่สุด คือ 540.53 นิวตัน

ผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า การใช้สารเคมีเพื่อช่วยปรับปรุงการเกาะยึดระหว่างไม้และซีเมนต์ครั้งนี้นั้น ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการเกาะยึดได้มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สารเคมีดังกล่าวช่วยลดอิทธิพลยับยั้งต่างๆ ในการจับยึดระหว่าไม้และซีเมนต์ได้ ถึงแม้ว่าในกรณีของสารแคลเซียมคลอไรด์ จะให้ค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่าสภาพธรรมดา ซึ่งไม่ใช้สารเคมีก็ตาม แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้อาจมากเกินไปแทนที่จะช่วยให้ไม้และซีเมนต์จับยึดกันดีขึ้น แต่ทำให้กลับลดลงสาเหตุนี้อาจอธิบายได้ว่า สารเคมีชนิดนี้นั้นโดยปกติเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ให้เร็วขึ้น แต่การใช้ปริมาณมากไปซีเมนต์ก็จะเกิดการแข็งตัวเร็วเกินไป (flash set) จนไม้และซีเมนต์มีอัตราการเกาะยึดที่

น้อยไป อีกสาเหตุหนึ่งก็คือ ความแปรผันภายในไม้ที่ใช้ทำการทดลองที่ค่อนข้างสูง (ธวัช จิรายุส, 2528) โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่แสดงให้เห็นว่า มีความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (C.V.) ที่เกิดขึ้นในการทดลองค่อนข้างสูง ซึ่งไม่สามารถทราบเหตุที่แน่นอน อย่างไรก็ดีผลที่ได้นับเป็นข้อยืนยันที่เพียงพอพิสูจน์ได้ว่า ในการใช้ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จับยึดกับซีเมนต์นั้น หากมีการใช้สารเคมีอนินทรีย์ (mineral chemicals) ผสมกับน้ำด้วยจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของการยึดจับระหว่างไม้และซีเมนต์ให้สูงขึ้นได้โดยเฉพาะการใช้สารเคมีชนิดโซเดียมซิลิเกต ที่ให้ค่าความแข็งแรงมากกว่าถึง 2 เท่า เทียมกับสภาพธรรมดาเมื่อไม่ใช้สารเคมี

3) ก้องนภา ถิ่นวัฒนากูล และคณะ (2553) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของการนำเส้นใยเปลือกทุเรียน เส้นใยต้นข้าวโพด และกากมะพร้าว มาผสมกับกากดินขาว ขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกกากดินขาวผสมเส้นใยต่างๆ โดยกำหนดอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อกากดินขาว 1 : 60 โดยน้ำหนัก ผสมเส้นใยร้อยละ 1.67, 3.33 และ 5 ทำการขึ้นรูปตัวอย่างขนาด 6.9 x 39 x 19 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก นำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่า การใส่เส้นใยในปริมาณมากทำให้ความหนาแน่นของอิฐบล็อกมีค่าน้อยลง แต่การเปลี่ยนแปลงความยาวและร้อยละการดูดซึมน้ำจะเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความต้านทานแรงอัดจะมีค่าน้อยลง โดยอิฐบล็อกกากดินขาวที่ไม่ผสมเส้นใยจะมีค่า 20 กก./ ตร.ซม. เท่ากับมาตรฐาน มอก. ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เส้นใยธรรมชาติมาเป็นวัสดุผสมเพิ่มเพื่อลดน้ำหนักของอิฐบล็อกกากดินขาวให้น้อยลงแต่ ควรใส่ในปริมาณที่ไม่มาก เพื่อที่ค่าความต้านทานแรงอัดจะได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

4) ประชุม คำพุฒ และคณะ (2552) ได้ศึกษาสมบัติของมอร์ต้าร์น้ำหนักเบา โดยการใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมเพิ่ม ออกแบบส่วนผสมของมอร์ต้าร์ให้มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : ทรายละเอียดร่อนค้างตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 1 : 2.75 โดยน้ำหนัก และกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ในสัดส่วนประมาณ 0.83 ซึ่งจะใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 0, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 และ 0.12 โดยน้ำหนัก นำไปหล่อก้อนตัวอย่างมอร์ต้าร์ทดสอบ โดยขนาด 5 x 5 x 5 ลบ.ซม. สำหรับทดสอบกำลังอัด ขนาด 4 x 4 x 16 ลบ.ซม. สำหรับทดสอบกำลังดัด นำตัวอย่างทั้ง 2 ขนาด มาหาค่าการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของมอร์ต้าร์ ที่อายุมอร์ต้าร์ 7, 14 และ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่า เมื่อผสมเส้นใยเปลือกทุเรียนแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มอร์ต้าร์มีกำลังดัดและการดูดซึมน้ำสูงขึ้น ส่วนกำลังอัดและความหนาแน่นจะต่ำลง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วสามารถนำเส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนไปพัฒนาใช้ในงานคอนกรีตน้ำหนักเบาได้ต่อไป

5) ณัฐนนท์ รัตนไชย และประชุม คำพุฒ (2552) ได้ศึกษาแนวทางแยกเส้นใยไผ่จากไม้ไผ่ เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน โดยกรรมวิธีในการแยกเส้นใยไผ่สามารถแบ่งตามกระบวนการได้ 2 วิธีหลักๆ คือ การแยกโดยวิธีทางกล และการแยกโดยวิธีทางเคมี ซึ่งผลจากการแยกเส้นใยดังกล่าวพบว่า การแยกเส้นใยด้วยวิธีทางกล จะได้เส้นใยไผ่ที่มีความยาวประมาณ 10 - 15 เซนติเมตร ลักษณะภาคตัดขวางเป็นทรงรีค่อนข้างกลม มีรูพรุนหรือโพรงอากาศกลางเส้นใย ลักษณะตามยาวหรือผิวนอกเป็นร่อง ขรุขระไม่เรียบ ตลอดความยาวของเส้น ส่วนการแยกเส้นใยด้วยวิธีทางเคมี ก็จะได้เส้นใยไผ่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่ผิวของเส้นใยจะมีความเรียบมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการแยกโดยวิธีทางเคมี จะสามารถกำจัดสารเชื่อมประสาน หรือลิกนินออกไปได้มากกว่าการแยกโดยวิธีทางกล ส่วนผลจากการทดสอบความต้านทานแรงดึง และอัตราการดูดซึมน้ำ จะได้ว่า เส้นใยที่แยกโดยวิธีทางกล จะมีค่าความต้านทานแรงดึง และอัตราการดูดซึมน้ำที่สูงกว่าเส้นใยที่แยกโดยวิธีทางเคมี โดยเส้นใยไผ่ทั้งหมดสามารถนำไปผลิตเป็นสินค้าต่างๆ ได้หลายชนิด ได้แก่ ใยขัดตัว เส้นด้าย ผ้าทอ วัสดุก่อสร้าง และวัสดุ

ตกแต่ง เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการใช้ประโยชน์จากต้นไผ่ เพื่อสร้างงาน สร้างอาชีพ และผลักดันเศรษฐกิจไทยให้ขับเคลื่อนไปข้างหน้าอย่างยั่งยืนได้ต่อไป

6) อมเรศ บกสุวรรณ และประชุม คำพุฒ (2552) ได้ศึกษาสมบัติวัสดุผสมจากโพลีเอทธิลีนกับเส้นเปลือกใยทุเรียน โดยมีส่วน ผสมของโพลีเอทธิลีนต่อเส้นใยเปลือกทุเรียน เท่ากับ 90: 10, 80: 20, 70: 30, 60: 40 และ 50: 50 โดยน้ำหนัก ผสมเส้นใยทุเรียนด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง ทำการอัดขึ้นรูปแผ่นวัสดุผสมขนาด 30 × 30 × 0.5 ซม. โดยวิธีการอัดร้อน และทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นวัสดุผสมตามมาตรฐาน ASTM จากผลการทดสอบพบว่าวัสดุผสมที่มีปริมาณของโพลีเอทธิลีนที่สูงขึ้น จะทำให้วัสดุผสมมีความต้านทานการรับแรงดึง และแรงกระแทกสูงกว่า ส่วนปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เพิ่มขึ้นทำให้ความต้านทานการรับแรงดัด และความแข็งที่ผิวสูงขึ้น ผลการวิจัยมีแนวโน้มที่จะนำไปพัฒนาเป็นแผ่นวัสดุตกแต่งผนังอาคารเนื่องจากมีสีผิวและลวดลายของวัสดุผสมที่สวยงาม

7) เอกรัตน์ รวยรวย (2551) ได้ศึกษาการผสมเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าวลงในคอนกรีตบล็อกเพื่อผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบา โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อเส้นใยมะพร้าวและอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อขุยมะพร้าว ทั้งหมด 11 อัตราส่วน คือ อัตราส่วน 1:0, 1:0.04, 1:0.06, 1:0.08, 1:0.1 และ 1:0.12 พบว่า อัตราส่วนทั้งหมดสามารถผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ โดยมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่า ร้อยละ 25 แต่การที่ไม่สามารถผสมได้มากกว่า อัตราส่วน 1: 0.12 เนื่องจากไม่สามารถขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกได้ นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนยังต่ำลงมากอีกด้วย

2.7 กรอบแนวความคิด

กากกาแฟ เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปกาแฟที่มีปริมาณมาก และมีความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดูดซับเสียงได้ น้ำหนักเบา และทนทาน กรอบแนวความคิด จึงเป็นการศึกษาและพัฒนาแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์หรือแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีกากกาแฟผสมรวมกับปูนซีเมนต์ โดยเน้นให้มีการศึกษา ทดลอง และปรับปรุง เพื่อหาอัตราส่วนและกระบวนการที่ทำให้แผ่นผนังไม้อัดดังกล่าว มีความคุณสมบัติตามต้องการ และสามารถผ่านการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูงได้ (สมอ., 2537)

รูปที่ 2.1 กรอบแนวความคิดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีกากกาแฟ

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เป็นโครงการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง ซึ่งดำเนินการวิจัยและพัฒนา ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

สำหรับวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในพัฒนา ออกแบบ ขึ้นรูป และทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ประกอบด้วย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1

2) ทรายละเอียด

3) กากกาแฟจากโรงงานอุตสาหกรรม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (รูปที่ 3.1 และ 3.2) ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีจากการทดสอบด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ (X-Ray Fluorescence, XRF) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟจากการทดสอบด้วยเครื่อง XRF

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
K_2O	33.98
P_2O_5	23.21
MgO	15.32
CaO	12.63
SO_3	3.98
SiO_2	3.54
Na_2O	3.09
Fe_3O_3	1.84
Cl	0.98
Al_2O_3	0.95
CuO	0.19
Sr	0.016
Mn	0.06
Zn	0.084
Pb	0.05
Ni	0.04
Nb	0.01
Rb	0.03

รูปที่ 3.1 กากกาแฟจากโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดปทุมธานี

รูปที่ 3.2 กากกาแฟที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด

4) น้ำประปา

5) เครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 เครื่องผสมคอนกรีต

6) เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า

7) แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ด ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับเครื่องอัดขึ้นรูปแบบสั่นเขย่า

8) แท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 แท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด

9) แผ่นพลาสติกรองแบบ

10) น้ำมันหล่อลื่น

11) ชุดอุปกรณ์ตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ด เช่น เลื่อย, ตลับเมตร และเครื่องตัดคอนกรีต เป็นต้น

12) ชุดอุปกรณ์ยึดแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า เช่น กาวติดเหล็ก (Epoxy) (รูปที่ 3.7), แผ่นเหล็ก หนา 3 มิลลิเมตร และเหล็กข้ออ้อย เกรด SD 40 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร เป็นต้น

รูปที่ 3.7 กาวติดเหล็กสำหรับยึดผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ด

13) ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัว เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์, ไมโครมิเตอร์, เครื่องชั่งน้ำหนัก และตลับเมตร เป็นต้น

14) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

15) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM) ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

16) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

17) เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ (X-Ray Fluorescence, XRF)

18) ชุดอุปกรณ์แหล่งกำเนิดเสียง เช่น คอมพิวเตอร์, อุปกรณ์ขยายเสียง และโปรแกรม Sound Generator เป็นต้น

19) เครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT351 ความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 1.5 dB ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 เครื่องวัดระดับเสียง

20) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิตอล

21) ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร โดยเว้นช่องว่างสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุ 1 ด้าน ส่วนอีก 5 ด้าน บุภายในด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟม หนา 12.5 เซนติเมตร รอบห้องจำลอง (Abdullah et al., 2014) ดังรูปที่ 3.10 ถึง 3.11

รูปที่ 3.10 ด้านหน้าของห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง

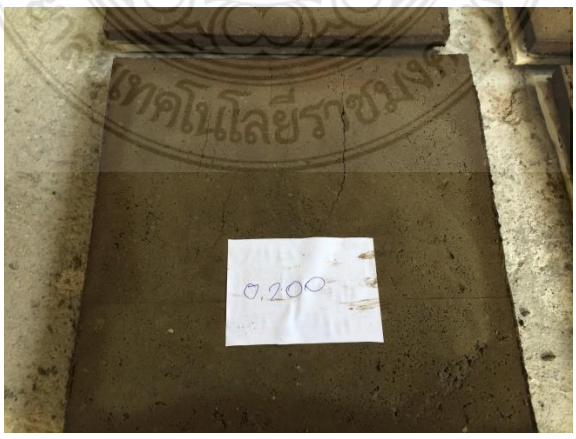
รูปที่ 3.11 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง

3.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟโดยน้ำหนัก โดยเริ่มจากอัตราส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมากที่สุด ซึ่งสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการสั่นเขย่า และมีลักษณะเนื้อในเบื้องต้นที่ดี แล้วจึงทยอยลดปริมาณของกากกาแฟลง จนได้อัตราส่วนสำหรับดำเนินงานวิจัย จำนวน 6 อัตราส่วน ดังตารางที่ 3.2 ทั้งนี้ อัตราส่วนที่มีปริมาณกากกาแฟมากเกินไป จะทำให้เนื้อของแผ่นซีเมนต์บอร์ดร่วนมาก เกิดรอยร้าว (รูปที่ 3.12) และอาจแตกหักได้ง่ายเมื่อสัมผัส (รูปที่ 3.13)

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	กากกาแฟ	น้ำประปา
1:0.05	1	0.5	0.05	0.416
1:0.06	1	0.5	0.06	0.416
1:0.07	1	0.5	0.07	0.416
1:0.08	1	0.5	0.08	0.416
1:0.09	1	0.5	0.09	0.416
1:0.10	1	0.5	0.10	0.416



รูปที่ 3.12 แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมากเกินไปจนเกิดรอยร้าวที่เนื้อ

รูปที่ 3.13 แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมากเกินไปจนเกิดแตกหักเมื่อสัมผัส

3.3 การขึ้นรูปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

1) นำกากกาแฟไปทำให้แห้ง โดยการตากแดดหรืออบในตู้ที่อุณหภูมิ ไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส เพื่อลดการเกิดเชื้อราก่อนนำไปใช้ขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด

2) ชั่งน้ำหนักส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ตามที่ได้มีการออกแบบไว้ (ตารางที่ 3.1) ดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 การชั่งน้ำหนักส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

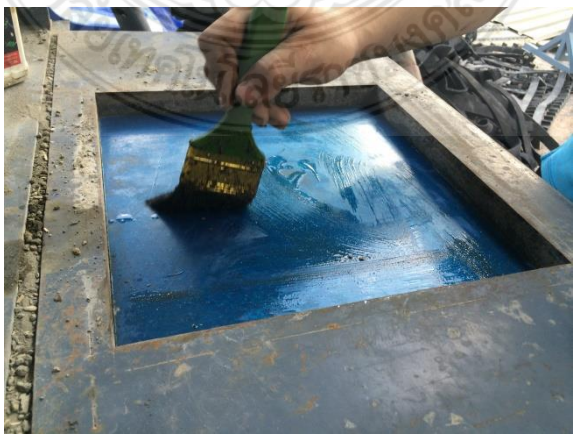
3) ผสมส่วนผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต โดยการนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ผสมรวมกับทรายละเอียดก่อน ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 การผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 เข้ากับทรายละเอียด

4) ทำการเติมกากกาแฟและน้ำประปาลงในส่วนผสม แล้วจึงผสมให้เข้ากัน ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 การเติมกากกาแฟลงในส่วนผสม

5) รองแผ่นพลาสติกและทาน้ำมันหล่อลื่นบนแบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ด ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การรองแผ่นพลาสติกและทาน้ำมันหล่อลื่นบนแบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ด

6) นำส่วนผสมที่เข้ากันแล้วมาชั่งน้ำหนัก ก่อนใส่ลงแบบหล่อในเครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ด เพื่อควบคุมความหนาแน่นไม่ให้ต่ำกว่า 0.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Pablo, 1989) ดังรูปที่ 3.18 และ 3.19

รูปที่ 3.18 การชั่งน้ำหนักส่วนผสมสำหรับเทลงในเครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด

รูปที่ 3.19 การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

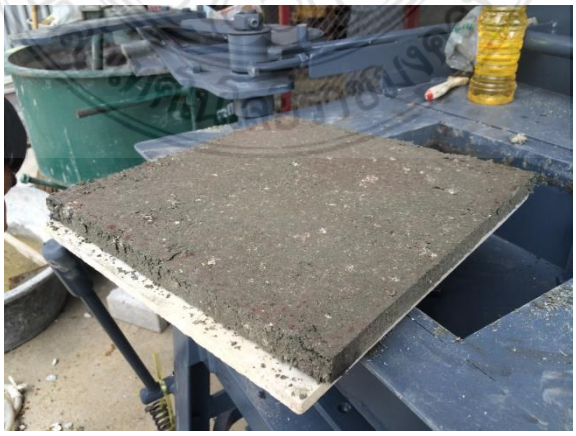
7) เรียงส่วนผสมให้กระจายลงในแบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดอย่างสม่ำเสมอ และมีความสูงเกินกว่าความหนาของแผ่นซีเมนต์บอร์ด ดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 การเทส่วนผสมลงในเครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

8) ทำการอัดและเขย่าส่วนผสมให้เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัด ดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 การอัดและเขย่าส่วนผสมให้เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัด

9) นำแผ่นซีเมนต์บอร์ดมาถอดแบบและพลิกด้วยแท่นพลิกคอนกรีต ดังรูปที่ 3.22 และ 3.23



รูปที่ 3.22 การนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดออกจากเครื่องอัด

รูปที่ 3.23 การพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟด้วยแท่นพลิก

10) นำแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ถอดแบบแล้ว ไปบ่มในที่ร่มเป็นระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามแต่ละการทดสอบ จึงได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ สำหรับนำไปทดสอบต่างๆ ต่อไป ดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟอัตราส่วน 1: 0.10

3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) นั้น เป็นการนำมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่มีความใกล้เคียงกันในลักษณะของการใช้งาน มาทำการทดสอบเทียบเคียง เพื่อหาสมบัติเบื้องต้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีการออกมาตรฐานของแผ่นซีเมนต์บอร์ดชนิดนี้ ซึ่งการทดสอบทั้งหมดมีการใช้จำนวนตัวอย่าง ไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ซึ่งสมบัติที่ต้องทดสอบตามมาตรฐาน มอก.878-2537 นี้ ประกอบด้วย

1) ลักษณะโดยทั่วไป

2) ความหนาแน่น

3) ความชื้น

4) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

5) สภาพการนำความร้อน หรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity Coefficient) ตามมาตรฐาน ASTM C177 (ASTM, 2012)

6) ความต้านทานแรงดัด
7) มอดุลัสยืดหยุ่น
8) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.25 การชั่งน้ำหนักแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

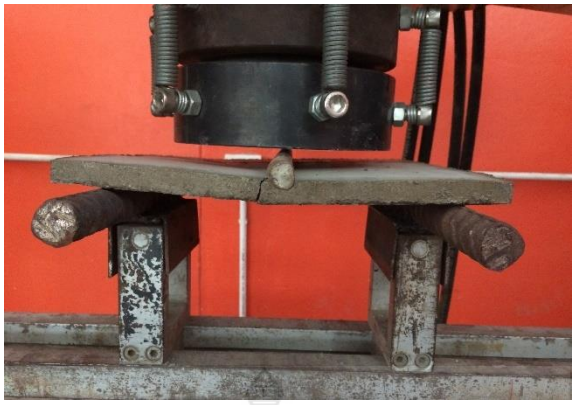
รูปที่ 3.26 การนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟไปแช่น้ำเพื่อทดสอบการพองตัว

รูปที่ 3.27 การวัดขนาดและเตรียมคานรองรับเพื่อทดสอบความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

รูปที่ 3.28 การวางตำแหน่งของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ
เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

รูปที่ 3.29 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

รูปที่ 3.30 การให้น้ำหนักกดในการทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น
ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ



รูปที่ 3.31 การวิบัติของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟจากน้ำหนักกด ขณะทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

รูปที่ 3.32 เนื้อของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่วิบัติจากน้ำหนักกด ขณะทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

รูปที่ 3.33 การตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟออกเป็นชิ้นเล็ก เพื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.34 การตัดเหล็กเพื่อใช้ในการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

รูปที่ 3.35 แผ่นเหล็กและเหล็กข้ออ้อยที่เชื่อมติดกันเพื่อยึดเข้ากับผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.36 การผสมกาวติดเหล็กเข้าด้วยกัน

รูปที่ 3.37 การทากาวติดเหล็กลงบนแท่งเหล็กเพื่อยึดเข้ากับผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

รูปที่ 3.38 การยึดผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟเข้ากับแท่งทดสอบความต้านทานแรงดึง

รูปที่ 3.39 แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่ยึดกับแท่งเหล็กพร้อมทำการทดสอบ
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.40 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

รูปที่ 3.41 การวิบัติของผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟภายหลังทดสอบความต้านทานแรงดึง

รูปที่ 3.42 เนื้อของผิวหน้าแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟภายหลังทดสอบความต้านทานแรงดึง

3.5 การทดสอบสมบัติอื่นๆ ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟเพิ่มเติม

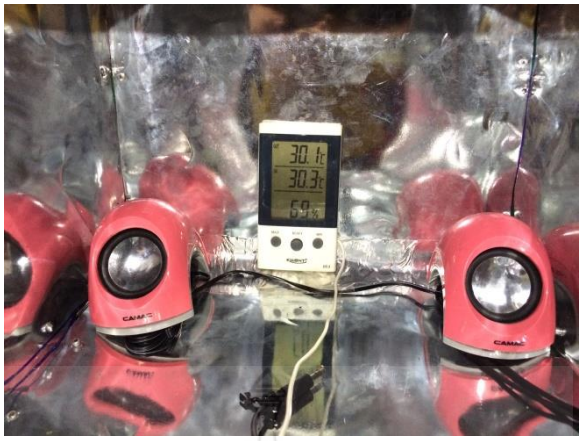
1) การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง โดยใช้การทดสอบระดับเสียงที่ลดลงจากแหล่งกำเนิดเสียงความถี่ต่างๆ ประกอบด้วย ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์ (Hz) ด้วยโปรแกรม Sound Check Tone Generator ผ่านลำโพงขนาด 3 วัตต์ จำนวน 2 ตัว มีช่วงความถี่ของเสียง 125 – 20,000 เฮิรตซ์ ติดตั้งอยู่ภายในห้องจำลอง ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร ซึ่งผนัง

ภายในมีการบุด้วยแผ่นเหล็กชุบสังกะสี และติดตั้งแผ่นโฟมรอบห้องจำลอง โดยด้านหน้ามีการเว้นช่องว่าง ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร สำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุ แล้วจึงทำการวัดระดับเสียงด้วยเครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ที่มีการครอบด้วยกรวยพลาสติกที่มีการบุฟองน้ำไว้ที่ขอบและผนังด้านใน (Abdullah et al., 2014)

รูปที่ 3.43 ห้องจำลองสำหรับติดตั้งแผ่นวัสดุทดสอบเสียง

รูปที่ 3.44 การติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงภายในห้องจำลอง

รูปที่ 3.45 คอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง



รูปที่ 3.46 การวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องจำลอง

รูปที่ 3.47 การติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดกะลาสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

รูปที่ 3.48 การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ
ด้วยเครื่องวัดระดับเสียง

2) การศึกษาลักษณะการยึดเกาะของอนุภาค โดยใช้การส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ที่กำลังขยายต่างๆ

3) การใช้งานเป็นผนังจริง โดยทำการเลือกแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟจากอัตราส่วนที่มีสมบัติต่างๆ เหมาะสมมาใช้เป็นผนังทดสอบ แล้วจึงเริ่มจากการเชื่อมโครงคร่าวด้วยเหล็กกลวงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 50 x 25 มิลลิเมตร ให้มีระยะห่างระหว่างแผ่น 30 เซนติเมตร เท่ากับความกว้างของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ต้องการติดตั้ง จากนั้นใช้ตะปูเกลียวปลายปล่อย มาขันเข้าไปในเนื้อแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยสว่านไฟฟ้า เพื่อยึดแผ่นซีเมนต์บอร์ดเข้ากับโครงคร่าวที่ได้เตรียมไว้ โดยให้เว้นรอยต่อไว้ประมาณ 5 มิลลิเมตร หากมีความจำเป็นต้องตัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดออกเป็นแผ่นขนาดเล็ก ให้ดำเนินการตัดโดยใช้เครื่องตัดแผ่นคอนกรีต เมื่อทำการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจนได้พื้นที่ตามต้องการแล้ว จึงทำการอุดรอยต่อทั้งหมดด้วยกาวซีเมนต์ชนิดสำหรับอุดรอยต่อแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ได้ผนังที่ใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟสำหรับใช้งานจริง ทั้งนี้ ให้สังเกตกระบวนการทำงานว่า มีความแตกต่างจากการใช้แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป แล้วทำการบันทึกและสรุปผลการทดสอบต่อไป

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการทดสอบสมบัติของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่อง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และมาตรฐานอื่นๆ สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะโดยทั่วไป

จากการตรวจพินิจลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.1

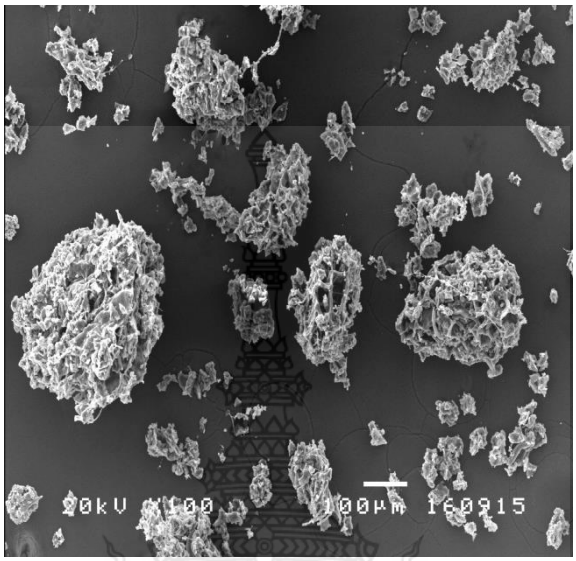
ตารางที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

อัตราส่วน	ลักษณะทั่วไป
มอก. 878-2537	ความหนา ความแน่น ความเรียบต้องสม่ำเสมอ และขอบต้องตั้งฉากกับระนาบผิว
1:0.05	ผ่าน
1:0.06	ผ่าน
1:0.07	ผ่าน
1:0.08	ผ่าน
1:0.09	ผ่าน
1:0.10	ผ่าน

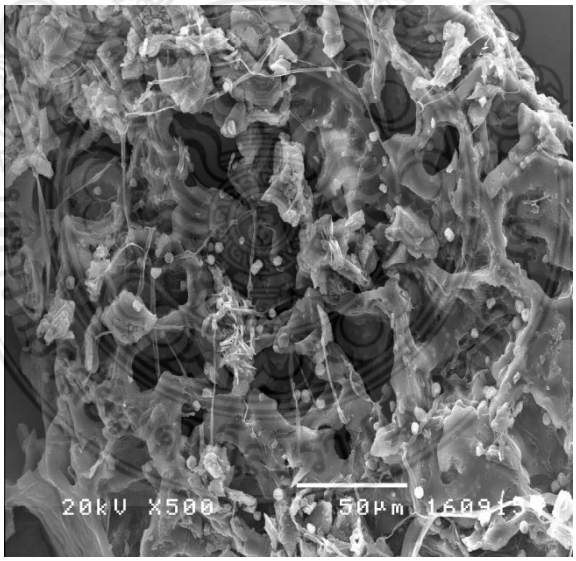
จากตารางที่ 4.1 พบว่า ทั้งหมดมีลักษณะที่สมบูรณ์ คือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความหนา ความแน่น และความเรียบที่สม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น รวมทั้งขอบมีความตั้งตรงได้ฉากกับระนาบผิว เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) เนื่องจากมีการทดลองผสมและขึ้นรูปแผ่นตัวอย่างเบื้องต้นควบคู่กับการออกแบบอัตราส่วน โดยการผสมกากกาแฟลงในแผ่นซีเมนต์บอร์ดไม่สามารถผสมปริมาณปูนซีเมนต์ต่อกากกาแฟเกินกว่า 1 ต่อ 0.10 (อัตราส่วน 1:0.10) ได้ เพราะจะทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดไม่แข็งตัว และมีเนื้อที่ร่วนซุย เมื่อสัมผัสแผ่นก็จะเกิดการแตกหักได้ง่าย ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การแตกหักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟที่มีอัตราส่วนมากกว่า 1:0.10

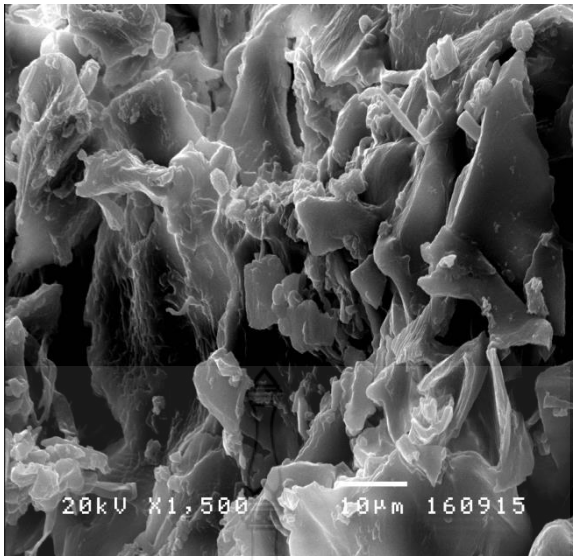
เมื่อนำกากกาแฟและแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟ ไปส่องขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยายต่างๆ ทำให้สามารถเห็นลักษณะพื้นผิว รูพรุนภายในเนื้อ และวิธีการจับตัวกันของวัสดุ ทั้งส่วนของกากกาแฟ และส่วนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟ ดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.7



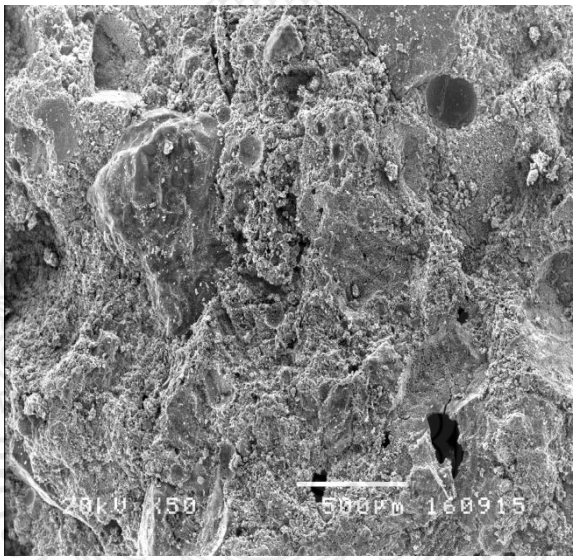
รูปที่ 4.2 ภาพขยายของกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100 เท่า



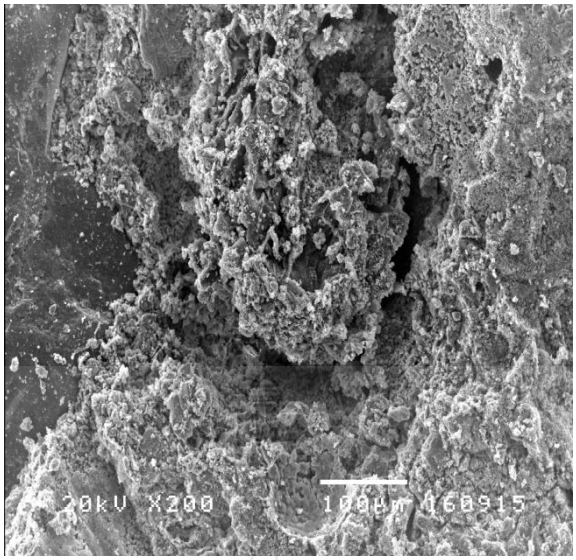
รูปที่ 4.3 ภาพขยายของกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า



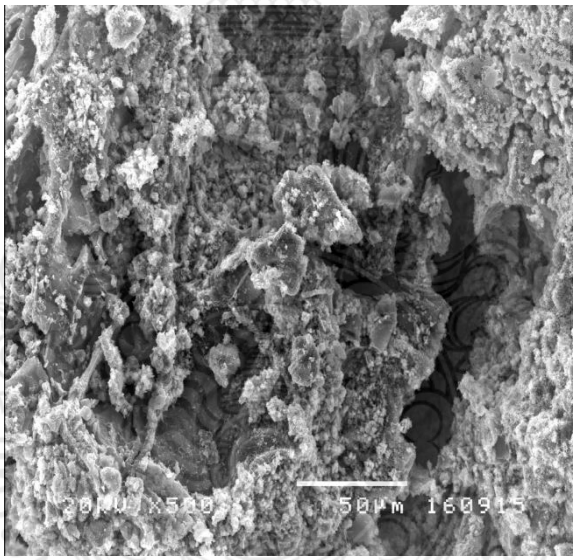
รูปที่ 4.4 ภาพขยายของกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า



รูปที่ 4.5 ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 50 เท่า



รูปที่ 4.6 ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 200 เท่า

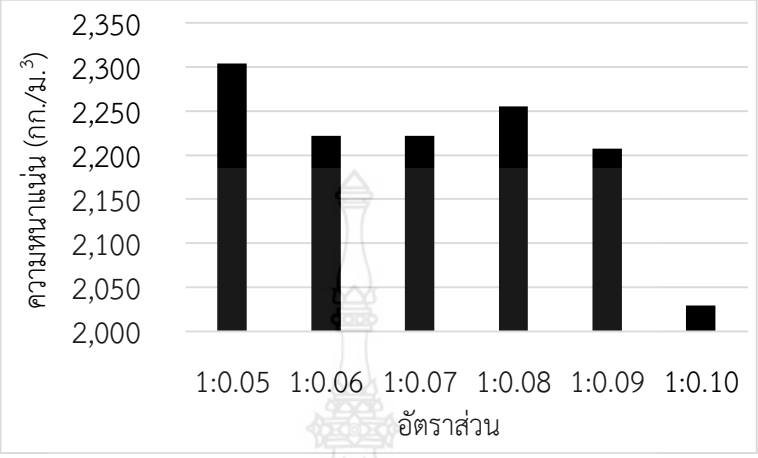


รูปที่ 4.7 ภาพขยายของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า

จากรูปที่ 4.2 ถึง 4.7 แสดงภาพขยายของกากกาแฟและแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยายต่างๆ จากการพิจารณาลักษณะทั่วไปของกากกาแฟในรูปที่ 4.2 ถึง 4.4 พบว่า กากกาแฟ เป็นวัสดุที่มีเนื้อคล้ายฟองน้ำ รูพรุนค่อนข้างมาก มีขนาดอนุภาคระหว่าง 50 – 600 ไมโครเมตร โดยอนุภาคส่วนใหญ่เป็นทรงรี และเมื่อนำกากกาแฟไปอัดเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ด (รูปที่ 4.5 ถึง 4.7) พบว่า เนื้อของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ผสมกากกาแฟจะประสานเข้ากันได้ดี โดยจะมีเนื้อของกากกาแฟยื่นออกมาน้อย ในขณะเดียวกันพื้นผิวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจะยังคงมีรูพรุนกระจายอยู่ทั่วไป ทั้งนี้ ทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟที่ได้ จะมีความหนาแน่นที่ต่ำ และมีแนวโน้มความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

4.2 ความหนาแน่น

เมื่อทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ทั้ง 6 อัตราส่วน ทำให้สามารถคำนวณความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.8

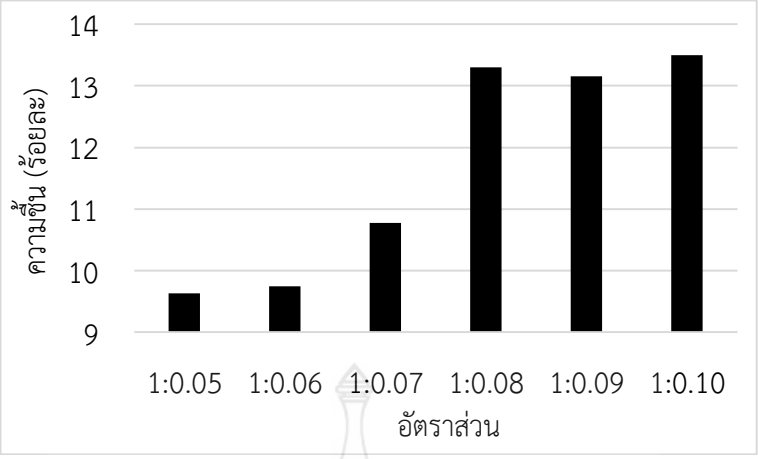


รูปที่ 4.8 ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ผลของกากกาแฟที่มีต่อสมบัติด้านความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดในรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณกากกาแฟที่มาก จะมีส่วนทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีน้ำหนักเบาขึ้นได้ โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีกากกาแฟมากที่สุด (อัตราส่วน 1:0.10) เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีน้ำหนักเบาที่สุด และแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟน้อยที่สุด (อัตราส่วน 1:0.05) เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีน้ำหนักมากที่สุด ทั้งนี้ เป็นผลมาจากกากกาแฟที่ใช้มีความถ่วงจำเพาะเพียง 0.80 ซึ่งถือได้ว่าเป็นมวลรวมที่มีน้ำหนักเบา (ปริญญา และชัย, 2551) เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟกับมาตรฐาน มอก.878-2537 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดทุกอัตราส่วนมีความหนาแน่นหรือน้ำหนักที่มากกว่ามาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีค่าระหว่าง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สมอ., 2537)

4.3 ความชื้น

ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน เป็นการนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟไปอบที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส แล้วนำมาคำนวณเป็นผลการทดสอบ โดยสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.9

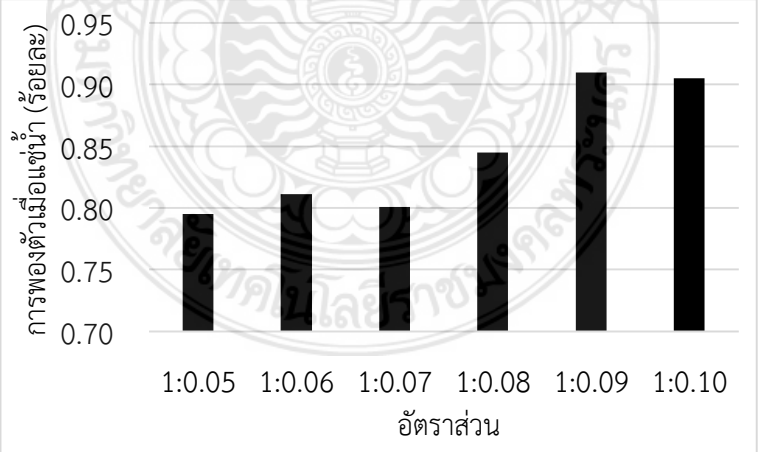


รูปที่ 4.9 ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.9 พบว่า ปริมาณกากกาแฟที่ผสมมีผลต่อความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก เนื่องจากกากกาแฟเป็นวัสดุที่มีความพรุนสูง ทำให้สามารถกักเก็บความชื้นได้ดี โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมากก็จะมีความชื้นมากตามไปด้วย ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟน้อยก็มีความชื้นน้อยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม แผ่นซีเมนต์บอร์ดทั้งหมด ยังคงมีค่าความชื้นไม่เกินกว่าที่มาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนด คือ อยู่ระหว่างร้อยละ 9 ถึง 15 (สมอ., 2537)

4.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

เมื่อวัดขนาดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ทั้งก่อนและหลังการนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้สามารถทราบค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ด โดยสามารถสรุปเป็นผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.10



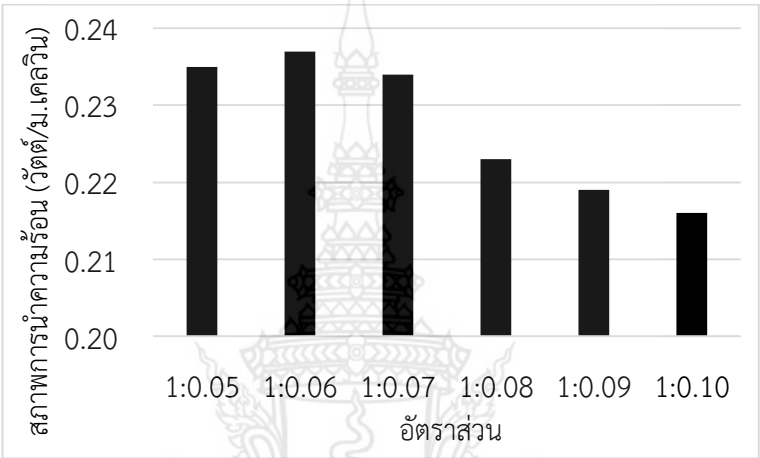
รูปที่ 4.10 การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.10 พบว่า ปริมาณกากกาแฟมีผลทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดเกิดการพองตัวเมื่อแช่น้ำมากขึ้น โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟอัตราส่วน 1:0.05 มีการพองตัวเมื่อแช่น้ำน้อยที่สุด และแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟอัตราส่วน 1:0.10 มีการพองตัวเมื่อแช่น้ำมากที่สุด ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะของกากกาแฟที่จะเกิดการพองตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสน้ำ แต่ด้วยวัสดุประสานของแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่เป็น

ปูนซีเมนต์ทำให้ช่วยยึดเกาะแผ่นซีเมนต์บอร์ดไม่ให้พองตัวเมื่อแช่น้ำได้ ทั้งนี้ ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำทั้งหมด ยังคงอยู่ในมาตรฐาน มอก.878-2537 คือ ไม่เกินร้อยละ 2 (สมอ., 2537)

4.5 สภาพการนำความร้อน

ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน เป็นสมบัติที่สำคัญของแผ่นซีเมนต์บอร์ด เนื่องจากมีผลต่อการใช้งานและการประหยัดพลังงานภายในอาคาร โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนดีนั้น จะมีค่าสภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ ซึ่งผลการทดสอบสภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.11

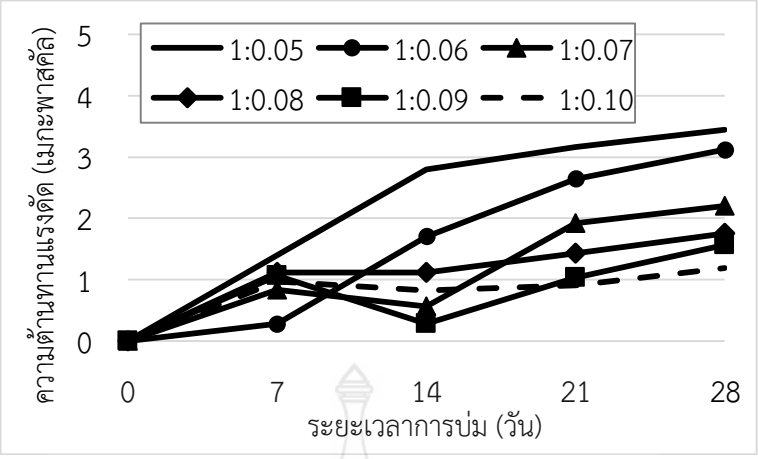


รูปที่ 4.11 สภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.11 พบว่า กากกาแฟที่ผสมมีผลทำให้สภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีค่าลดลง หรือมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น (ธนัญชัย และคณะ, 2549) โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมากที่สุด คือ 1:0.10 เป็นอัตราส่วนที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำที่สุด เท่ากับ 0.216 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ส่วนอัตราส่วน 1:0.05 เป็นอัตราส่วนที่มีสภาพการนำความร้อนสูงที่สุด เท่ากับ 0.235 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ซึ่งทั้งหมดมีสภาพการนำความร้อนต่ำเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (สมอ., 2537)

4.6 ความต้านทานแรงดัด

สมบัติทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟด้านความต้านทานแรงดัด สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.12

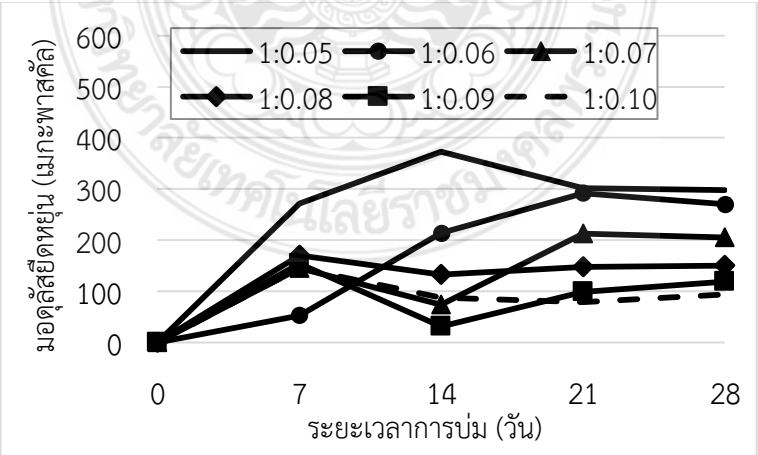


รูปที่ 4.12 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

รูปที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ อัตราส่วน 1:0.05 มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:0.06 อัตราส่วน 1:0.07 อัตราส่วน 1:0.08 อัตราส่วน 1:0.09 และอัตราส่วน 1:0.10 มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากกากกาแฟที่นำมาผสมนั้นมีลักษณะเป็นผงที่ค่อนข้างอ่อนนิ่ม จึงเป็นเพียงมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่สามารถช่วยในการรับแรงได้มากนัก (ปริญญา และชัย, 2551) การเพิ่มปริมาณกากกาแฟจึงทำให้ความแข็งแรงลดลง ทั้งนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟทั้งหมด ยังคงมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานค่อนข้างมาก ทำให้ต้องมีการพัฒนาสมบัติด้านความต้านทานแรงดัดเพิ่มเติมในงานวิจัยต่อๆ ไป

4.7 มอดุลัสยืดหยุ่น

สำหรับค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานแรงดัด ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.13



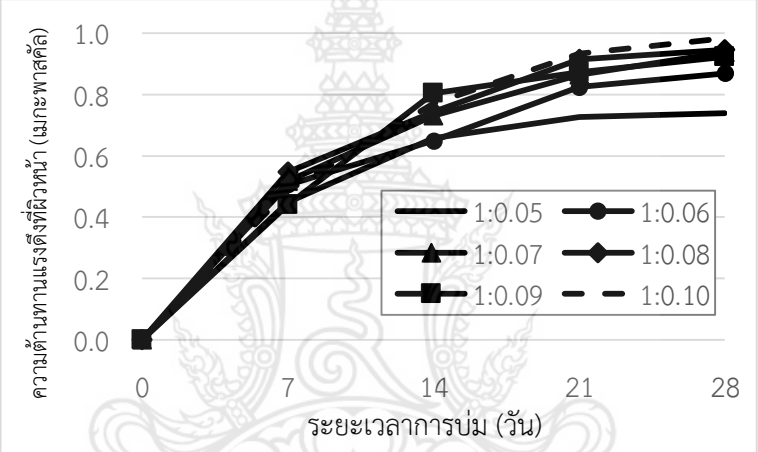
รูปที่ 4.13 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นในรูปที่ 4.13 พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมากจะมีผลทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลง ดังจะเห็นได้จากแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน 1:0.05 มีค่ามอ

ดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด และจะมีค่าลดต่ำลงเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มปริมาณกากกาแฟมากขึ้น จนกระทั่งแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีอัตราส่วน 1:0.10 ก็จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ทำให้ทราบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟทุกอัตราส่วน มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดให้ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 3,000 เมกะพาสคัล (สมอ., 2537) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟมีการโก่งตัวเกินกว่ามาตรฐาน

4.8 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

สำหรับความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟในรูปที่ 4.14 พบว่า ปริมาณกากกาแฟที่มากมีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นผลมาจากลักษณะของกากกาแฟที่ส่วนใหญ่เป็นอนุภาคทรงรี (รูปที่ 4.2) ทำให้ช่วยยึดเนื้อของแผ่นซีเมนต์บอร์ดให้สามารถรับแรงดึงได้ดีขึ้น (Bledzki and Gassan, 1999) โดยจะเห็นได้จากรูปที่ 4.15

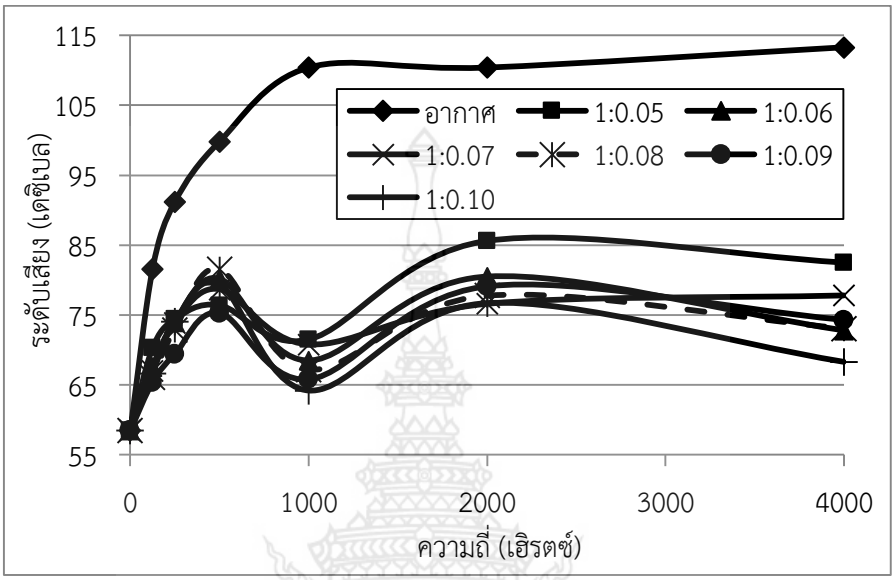


รูปที่ 4.14 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

รูปที่ 4.15 พื้นผิวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่เสียหายจากการรับแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

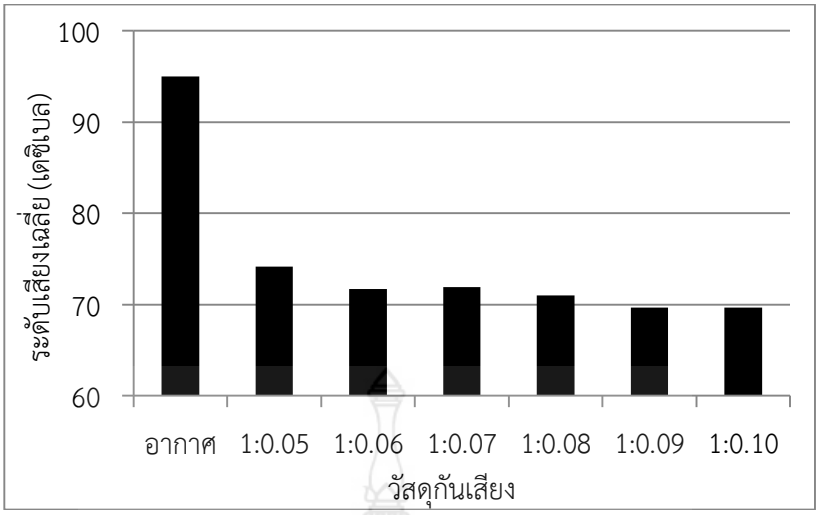
4.9 ประสิทธิภาพการป้องกันเสียง

สำหรับประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ณ ความถี่ 125 เฮิรตซ์, 250 เฮิรตซ์, 500 เฮิรตซ์, 1,000 เฮิรตซ์, 2,000 เฮิรตซ์ และ 4,000 เฮิรตซ์ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ระดับเสียงที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟออกจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.16 แสดงระดับเสียงที่ผ่านออกจากห้องจำลอง ซึ่งภายในมีการติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงที่ความถี่ต่างๆ ไว้ โดยมีแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟอัตราส่วนต่างๆ ทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันเสียง พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดทั้งหมดสามารถช่วยลดระดับเสียงให้ต่ำลงได้ ดังจะเห็นได้จากเส้นกราฟ “อากาศ” ซึ่งเป็นการทดสอบระดับเสียงที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นใดๆ ขวางนั้น เป็นกรณีที่มีระดับเสียงมากที่สุด โดยเฉพาะในช่วงความถี่สูง ส่วนระดับเสียงจากห้องจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟมีค่าลดต่ำลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้ แผ่นซีเมนต์บอร์ดแต่ละอัตราส่วน จะสามารถลดระดับเสียงที่ความถี่ต่างๆ ได้แตกต่างกัน โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมาก จะมีแนวโน้มในการลดระดับเสียงได้ดีที่ความถี่สูง ในขณะที่แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟน้อย จะมีแนวโน้มในการลดระดับเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ และเมื่อนำระดับเสียงทุกความถี่มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย จะสามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ระดับเสียงเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟออกจากห้องจำลอง ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากผลการทดสอบระดับเสียงเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟออกจากห้องจำลองในรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมาก จะมีระดับเสียงเฉลี่ยโดยรวมต่ำกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟน้อย ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างภายใน พบว่า แผ่นซีเมนต์เป็นวัสดุแบบรูพรุน (Porous absorber) คือ มีเซลล์เปิดอยู่ภายในค่อนข้างมาก เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีของซีเมนต์เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้รูพรุนที่อยู่ในเนื้อวัสดุมีความสม่ำเสมอ รวมทั้ง ตัวแผ่นซีเมนต์บอร์ด ยังคงมีความหนาแน่นค่อนข้างสูง จึงช่วยให้เกิดการสูญเสียพลังงาน ในรูปของการเสียดทานและความหนืด (Frictional and Viscous Loss) ได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ โครงสร้างแบบรูพรุน ยังสามารถดูดซับเสียงในช่วงความถี่สูงได้ดี และมีความสามารถในการดูดซับเสียงลดลงเมื่อความถี่ต่ำลง (ศักดิ์ชัย, 2541; บุรฉัตร, 2544)

4.10 การสร้างแบบจำลองการใช้งานจริง

ได้ทำการคัดเลือกแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ อัตราส่วน 1:0.05 มาใช้ในการทดสอบการใช้งานจริงเป็นผนัง เนื่องจากมีสมบัติที่ใกล้เคียงกับมาตรฐาน มอก.878-2537 มากที่สุด ทั้งนี้ ผลการติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟลงบนโครงคร่าวเหล็ก โดยการยึดตะปูเกลียวปลายปล่อยด้วยสว่านไฟฟ้า และเว้นรอยต่อแต่ละแผ่นไว้ 5 มิลลิเมตร จากนั้นทำการอุดรอยต่อทั้งหมดด้วยกาวซีเมนต์ ได้ผนังที่ใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟสำหรับใช้งานจริง เมื่อสังเกตกระบวนการทำงานทั้งหมด พบว่า ไม่มีความแตกต่างจากการใช้แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป โดยตัวอย่างการสร้างแบบจำลองการใช้งานจริงบางส่วนสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.18 ถึง 4.24

รูปที่ 4.18 โครงคร่าวเหล็กสำหรับติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

รูปที่ 4.19 ลักษณะการยึดแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่ขันด้วยตะปูเกลียวปลายปล่อยลงในโครงคร่าวเหล็กโดยใช้สว่านไฟฟ้า

รูปที่ 4.20 การใช้สว่านไฟฟ้าขันตะปูเกลียวปลายปล่อยเพื่อติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่ผ่านการตัดให้เข้ามุมผนัง

รูปที่ 4.21 การฉาบปิดรอยต่อแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟด้วยกาวซีเมนต์

รูปที่ 4.22 ลักษณะผนังแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่มีการฉาบรอยต่อด้วยกาวซีเมนต์

รูปที่ 4.23 ผนังจำลองที่ทำการติดตั้งด้วยแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

รูปที่ 4.24 ด้านหลังของผนังจำลองที่ติดตั้งแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

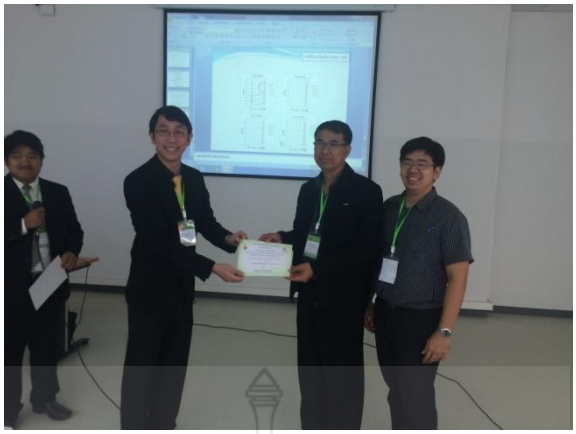
4.11 การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร

โครงการ “การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม” เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งสามารถนำผลการศึกษาวิจัยมายื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตรได้ จำนวน 1 คำขอ เรื่อง “แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟและกรรมวิธีการผลิต” โดยมีคณะผู้วิจัย ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ วีรานุกูล และว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร เป็นผู้ประดิษฐ์ และมี “มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร” เป็นเจ้าของอนุสิทธิบัตร ทั้งนี้ การยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตรดังกล่าวได้รับคำแนะนำจากหน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (TLO-RMUT) ในการดำเนินการร่าง จัดเตรียมเอกสาร และยื่นคำขอ ดังรายละเอียดในภาคผนวก

4.12 การเขียนบทความวิจัยส่งลงในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ

ได้เขียนและนำเสนอบทความเรื่อง “การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม” ในการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7 (7^{th} RMUTNC) “ราชมงคลกับการวิจัยอย่างยั่งยืน” ระหว่างวันที่ 1 - 3 กันยายน 2558 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา (รายละเอียดในภาคผนวก) ดังรูปที่ 4.25 และ 4.26

รูปที่ 4.25 คณะผู้วิจัยนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7



รูปที่ 4.26 คณะผู้วิจัยรับใบประกาศในการประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7

4.13 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่กลุ่มเป้าหมายสำหรับนำไปใช้ประโยชน์

ผลจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการ “การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม” ให้แก่กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ หน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานภาคเอกชน ชุมชน บริษัท และห้างร้านต่างๆ นั้น พบว่า มีกลุ่มเป้าหมายในส่วนผู้ประกอบการสนใจรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และได้นำไปประยุกต์ใช้เบื้องต้นแล้ว จำนวน 1 ราย คือ ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม” เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเศษวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมกาแฟ ซึ่งสามารถสรุปเป็นผลการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์และการให้ข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

ผลจากการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม สรุปได้ว่า

1) ขั้นตอนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ สามารถขึ้นรูปโดยใช้วิธีการอัดและสั่นเขย่าเพื่อให้ส่วนผสมเรียงและจับตัวกันเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดได้ดี โดยไม่ต้องใช้วิธีการให้น้ำหนักแบบแผ่นซีเมนต์บอร์ดทั่วไป ทำให้ชุมชนและผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ง่าย และไม่ต้องลงทุนเครื่องจักรสำหรับการผลิตที่สูงจนเกินไป

2) อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม คือ อัตราส่วน 1:0.05 ซึ่งมีส่วนผสมต่างๆ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: ทรายละเอียด: กากกาแฟ: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.5: 0.05: 0.416 โดยน้ำหนัก เนื่องจากอัตราส่วนดังกล่าวมีปริมาณกากกาแฟมากที่สุด ในขณะที่ยังคงมีสมบัติต่างๆ ผ่านตามมาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนด ยกเว้น สมบัติด้านความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่นที่ยังไม่ผ่านมาตรฐาน นอกจากนี้อัตราส่วนดังกล่าว ยังมีสภาพการนำความร้อนที่ต่ำ น้ำหนักเบา และมีลักษณะโดยทั่วไปที่ค่อนข้างสมบูรณ์กว่าอัตราส่วนที่มีปริมาณกากกาแฟมากกว่านี้

3) จากผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ พบว่า ปริมาณกากกาแฟที่เหมาะสม สามารถพัฒนาสมบัติบางประการของแผ่นซีเมนต์บอร์ดให้ดีขึ้นและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.878-2537 ได้ ได้แก่ สมบัติด้านความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า สมบัติด้านมอดุลัสยืดหยุ่น สมบัติด้านความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนและเสียง ยกเว้น สมบัติด้านความหนาแน่นมากเกินไป และสมบัติด้านความต้านทานแรงดัดที่ต่ำ อย่างไรก็ตาม แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟทั้งหมด สามารถใช้งานได้เช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป

4) เมื่อนำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟมาทดสอบใช้งานเป็นผนังอาคารนั้น พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟทุกอัตราส่วน สามารถก่อสร้างและใช้งานเป็นผนังอาคารได้ ทั้งการตัดแต่ง การเจาะรูและการติดตั้งด้วยวัสดุทั่วไป เช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ในท้องตลาด โดยเฉพาะแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟอัตราส่วน 1: 0.05 ที่นำมาก่อสร้างเป็นผนังจำลองขนาด 2 x 1.5 เมตร

5) ได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยการนำเสนอและตีพิมพ์ในงานประชุมวิชาการ จำนวน 1 ฉบับ คำขอรับอนุสิทธิบัตร จำนวน 1 คำขอ การนำไปประยุกต์ใช้งานในบริษัทเอกชน จำนวน 1 บริษัท และมีแนวโน้มในการนำไปถ่ายทอดและใช้ประโยชน์เพิ่มเติมต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป ควรพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟให้มีสมบัติผ่านมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ชนิดความหนาแน่นสูง และมีสมบัติที่ดีกว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดในท้องตลาดทั่วไป โดยการเพิ่มเส้นใยธรรมชาติที่มีความยาว ในการช่วยรับแรงดึงและลดน้ำหนักให้กับแผ่นซีเมนต์บอร์ด รวมทั้ง เปลี่ยนวิธีการขึ้นรูปเป็นการให้น้ำหนักกดค้างไว้แทนการสั่นเขย่า ซึ่งทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟให้สามารถแข่งขันและเป็นทางเลือกของผลิตภัณฑ์ผนังอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539. **ไม้อัดซีเมนต์**. อุตสาหกรรมสาร ฉบับเดือน ต.ค. - พ.ย. 2539.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2544. **ไม้อัดซีเมนต์**. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ก้องนภา ถิ่นวัฒนากูล, ฐานันดร์ หล่วนพานิช, พิชัย มีคุณ, อิสรพงษ์ อังฉกรรจ์, 2553. **การศึกษาคอนกรีตบล็อกกากดินขาวที่ผสมเส้นใยเปลือกทุเรียน เส้นใยต้นข้าวโพด และกากมะพร้าว**. ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ณัฐนนท์ รัตนไชย และประชุม คำพุฒ, 2552. **การแยกเส้นใยไม้ไผ่เพื่อส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นสินค้าส่งออกของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนบน**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการกลุ่ม “อุตสาหกรรม การเกษตร อาหาร สิ่งทอ พลังงานทดแทน การขนส่ง และโลจิสติก”. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.).

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ, พันธุดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย, และพรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2549. **ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**. Journal of Architectural/Planning Research and Studies Volume 4. 2006 Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University.

ธวัช จิรายุส, 2535. **การจับยึดปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ของไม้ยูคาลิปตัส**. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับที่ 7 เดือน ม.ค.-เม.ย.2535. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. หน้า 85.

ธวัช จิรายุส, 2528. **รายงานการทดลองทำแผ่นไม้อัดซีเมนต์จากไม้ยูคาลิปตัสคามาลเลนซิส**.เอกสารวิชาการเล่มที่ 2 การประชุมป่าไม้ ประจำปี 2528. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.หน้า388-345.

บุรฉัตร วิริยะ, 2544. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้ว.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด, 2553. **แผ่นไม้อัดซีเมนต์**. รายงานผลการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประชุม คำพุฒ, กิตติพงษ์ สุวีโร และสมพิศ ดีบุญโน, 2552. **การใช้เส้นใยจากขยะเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมในมอร์ต้าร์น้ำหนักเบา**. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทยปีที่ 23 ฉบับที่ 2. หน้า 79-88.

ปริญญา จินดาประเสริฐ, และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2551. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สมาคมคอนกรีตไทย.

ศักดิ์ชัย อมรศักดิ์ชัย, 2541. **การศึกษาประสิทธิภาพในการลดเสียงของวัสดุเหลือใช้เมื่อใช้ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2525. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป มอก. 442-2525**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2530. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องไม้สักแปรรูป (มอก. 422-2530)**, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530. **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2530/31**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอกรัตน์ รวยรวย, 2551. **คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว**. โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย เครือข่าย มจธ.. สำนักงานพัฒนาวิทยาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

องอาจ ซังธาดา, 2551. **เอกสารวิชาการกาแฟ,** ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อมเรศ บกสุวรรณ และประชุม คำพุฒ, 2552. **การศึกษาการผลิตแผ่นไม้อัดเทียมจากเปลือกทุเรียน**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการ กลุ่ม “อุตสาหกรรม การเกษตร อาหาร สิ่งทอ พลังงานทดแทน การขนส่ง และโลจิสติก”. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

Abdullah Keyvani, Sasan Somi, and Özgür Eren, 2014. Humidity intrusion effects on the properties of sound acoustic of autoclaved aerated concrete. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, Vol.3 No.2, pp. 6 – 11.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2012. **Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus (ASTM C177)**. Philadelphia.

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

Pablo, A.A. 1989. **Wood cement boards from wood wastes and fast-growing plantation species for lowcost housing.** The Philippine Lumberman, 35, 8–53.

ภาคผนวก

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1999 (พ.ศ. 2537)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง (แก้ไขครั้งที่ 1)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง มาตรฐานเลขที่ มอก.878–2532

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง มาตรฐานเลขที่ มอก. 878–2532 ท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1516 (พ.ศ.2532) ลงวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ.2532 ดังต่อไปนี้

1. ให้แก้หมายเลขมาตรฐานเลขที่ “มอก. 878–2532” เป็น “มอก. 878–2537”
2. ให้ยกเลิกความในข้อ 5.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

   “5.2 การทำ

   ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นในแบบ โดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป”
3. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

   “6.4 สภาพนำความร้อน

   ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

   การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม BS 874 Part 2 หรือ ASTM C 177)”

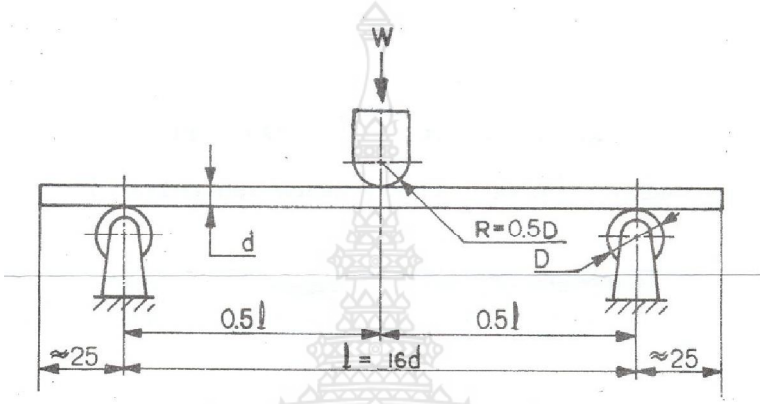
4. ให้ยกเลิกความในข้อ 9.3.1.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"9.3.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร สำหรับวัดความหนา"

5. ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นข้อ 9.3.1.3

"9.3.1.3 เวอร์เนียร์แคลลิเปอร์ส ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร สำหรับวัดความกว้างและความยาว"

6. ให้ยกเลิกรูปที่ 4 และให้ใช้รูปต่อไปนี้แทน



รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.6.1.2)

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

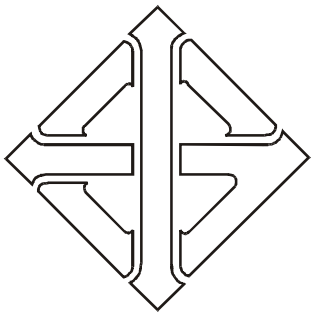
ประกาศ ณ วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2537

พลตรี สนั่น ขจรประศาสน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 87 ง

วันที่ 1 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2537



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 878 – 2532

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

CEMENT BONDED PARTICLEBOARDS : HIGH DENSITY

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม UDC 691.328.41:674.821 ISBN 974-8126-75-7

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

มอก. 878 – 2532

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 106 ตอนที่ 137
วันที่ 24 สิงหาคม พุทธศักราช 2532

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 120
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นอัดสำหรับการก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายวรรณะ มณี	ผู้แทนสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์

กรรมการ

นายสุธี หาญสงคราม	ผู้แทนกรมป่าไม้
นายสมศักดิ์ พัฒนประภาพันธุ์	
นายยงยุทธ ศรีเมฆารัตน์	ผู้แทนกรมโยธาธิการ
นายสุทธิศักดิ์ สำเร็จประสงค์	ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายอรุณ พุฒยางกูร	ผู้แทนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
นายผึ่งผาย สุนทราภัย	ผู้แทนวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
นายพลสินธุ อาชวาคม	ผู้แทนกรมการค้าต่างประเทศ
นายวิจิตร กฤษณบำรุง	ผู้แทนคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายอำนวย พานิชกุล	ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
นายอภัย รณะนันทน์	
-	ผู้แทนบริษัท ศรีมหาราชา จำกัด
ร.ต. อุทัย สินธุประมา	ผู้แทนบริษัท ไม้อัดไทย จำกัด
นายวิชัย ภูษิตวิทย์	
นายชูชาติ บุญสิริ	ผู้แทนบริษัท ไทยชิปบอร์ด จำกัด
ร.ท. ฉลอง ขุนพรหม	ผู้แทนบริษัท สตรามิตบอร์ด จำกัด
นายก่อเกียรติ แย้มมีศรี	ผู้แทนบริษัท เชลโลกรีตไทย จำกัด
นายนิสสิต บุญ-หลง	ผู้แทนบริษัท ไทยทักษิณป่าไม้ จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายสมคิด แสงนิล	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการทำแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ขึ้นได้เองภายในประเทศ โดยนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป และส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทนี้และเพื่อประโยชน์แก่ผู้ใช้ จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ISO 8335 : 1987 Cement-bonded particleboards-Boards of Portland or equivalent cement reinforced with fibrous wood particles

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 1516 (พ.ศ. 2532)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง มาตรฐานเลขที่ มอก. 878–2532 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2532

บรรหาร ศิลปอาชา

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด แบบและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ส่วนประกอบและการทำ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบ แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่ใช้งานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่เป็นแผ่นเรียบรูปสี่เหลี่ยม แต่ไม่ครอบคลุมถึงแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ที่มีรูปร่างพิเศษ

2. บทพิเศษ

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง ซึ่งต่อไปนี้มาตรฐานนี้จะเรียกว่า “แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น ทำจากชิ้นไม้และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1 100 ถึง 1 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2 ชิ้นไม้ หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (ligno–cellulosic material) อื่น ๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ชิ้นไม้อาจมีลักษณะต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

2.2.1 เกล็ด (flake) หมายถึง ชิ้นไม้บาง ๆ มีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

2.2.2 เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

2.2.3 แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ดแต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

2.2.4 ชี้กบ (planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็กมีความหนาไม่เท่ากัน คือหนาที่ปลายด้านหนึ่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)

2.2.5 แท่ง (splinter or sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

2.2.6 เม็ด (granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อยซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

2.2.7 ลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์

2.3 วัสดุลิกโนเซลลูโลส หมายถึง วัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ไม้ และพืชต่าง ๆ ได้แก่ ชานอ้อย ป่าน ปอ เป็นต้น

3. แบบและสัญลักษณ์

3.1 แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามลักษณะพื้นผิว คือ

3.1.1 แบบผิวขัดเรียบ มีสัญลักษณ์ SAN

3.1.2 แบบผิวไม่ขัด มีสัญลักษณ์ UNS

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความกว้างและความยาว ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 1

หมายเหตุ *1. ความกว้างที่แนะนำ คือ 600 900 และ 1 200 มิลลิเมตร*

2. ความยาวที่แนะนำ คือ 1 200 1 800 และ 2 400 มิลลิเมตร

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

4.2 ความหนา ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลากแต่ต้องไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร โดยจะมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 1

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

4.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้ง 2 เส้น จะมีได้ไม่เกินร้อยละ 0.25 ของเส้นสั้น

การวัดให้ปกิบัติตามข้อ 9.2

4.4 ความตรงของขอบแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรง ได้ไม่เกิน 3.0 มิลลิเมตร

การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

ตารางที่ 1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

(ข้อ 4.1และข้อ 4.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความหนา	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน		
	ความกว้าง	ความหนา	
ระบุ	และความยาว	SAN	UNS
6 ถึง 12	± 5	± 0.3	± 1.0
เกิน 12 ถึง 20			± 1.5
เกิน 20			± 2.0

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ชิ้นไม้

5.1.2 ปูนซีเมนต์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

5.2 การทำ

ใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้ แยกชิ้นไม้ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์ แล้วนำไปโรยและอัดเป็นแผ่นโดยทิ้งไว้ให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวจึงถอดแบบออก หากใส่สารผสมเพิ่มต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงหรือความคงทนของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เสียไป

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบจะต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความหนาแน่นความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 1 100 ถึง 1 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

6.3 ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.4

6.4 สภาพนำความร้อน

ต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกิน 0.155 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อน (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม BS 874)

6.5 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

(ข้อ 6.5)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีทดสอบตาม
1	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ร้อยละ ไม่เกิน	2	ข้อ 9.5
2	ความต้านแรงดัด เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	9	ข้อ 9.6
3	มอดุลัสยืดหยุ่น เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า	3 000	ข้อ 9.6
4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล ไม่น้อยกว่า		ข้อ 9.7

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) คำว่า “แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์”

(2) สัญลักษณ์ของแบบ

(3) ขนาด (กว้าง × ยาว × หนา) เป็นมิลลิเมตร

(4) เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสรุ่นที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีแบบและความหนาระบุเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

8.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 3

8.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6.1 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับ ที่กำหนดในตารางที่ 3 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาดและลักษณะทั่วไป

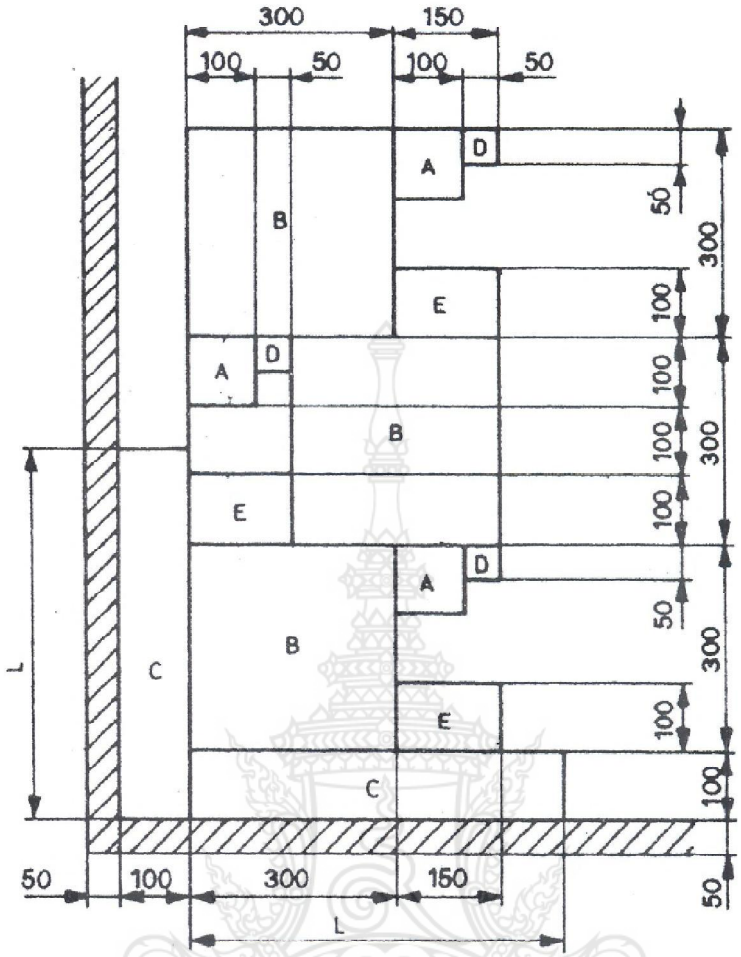
(ข้อ 8.2.1)

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

8.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความหนาแน่น ความชื้น สภาพนำความร้อน และคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

8.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม จากแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาด และลักษณะทั่วไปแล้ว มาจำนวน 5 แผ่น แต่ละแผ่นให้ตัดเป็นชิ้นทดสอบตามรูปที่ 1

- ชิ้นทดสอบ A สำหรับทดสอบความหนาแน่น และความชื้น จำนวน 3 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ B สำหรับทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ จำนวน 3 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ C สำหรับทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น จำนวน 2 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ D สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จำนวน 3 ชิ้น
- ชิ้นทดสอบ E สำหรับการทดสอบสภาพนำความร้อน จำนวน 3 ชิ้น



L = 16 เท่าของความหนาระบุ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม
ของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) บวกด้วย 25 มิลลิเมตร

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 1 ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบ

(ข้อ 8.2.2.1)

8.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ข้อ 6.3 ข้อ 6.4 และข้อ 6.5 ทุกรายการ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

8.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ต้องเป็นไปตามข้อ 8.2.1.2 และ ข้อ 8.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

9. การทดสอบ

9.1 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ

ให้นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และสภาพนำความร้อน ไปปรับภาวะที่อุณหภูมิ 23 ± 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 ± 10 จนน้ำหนักคงที่ คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 24 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.5 แล้วทำการทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับภาวะ ส่วนชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่นและความชื้นไม่ต้องปรับภาวะ

9.2 ขนาด

9.2.1 ความกว้างและความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ประมาณ 100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.2 ความหนา

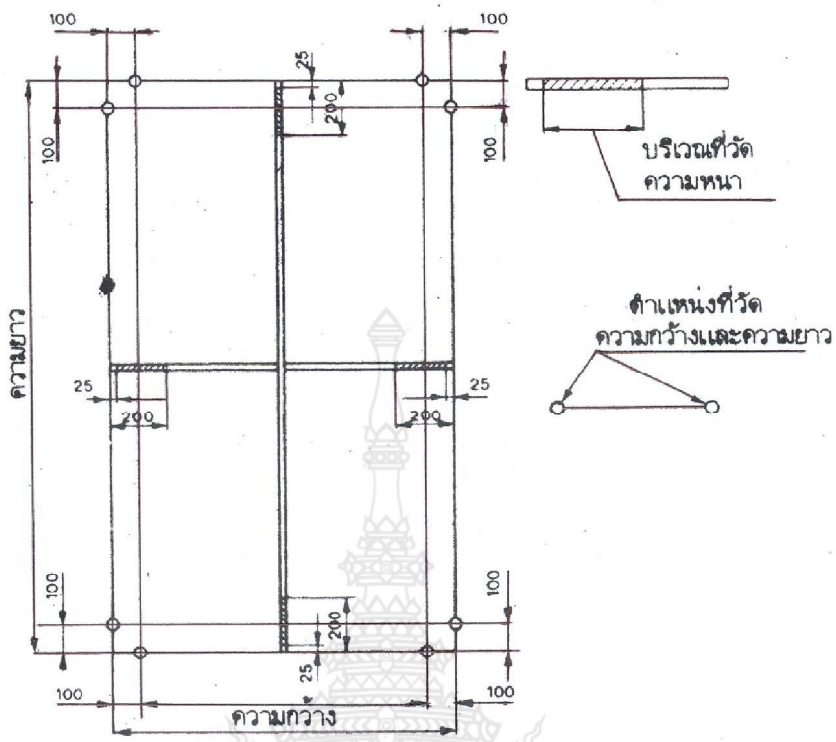
ใช้ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2

9.2.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.2.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.2.4 ความตรงของขอบ

ขึงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกัน ของแผ่นชิ้นไม่อัดซีเมนต์ แล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์
(ข้อ 9.2.1 และข้อ 9.2.2)

9.3 ความหนาแน่น

9.3.1 เครื่องมือ

9.3.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

9.3.1.2 ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

9.3.2 วิธีทดสอบ

9.3.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม

9.3.2.2 วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

9.3.2.3 วัดความหนา 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

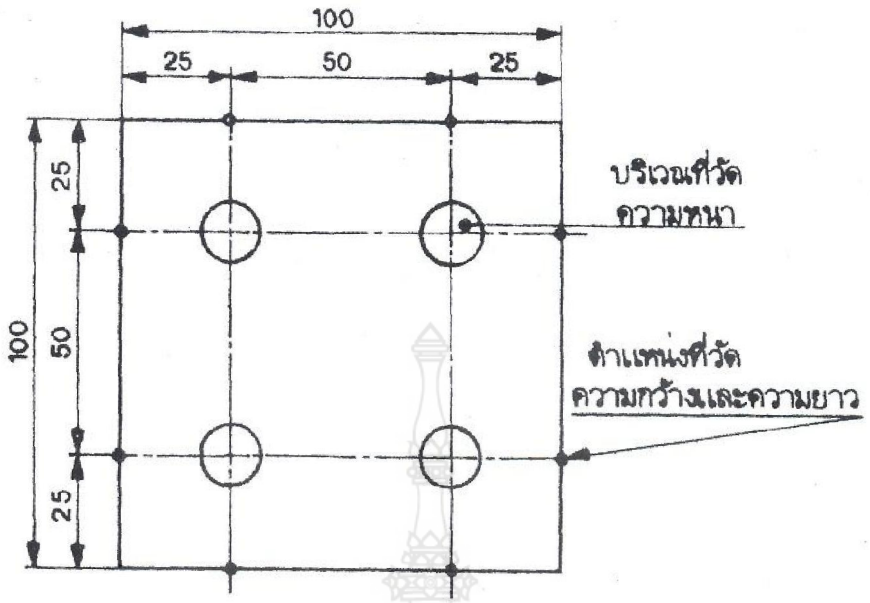
9.3.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{\text{มวล (กรัม)}}{\text{ปริมาตร (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)}} \times 10^6$$

9.3.4 การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 3 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.3.2.2 ข้อ 9.3.2.3 และข้อ 9.5.2.1)

9.4 ความชื้น

9.4.1 เครื่องมือ

9.4.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

9.4.1.2 เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 130 ± 2 องศาเซลเซียส

9.4.1.3 เดซิกเคเตอร์

9.4.2 วิธีทดสอบ

9.4.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 9.3 แล้ว ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบ

9.4.2.2 อบชิ้นทดสอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ คือน้ำหนักชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 6 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.1

9.4.2.3 นำมาใส่ในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็น

9.4.2.4 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นน้ำหนักอบแห้ง

9.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้นร้อยละ} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักอบแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักอบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

9.4.4 การรายงานผล

รายงานค่าความชื้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

9.5 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

9.5.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

9.5.2 วิธีทดสอบ

9.5.2.1 ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

9.5.2.2 แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยตั้งให้แต่ละชิ้นห่างจากกัน ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบต้องตั้งได้ฉากกับผิวน้ำ และห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

9.5.2.3 เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ชอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

9.5.2.4 เมื่อปล่อยชิ้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

$$\text{การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ร้อยละ} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)} - \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำเป็นร้อยละ

9.6 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.6.1 เครื่องมือ

9.6.1.1 เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หัวกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลมมีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.6.1.2 แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

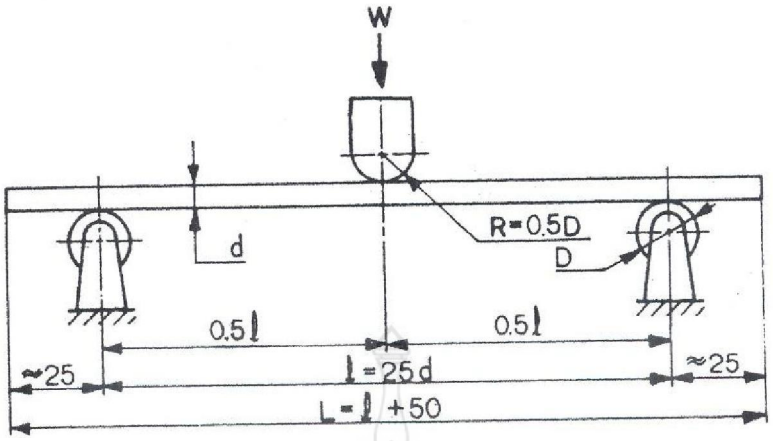
9.6.1.3 มาตรการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

9.6.2 วิธีทดสอบ

9.6.2.1 วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 16 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) ตามรูปที่ 4 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่า ๆ กัน

9.6.2.2 ให้แรงกดบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.6.2.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการแอ่นตัว



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น
(ข้อ 9.6.2.1)

9.6.3 วิธีคำนวณ

9.6.3.1 หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

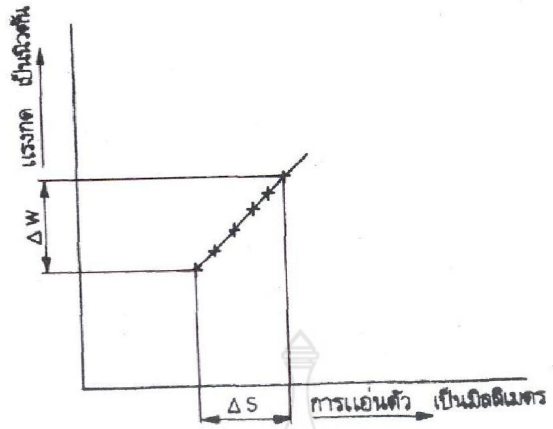
$$f = \frac{3\,W\ell}{2\,bf^2}$$

เมื่อ f คือ ความต้านแรงดัด เป็นเมกะพาสคัล
W คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน
ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร
b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร
d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

9.6.3.2 หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากสูตร

$$E = \frac{\ell^3\,\Delta W}{4\,bd^3\,\Delta S}$$

เมื่อ f คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล
ℓ คือ ระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร
ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นนิวตัน
b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร
d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร
ΔS คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 5 เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว
(ข้อ 9.6.3.2)

9.6.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.7 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.7.1 เครื่องมือ

9.7.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที

9.7.1.2 แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร × 50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

9.7.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเมกะพาสคัล} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง (มิลลิเมตร)} \times \text{ความยาว (มิลลิเมตร)}}$$

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

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
แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟและกรรมวิธีการผลิต

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 2549 4032
	5.4 อีเมล์	siam_macho@hotmail.com

6.ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน ประเทศ)
ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ที่อยู่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย และ ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 หมู่ที่1 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 และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13.คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย

ก. แบบพิมพ์คำขอ	2	หน้า
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์	2	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)

(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)
ตัวแทนผู้รับมอบอำนาจ

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟและกรรมวิธีการผลิต

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

สาขาวิศวกรรมวัสดุที่เกี่ยวข้องกับแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟและกรรมวิธีการผลิต

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

กาแฟ เป็นพืชเครื่องดื่มที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยพืชหนึ่ง สามารถทำรายได้จากการส่งออกเมล็ดกาแฟและผลิตภัณฑ์กาแฟให้ประเทศ ปีละประมาณ 2,500 ล้านบาท ปี 2551 พื้นที่ปลูกกาแฟที่ให้ผลผลิตแล้วมี 388,662 ไร่ ผลผลิต 50,442 ตัน พันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์โรบัสต้า ร้อยละ 95 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัด ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ พังงา นครศรีธรรมราช และประจวบคีรีขันธ์ ส่วนพันธุ์อาราบิก้ามีเพียงร้อยละ 5 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน และตาก

แผ่นซีเมนต์บอร์ดหรือไม้อัดซีเมนต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างลงได้ เนื่องจากนิยมนำมาใช้เป็นผนังแทนการก่ออิฐฉาบปูน แผ่นซีเมนต์บอร์ด แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดแรก แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม้ว่า Wood-Wood Board หรือ Wood-Wood Cement Slabs (W.W.S.) มีมาตรฐาน คือ มอก. 442-2525 เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป ชนิดที่สอง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ มีความหนาแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง และชนิดที่สาม แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) มีกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แต่ใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นชิ้นไม้ ปัจจุบันอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงยังไม่มีมาตรฐานควบคุม ในอนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน อาจถูกนำมาใช้ผลิตไม้อัดชนิดนี้สำหรับทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) ที่สร้างมลพิษให้สภาพแวดล้อมมาก

แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟนี้ เป็นวัสดุทดแทนการก่อผนังที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดูดซับเสียงได้ น้ำหนักเบา ทนทาน สามารถช่วยประหยัดพลังงานและลดขนาดโครงสร้างของอาคารลงได้ เป็นการนำกากกาแฟที่มีอยู่มากมาใช้ประโยชน์ และมีต้นทุนต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั่วไป กล่าวได้ว่า เป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

ลักษณะของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีส่วนประกอบหลัก คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ทรายละเอียด กากกาแฟ และน้ำประปา ขึ้นรูปด้วยการผสมให้เข้ากัน และอัดเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ทึบน้ำ ทนทาน เป็นฉนวนป้องกันความร้อนและเสียงที่ดี

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้ เพื่อใช้เป็นผนังอาคารทั้งภายนอกและภายใน สำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้างทั่วไป

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ประกอบด้วย

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1	ปริมาณ	1	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- ทรายละเอียด	ปริมาณ	0.45 – 0.55	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- กากกาแฟ	ปริมาณ	0.05 – 0.10	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- น้ำประปา	ปริมาณ	0.35 – 0.45	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

กรรมวิธีการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ เริ่มจากการทำความสะอาดกากกาแฟให้สะอาดและไม่มีเชื้อรา โดยการล้างด้วยน้ำสะอาด และลดความชื้นของกากกาแฟลง ให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 20 แล้วจึงนำกากกาแฟมาผสมเข้ากับทรายละเอียดจนเข้ากัน จากนั้นเติมน้ำประปาปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำประปาทั้งหมดลงในส่วนผสม ทำการผสมจนส่วนผสมเข้ากัน และเติมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ลงไป ผสมส่วนผสมทั้งหมด พร้อมทยอยเติมน้ำประปาที่เหลือลงไป จนกระทั่งส่วนผสมเข้ากันและสามารถบีบอัดเป็นก้อนได้โดยไม่ต้องใช้แรงมาก จากนั้นจึงนำส่วนผสมทั้งหมดไปเทลงในแบบหล่อของเครื่องอัดแบบสั่นเขย่าตามขนาดที่ต้องการ ทำการอัดโดยควบคุมให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัดให้มีความหนาแน่น 1.8 – 2.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ จากนั้นจึงนำไปบ่มในที่ร่มจนได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่มีอายุการบ่มตามต้องการ

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

1. ส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ประกอบด้วย

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1	ปริมาณ	1	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- ทรายละเอียด	ปริมาณ	0.45 – 0.55	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- กากกาแฟ	ปริมาณ	0.05 – 0.10	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด
- น้ำประปา	ปริมาณ	0.35 – 0.45	ส่วนของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

2. กรรมวิธีการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ตามข้อถือสิทธิ 1 มีดังนี้

ก. ทำความสะอาดกากกาแฟให้สะอาดและไม่มีเชื้อรา โดยการล้างด้วยน้ำสะอาด และลดความชื้นของกากกาแฟลง ให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 20

ข. นำกากกาแฟมาผสมเข้ากับทรายละเอียดจนเข้ากัน

ค. เติมน้ำประปาปริมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำประปาทั้งหมดลงในส่วนผสม ทำการผสมจนส่วนผสมเข้ากัน

ง. เติมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ลงไป ผสมส่วนผสมทั้งหมด พร้อมทยอยเติมน้ำประปาที่เหลือลงไป จนกระทั่งส่วนผสมเข้ากัน และสามารถบีบอัดเป็นก้อนได้โดยไม่ต้องใช้แรงมาก

จ. นำส่วนผสมทั้งหมดไปเทลงในแบบหล่อของเครื่องอัดแบบสั่นเขย่าตามขนาดที่ต้องการทำการอัด โดยควบคุมให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่อัดให้มีความหนาแน่น 1.8 – 2.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ฉ. นำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟไปบ่มในที่ร่มจนได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่มีอายุการบ่มตามต้องการ

บทสรุปการประดิษฐ์

แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟและกรรมวิธีการผลิต เป็นอัตราส่วนและกระบวนการผลิตแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ทรายละเอียด กากกาแฟ และน้ำประปา ขึ้นรูปโดยการผสมให้เข้ากัน และอัดเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ทึบน้ำ ทนทาน เป็นฉนวนป้องกันความร้อนและเสียงที่ดี สำหรับใช้เป็นผนังอาคารทั้งภายนอกและภายใน

หนังสือสัญญาโอนสิทธิขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

เขียนที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

วันที่ 10 กันยายน 2558

สัญญาระหว่างผู้โอน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ที่อยู่ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย และ ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร ที่อยู่ หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 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 ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10300 ประเทศไทย

โดยสัญญานี้ ผู้โอนซึ่งเป็นผู้ประดิษฐ์ แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟและกรรมวิธีการผลิต ขอโอนสิทธิในการประดิษฐ์ดังกล่าว ซึ่งรวมถึงสิทธิขอรับอนุสิทธิบัตรและสิทธิอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้แก่ผู้รับโอน โดยผู้รับโอนได้จ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมให้แก่ผู้โอน

เพื่อเป็นพยานหลักฐานแห่งการนี้ ผู้โอนและผู้รับโอนได้ลงลายมือชื่อไว้ข้างล่างนี้

(ลงชื่อ) ผู้โอน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

(ลงชื่อ) ผู้โอน
(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) ผู้รับโอน
(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) พยาน
(ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

(ลงชื่อ) พยาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิหาร ดีปัญญา)

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 “**แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟและกรรมวิธีการผลิต**” ให้รับโอนการประดิษฐ์การออกแบบผลิตภัณฑ์สิทธิบัตรและคำขอรับสิทธิบัตรต่างๆ และเพื่อความประสงค์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในนามของข้าพเจ้า ให้ลงนามและยื่นบรรดาหนังสือและเอกสารทั้งมวลซึ่งตัวแทนผู้รับมอบอำนาจในฐานะดังที่ได้กล่าวมาแล้วอาจคิดเห็นว่าเป็นการจำเป็นหรือพึงต้องการ ให้เปลี่ยนแปลงแก้ไขและเพิกถอนคำขอรับสิทธิบัตรและเอกสารต่างๆ เช่นว่ามานั้น ให้ไปปฏิบัติการ ณ สถานที่ราชการหรือ ณ ที่อื่นใด ให้ต่อสู้หรือป้องกันคำขอและสิทธิบัตรให้พ้นจากการปฏิเสธการคัดค้านหรือการขัดขวางใดๆ ให้ยื่นคำร้องคัดค้านและคำอุทธรณ์ ให้ชำระค่าธรรมเนียมทั้งหลายทั้งปวง และให้แต่งตั้งตัวแทนช่วงภายใต้อำนาจของตัวแทนผู้รับมอบอำนาจเพื่อกระทำกิจการอย่างหนึ่งอย่างใดหรือกระทำการทั้งมวลดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น และให้มีอำนาจยกเลิกการแต่งตั้งตัวแทนช่วงได้ตามอำเภอใจเช่นเดียวกัน และโดยหนังสือนี้ข้าพเจ้าขอยืนยันและให้สัตยาบันรับรองทุกสิ่งทุกอย่างที่ตัวแทนของข้าพเจ้าหรือตัวแทนช่วงอาจได้กระทำไปโดยชอบด้วยกฎหมายอาศัยอำนาจแห่งหนังสือนี้

ลงวันที่ ณ วันที่ 10 กันยายน 2558

(ลงชื่อ) ผู้มอบอำนาจ

(รองศาสตราจารย์สุภัทรา โกไศยกานนท์)

(ลงชื่อ) ผู้รับมอบอำนาจ

(ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร)

(ลงชื่อ) พยาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล)

(ลงชื่อ) พยาน

(ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์)

การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

Development of Cement Boards with Ground Coffee for Environment Conservation

ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล[1*], ว่าที่ ร.อ.กิตติพงษ์ สุวีโร[2]

บทคัดย่อ

การใช้กากกาแฟเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาพัฒนาเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดเป็นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อแก้ไขปัญหามลภาวะทางอากาศจากกลิ่นและการฟุ้งกระจายของกากกาแฟ โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: ทรายละเอียด: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.5: 0.416 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: กากกาแฟ เท่ากับ 1: 0.05, 1: 0.06, 1: 0.07, 1: 0.08, 1:0.09 และ 1: 0.10 โดยน้ำหนัก (รวม 6 อัตราส่วน) ขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยเครื่องอัด ที่อุณหภูมิ 30 – 35 องศาเซลเซียส ควบคุมความหนาแน่นที่ 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นทดสอบสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง ผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน 1: 0.05 เป็นปริมาณกากกาแฟ: ปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้ แผ่นซีเมนต์บอร์ดนี้ สามารถช่วยลดปริมาณกากกาแฟเหลือทิ้ง โดยการนำมาใช้เป็นมวลรวมในการผลิตวัสดุก่อสร้างได้

คำสำคัญ : แผ่นซีเมนต์บอร์ด; กากกาแฟ; วัสดุก่อสร้าง; สิ่งแวดล้อม

[1] *คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครกรุงเทพมหานคร*
E-mail :pramot.w@rmutp.ac.th

[2] *หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดปทุมธานี*
E-mail :siam_macho@hotmail.com

Abstract

The using of ground coffee wastes from industries to develop the cement board is an objective of this research that can solve the air pollution problems from smell and spreading of ground coffee wastes. The ratio of Portland cement type1: fine sand: tap water is equal to 1: 0.5: 0.416 by weight and the ratios of Portland cement type1: ground coffee wastes include 1: 0.05, 1: 0.06, 1: 0.07, 1: 0.08, 1:0.09 and 1: 0.10 by weight (6 ratios). The production of cement board uses the pressure casting in temperature 30 – 35 degree of Celsius and controls 0.75 g/cm^3 of density. The testing of cement-bonded fiberboard properties follow the TIS 878-2537 standard (cement bonded particle board: high density). From the results, 1: 0.05 is the most suitable quantity of cement: ground coffee wastes which mixed in cement board. This cement boards can reduce the ground coffee wastes by using as aggregate to produce the construction materials.

Keywords : cement board; ground coffee waste; construction material; environment

บทนำ

กาแฟ เป็นพืชเครื่องดื่มที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยพืชหนึ่ง สามารถทำรายได้จากการส่งออกเมล็ดกาแฟและผลิตภัณฑ์กาแฟให้ประเทศ ปีละประมาณ 2,500 ล้านบาท ปี 2551 พื้นที่ปลูกกาแฟที่ให้ผลผลิตแล้วมี 388,662 ไร่ ผลผลิต 50,442 ตัน พันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์โรบัสต้า ร้อยละ 95 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัด ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ พังงา นครศรีธรรมราช และประจวบคีรีขันธ์ ส่วนพันธุ์อาราบิก้ามีเพียงร้อยละ 5 แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน และตาก (องอาจ, 2551)

แผ่นซีเมนต์บอร์ดหรือไม้อัดซีเมนต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปและใช้เป็นส่วนประกอบของบ้านเรือน สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างลงได้ เนื่องจากนิยมนำมาใช้เป็นผนังแทนการก่ออิฐฉาบปูน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539) แผ่นซีเมนต์บอร์ด แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดแรก แผ่นเส้นไม้อัดซีเมนต์ หรือมีชื่อเรียกกันในวงการป่าไม้ว่า Wood-Wood Board หรือ Wood-Wood Cement Slabs (W.W.S.) มีมาตรฐาน คือ มอก.442-2525 เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป (สมอ., 2525) ชนิดที่สอง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Particle-Boards) ชิ้นไม้สับ (Wood Chip) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ มีความหนาแน่น (Density) สูงสุด 1,250 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) และชนิดที่สาม แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Cement-Bonded Fiber Board) มีกรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ แต่ใช้เส้นใยจากไม้แทนที่จะเป็นชิ้นไม้ ปัจจุบันอุตสาหกรรมนี้ยังไม่มีผลิตออกมาเป็นสินค้าจึงยังไม่มีมาตรฐานควบคุม ใน

อนาคตเส้นใยที่ได้จากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิล และพืชเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน อาจถูกนำมาใช้ผลิตไม้อัดชนิดนี้สำหรับทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (Asbestos) ที่สร้างมลพิษให้สภาพแวดล้อม

งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์จากกากกาแฟ โดยนำเศษขยะเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกาแฟสำเร็จรูปหรือกาแฟกระป๋องของโรงงานอุตสาหกรรม มาใช้เป็นวัสดุทดแทนเศษไม้ในผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับใช้เป็นผนังทั้งภายในและภายนอก ที่มีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ทนทาน สามารถช่วยประหยัดพลังงาน และลดขนาดโครงสร้างของอาคารลงได้ ซึ่งจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกากกาแฟ ตลอดจนเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

วัสดุและอุปกรณ์

ในการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ เป็นการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 เป็นวัสดุเชื่อมประสาน มีกากกาแฟจากโรงงานอุตสาหกรรม จังหวัดปทุมธานี (รูปที่ 1) และทรายละเอียดเป็นมวลรวม และใช้น้ำประปาเป็นตัวทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ โดยใช้เครื่องผสมคอนกรีต เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า แบบหล่อแผ่นซีเมนต์บอร์ด ขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร แท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด แผ่นพลาสติกรองแบบ น้ำมันหล่อลื่น เป็นอุปกรณ์ในการขึ้นรูป ส่วนการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงใช้อุปกรณ์ ประกอบด้วย อุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัว (เช่น ไมโครมิเตอร์ เครื่องชั่งน้ำหนัก และสายวัดโลหะ เป็นต้น) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

รูปที่ 1 กากกาแฟจากโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดปทุมธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ มีขั้นตอนการวิจัย ประกอบด้วย

1. ออกแบบส่วนผสมของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ จำนวน 6 อัตราส่วน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	กากกาแฟ	น้ำประปา
1:0.05	1	0.5	0.05	0.416
1:0.06	1	0.5	0.06	0.416
1:0.07	1	0.5	0.07	0.416
1:0.08	1	0.5	0.08	0.416
1:0.09	1	0.5	0.09	0.416
1:0.10	1	0.5	0.10	0.416

2. ตวงส่วนผสมโดยน้ำหนัก และผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

3. ขึ้นรูปส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ด โดยใช้เครื่องอัดแผ่นซีเมนต์บอร์ดแบบสั่นเขย่า (รูปที่ 2) ที่อุณหภูมิปกติ (30 – 35 องศาเซลเซียส) ควบคุมความหนาแน่นอย่างต่ำที่ 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (Pablo, 1989) ให้มีขนาด 30x30x1.5 เซนติเมตร แบบหล่อมีการรองแผ่นพลาสติกและน้ำมันหล่อลื่น แล้วพลิกถอดแบบด้วยแท่นพลิกแผ่นซีเมนต์บอร์ด ได้แผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับนำไปบ่มในอากาศ เป็นระยะเวลาต่างๆ คือ 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

รูปที่ 2 การขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า

4. ทดสอบสมบัติของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ตามมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) และ ASTM C177 (ASTM, 2010) ได้แก่ ลักษณะโดยทั่วไป ความหนาแน่น ความชื้น สภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน การพองตัว ความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า โดยใช้ตัวอย่างในการทดสอบ จำนวน 5 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 3 ถึง 5

รูปที่ 3 การแช่น้ำแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟเพื่อทดสอบการพองตัว

รูปที่ 4 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

รูปที่ 5 ความเสียหายจากการทดสอบแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ

5. วิเคราะห์ และสรุปผลการวิจัย เพื่อต่อยอดไปใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

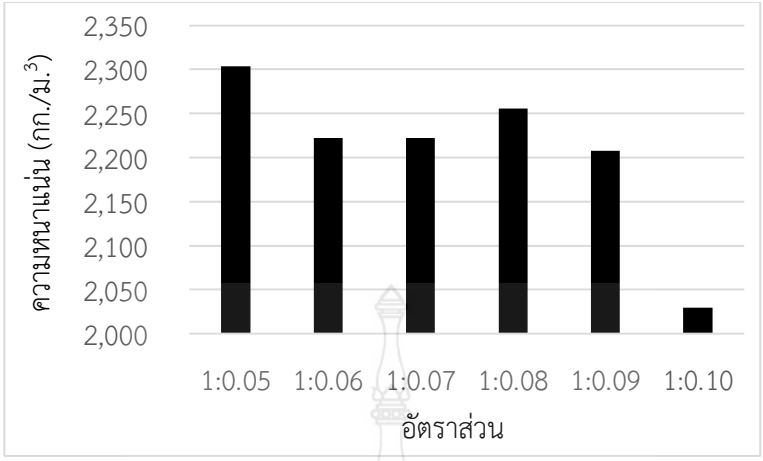
ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

จากการตรวจพินิจและทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ทั้งทางกายภาพ ทางกล และทางการนำความร้อน สามารถสรุปผลตามแต่ละการทดสอบได้ ดังนี้

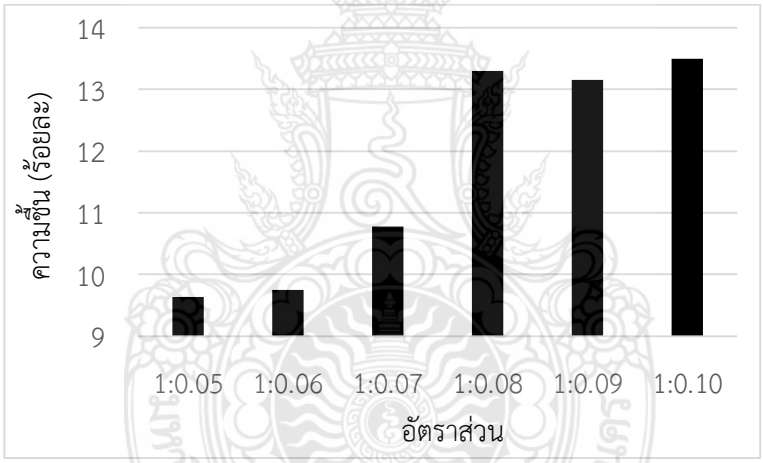
1. ลักษณะโดยทั่วไป ความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัว

ผลจากการตรวจพินิจลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า ทั้งหมดมีลักษณะที่สมบูรณ์ คือ แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความหนา ความแน่น และความเรียบที่สม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น รวมทั้งขอบมีความตั้งตรงได้ฉากกับระนาบผิว เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง (สมอ., 2537) เนื่องจากมีการทดลองผสมและขึ้นรูปแผ่นตัวอย่างเบื้องต้นควบคู่กับการออกแบบอัตราส่วน โดยการผสมกากกาแฟลงในแผ่นซีเมนต์บอร์ดไม่สามารถผสมปริมาณปูนซีเมนต์ต่อกากกาแฟเกินกว่า 1 ต่อ 0.10 (อัตราส่วน 1:0.10) ได้ เพราะจะทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดไม่แข็งตัวและมีเนื้อที่ร่วนซุย เมื่อสัมผัสจะเกิดการแตกหักได้ง่าย ดังรูปที่ 6 ส่วนผลการทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 7 ถึง 9

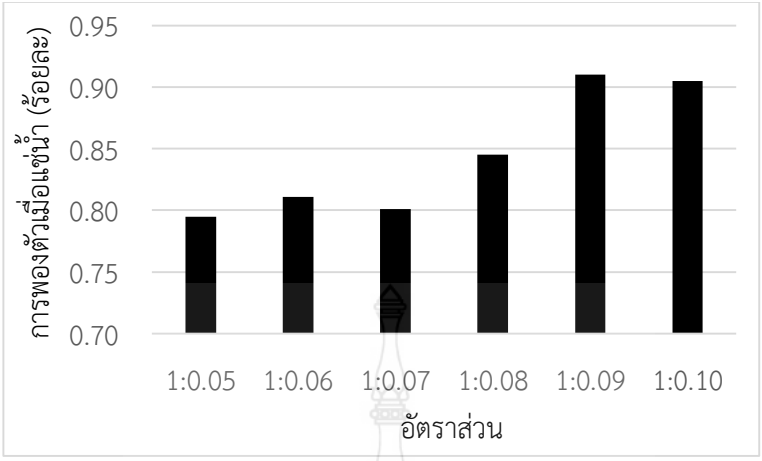
รูปที่ 6 ลักษณะที่ไม่แข็งตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมกากกาแฟอัตราส่วน 1:0.15 ที่อายุการบ่ม 7 วัน



รูปที่ 7 ความหนาแน่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน



รูปที่ 8 ความชื้นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

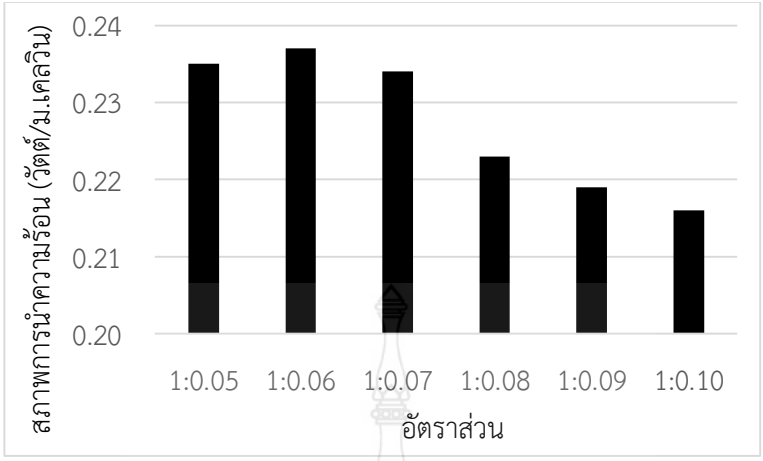


รูปที่ 9 การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ผลของปริมาณกากกาแฟที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์บอร์ดในรูปที่ 7 ถึง 9 นั้น แสดงให้เห็นว่า กากกาแฟที่มากมีส่วนทำให้แผ่นซีเมนต์บอร์ดมีน้ำหนักเบาขึ้น โดยอัตราส่วน 1:0.10 เป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่น้ำหนักเบาที่สุด และแผ่นซีเมนต์บอร์ดอัตราส่วน 1:0.05 มีน้ำหนักมากที่สุด โดยกากกาแฟที่นำมาใช้มีความถ่วงจำเพาะเพียง 0.80 ซึ่งเป็นมวลรวมที่มีน้ำหนักเบา (ปริญญา และชัย, 2551) ทั้งนี้กากกาแฟยังมีผลต่อความชื้นและการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกากกาแฟเป็นวัสดุที่ดูดซึมความชื้นได้ดี ทำให้ความชื้นในแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีมาก แต่ก็ยังไม่เกินกว่าที่มาตรฐาน มอก.878-2537 กำหนด คือ อยู่ระหว่างร้อยละ 9 ถึง 15 (สมอ., 2537) ส่วนการพองตัวเมื่อแช่น้ำ แม้ว่ากากกาแฟจะพองตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสน้ำ แต่ด้วยปูนซีเมนต์ที่ยึดเกาะแผ่นซีเมนต์บอร์ด ทำให้การพองตัวยังคงอยู่ในมาตรฐาน มอก.878-2537 คือ ไม่เกินร้อยละ 2 (สมอ., 2537)

2. สภาพการนำความร้อน

ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน เป็นสมบัติที่สำคัญของแผ่นซีเมนต์บอร์ด เนื่องจากมีผลต่อการใช้งานและการประหยัดพลังงานภายในอาคาร โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนดีนั้น จะมีค่าสภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ ซึ่งผลการทดสอบสภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 10

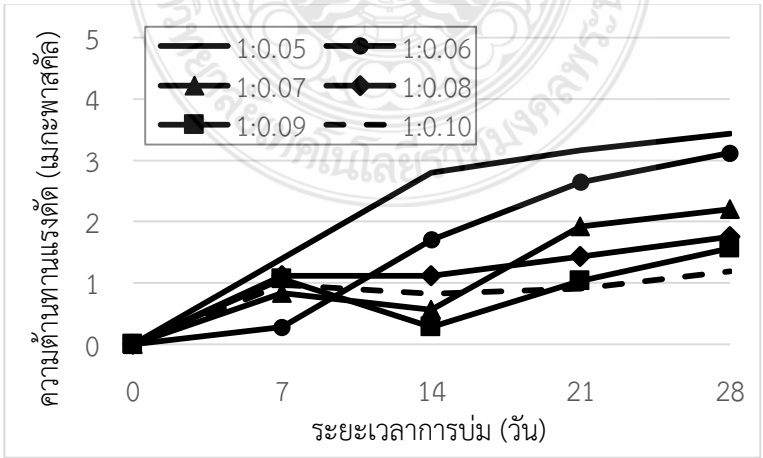


รูปที่ 10 สภาพการนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

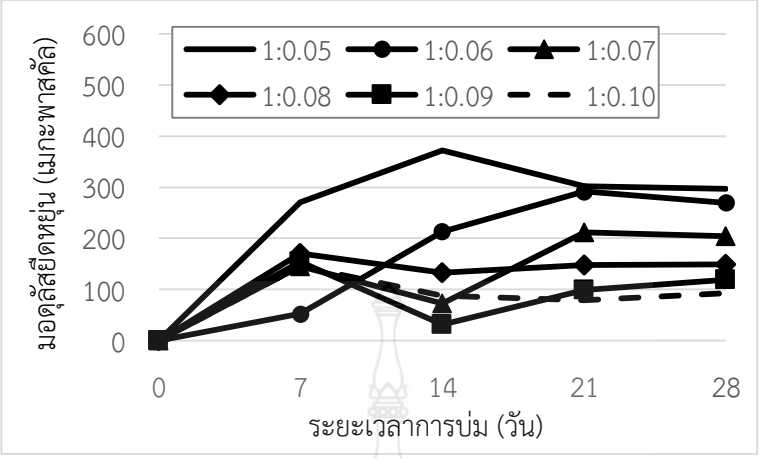
จากรูปที่ 10 พบว่า กากกาแฟที่ผสมมีผลทำให้สภาพการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีค่าลดลง หรือมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น (ธนัญชัย และคณะ, 2549) โดยแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟมากที่สุด คือ 1:0.10 เป็นอัตราส่วนที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำที่สุด เท่ากับ 0.216 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ส่วนอัตราส่วน 1:0.05 เป็นอัตราส่วนที่มีสภาพการนำความร้อนสูงที่สุด เท่ากับ 0.235 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ซึ่งทั้งหมดมีสภาพการนำความร้อนต่ำเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.878-2537 ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (สมอ., 2537)

3. ความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

สมบัติทางกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟด้านความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 11 และ 12



รูปที่ 11 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

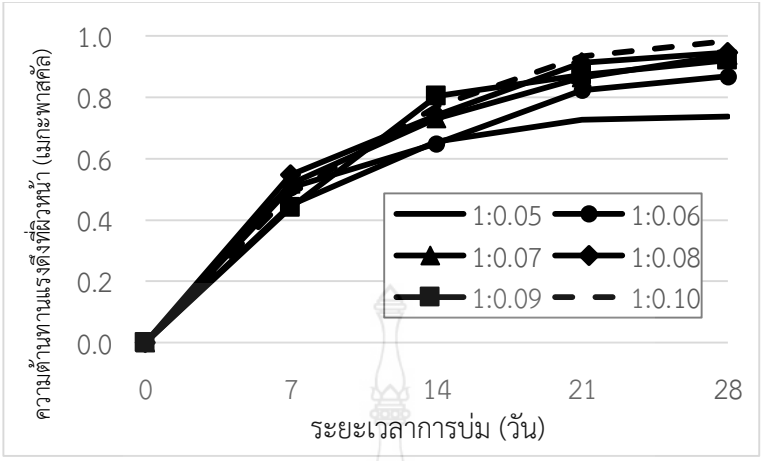


รูปที่ 12 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

รูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ อัตราส่วน 1:0.05 มีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:0.06 อัตราส่วน 1:0.07 อัตราส่วน 1:0.08 อัตราส่วน 1:0.09 และอัตราส่วน 1:0.10 มีความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากกากกาแฟที่นำมาผสมนั้น มีลักษณะเป็นผงที่ค่อนข้างอ่อนนิ่ม จึงเป็นเพียงมวลรวมในแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ไม่สามารถช่วยในการรับแรงได้มากนัก (ปริญญา และชัย, 2551) การเพิ่มปริมาณกากกาแฟจึงทำให้ความแข็งแรงลดลง ทั้งนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.878-2537 (สมอ., 2537) ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟทั้งหมดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น (รูปที่ 12) ก็พบว่า แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟมีการโก่งตัวเกินกว่ามาตรฐาน มอก.878-2537 โดยเห็นได้จากค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟทุกอัตราส่วน มีค่าต่ำกว่า 3,000 เมกะพาสคัล (สมอ., 2537)

4. ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

สำหรับความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟในรูปที่ 13 พบว่า ปริมาณกากกาแฟที่มากมีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นผลมาจากลักษณะของกากกาแฟที่ช่วยยึดเนื้อของแผ่นซีเมนต์บอร์ดให้สามารถรับแรงดึงได้ดีขึ้น (Bledzki and Gassan, 1999) โดยจะเห็นได้จากรูปที่ 14



รูปที่ 13 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

รูปที่ 14 พื้นผิวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่เสียหายจากการรับแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

บทสรุป

แผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่พัฒนาขึ้น เพื่อลดปริมาณขยะกากกาแฟเหลือทิ้งและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม นั้น พบว่า กากกาแฟ สามารถนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ แล้วขึ้นรูปเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดได้ดี ด้วยเครื่องอัดแบบสั่นเขย่า แต่แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่ได้มีสมบัติบางอย่างที่ไม่ผ่านตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง โดยมีเพียงลักษณะโดยทั่วไป ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และสภาพการนำความร้อน ที่ผ่านมาตรฐาน ทั้งนี้แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกากาแฟมาก จะมีน้ำหนักเบารับแรงดึงได้ดี และเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ส่วนแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่มีปริมาณกากกาแฟน้อย จะมีน้ำหนักมาก ต้านทานแรงดัดดี และมีการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่ำ ในการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟต่อไป ควรเพิ่มเศษชิ้นไม้ลงในส่วนผสมเพื่อลดความหนาแน่นและเพิ่มความต้านทานแรงดัด

ของแผ่นซีเมนต์บอร์ด รวมทั้งใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการให้น้ำหนักกดค้างแทนการสั่นเขย่า จะมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากกากกาแฟที่มีน้ำหนักเบาและแข็งแรงตามมาตรฐานได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2558 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539. ไม้อัดซีเมนต์, กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, **อุตสาหกรรมสาร**, ประจำเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน 2539.

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ, พันธุดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย, และพรรณจิรา ทิศาวิภาต, 2549. **ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**. Journal of Architectural/Planning Research and Studies Volume 4. 2006 Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University.

ปริญญา จินดาประเสริฐ, และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2551. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สมาคมคอนกรีตไทย.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2525. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ชนิดใช้งานทั่วไป มอก. 442-2525**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

องอาจ ซังธาดา, 2551. **เอกสารวิชาการกาแฟ,** ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2010, **Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means the Guarded-Hot-Plate Apparatus ASTM C 177**, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.

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

Pablo, A.A. 1989. **Wood cement boards from wood wastes and fast-growing plantation species for lowcost housing.** The Philippine Lumberman, 35, 8–53.

ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน (Green Supply Chain Limited Partnership)
อาคารเอสทีออฟฟิต เลขที่ 199/93 ม.4 ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
โทร 0 2577 5652 โทรสาร 0 2577 5652 มือถือ 08 9882 1689

วันที่ 10 กันยายน 2558

เรื่อง ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล
ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ด้วยทาง ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน ได้นำเอาส่วนหนึ่งของผลงานวิจัย ของ ผศ.ดร. ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นซีเมนต์บอร์ดของห้างหุ้นส่วนฯ เป็นผลให้ห้างหุ้นส่วนฯ สามารถลดความผิดพลาดและค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตได้ดี

ในการนี้ ทางห้างหุ้นส่วนฯ จึงขอขอบคุณมายัง ผศ.ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดด้วยกากกาแฟเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิควิธี และให้คำปรึกษาในการดำเนินงานมา ณ ที่นี้

ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน GSC GREEN SUPPLY CHAIN LIMITED PARTNERSHIP

เดือนเต็ม ทิมายงค์

(นางสาวเดือนเต็ม ทิมายงค์)
รองผู้จัดการ
ห้างหุ้นส่วนจำกัด กรีน ซัพพลายเชน