การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพด สำหรับใช้ในอาคารประหยัดพลังงาน

Product Development of Non-flammable Gypsum Board Mixed with Corn Leaf Fiber for Using in Energy Saving Building

ผกามาศ ชูสิทธิ์
นิลมิต นิลาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2561
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพด สำหรับใช้ในอาคารประหยัดพลังงาน

ผกามาศ ชูสิทธิ์
นิลมิต นิลาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2561
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยข้าวโพด โดยออกแบบอัตราส่วนผงยิปซัม: เส้นใยข้าวโพด: น้ำประปา: โซเดียมซิลิเกต จำนวน 5 อัตราส่วน ได้แก่ 1: 0: 1: 0.03, 1: 0.100: 1: 0.03, 1: 0.150: 1: 0.03, 1: 0.200: 1: 0.03, 1: 0.250: 1: 0.03 และ 1: 0.300: 1: 0.03 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปแผ่นยิปซัมประเภททนไฟด้วยวิธีหล่อในอุณหภูมิปกติ (30 – 35 องศาเซลเซียส) ทำการทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.219-2552 เรื่องแผ่นยิปซัม ประกอบด้วย การทดสอบแรงกดแตก แรงต้านทานการดึงตะปู การแอ่นตัว การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน 1: 0.150: 1: 0.03 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยข้าวโพดเหมาะสมที่สุด แผ่นซีเมนต์บอร์ดที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถลดปริมาณใบข้าวโพดที่เหลือทิ้งโดยนำมาผสมในแผ่นยิปซัมประเภททนไฟ และได้ผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่มีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

คำสำคัญ: แผ่นยิปซัมประเภททนไฟ; เส้นใยข้าวโพด; ฉนวนป้องกันความร้อน; ชุมชนท้องถิ่น

Abstract

This research aims to develop the gypsum refractory board mixed with corn leaf coir. The 5 ratios of gypsum plaster: corn leaf coir: tap water: sodium silicate are equal to 1: 0: 1: 0.03, 1: 0.100: 1: 0.03, 1: 0.150: 1: 0.03, 1: 0.200: 1: 0.03, 1: 0.250: 1: 0.03 และ 1: 0.300: 1: 0.03 by weighted. The gypsum refractory boards were produce by casting in normal temperature (30 – 35 degree of Celsius). The properties testing of gypsum refractory board mixed with corn leaf coir followed the TIS 219-2009 standard (gypsum plasterboard) included: breaking load, nail pull resistance, deflection, water absorption, density, and thermal conductivity coefficient. From the results, 1: 150: 1: 0.03 is the most suitable ratio of gypsum refractory board mixed with corn leaf coir. This developed gypsum refractory boards can reduce the quantity of corn leaf waste and get the good thermal insulation gypsum refractory board products.

Keywords: Gypsum refractory board; corn leaf coir; thermal insulation; local community

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ความหมายของผ่นยิปซัม	6
2.2 ประเภทของแผ่นยิปซัม	6
2.3 วัตถุดิบในการผลิตแผ่นยิปซัม	7
2.4 คุณลักษณะที่ต้องการของแผ่นยิปซัม	8
2.5 การติดตั้งใช้งานแผ่นยิปซัม	9
2.6 เส้นใยจากใบต้นข้าวโพด	9
2.7 สารหน่วงไฟ	10
2.8 ชนิดของสารหน่วงไฟ	10
2.9 สารหน่วงไฟประเภทอนินทรีย์	11
2.10 กรอบแนวคิด	11
2.11 ทบทวนวรรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	16
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช่ดำเนินงานวิจัย	16
3.2 การออกแบบอัตราส่วนผสม	19
3.3 การขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นยิปซัม	19
3.4 การทดสอบสมบัติ	23
บทที่ 4 ผลการดำเนินการ	26
4.1 แรงกดแตก	26
4.2 แรงต้านทานการดึงตะปู	30
4.3 การแอ่นตัว	31
4.4 การดูดซึมน้ำ	32
4.5 ความหนาแน่น	33

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.6 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	34
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผล	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	39
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มอก.219–2552 เรื่องแผ่นยิปซัม	40

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	การเพาะปลูกต้นข้าวโพดของเกษตรกร	1
1.2	ต้นข้าวโพดเหลือทิ้ง	2
1.3	การใช้ประโยชน์แผ่นยิปซัมเป็นฝ้าเพดาน	2
1.4	การยึดแผ่นยิปซัมเข้ากับโครงคร่าวเพื่อใช้ประโยชน์เป็นผนังภายในอาคาร	3
1.5	การใช้ประโยชน์แผ่นยิปซัมเป็นผนังภายในอาคาร	3
1.6	เส้นใยแก้วที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมทั่ว	4
2.1	กรอบแนวคิดของโครงการ	11
3.1	ใบต้นข้าวโพดและตะแกรงเบอร์ 4	16
3.2	ผงยิปซัม	16
3.3	แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl2)	17
3.4	เครื่องผสมคอนกรีต	17
3.5	ตะแกรงร่อน	17
3.6	เครื่องชั่งน้ำหนัก	18
3.7	แบบหล่อ ขนาด 30 x 120 x 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร	18
3.8	ไมโครมิเตอร์	19
3.9	ใบต้นข้าวโพดที่ยอ่ยดผ่านตะแกรงเบอร์ 4	20
3.10	ชั่งส่วนผสม	20
3.11	การชั่งน้ำหนักแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl2) สำหรับเตรียมสารละลาย	21
3.12	การผสมสารโซเดียมซิลิเกตเข้ากับน้ำประปา	21
3.13	ผสมผงยิปซัมและใบต้นข้าวโพด	22
3.14	เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบแล้วจึงทำการปาดแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพด	22
3.15	แผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพดที่บ่มในอากาศ	22
3.16	การทดสอบแรงกดแตกของแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพด	23
3.17	การทดสอบแรงต้านทานการดึงตะปูของแผ่นยิบซัมใบต้นข้าวโพด	23
3.18	การทดสอบการแอ่นตัวของแผ่นยิบซัมใบต้นข้าวโพด	24
3.19	การแช่แผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพดในกล่องและชั่งน้ำหนัก	24
3.20	การอบแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพดในตู้อบเพื่อทดสอบการดูดซึมน้ำ	24
3.21	การทดสอบความหนาแน่นของแผ่นยิบซัมใบต้นข้าวโพด	25
3.22	แผ่นยิบซัมใบต้นข้าวโพด	25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	แรงกดแตกตามยาวของแผ่นยิปซัมผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน	26
4.2	แรงกดแตกตามขวางของแผ่นยิปซัมผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน	27
4.3	ภาพขยายใบข้าวโพดที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 100 เท่า (SEM)	28
4.4	ภาพขยายใบข้าวโพดที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)	28
4.5	ภาพขยายเส้นใยที่ปะปนอยู่ในใบข้าวโพดที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า(SEM)	29
4.6	แรงต้านทานการดึงตะปูของแผ่นยิปซัมผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน	30
4.7	การแอ่นตัวของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน	31
4.8	การดูดซึมน้ำของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน	32
4.9	อัตราการดูดซึมน้ำที่ผิวของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน	33
4.10	ความหนาแน่นของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน	34
4.11	สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน	35

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แรงกดแตกที่ต้องการตามมาตรฐาน มอก.219 เรื่องแผ่นยิปซัม	8
2	แรงต้านการดึงตะปูที่ต้องการตามมาตรฐาน มอก.219 เรื่องแผ่นยิปซัม	8

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ข้าวโพด (corn)เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีผลผลิตกว่า 4,466,000 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 6,271 ล้านบาทต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ดังรูปที่ 1ทั้งนี้ การเพาะปลูกข้าวโพดจะมีวัสดุเหลือทิ้งค่อนข้างมากโดยเฉพาะต้นข้าวโพด ดังรูปที่ 2 ซึ่งมีปริมาณประมาณ 816,880 ตันต่อปีแต่จากการสำรวจพบว่า ต้นข้าวโพด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของลำต้น (ร้อยละ 40 ของน้ำหนักต้นข้าวโพดทั้งหมด) และส่วนของใบ (ร้อยละ 60 ของน้ำหนักต้นข้าวโพดทั้งหมด)(ผกามาศ, 2557) ซึ่งส่วนของลำต้นจะมีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ แต่ในส่วนของใบต้นข้าวโพดกลับต้องถูกกำจัดโดยการเผาทำลายเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ เป็นเพราะเส้นใยของใบต้นข้าวโพดเป็นวัสดุที่มีความเหนียวมาก ทำให้ไม่สามารถใช้เลี้ยงสัตว์ได้เช่นเดียวกับส่วนของลำต้น ซึ่งเส้นใยใบต้นข้าวโพดเป็นวัสดุที่มีเส้นใยเซลลูโลส (cellulose fibers) เป็นวัสดุหลัก เป็นโมเลกุลสายยาวซ้ำ ยึดเกาะด้วยพันธะ C-O-C ในหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จับกับหมู่ธาตุอื่นๆ เรียงตัวเป็นระเบียบ (crystalline) และระหว่างสายโมเลกุลมีการยึดด้วยพันธะไฮโดรเจนเป็นระยะๆ มีความเหนียว แข็งแรง น้ำหนักเบาและทนต่อสภาพอากาศได้ดี(ผกามาศ, 2557)

รูปที่ 1.1 การเพาะปลูกต้นข้าวโพดของเกษตรกร

รูปที่ 1.2 ต้นข้าวโพดเหลือทิ้ง

แผ่นยิปซัม (gypsum board) เป็นวัสดุก่อสร้างที่สามารถใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้กั้นเป็นผนังห้องภายในอาคาร ใช้ติดตั้งเป็นฝ้าเพดาน และใช้เป็นวัสดุตกแต่งผนัง เป็นต้น ดังรูปที่ 3 ถึง 5วัสดุดังกล่าวกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดมากทั้งชุมชนเมืองและท้องถิ่น และมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นปีละไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5ทั้งนี้ มูลค่าลงทุนด้านก่อสร้างในปัจจุบันประมาณ 997,500 – 1,015,900ล้านบาท ผนวกกับการขยายตัวของกิจกรรมการค้าชายแดน โดยเฉพาะกลุ่ม CLM (สปป.ลาว เมียนมาร์ และกัมพูชา) ที่กำลังพัฒนาเมือง และโครงสร้างพื้นฐานภายในประเทศ ทำให้ทั้งกลุ่มผู้บริโภคและผู้รับเหมามีความต้องการวัสดุก่อสร้างมากขึ้น (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2556)แผ่นยิปซัมเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการควบคุมคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.219 เรื่องแผ่นยิปซัม(สมอ., 2552)ส่วนประกอบของแผ่นยิปซัมนี้ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ เนื้อยิปซัม และกระดาษเหนียว ในส่วนของเนื้อยิปซัมเป็นการผสมผงยิปซัมเข้ากับเส้นใยแก้ว (glass fiber) และน้ำจากนั้นจึงเทแล้วอัดขึ้นรูปลงบนกระดาษเหนียวเป็นวัสดุเสริมความแข็งแรงและตกแต่งผิวให้กับแผ่นยิปซัม

รูปที่ 1.3 การใช้ประโยชน์แผ่นยิปซัมเป็นฝ้าเพดาน

รูปที่ 1.4 การยึดแผ่นยิปซัมเข้ากับโครงคร่าวเพื่อใช้ประโยชน์เป็นผนังภายในอาคาร

รูปที่ 1.5 การใช้ประโยชน์แผ่นยิปซัมเป็นผนังภายในอาคาร

จากส่วนผสมทั่วไปของแผ่นยิปซัม พบว่า เส้นใยแก้วเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์เพียงแต่การเพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อยิปซัมเท่านั้น ดังรูปที่ 6เส้นใยแก้วนี้เป็นวัสดุที่มีราคาสูง และต้องใช้พลังงานในการผลิตค่อนข้างมาก ทั้งนี้ หากนำเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดมาแทนที่เส้นใยแก้วได้ จะเป็นการลดต้นทุนและพลังงานในการผลิตแผ่นยิปซัม และช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากงานวิจัยที่ผ่านมายังพบอีกว่า เส้นใยธรรมชาติ เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี(ธนัญชัย และคณะ, 2549) ซึ่งการนำเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ในแผ่นยิปซัมนี้เป็นไปได้ที่จะใช้ทดแทนเส้นใยแก้วและช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้านความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของแผ่นฝ้ายิปซัม นอกจากนี้เพื่อให้แผ่นยิปซัมที่พัฒนาสามารถใช้งานภายในอาคารได้ทุกประเภท ตาม พระราชบัญญัติ (พรบ.) ควบคุม

อาคาร ปี พ.ศ.2558 โดยเฉพาะอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นหอประชุม(ราชกิจจานุเบกษา,2558) โครงการวิจัยนี้ จึงมีระยะเวลาการศึกษาวิจัยต่อเนื่อง 2 ปี โดยปีที่ 1 เป็นการพัฒนาแผ่นยิปซัมผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพด และปีที่ 2 เป็นการพัฒนาแผ่นยิปซัมแบบทนไฟเพิ่มเติมโดยทำการปรับปรุงแผ่นยิปซัมที่พัฒนาได้ในปีที่ 1ด้วยการผสมสารหน่วงไฟเพิ่มเติม และทำการเปลี่ยนประเภทของกระดาษเหนียวให้เป็นชนิดไม่ลามไฟ

รูปที่ 1.6 เส้นใยแก้วที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมทั่วไป

โครงการ“การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดสำหรับใช้ในอาคารประหยัดพลังงาน” จึงเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์เพื่อลดต้นทุนและพลังงานสำหรับการผลิตแผ่นยิปซัม และปรับปรุงคุณสมบัติของแผ่นยิปซัมให้มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับใบต้นข้าวโพด สร้างและส่งเสริมรายได้ของเกษตรกรวิสาหกิจชุมชน ตลอดจนเป็นการพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยต้นข้าวโพดที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

2) เพื่อทดสอบคุณสมบัติของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยต้นข้าวโพด

3) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยต้นข้าวโพด

4) เพื่อเพิ่มมูลค่าและหาแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ให้กับใบต้นข้าวโพด

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบต้นข้าวโพด ทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก.219) เรื่องแผ่นยิปซัม(สมอ., 2552) และมาตรฐาน ASTM C177 เรื่องการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ASTM, 2012)

2) ใช้ผงยิปซัม เป็นวัสดุเชื่อมประสาน

3) ใช้ใบต้นข้าวโพด จากเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคกลาง ย่อยให้มีความยาวไม่เกิน 5 เซนติเมตร และร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4เป็นเส้นใยเสริมแรง

4) ใช้แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)เป็นสารเร่งการก่อตัว (ถ้าการก่อตัวช้ากว่า 12 ชั่วโมง)

5) ใช้แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) และ/หรือไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(Na_2HPO_4)เป็นสารหน่วงไฟ **<u>(ปีที่ 2)</u>**

6) ใช้กระดาษเหนียวสำหรับผลิตแผ่นยิปซัมเป็นแผ่นเสริมความแข็งแรงและตกแต่งพื้นผิว และใช้กระดาษเหนียวแบบทนไฟสำหรับผลิตแผ่นยิปซัมทนไฟ <u>(ปีที่ 2)</u>

7) ใช้แบบหล่อขนาด 60 x 120 x 1.5 เซนติเมตร พร้อมชุดอุปกรณ์ให้แรงอัด ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ สำหรับทดสอบใช้งานจริง

8) ขึ้นรูปแผ่นยิปซัมขนาด 60x 60เซนติเมตรหนาไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

9) โครงการวิจัยนี้ เป็นโครงการวิจัยที่มีระยะเวลาดำเนินการวิจัย 2 ปี โดยในปีที่ 2 เป็นการต่อยอดผลงานวิจัยจากปีที่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบกระบวนการผลิตแผ่นยิปซัมประเภททั่วไปและประเภททนไฟผสมเส้นใยต้นข้าวโพด

2) ทราบคุณสมบัติของแผ่นยิปซัมประเภททั่วไปและประเภททนไฟผสมเส้นใยต้นข้าวโพด

3) ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผลิตแผ่นยิปซัมประเภททั่วไปและประเภททนไฟผสมเส้นใยต้นข้าวโพด

4) ได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททั่วไปและประเภททนไฟผสมเส้นใยต้นข้าวโพดเพื่อนำไปพัฒนาใช้ในเชิงพาณิชย์

5) ใบต้นข้าวโพดมีมูลค่าและหาแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้น

6) เขียนบทความเผยแพร่ในวารสารวิชาการที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในสาขาวิชา ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

7) เข้าร่วมบรรยายในงานประชุมสัมมนาของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

8) สามารถสร้างความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และองค์กรการปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ในการบูรณาการงานวิจัยร่วมกันตามยุทธศาสตร์ของประเทศ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดสำหรับใช้ในอาคารประหยัดพลังงานสามารถใช้งานจริงในแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสม โดยมีรายละเอียดทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดในด้านการอนุรักษ์พลังงาน คุณสมบัติทางกายภายและเชิงกล ความแข็งแรง มาตรฐานของวัสดุและผลิตภัณฑ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ความหมายของแผ่นยิปซัม

แผ่นยิปซัม (gypsum board) หมายถึง แผ่นซึ่งประกอบด้วยปูนยิปซัมเป็นส่วนใหญ่ ใช้เป็นไส้กลางระหว่างกระดาษเหนียวผิวเรียบหรือวัสดุผิวเรียบทั้งสองด้าน และ/หรืออาจมีวัสดุเพิ่มคุณภาพเคลือบผิวด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้าน ไสกลางอาจตันหรือพรุน(cellular) และอาจผสมด้วยเส้นใยหรือวัสดุเพิ่มคุณภาพอื่นที่ปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม มีการควบคุมคุณภาพด้วยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.219 เรื่องแผ่นยิปซัม (สมอ., 2552)

2.2 ประเภทของแผ่นยิปซัม

แผ่นยิปซัม เป็นวัสดุแผ่นเรียบเหมาะสำหรับใช้ทำฝ้าเพดาน และฝาผนังของอาคารทุกชนิด เพราะไมเพียงแต่จะเป็นวัสดุแผ่นเรียบที่สวยงามง่ายต่อการตกแต่ง กันร้อน กันเสียง กันไฟ ไมยืดหดตัว ติดตั้งดัดแปลงแกไขง่าย ประหยัด และไม่เป็นพิษ เมื่อเกิดไฟเผาด้วยอุณหภูมิสูงจะไมเกิดพิษที่เป็นอันตรายต่อชีวิต แบงออกเป็นประเภทต่างๆ ที่สำคัญได้แก่

2.2.1 แผ่นยิปซัมมาตรฐาน ใช้สำหรับงานฝ้าเพดานและฝาผนังทั่วไป เหมาะสำหรับงานฝ้าเพดานที่เน้นการตกแต่ง เรียบเนียน สวยงาม ทันสมัย สามารถทำเป็นฝ้าหลบมุม ฝงดวงไฟ งานผนังภายในที่ต้องการความแข็งแรง น้ำหนักเบา ช่วยประหยัดงานโครงสร้างและฐานราก

2.2.2 แผ่นยิปซัมทนชื้น ใช้ในบริเวณที่มีความชื้นสูง เช่น ฝาเพดานห้องน้ำ หองครัว ชายคา และโรงรถ ผนังห้องน้ำบริเวณแหง โดยบุกระเบื้องทับผิวแผ่นยิปซัมทนชื้นร่วมกับระบบกันซึม

2.2.3 แผ่นยิปซัมป้องกันความร้อน ใช้ในบริเวณฝ้าเพดานส่วนที่ติดหลังคา ห้องใต้ชั้นดาดฟ้า และกรุผนังด้านในเพื่อช่วยสะท้อนรังสีความร้อน และป้องกันหยดน้ำซึมจากการควบแน่นของไอน้ำในอากาศ

2.2.4 แผ่นยิปซัมทนไฟ ใช้สำหรับทำระบบป้องกันไฟ ตั้งแต่1/2 - 4 ชั่วโมง เช่น ผนังภายในอาคารสูง อาคารสำนักงาน โรงแรม ทางหนีไฟ ชองลิฟต์ และใช้หุ้มโครงสร้างเหล็กและบริเวณที่ต้องการอัตราการทนไฟสูง

นอกจากนี้แผ่นยิปซัมไดพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เหมาะตามลักษณะการใช้และความต้องการของลูกค้า เช่น แผ่นยิปซัมทนกระแทก แผ่นยิปซัมกันเสียง แผ่นยิปซัมดูดซับเสียง เป็นต้น แต่สำหรับมาตรฐาน มอก.219 เรื่องแผ่นยิปซัม ได้กำหนดประเภทของแผ่นยิปซัมไว้เพียง 3 ประเภท คือ ประเภททั่วไป ประเภททนความชื้น และประเภททนไฟ ซึ่งแต่ละประเภทจะแบ่งออกเป็นอีก 2 ชนิด คือ ชนิดขอบเรียบ และชนิดขอบลาด (สมอ., 2552)

2.3 วัตถุดิบในการผลิตแผ่นยิปซัม

วัตถุดิบหลักมากกว่า ร้อยละ 95 ที่ใช้ในการผลิตแผ่นยิปซัม คือ แรยิปซัม และกระดาษเหนียว โดยซื้อจากผู้ผลิตภายในประเทศ สวนประกอบอื่น เช่น เส้นใยแก้ว สารปรุงแต่ง (additives) ซื้อจากผู้ผลิตภายในประเทศและต่างประเทศ

2.3.1 แรยิปซัม สูตรทางเคมี คือ (calcium sulfate di-hydrate) ($CaSO_4.2H_2O$) ซึ่งประกอบด้วย Calcium sulfate มีน้ำอยู่ด้วย 2 molecules มีค่าความหนาแน่น 2.32 มีค่าความแข็ง (hardness) = 2 (moths scale of hardness) เป็นแร่ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (natural gypsum) เมื่อน้ำทะเลไดรับความร้อนเกิดการระเหยมีแรยิปซัมตกผลึก เป็นอันดับแรก แรยิปซัมพบอยู่ทั่วไปในหินชั้นบางครั้งพบเป็นชั้นหนามาก แรยิปซัมพบกระจัดกระจายอยู่ในทุกภาคของประเทศไทย และแหล่งที่พบเป็น ชั้นหนามาก มีการเปิดทำเหมืองแลว ไดแก จังหวัดพิจิตร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปัจจุบันไดมีการนำแรยิปซัมสังเคราะห (synthetic gypsum) เข้ามาร่วมใช้ในการผลิตแผ่นยิปซัมเพื่อเป็นการอนุรักษ์ปริมาณสำรองแรยิปซัมธรรมชาติ และเป็นการลดมลภาวะสิ่งแวดล้อม

2.3.2 แรยิปซัมสังเคราะห (flue gas desulfurization gypsum, FGD gypsum) เป็นผลพลอยได (by product) จากโรงงานไฟฟ้า โดยการนำเอาก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (sulphurtrioxide : SO_3) ซึ่งเป็นก๊าซเสียที่ปล่อยสูบรรยากาศจากโรงงานไฟฟ้ามาผสม ทำปฏิกิริยากับหินปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate : $CaCO_3$) แลวจะไดผลพลอยไดเป็นแรยิปซัมสังเคราะห์ออกมา

2.3.3 กระดาษเหนียว (plasterboard liner) ใช้กระดาษเหนียวพิเศษ ประกอบเป็นผิวหน้าแผ่นยิปซัม กระดาษยิปซัมเป็นกระดาษที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นยิปซัม สำหรับงานก่อสร้าง แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ivory board และ grey board ใช้ประกบรองรับแผ่นยิปซัม ด้านหน้าและด้านหลัง ตามลำดับโดย ivory board จะมีความขาวของผิวหนา และความแข็งแรงที่ดีกวา grey board เนื่องจากเป็นด้านที่มองเห็นได กระดาษทำแผ่นยิปซัมที่มีคุณภาพจะต้องมีแรงทนทานต่อแรงดึงเป็นพิเศษและสามารถนำไปประกบเนื้อยิปซัมในกระบวนการผลิตแผ่นยิปซัมไดเป็นอย่างดี

2.3.4 สารผสม (Additives) ใช้ผสมลงไปในไสกลาง (core) ของแผ่นยิปซัม เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของแผ่นยิปซัม รวมทั้ง ควบคุมกระบวนการผลิตให้มีการใช้วัตถุดิบให้ประหยัดและลดการใช้พลังงาน เช่น เส้นใยแก้ว (glass fiber) แปง (modified startch) โฟม (foaming agent) สารกระจายส่วนผสม (dispersing agent) และสารควบคุมส่วนผสม (setting time agent) เป็นต้น

2.4 คุณลักษณะที่ต้องการของแผ่นยิปซัม

คุณลักษณะที่ต้องการของแผ่นยิปซัมตามมาตรฐาน มอก.219 เรื่องแผ่นยิปซัมประเภทต่าง ๆ (สมอ., 2552) สามารถสรุปได้ ดังนี้

1.4.1 แรงกดแตก (breaking load) ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แรงกดแตกที่ต้องการตามมาตรฐาน มอก.219 เรื่องแผ่นยิปซัม

ความหนาระบุ (มิลลิเมตร)	แรงกดแตก (นิวตัน)	
	ตามยาว	ตามขวาง
6	222	89
7	222	89
8	289	111
9	356	133
10	360	150
12	512	200
13	535	230
15	620	260
16	670	280
18	730	300
19	760	320
25	910	380

1.4.2 แรงต้านการดึงตะปู (nail pull resistance) ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แรงต้านการดึงตะปูที่ต้องการตามมาตรฐาน มอก.219 เรื่องแผ่นยิปซัม

ความหนาระบุ (มิลลิเมตร)	แรงต้านการดึงตะปู (นิวตัน)
6	180
7	200
8	220
9	270
10	300

ตารางที่ 2 แรงต้านการดึงตะปูที่ต้องการตามมาตรฐาน มอก.219 เรื่องแผ่นยิปซัม (ต่อ)

ความหนาระบุ (มิลลิเมตร)	แรงต้านการดึงตะปู (นิวตัน)
12	330
13	360
15	400
16	420
18	440
19	450
25	500

1.4.3 การแอ่นตัว (เฉพาะแผ่นยิปซัมความหนาตั้งแต่ 9 มิลลิเมตรขึ้นไป) ต้องไม่เกินกว่า 10 มิลลิเมตร

1.4.4 การดูดซึมน้ำ (เฉพาะแผ่นยิปซัมประเภททนความชื้น) ต้องไม่เกินกว่าร้อยละ 5 และการดูดซึมน้ำที่ผิวต้องไม่เกิน 160 กรัมต่อตารางเมตร

1.4.5 การทนไฟ (เฉพาะแผ่นยิปซัมประเภททนไฟ) ภายในเวลา 20 นาที จำนวนชิ้นทดสอบทั้งหมด 5 ชิ้น ต้องไม่มีชิ้นทดสอบใดขาดออกจากกัน และภายในเวลา 30 นาที ชิ้นทดสอบ 4 ใน 5 ชิ้นต้องไม่ขาดออกจากกัน

2.5 การติดตั้งใช้งานแผ่นยิปซัม

สำหรับวิธีการติดตั้งแผ่นยิปซัมสำหรับใช้งานภายในอาคาร สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1.5.1 แบบมีรอยต่อเป็นตารางย่อยโดยทั่วไปมีขนาด 60 x 60 ซม. ซึ่งโดยทั่วไปเรียกแบบนี้ว่าฝ้าทีบาร์ โดยใช้แผ่นยิปซัมชนิดขอบเรียบ (บริเวณขอบแผ่นจะเรียบต่อเนื่องโดยตลอดทั่วทั้งแผ่น)

1.5.2 แบบไม่มีรอยต่อจึงมองเห็นเป็นพื้นที่เรียบต่อเนื่องกันไป ซึ่งเรียกว่า ฝ้าฉาบเรียบ โดยใช้แผ่นยิปซัมชนิดขอบลาด (บริเวณขอบแผ่นจะเกิดรอยทางลาดลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 50 มิลลิเมตร ยาวตลอดขอบ)

การติดตั้งควรคำนึงถึงประเภทของพื้นที่ใช้งาน โดยหากมีความชื้นสูง เช่นบริเวณห้องน้ำ ควรใช้แผ่นยิปซัมชนิดทนความชื้นซึ่งจะมีการผสมสารเคมีป้องกันความชื้นห่อหุ้มผลึกยิปซัมไว้ทั่วเพื่อป้องกันการโค้งอ่อนตัวของแผ่น และหากต้องการให้ทนไฟควรเลือกแผ่นยิปซัมประเภททนไฟ

2.6 เส้นใยจากใบต้นข้าวโพด

เส้นใยจากใบต้นข้าวโพด เป็นเส้นใยธรรมชาติจากพืช ซึ่งเป็นหนึ่งในเส้นใยธรรมชาติจากทั้งหมด3 กลุ่มคือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน และ

เส้นใยแร่โลหะเส้นใยจากใบต้นข้าวโพด เป็นเส้นใยเซลลูโลสหรือก็คือคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_x$โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย กล่าวคือในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดจากหน่วยโมเลกุลซ้ำ (repeat units) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลโลไบโอส (cellobiose) เกิดจากบีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำหรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85 – 95 % และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง จากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติดังกล่าว จะเห็นได้ว่าเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบของแผ่นฝ้ายิปซัมได้ดี

2.7 สารหน่วงไฟ

สารหน่วงไฟเป็นสารเคมีผสมเพิ่มที่เติมลงในวัสดุต่างๆ เพื่อลดการติดหรือการลุกลามของไฟในวัสดุ (โสภณ และคณะ, 2537) ซึ่งสารเคมีดังกล่าวจะทำหน้าที่ ดังนี้

1.7.1 เป็นแหล่งรับความร้อนเมื่อเติมสารที่ไม่ติดไฟลงไป โดยจะไปลดการติดไฟและอัตราการลุกไหม้

1.7.2 เป็นแหล่งรวมของพลังงานและทำให้แก๊สที่สามารถติดไฟได้เจือจางลง เมื่อเติมสารที่ซึ่งสลายตัวด้วยความร้อน แล้วให้สารที่ไม่ติดไฟ เช่น น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

1.7.3 เป็นการปรับปรุงกระบวนการเผาไหม้ โดยการเติมสารหน่วงไฟ เช่น สารที่มีฮาร์โลเจนเป็นองค์ประกอบ สารฮาร์โลเจนนี้ จะไปทำปฏิกิริยากับโพลีเมอร์ หรือให้แก๊สที่สลายตัวให้อนุมูลเสรี

1.7.5 ทำให้เกิดเถ้าถ่านโดยการเติมสารเติมแต่งลงไป

2.8 ชนิดของสารหน่วงไฟ

สำหรับชนิดสารหน่วงไฟที่นิยมใช้ทั่วไป (โสภณ และคณะ, 2537) สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

1.8.1 สารหน่วงไฟประเภทอนินทรีย์ (inorganics) เมื่อเกิดการเผาไหม้ จะได้น้ำออกมาลดอุณหภูมิของเปลวไฟ ที่ใช้กันมากคือ อะลูมินา ไทรไฮเดรท และแอนทิโมนี ออกไซด์ เช่น อะลูมินา ไทรไฮเดรท จะสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 250 องศาเซลเซียส เมื่อสลายตัวจะให้น้ำและอะลูมินา น้ำที่ได้จะมีปริมาณ ร้อยละ 35 ของน้ำหนัก ซึ่งจะดูดความร้อนให้เปลวไฟเย็นตัวลง นอกจากนั้น ยังไปทำให้แก๊สที่สามารถติดไฟได้และออกซิเจนเจือจางลง

1.8.2 สารหน่วงไฟประเภทนินทรีย์ ชนิด nonreactive (nonreactive organics) เป็นประเภท ที่ไปยับยั้งการสร้างอนุมูลเสรีในเปลวไฟ เช่น ฟอสฟอรัสจะไปหน่วงไฟในวัฏภาคของแข็ง โดยจะไปลดปริมาณแก๊สที่ติดไฟและทำให้เกิดเถ้ามากขึ้น

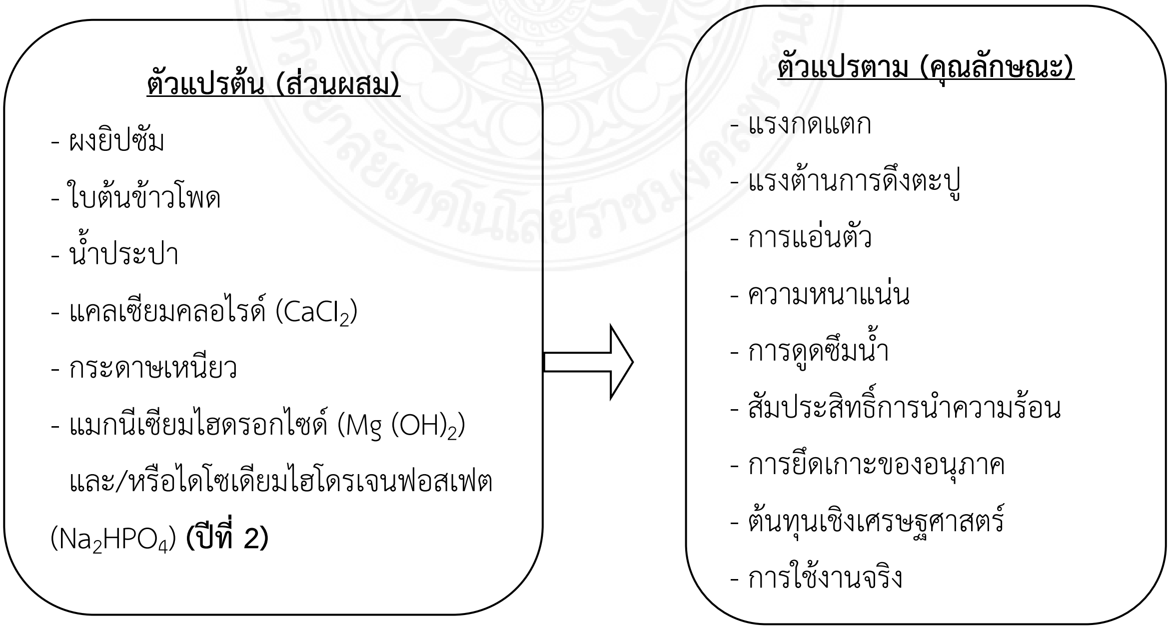
1.8.3 สารหน่วงไฟประเภทนินทรีย์ ชนิด reactive (reactive organics) สารประเภทนี้ สามารถลดการหลุดไปของสารเติมแต่งและลดการสูญเสียความสามารถในการหน่วงไฟขณะใช้งาน แต่สารชนิดนี้จะมีราคาแพงกว่าสารพวก nonreactive สารหน่วงไฟเหล่านี้ ได้แก่ สารจำพวกคลอรีน โบรมีน และฟอสฟอรัส ซึ่งกลไกการหน่วงจะเกิดขึ้นเช่นเดียวกับสาร nonreactive

2.9 สารหน่วงไฟประเภทอนินทรีย์

สารหน่วงไฟประเภทอนินทรีย์นิยมนำมาใช้เนื่องจากสลายตัวที่อุณหภูมิ 150–400 องศาเซลเซียส (Troizsch, 1990) สารเหล่านี้ ได้แก่ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ซึ่งเป็นสารที่เมื่อได้รับความร้อนดูดพลังงานไว้ได้มากก่อนสลายตัวให้น้ำและแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เป็นสารที่ไม่เป็นพิษ (Sain, et al.,2004) กรดบอริก (H_3BO_3) นอกจากใช้เป็นสารกำจัดแมลงสาบแล้วยังเป็นสารหน่วงไฟที่นิยมใช้กับไม้หรือวัสดุที่มีไม้เป็นองค์ประกอบโดยใช้หลักการอินทูเมสเซนส์ (intumescence)กล่าวคือเมื่อได้รับความร้อนสามารถทำให้เกิดชั้นชาร์บนผิวของวัสดุที่ติดไฟจึงป้องกันความร้อนจากแหล่งความร้อนสู่วัตถุทั้งยังสลายให้น้ำซึ่งเป็นตัวช่วยระบายความร้อนอีกด้วย (Horrocks&Price, 2001, Qing et al., 2004) ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(Na_2HPO_4) หน่วงการติดไฟโดยใช้หลักการอินทูเมสเซนส์เช่นเดียวกับ H_3BO_3 (Troizsch, 1990)

2.10 กรอบแนวความคิด

จากทฤษฎีและสมมติฐานสามารถกรอบแนวความคิดของการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดสำหรับใช้ในอาคารประหยัดพลังงานได้ คือ ส่วนผสม (ตัวแปรต้น) มีผลต่อคุณลักษณะของแผ่นยิปซัมของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องแผ่นยิปซัม (มอก.219) (สมอ., 2552) ทั้งประเภททั่วไป (ปีที่ 1) และประเภททนไฟ (ปีที่ 2) ดังสรุปได้ ดังนี้



รูปที่ 2.1 กรอบแนวความคิดของโครงการ

2.11 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดสำหรับใช้ในอาคารประหยัดพลังงาน สามารถรวบรวมมาพอสังเขปได้ ดังนี้

ธนัญชัย ปคุณวรกิจและคณะ (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรระหว่างฉนวนที่ผลิตจากซังข้าวโพดกับฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลังในระดับความหนาแน่นที่ต่างกัน เพื่อหาความหนาแน่นที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก โดยฉนวนต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 200กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10มิลลิเมตร จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.059 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในให้ต่ำลงประมาณ 2.3 องศาเซลเซียส จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นฉนวนอาคาร โดยเฉพาะบ้านเรือนในชนบท เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและใช้วัสดุในท้องถิ่นนอกจากนี้เมื่อนำแผ่นที่ทำจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 800กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10มิลลิเมตร มาทำแผ่นผนังภายในแทนการใช้ไม้อัด พบว่าสามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าไม้อัด 3.03 องศาเซลเซียส และมีต้นทุนวัสดุที่ถูกกว่ามากอย่างไรก็ตาม ฉนวนและแผ่นผนังที่ทำจากต้นมันสำปะหลังยังต้องได้รับการพัฒนาในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพการป้องกันแมลง การควบคุมการผลิต รวมไปถึงการพัฒนาจากการศึกษาวิจัยไปสู่การใช้งานจริง

กมล กาญจนรุจี และคณะ (2552) ได้ทดลองนำโฟมชนิดโพลีสไตรีน ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุน มีน้ำหนักเบา และราคาถูก มาใช้ร่วมกับผนังยิปซัมบอร์ดเพื่อลดการรบกวนของเสียง การทดลองสร้างเป็นกลองเก็บเสียง จำนวน 2 กลอง ติดตั้งแหล่งกำเนิดเสียงในกลองเก็บเสียงกลองที่ 1 และติดตั้งไมโครโฟนมาตรฐานซึ่งมีความไวในการรับค่าคลื่นเสียง ในกลองเก็บเสียง กลองที่ 2 สวนผนังยิปซัมบอร์ดหนา 9มิลลิเมตร ขนาด 0.60เมตร x 0.60เมตร พร้อมโครงคร่าวเหล็กอาบสังกะสีขนาด 3 นิ้ว อยู่ตรงกลางระหว่างกลองเก็บเสียงที่ 1 และ 2 ทำการส่งคลื่นเสียงแบบ pink noise จากแหล่งกำเนิดเสียง ให้ผ่านผนังยิบซัมบอร์ดเข้าสู่เครื่องรับ ซึ่งเป็นไมค์มาตรฐานที่อยู่ในกลองเก็บเสียง กลองที่ 2 รับค่าคลื่นเสียงที่ได และตัวแปรที่นำมาใช้ทดลองประกอบไปด้วย โฟมที่ความหนา 1 นิ้ว 2 นิ้ว 3 นิ้ว โฟมเม็ด และ ฉนวนใยแก่ว ผลปรากฏว่า โฟมที่ความหนา 1 นิ้วจะสามารถป้องกันเสียงไดดีกว่าโฟมที่ความหนา 2 นิ้ว 3 นิ้ว โฟมเม็ดและฉนวนใยแกว และสัดส่วนของโฟมกับปริมาณอากาศในโครงคร่าวผนังจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง โดยสัดส่วนที่เหมาะสมคือ โฟม1 สวน ตอ อากาศ 2 สวน

มณเธียร โอทองคำ และคณะ (2552) ได้ศึกษาการใช้เศษฝุ่นฝ้ายมาเป็นวัสดุผสมในแผ่นยิปซัม โดยนำเศษฝุ่นฝ้ายจากโรงงานปั่นด้าย ทดลองผสมกับปูนยิปซัมในอัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนัก ตามลำดับ นำมาหล่อในแบบขนาด 300 x 400 x 9 ลูกบาศก์มิลลิเมตร และใช้ปริมาณน้ำที่ร้อยละ 77 ของน้ำหนักปูนยิปซัม จากนั้นนำมาทดสอบน้ำหนักแรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้าว ผลการทดสอบพบว่าแผ่นยิปซัมที่ไม่ได้ผสมเศษฝุ่นฝ้ายจะมีค่าแรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้าวผ่านตามเกณฑ์ มอก.219-2524 คือ 169.38นิวตัน และ 3.62 เมกาปาสกาล ส่วนแผ่นยิปซัมที่ผสมเศษ

ฝุ่นฝ้ายนั้นมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ทั้งค่าแรงกดประลัยและค่าโมดูลัสแตกร้าว แต่น้ำหนักจะมีค่าที่ลดลงเมื่อผสมเศษฝุ่นฝ้ายที่เพิ่มขึ้น จึงทดลองผสมสารยึดติด 2 ชนิด คือ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และพอลิไวนิลอาซีเตท (PVAc) ผลการทดลองที่เป็นที่ยอมรับตามเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว คือ แผ่นยิปซัมที่ใส่สารยึดติดชนิดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) โดยที่แผ่นยิปซัมที่มีส่วนผสมของเศษฝุ่นฝ้ายร้อยละ 10 และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ร้อยละ 6 ของปริมาณน้ำที่ใช้ได้ค่าแรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้าวผ่านตามเกณฑ์คือ 135.52นิวตัน และ 3.12 เมกาปาสกาล และน้ำหนักที่ได้มีค่าที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ 17 ของแผ่นยิปซัมที่ไม่ได้ผสมเศษฝุ่นฝ้าย เศษฝุ่นฝ้ายสามารถนำไปพัฒนาเพื่อการผลิตเป็นแผ่นยิปซัมสำหรับงานก่อสร้างในอนาคตต่อไป

ประชุม คำพุฒ และคณะ (2552) ศึกษาการใช้น้ำยางธรรมชาติ (น้ำยางข้น) มาผสมในกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ และฝ้าเพดานยิปซัม โดยกำหนดอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (หรือผงยิปซัม) เท่ากับ 0.000, 0.025, 0.050, 0.075และ 0.100 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนต่อน้ำต่อปูนซีเมนต์ (หรือผงยิปซัม) เท่ากับ 0.50 (รวมปริมาณน้ำในน้ำยางธรรมชาติ) และผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ ทำการหล่อมอร์ต้าร์สำหรับทดสอบสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐาน มอก.535-2540 และ มอก.219-2524 พบว่าเมื่อผสมน้ำยางธรรมชาติในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ ความต้านทานแรงอัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีแนวโน้มลดลง แต่ความต้านทานแรงดึง และความต้านทานแรงดัด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่าการผสมปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่เหมาะสม มีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องหลังคาซีเมนต์ และฝ้าเพดานยิปซัม ให้มีสมบัติการป้องกันการดูดซึมน้ำและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีได้ต่อไป

วรวัฒน์แก่นจำปา และคณะ (2552) ได้ศึกษาแผ่นฝ้าเพดานยิปซัมที่ผสมกับเถ้าแกลบเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร โดยกำหนดปริมาณผงยิปซัมคงที่ เท่ากับ 4,000 กรัม ปริมาณน้ำรวมความชื้นในแกลบ เท่ากับ 3,500 กรัม และใส่เถ้าแกลบในปริมาณที่แตกต่างกันรวม 4 อัตราส่วน เท่ากับ 100, 200, 300 และ 400 กรัม และอัตราส่วนที่ไม่ผสมเถ้าแกลบอีก 1 อัตราส่วน รวมเป็น 5 อัตราส่วน ขึ้นรูปเป็นแผ่นฝ้าเพดานขนาด 550 x 550 x 9 ลูกบาศก์มิลลิเมตร แล้วทำการทดสอบค่าตามมาตรฐาน มอก. 219-2520 เรื่อง แผ่นยิปซัม โดยทำการตัดแผ่นฝ้าเพดานขนาด 300 x 400 x 9 ลูกบาศก์มิลลิเมตร มาทดสอบหาค่าของคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล คือ ความต้านทานแรงอัด ความหนาแน่น หาค่าความชื้นสัมพัทธ์และทำการทดสอบอุณหภูมิภายในห้องวัดอุณหภูมิจำลอง ตั้งแต่เวลา 06.00 ถึง 24.00 น. ที่แผ่นฝ้าเพดานยิปซัมผสมเถ้าแกลบทั้ง 4 อัตราส่วน เปรียบเทียบกับแผ่นฝ้าเพดานที่ไม่ผสมเถ้าแกลบ ปริมาณเถ้าแกลบที่เหมาะสมสามารถช่วยปรับปรุงขนาดคละของแผ่นฝ้าเพดานยิปซัมได้ โดยแผ่นฝ้าเพดานยิปซัมผสมเถ้าแกลบทั้ง 5 อัตราส่วน มีค่าของโมดูลัสแตกร้าวที่ 21 วัน ผ่านตามที่มาตรฐานที่กำหนด กล่าวคือ ตามยาวไม่ต่ำกว่า 8.0 เมกาปาสกาล และตามขวางไม่ต่ำกว่า 3.0 เมกาปาสกาล โดยแผ่นยิปซัมใส่ปริมาณเถ้าแกลบเท่ากับ 200 กรัม มีค่าโมดูลัสแตกร้าวสูงสุด รองลงมา คือ 300, 400, และ 100 กรัม ตามลำดับ และมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1123.9669, 1199.338, 1283.2896, 1321.3223 และ 1359.9491 ที่อัตราส่วนผสมเถ้าแกลบเท่ากับ 400, 0, 200, 300 และ 400 กรัม ตามลำดับ ส่วนการทดสอบอุณหภูมิในห้องวัดอุณหภูมิจำลองของแผ่นฝ้าเพดานยิปซัมผสมเถ้าแกลบที่อัตราส่วนทั้ง 4

อัตราส่วน มาทำการเปรียบเทียบกับแผ่นฝ้าเพดานยิปซัมที่ไม่ผสมเถ้าแกลบ พบว่า อุณหภูมิภายในห้องวัดอุณหภูมิจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน

สมชาย อินทะตา และคณะ (2553) ได้ศึกษากำลังอัด และกำลังดัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยเมื่อใช้ FGD ยิปซัมแทนที่ยิปซัมจากธรรมชาติในส่วนผสมปูนซีเมนต์ โดยใช้ส่วนผสมปูนเม็ดบดและ FGD ยิปซัมจากโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะที่เผาแคลไซน์ ในอัตราส่วนร้อยละ 4.5 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำเถ้าลอยไปแทนที่ปูนเม็ดบดที่ผสม FGD ยิปซัม ในอัตราส่วนร้อยละ 20 และ 40 โดยน้ำหนักวัสดุประสานจากการทดสอบกำลังอัดและกำลังดัดพบว่า คอนกรีตที่ใช้ปูนเม็ดบดผสมกับ FGD ยิปซัมเผาแคลไซน์ ให้กำลังสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และคอนกรีตที่ใช้ปูนเม็ดบดผสมกับ FGD ยิปซัมเผาแคลไซน์เมื่อแทนที่ด้วยเถ้าลอยทำให้กำลังลดลง ยกเว้นในการแทนที่ร้อยละ 20 ด้วยเถ้าลอยทำให้กำลังอัดสูงกว่าในช่วงอายุปลาย และมีกำลังอัดสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 105 ของคอนกรีตควบคุม นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ร้อยละกำลังรับแรงดัดต่อกำลังอัดของคอนกรีต ทุกการแทนที่ โดยมีค่าประมาณร้อยละ 7-5 จากผลการทดลองสรุปได้ว่า สามารถใช้เถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 20 แทนที่ในปูนซีเมนต์ที่ใช้ FGD ยิปซัมแทนยิปซัมธรรมชาติในส่วนผสมปูนซีเมนต์

มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์และคณะ (2553) ทำการศึกษาความสามารถหน่วงไฟของสารเคมี 3 ชนิด Na_2HPO_4, $Mg(OH)_2$และ H_3BO_3ที่ผสมในแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรเตรียมแผ่นใยไม้อัดจากการผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับโฟมพอลิสไตรีนเหลือทิ้งในอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีน 85/15 โดยน้ำหนักใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ร้อยละ 15 ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา10 นาทีผลการทดลองพบว่าแผ่นใยไม้อัดที่ไม่ผสมสารหน่วงไฟมีอัตราการเผาไหม้ 1.85 มิลลิเมตรต่อนาทีแผ่นใยไม้อัดที่มี $Mg(OH)_2$หรือ Na_2HPO_4สามารถหยุดการเผาไหม้ด้วยตนเองและแผ่นใยไม้อัดที่มี $Mg(OH)_2$ผสมกับ Na_2HPO_4ในปริมาณเท่ากันไม่เกิดการเผาไหม้มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดผสมสารหน่วงไฟเรียงลำดับดังนี้ $Mg(OH)_2$> $Mg(OH)_2$ผสมกับ Na_2HPO_4> Na_2HPO_4และสมบัติการพองตัวทางความหนาของแผ่นใยไม้อัดเรียงลำดับได้ดังนี้ Na_2HPO_4> $Mg(OH)_2$ผสมกับ Na_2HPO_4> $Mg(OH)_2$ไม่สามารถเตรียมแผ่นใยไม้อัดโดยใช้ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์กับเส้นใยที่มี H_3BO_3

ผกามาศ ชูสิทธิ์และภาณุเดช ขัดเงางาม (2557) ได้ศึกษาการใช้กากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพด เป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์: ทรายละเอียด: กากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพด: น้ำ: สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เท่ากับ 1: 0.2: 0.05: 0.3: 0.03 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนกากมะพร้าว: เส้นใยต้นข้าวโพด ทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ 0.0500: 0 (CN0), 0.0375: 0.0125 (CN25), 0.0250: 0.0250 (CN50), 0.0125: 0.0375 (CN75), และ0: 0.0500 (CN100) โดยน้ำหนัก ทำการปรับปรุงเส้นใยทั้งหมดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น ร้อยละ 12 โดยอัตราส่วนเส้นใยต่อสารละลาย เท่ากับ 1: 10 ต้มในระบบเปิดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 – 3 ชั่วโมง ขึ้นรูปโดยการอัดส่วนผสมลงในแบบหล่อที่อุณหภูมิปกติ (30 – 35 องศาเซลเซียส) ใช้ความหนาแน่น 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน CN75 เป็น

อัตราส่วนเหมาะสม สามารถผ่านมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง และมีสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และความฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

จากการทบทวนงานวิจัยดังกล่าว พบว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดสำหรับใช้ในอาคารประหยัดพลังงาน มีความเป็นไปได้สูงที่จะสำเร็จตามวัตถุประสงค์ โดยจะสามารถได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้งานได้จริงและเป็นที่ต้องการของหน่วยงานและบริษัทต่างๆ ได้

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

โครงการ“การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดสำหรับใช้ในอาคารประหยัดพลังงาน” เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติโดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินงานวิจัย

1) ใบต้นข้าวโพดย่อยให้มีความยาวไม่เกิน 5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ใบต้นข้าวโพดและตะแกรงเบอร์ 4

2) ผงยิปซัม ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ผงยิปซัม

3) แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl2) ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl2)

4) กระดาษเหนียว ประเภททนไฟหรือไม่ลามไฟ

5) ถังผสม

6) เครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เครื่องผสมคอนกรีต

7) เครื่องบดย่อยเส้นใย

8) ตะแกรงร่อน ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ตะแกรงร่อน

9) เครื่องชั่งน้ำหนักเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก

10) แบบหล่อ ขนาด 60 x 120 x 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 แบบหล่อ ขนาด 30 x 120 x 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

11) ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ

12) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

13) เครื่องทดสอบสภาพนำความร้อน

14) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM)

15) ชุดทดสอบการทนไฟ

16) เครื่องบดย่อยเส้นใย

16) อุปกรณ์วัดขนาด เช่นไมโครมิเตอร์ และเวอรเนียร์คาลิปเปอร์ ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 ไมโครมิเตอร์

3.2 การออกแบบอัตราส่วนผสม

การออกแบบส่วนผสมออกแบบอัตราส่วนผสมของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบต้นข้าวโพด ออกแบบอัตราส่วนผสม จำนวน 6 อัตราส่วน โดยทำการเพิ่มใบต้นข้าวโพด มากขึ้น จากอัตราส่วนผงยิปซัม ต่อใบต้นข้าวโพด เท่ากับ 1:0.100 ไปจนถึง 1:0.300 โดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 1ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ ดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบต้นข้าวโพดโดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ผงยิบซัม	ใบต้นข้าวโพด	น้ำประปา	สารเร่งการก่อตัว
M0	1	0	1	0.03
M100	1	0.100	1	0.03
M150	1	0.150	1	0.03
M200	1	0.200	1	0.03
M250	1	0.250	1	0.03
M300	1	0.300	1	0.03

3.3 การขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นยิปซัม

1) ย่อยและคัดขนาดใบต้นข้าวโพด ให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.72 มิลลิเมตร และความยาว 1 นิ้ว หรือ 2.54 เซนติเมตร

รูปที่ 3.9 ใบต้นข้าวโพดที่ย่อยและตะแกรงเบอร์ 4 ที่ใช้ร่อน

2) ผสมส่วนผสมตามอัตราส่วนผสมของแผ่นยิปซัมประเภททั่วไปผสมเส้นใยต้นข้าวโพด ประกอบด้วย ผงยิปซัม เส้นใยใบต้นข้าวโพด น้ำประปา แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl2) จำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน ซึ่งออกแบบไว้ทั้งสิ้น 6 อัตราส่วน โดยมีขั้นตอนตามลำดับในข้อถัดไป

อัตราส่วน	ผงยิบซัม	ใบต้นข้าวโพด	น้ำประปา	สารเร่งการก่อตัว
M0	1	0	1	0.03
M100	1	0.100	1	0.03
M150	1	0.150	1	0.03
M200	1	0.200	1	0.03
M250	1	0.250	1	0.03
M300	1	0.300	1	0.03

3) ชั่งส่วนผสมทั้งหมดตามที่ออกแบบ รูปที่ 3.10 รูปที่ 3.11 รูปที่ 3.12

รูปที่ 3.10 ชั่งส่วนผสม

4) ละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl2) เข้ากับน้ำประปาได้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 กัน ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12

รูปที่ 3.11 การชั่งน้ำหนักแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl2) สำหรับเตรียมสารละลาย

รูปที่ 3.12 การผสมสารโซเดียมซิลิเกตเข้ากับน้ำประปา

5) ผสมผงยิปซัมและใยใบต้นข้าวโพด ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีตแล้วทยอยเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์(กรณีที่ไม่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ ให้ใช้น้ำประปา) ทำการผสมจนส่วนผสมเข้ากันทั้งหมด

รูปที่ 3.13 ผสมผงยิปซัมและใบต้นข้าวโพด

6) เตรียมแบบหล่อให้สะอาดพร้อมติดตั้งกระดาษเหนียวรองไว้ด้านล่าง

7) เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบจากนั้นติดตั้งกระดาษเหนียวไว้ด้านบน แล้วจึงทำการปาดแผ่นยิปซัม

รูปที่ 3.14 เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบแล้วจึงทำการปาดแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพด

8) บ่มแผ่นยิปซัมในอากาศเพื่อไล่น้ำส่วนเกินตามระยะเวลาที่กำหนดได้แก่ 7, 14, 21 และ 28 วัน ก่อนนำไปทดสอบคุณลักษณะต่าง ๆ

รูปที่ 3.15 แผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพดที่บ่มในอากาศ

3.4 การทดสอบสมบัติ

ทดสอบแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพดที่มีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.219-2552 เรื่องแผ่นยิปซัม (สมอ., 2552) มาตรฐาน ASTM C 177 (ASTM, 2012) และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ตัวอย่างทดสอบ 5 ตัวอย่างต่ออัตราส่วนต่อการทดสอบ ประกอบด้วย

3.4.1 แรงกดแตก ที่อายุการบ่ม 28 วัน ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 การทดสอบแรงกดแตกของแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพด

3.4.2 การทดสอบแรงต้านทานการดึงตะปูของแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพด ดังรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 การทดสอบแรงต้านทานการดึงตะปูของแผ่นยิบซัมใบต้นข้าวโพด

3.4.3 การทดสอบการแอ่นตัวของแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน ดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 การทดสอบการแอ่นตัวของแผ่นยิบซัมใบต้นข้าวโพด

3.4.4 การดูดซึมน้ำแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน ดังรูปที่ 3.19 ดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.19 การแช่แผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพดในกล่องและชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 3.20 การอบแผ่นยิปซัมใบต้นข้าวโพดในตู้อบเพื่อทดสอบการดูดซึมน้ำ

3.4.5 ความหนาแน่น ที่อายุการบ่ม 28 วัน ดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 การทดสอบความหนาแน่นของแผ่นยิบซัมใบต้นข้าวโพด

3.4.6 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่อายุการบ่ม 28 วัน

รูปที่ 3.22 แผ่นยิบซัมใบต้นข้าวโพด

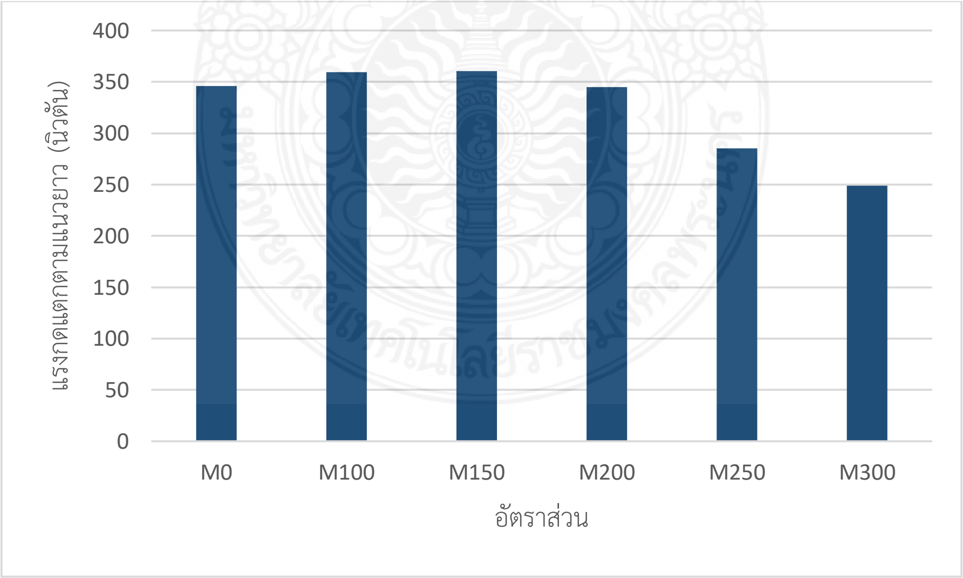
บทที่ 4

ผลการดำเนินการ

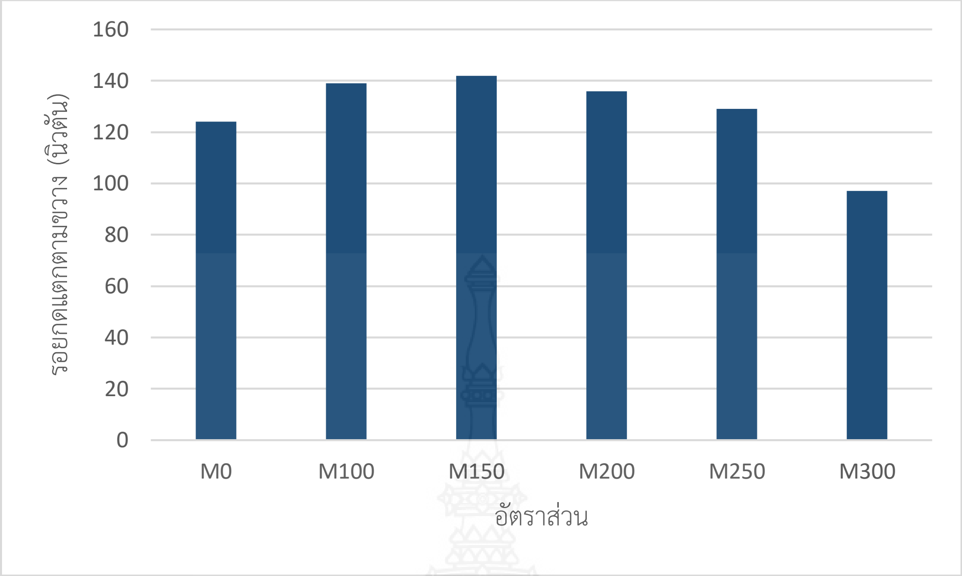
จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดที่มีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสำหรับชุมชนท้องถิ่น ตามมาตรฐาน มอก.219-2552 เรื่องแผนยิปซัม (สมอ., 2552) และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

4.1 แรงกดแตก

การทดสอบแรงกดแตกของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ทั้ง 6 อัตราส่วน ในแนวตามยาวและตามขวางนั้น สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

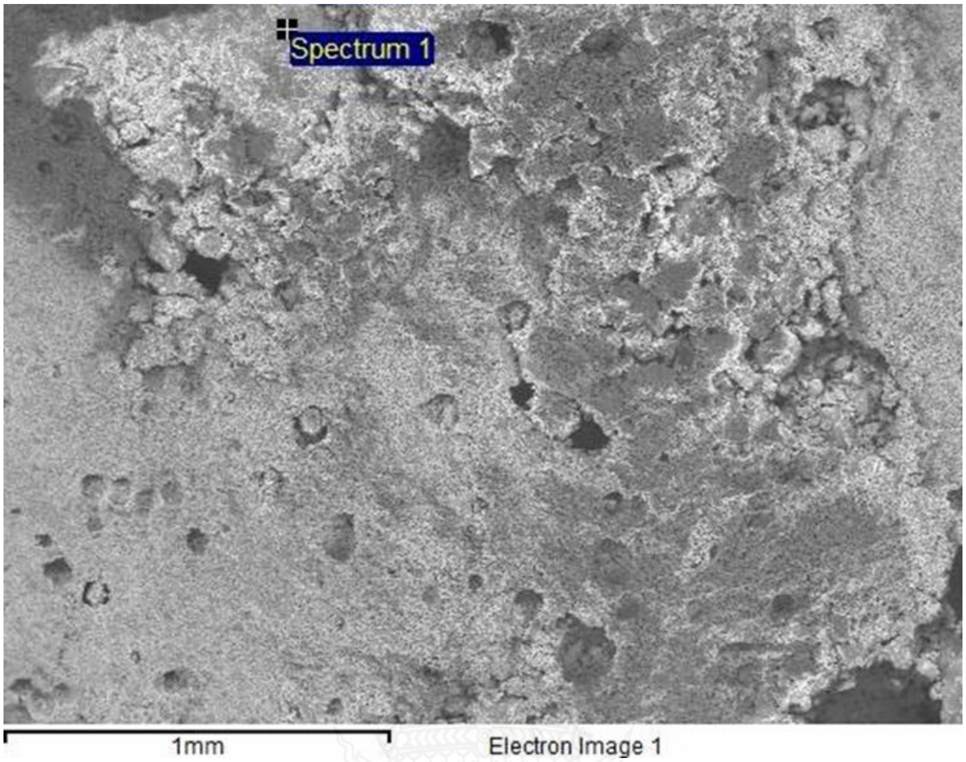


รูปที่ 4.1 แรงกดแตกตามยาวของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน

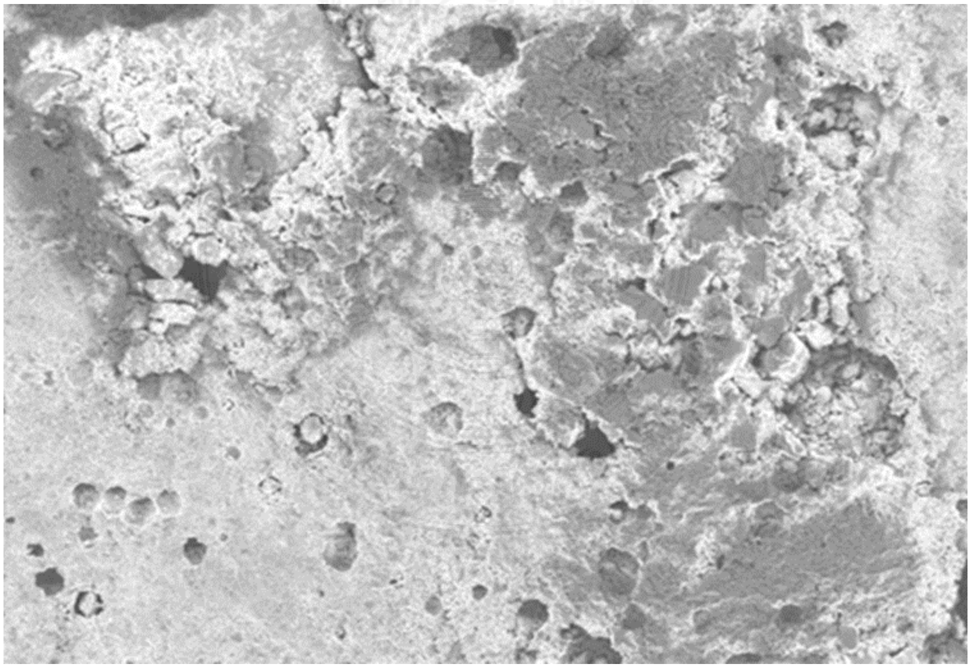


รูปที่ 4.2 แรงกดแตกตามขวางของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน

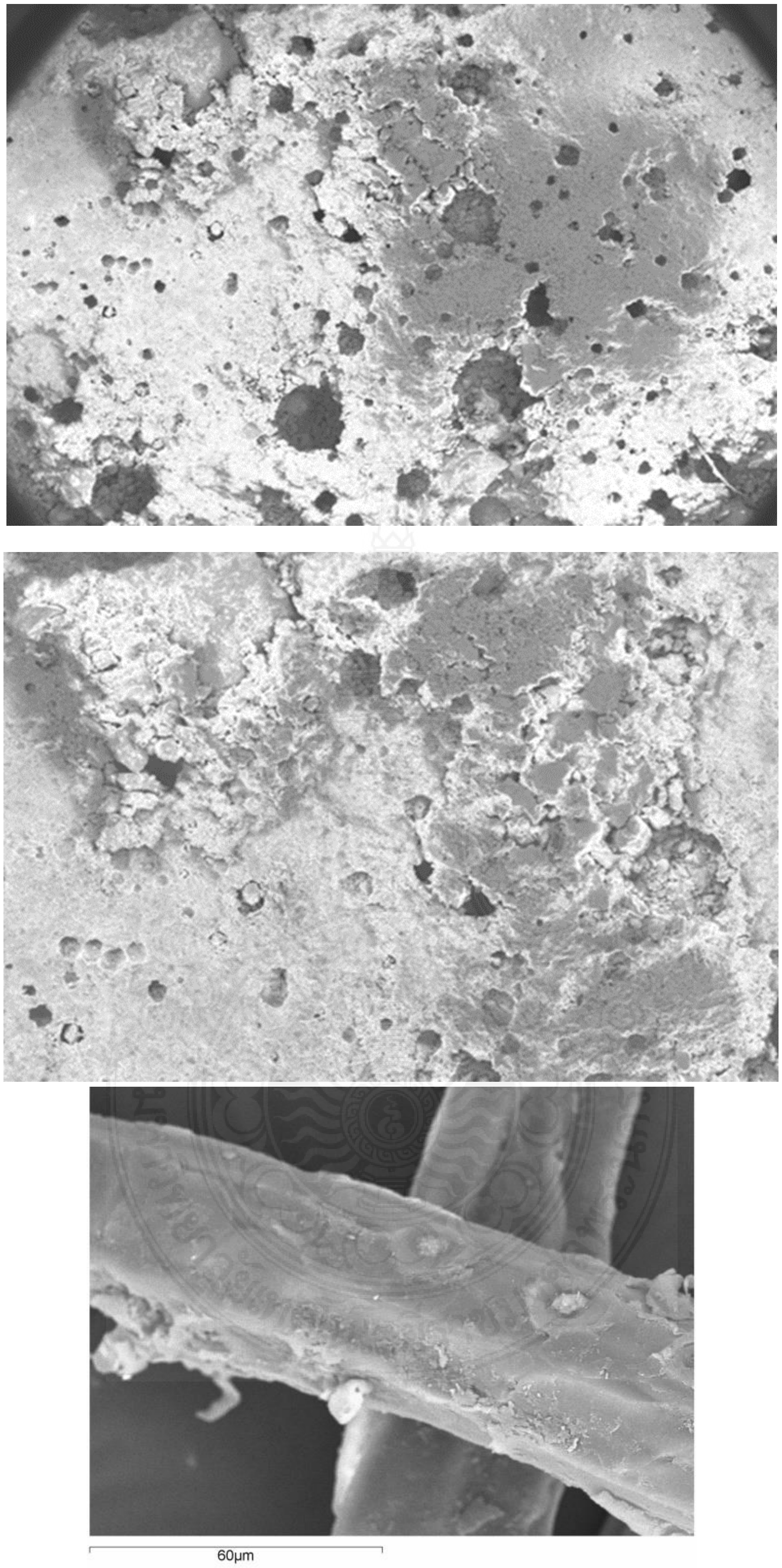
จากผลการทดสอบแรงกดแตกตามยาวและตามขวางในรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า ปริมาณของใบข้าวโพดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำมาผสมลงในแผ่นยิปซัมประเภททนไฟเพื่อเพิ่มความต้านทานแรงกดแตก คือ อัตราส่วนปูนยิปซัมปลาสเตอร์ต่อใบข้าวโพด เท่ากับ 1:0.150 หรืออัตราส่วน M150 รองลงมาคือ อัตราส่วน M100 อัตราส่วน M200 อัตราส่วน M0 อัตราส่วน M250 และอัตราส่วน M300 เป็นอัตราส่วนเหมาะสมน้อยที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากใบข้าวโพดเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มีความสามารถในการรับแรงดึงได้ดี ดังภาพขยายใบข้าวโพดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยายต่าง ๆ ในรูปที่ 4.3 ถึง 4.5 ทำให้เมื่อผสมลงในยิปซัมปลาสเตอร์แล้ว จะสามารถช่วยพัฒนาคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงดึง ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของแรงกดแตกทั้งตามยาวและตามขวางได้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มใบข้าวโพดในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้ปริมาณปูนยิปซัมปลาสเตอร์น้อยเกินกว่าจะเชื่อมประสานใบข้าวโพดและส่วนผสมทั้งหมด ให้เป็นแผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่แข็งแรงได้ (ปริญญา และชัย, 2551) เมื่อเทียบผลการทดสอบดังกล่าวกับมาตรฐาน มอก.219-2552 เรื่องแผนยิปซัม (สมอ., 2552) ซึ่งกำหนดให้แรงกดตามยาว ต้องไม่น้อยกว่า 356 นิวตัน (ความหนาแผ่นยิปซัม 9 มิลลิเมตร) และแรงกดตามยาว ต้องไม่น้อยกว่า 133 นิวตัน (ความหนาแผ่นยิปซัม 9 มิลลิเมตร) พบว่า แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด อัตราส่วน M100 และ M150 เป็นอัตราส่วนเดียวที่ผ่านมาตรฐานดังกล่าวได้ โดยมีค่าแรงกดแตกตามยาว เท่ากับ 360.45 นิวตัน และแรงกดแตกตามขวาง เท่ากับ 141.09 นิวตัน



รูปที่ 4.3 ภาพขยายใบข้าวโพดที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 100 เท่า (SEM)



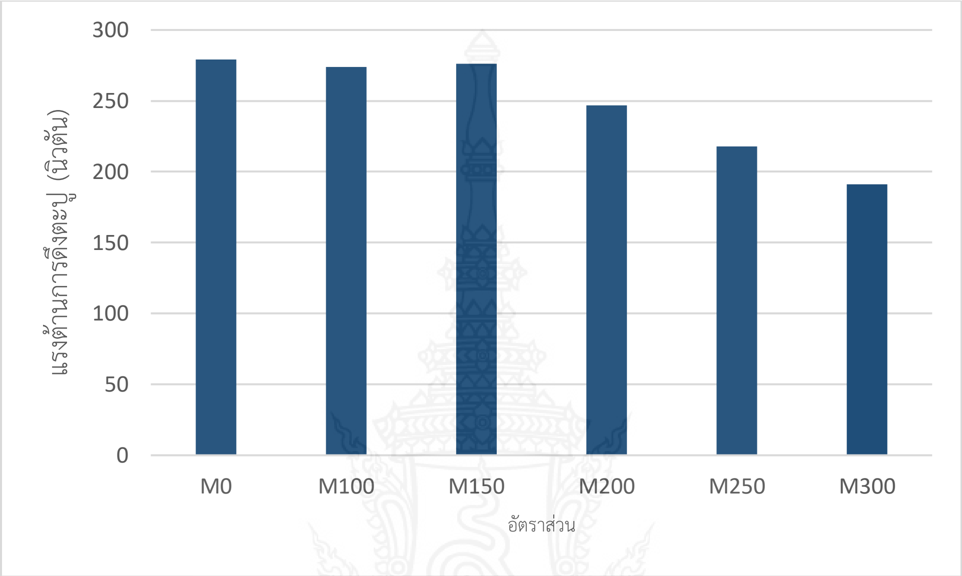
รูปที่ 4.4 ภาพขยายใบข้าวโพดที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)



รูปที่ 4.5 ภาพขยายเส้นใยที่ปะปนอยู่ในใบข้าวโพดที่ส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 1,000 เท่า(SEM)

4.2 แรงต้านทานการดึงตะปู

ผลการทดสอบแรงต้านทานการดึงตะปูของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.6

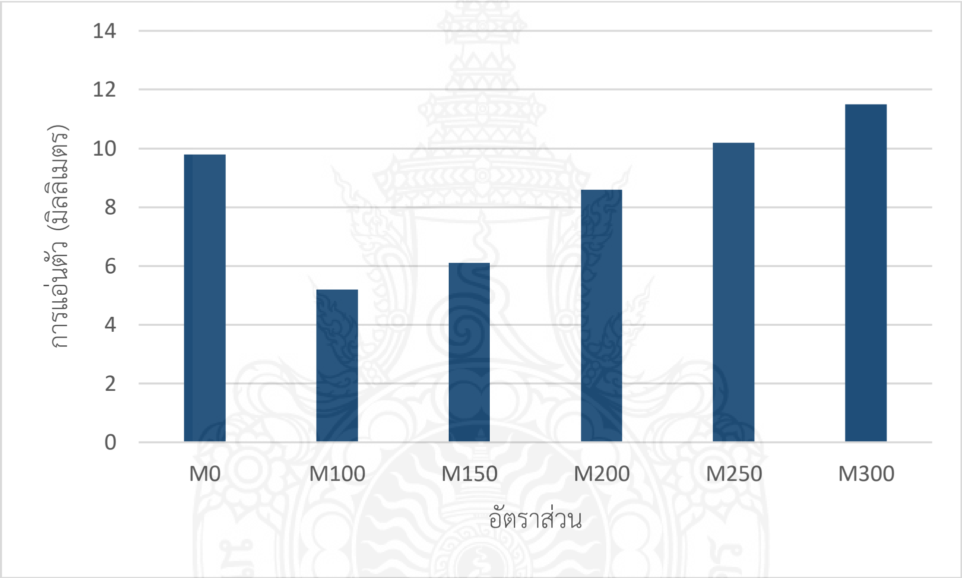


รูปที่ 4.6 แรงต้านทานการดึงตะปูของแผ่นยิปซัมผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน

มาตรฐาน มอก.219-2552 เรื่องแผนยิปซัม (สมอ., 2552) กำหนดให้แผ่นยิปซัมหรือแผ่นยิปซัมประเภททนไฟ ต้องรับแรงต้านทานการดึงตะปู ไม่ต่ำกว่า 270 นิวตัน (ความหนาแผ่นยิปซัม 9 มิลลิเมตร) ซึ่งจะช่วยให้แผ่นยิปซัมสามารถใช้งานได้หลากหลายและคงทน จากรูปที่ 4.6 พบว่า แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด อัตราส่วน M0, M100 และ M150 ทั้ง 3 อัตราส่วน สามารถผ่านมาตรฐานที่กำหนด โดยแผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่ไม่ผสมใบข้าวโพด จะสามารถรับแรงดึงตะปูได้มากที่สุด รองลงมาคือ แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด อัตราส่วน M100, M100, M200, M250 และ M300 เป็นอัตราส่วนที่รับแรงดึงตะปูได้น้อยที่สุด ทั้งนี้ เป็นผลมาจากใบข้าวโพดเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงและมีน้ำหนักเบา ทำให้เมื่อผสมลงในแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดแล้ว จะทำให้เนื้อของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟมีความหนาแน่นลดน้อยลง และมีแรงต้านทานการดึงตะปูที่ต่ำลง (Bledzki and Gassan, 1999)

4.3 การแอ่นตัว

ผลการทดสอบการแอ่นตัวของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟ ทั้งที่ผสมและไม่ผสมใบข้าวโพด ตามมาตรฐาน มอก.219-2552 เรื่องแผนยิปซัม (สมอ., 2552) สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.7



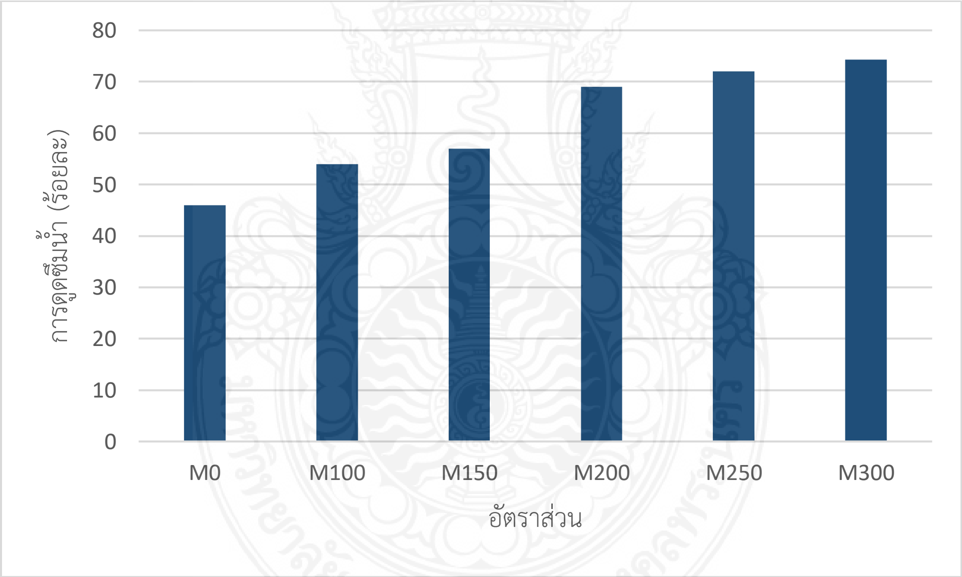
รูปที่ 4.7 การแอ่นตัวของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ผลการทดสอบการแอ่นตัวของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดในรูปที่ 4.7 พบว่า แผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่ผสมใบข้าวโพดในปริมาณน้อยหรือไม่มากจนเกินไป จะมีการแอ่นตัวที่ต่ำกว่าแผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่ไม่ผสมใบข้าวโพด และแผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่ผสมใบข้าวโพดมากกว่าอัตราส่วน M200 ขึ้นไป ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถในการรับแรงดึงของใบข้าวโพดที่ดี อย่างไรก็ตาม การผสมใบข้าวโพดลงในแผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่มากเกินไป จะทำให้ความสามารถในการเชื่อมประสานของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟลดลง และมี

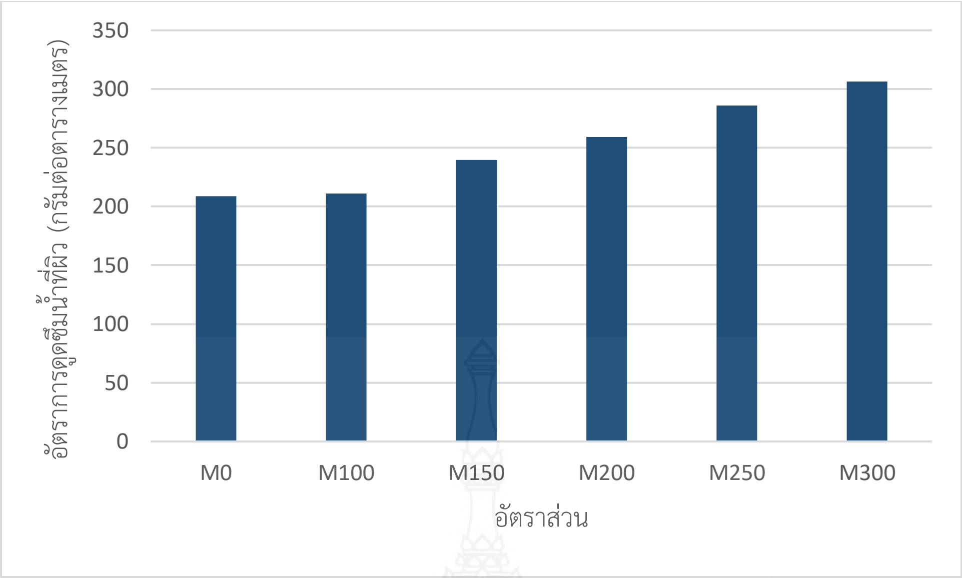
การแอ่นตัวที่มากขึ้น เช่นเดียวกับผลการทดสอบแรงกดแตกและแรงต้านทานการดึงตะปูของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด (ปริญญา และชัย, 2551) ทั้งนี้ ตามมาตรฐาน มอก.219-2552 เรื่องแผนยิปซัม (สมอ., 2552) กำหนดให้การแอ่นตัวของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ความหนา 9 มิลลิเมตร ต้องมีการแอ่นตัวไม่เกิน 10 มิลลิเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า มีเพียงแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดอัตราส่วน M250 และ M300 เท่านั้นที่ไม่ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

4.4 การดูดซึมน้ำ

จากการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำและอัตราการดูดซึมน้ำที่ผิวของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.8 การดูดซึมน้ำของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน

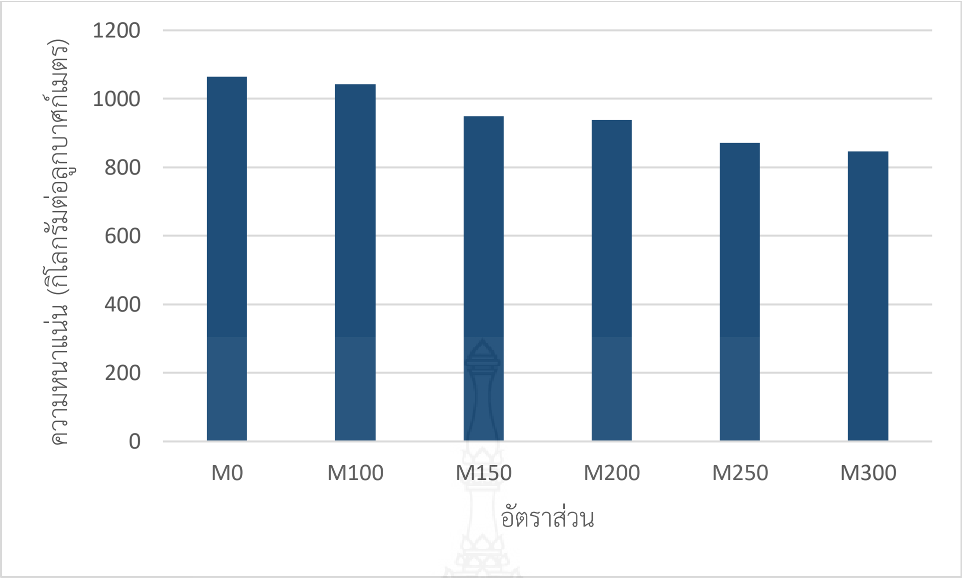


รูปที่ 4.9 อัตราการดูดซึมน้ำที่ผิวของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากลักษณะของใบข้าวโพดที่มีช่องว่างในเนื้อค่อนข้างมาก เมื่อผสมลงในแผ่นยิปซัมประเภททนไฟจึงทำให้มีผลต่อพฤติกรรมการดูดซึมน้ำของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดที่เพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 โดยแผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่ไม่ผสมใบข้าวโพดเป็นอัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด รองลงมาคือ แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดอัตราส่วน M100, M100, M200, M250 และ M300 เป็นอัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำสูงที่สุด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำที่เกิดขึ้นกับมาตรฐาน มอก.219-2552 เรื่องแผนยิปซัม (สมอ., 2552) พบว่า มาตรฐานดังกล่าวจะกำหนดให้แผ่นยิปซัม เฉพาะประเภททนความชื้น ต้องมีค่าการดูดซึมน้ำ ไม่เกินร้อยละ 5 และอัตราการดูดซึมน้ำที่ผิว ไม่เกิน 160 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดทั้งหมดที่พัฒนาขึ้นมีค่าการดูดซึมน้ำและอัตราการดูดซึมน้ำที่ผิวเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยต่อไปจะมีการปรับปรุงค่าการดูดซึมน้ำให้น้อยลง และผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดที่พัฒนานี้ ยังคงสามารถผลิตเป็นแผ่นยิปซัมประเภททนไฟยิปซัมประเภทไม่ทนความชื้นตามมาตรฐานนี้ได้

4.5 ความหนาแน่น

สำหรับผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ทั้ง 6 อัตราส่วนสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.10

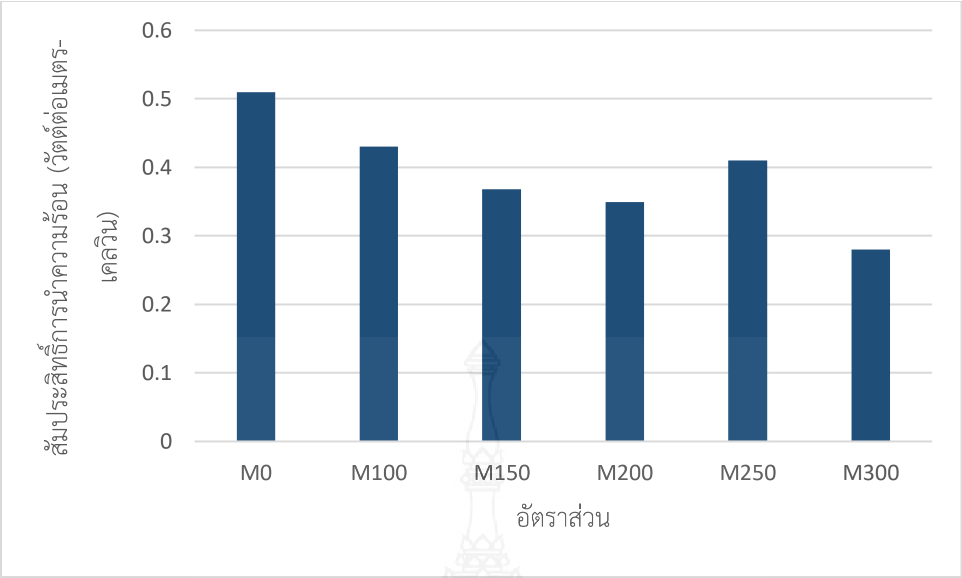


รูปที่ 4.10 ความหนาแน่นของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ผลกระทบของปริมาณใบข้าวโพดที่มีต่อความหนาแน่นของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟในรูปที่ 4.10 พบว่า นอกจากลักษณะช่องว่างของใบข้าวโพดจะมีผลต่อการดูดซึมน้ำแล้ว ยังมีผลต่อค่าความหนาแน่นของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟยิปซัมอีกด้วย โดยแผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่ไม่ผสมใบข้าวโพด (อัตราส่วน M0) จะมีความหนาแน่นสูงที่สุด เท่ากับ 1,064.20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพดอัตราส่วน M100 เท่ากับ 1,049.36 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, M100 เท่ากับ 943.22 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, M200 เท่ากับ 923.41 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, M250 เท่ากับ 881.04 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ M300 จะมีความหนาแน่นต่ำที่สุด เท่ากับ 846.91 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังเป็นผลมาจากค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุจำพวกเซลลูโลสของใบข้าวโพดที่มีค่าเพียง 0.6 (Faherty et al., 1995) ในขณะที่ยิปซัมปลาสเตอร์จะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่า

4.6 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

สัมประสิทธิ์การนำความร้อนเป็นการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการป้องกันความร้อนจากหลังคาเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งผลการทดสอบสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมใบข้าวโพด ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.11 พบว่า แผ่นยิปซัมประเภททนไฟที่มีปริมาณใบข้าวโพดมากที่สุด คือ อัตราส่วน M300 เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด เท่ากับ 0.292 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน รองลงมาคือ อัตราส่วน M250 เท่ากับ 0.321 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน อัตราส่วน M200 เท่ากับ 0.351 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน อัตราส่วน M100 เท่ากับ 0.386 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน อัตราส่วน M100 เท่ากับ 0.429 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน และอัตราส่วน M0 เท่ากับ 0.504 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน เป็นอัตราส่วนที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากลักษณะของใบข้าวโพดที่มีช่องว่างมาก จะส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดลง (ธนัญชัย และคณะ, 2549)

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการ “การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นยิปซัมประเภททนไฟผสมเส้นใยจากใบต้นข้าวโพดสำหรับใช้ในอาคารประหยัดพลังงาน” เป็นการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฝ้าเพดานชนิดใหม่จากเศษวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมการแปรรูปข้าวโพด ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

5.1 สรุปผล

ผลจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฝ้าเพดานใบข้าวโพดที่มีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ตามมาตรฐาน 219-2552 เรื่องแผ่นยิปซัม สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการผลิตแผ่นฝ้าเพดานผสมใบข้าวโพดสามารถขึ้นรูปได้ด้วยวิธีการหล่อขึ้นรูป โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแผ่นฝ้าเพดานผสมใบข้าวโพดที่ผ่านมาตรฐานดังกล่าว ประเภทไม่ทนความชื้น คือ อัตราส่วนปูนยิปซัมปลาสเตอร์ต่อใบข้าวโพดต่อน้ำประปาต่อสารโซเดียมซิลิเกต เท่ากับ 1: 0.150: 1: 0.03 โดยน้ำหนัก (อัตราส่วน M150) ซึ่งมีคุณสมบัติ ได้แก่ แรงกดแตกตามยาว 356 นิวตัน แรงกดแตกตามขวาง 141.09 นิวตัน แรงต้านการดึงตะปู 279.41 นิวตัน การแอ่นตัว 6.11 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 943.21 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.385 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรพัฒนาแผ่นฝ้าเพดานผสมใบข้าวโพดให้มีสมบัติผ่านมาตรฐาน มอก.219-2552 เรื่องแผ่นยิปซัม ประเภททนความชื้น และทนไฟ โดยการเพิ่มน้ำยางธรรมชาติและสารตัวเติมต่างๆ เข้าไป เพื่อให้ได้แผ่นฝ้าเพดานผสมใบข้าวโพดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงานได้

เอกสารอ้างอิง

กมล กาญจนรุจี โสภาพรรณ แสงศัพท์ และสิงหอินทรชูโต.2552. การใชโฟมร่วมกับผนังยิปซัมบอร์ดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 45. ระหว่างวันที่30 ม.ค. - 2 ก.พ. 2550 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

ประชุมคำพุฒสมเกียรติรุ่งทองใบสุรีย์สมพิศดีบุญโน และสุโรจน์ศรีสินหอม.2552. การพัฒนากระเบื้องหลังคาซีเมนต์และฝ้าเพดานโดยใช้ยางธรรมชาติเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2552.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

ผกามาศ ชูสิทธิ์และภาณุเดช ขัดเงางาม. 2557.การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจากกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด.เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6.ระหว่างวันที่ 23 - 25 กรกฎาคม2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์หันตรา. พระนครศรีอยุธยา.

มณเธียร โอทองคำ สุจิระ ขอจิตต์เมตต์และปิติศานต์ กร้ำมาตร.2552. การใช้เศษฝุ่นฝ้ายเป็นวัสดุผสมในแผ่นยิปซัม.วารสารสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ 7(1): 66 – 73.

มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ ทิพย์รัตน์ พิฑูรทัศน์ พนิดา พุทธชาดสมบัติ และรัชมาลิณี สุเริงฤทธิ์. 2553. สมบัติของแผ่นใยไม้อัดจากใยมะพร้าวกับโฟมพอลิสไตรีนผสมสารหน่วงไฟ. วารสารมหาวิทยาลัยบูรพา15(2): 57–66.

ราชกิจจานุเบกษา. 2558. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 5)พ.ศ.2558. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 132 ตอนที่82ก. ราชกิจจานุเบกษา. กรุงเทพฯ.

วรวัฒน์แก่นจำปาวรวุฒิเตชะพร้อมวุฒิสุทธิชัยวิโรจน์พงษ์พันธ์ชัยณรงค์รัตน์ และอนุชาจันทรา.2552. การศึกษาแผ่นฝ้าเพดานยิปซัมผสมเถ้าแกลบเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร.ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย.2556. แนวโน้มอสังหาริมทรัพย์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.kasikornresearch.com/th/k-econanalysis/pages/ViewSummary.aspx?docid=31781.

สมชาย อินทะตา, แสงทอง อินธิแสง, เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2553.กำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยเมื่อใช้ FGD ยิปซัมแทนยิปซัมจากธรรมชาติในส่วนผสมปูนซีเมนต์.<u>เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 6</u>.ระหว่างวันที่ 20 - 22 ตุลาคม 2553.ณ โรงแรม แกรนด์แปซิฟิคซอฟเฟอริน รีสอร์ทแอนด์สปา. เพชรบุรี.

โสภณ เริงสำราญ อมร เพชรสมและศิริพันธ์ สุขมาก. 2537. การใช้สารประกอบดีบุกอนินทรีย์เป็นสารหน่วยการติดไฟในลิยูรีเทน. <u>วารสารโลหะ วัสดุ และแร่ 4 (2)</u>: 31 – 42.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑอุตสาหกรรม (สมอ.), 2552.<u>มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นยิปซัม (มอก.219-2552)</u>,สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

American Society for Testing and Materials (ASTM). 2012. <u>Annual Book of ASTM Standards</u>. Philadelphia.

Horrocks, A.R.and Price, D. 2001. <u>Fire Retardant Material Institute of Natural Fibers.</u>Pozan. Poland.

Qing, W., Jain, L.and Jerrold, E.W. 2004. Chemicalmechanism of fire retardance of boric acid onwood. <u>Wood Science Technology 38</u>: 375 – 389.

Sain, M., Park, S.H., Sukara, F., & Law, S. (2004). flameretardant and mechanical properties of naturalfibre–PP composites containing Magnesiumhydroxide. <u>Polymer Degradation and Stability 83(2)</u>: 363 – 367.

Troizsch, H.J. (1990). Flame retardants.<u>Plastics Additives Handbook.</u> 3rd Edition. Munich Hanser Publishers.Munich.

.

ภาคผนวก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มอก.219–2552 เรื่องแผ่นยิปซัม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.219-2552

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๒๗๕ (พ.ศ. ๒๕๒๐)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นยิปซัม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นยิปซัม มาตรฐานเลขที่ มอก. ๒๑๙ – ๒๕๒๐ ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๑๘ เมษายน ๒๕๒๐

พลอากาศโท เพิ่ม ลิมปิสวัสดิ์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นยิปซัม

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ขนาด คุณลักษณะที่ต้องการ การทำเครื่องหมาย การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบ

1.2 มาตรฐานนี้กำหนดเฉพาะแผ่นยิปซัม สำหรับใช้ก่อสร้างภายในอาคาร (บริเวณที่ไม่ถูกน้ำ) เช่น ฝาผนัง และฝ้าเพดาน เป็นต้น

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นยิปซัม หมายถึง แผ่นซึ่งประกอบด้วยสารผสม มีปูนยิปซัม (gypsum plaster) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง มาตรฐานเลขที่ มอก. 188 – 2519 เป็นส่วนใหญ่ ใช้เป็นไส้กลางระหว่างกระดาษเหนียวผิวเรียบทั้งสองด้าน ไส้กลางนี้อาจจะตันหรือพรุน (cellular) และอาจจะผสมด้วยเส้นใยก็ได้

3. ขนาดและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

3.1 ขนาดและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของแผ่นยิปซัม ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

(ข้อ 3.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความหนา	ความยาว		
	600 ± 2.0	1 200 ± 2.0	2 400 ± 4.0
	ความกว้าง		
9 ± 0.5	600 ± 2.0	600 ± 2.0 1 200 ± 2.0	1 200 ± 2.0
12 ± 0.6	600 ± 2.0	600 ± 2.0 1 200 ± 2.0	1 200 ± 2.0

3.2 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้งสองด้านต้องไม่เกินร้อยละ 0.25 ของเส้นที่สั้น

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ค่าแรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้าว

ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 การทดสอบให้เป็นไปตามข้อ 7.2

ตารางที่ 2 แรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้าว

(ข้อ 4.1)

ความหนา มิลลิเมตร	แรงกดประลัย นิวตัน		โมดูลัสแตกร้าว เมกาปาสกาล	
	ตามยาว	ตามขวาง	ตามยาว	ตามขวาง
9	353	132	8.0	3.0
12	549	196	7.0	2.5

5. การทำเครื่องหมาย

5.1 แผ่นยิปซัมทุกแผ่นอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแสดงข้อความต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย และชัดเจน

(1) คำว่า "แผ่นยิปซัม"

(2) ชื่อผู้ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนแล้ว

(3) ขนาดกว้าง ยาว และความหนาระบุ เป็นมิลลิเมตร

(4) ข้อความหรือรหัสเกี่ยวกับ วัน เดือน ปี ที่ทำ

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้

5.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อ

ได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

6. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

6.1 **รุ่น** หมายถึง แผ่นยิปซัม ที่มีขนาดเดียวกันและทำในวันเดียวกัน

6.2 นอกจากจะมีการตกลงเป็นอย่างอื่น การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามกำหนดดังนี้

6.2.1 การชักตัวอย่าง

(1) ให้ชักตัวอย่าง แผ่นยิปซัม โดยวิธีสุ่ม ตามแผนการชักตัวอย่างในตารางที่ 3

(2) สำหรับขนาด 600 มิลลิเมตร × 600 มิลลิเมตร ให้เพิ่มขนาดตัวอย่างเพื่อทดสอบเป็น 2 เท่า

ตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่าง

(ข้อ 6.2.1)

ขนาดรุ่น แผ่น	ขนาดตัวอย่าง แผ่น		จำนวนชิ้นทดสอบ		เลขจำนวนที่ยอมรับ		เลขจำนวนที่ไม่ยอมรับ	
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่เกิน 500	8	8	16	16	0	1	2	2
501 ถึง 1 200	12	12	24	24	1	3	3	4
1 201 ถึง 3 000	20	20	40	40	2	4	4	5

6.3 เกณฑ์ตัดสิน

6.3.1 ถ้าชิ้นทดสอบกลุ่มที่ 1 ชิ้นใดชิ้นหนึ่งมีขนาดและ/หรือคุณลักษณะที่ต้องการต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเกินร้อยละ 10 ก็ไม่ให้ยอมรับผลิตภัณฑ์รุ่นนั้น แต่ถ้าแต่ละชิ้นมีขนาดและ/หรือคุณลักษณะที่ต้องการต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไม่เกินร้อยละ 10 การตัดสินให้เป็นไปตามกำหนดดังนี้

6.3.1.1 ถ้าชิ้นทดสอบกลุ่มที่ 1 บกพร่องเป็นจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับเลขจำนวนที่ยอมรับในสดมภ์ที่ 6 ก็ให้ยอมรับแผ่นยิปซัมรุ่นนั้นได้

6.3.1.2 ถ้าชิ้นทดสอบกลุ่มที่ 1 บกพร่องเป็นจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับเลขจำนวนที่ไม่ยอมรับในสดมภ์ที่ 8 ก็ไม่ให้ยอมรับแผ่นยิปซัมรุ่นนั้น

6.3.1.3 ถ้าชิ้นทดสอบกลุ่มที่ 1 บกพร่องเป็นจำนวนอยู่ระหว่างเลขจำนวนที่ยอมรับในตารางที่ 3 สดมภ์ที่ 6 กับเลขจำนวนที่ไม่ยอมรับในสดมภ์ที่ 8 ก็ให้ชักตัวอย่างแผ่นยิปซัมกลุ่มที่ 2 ตามสดมภ์ที่ 3 และตัดให้ได้ชิ้นทดสอบตามสดมภ์ที่ 5 แล้วนำมาทดสอบตามวิธีเดิม

6.3.1.4 ถ้าชิ้นทดสอบกลุ่มที่ 2 บกพร่อง เมื่อรวมกับกลุ่มที่ 1 จำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับเลขจำนวนที่ยอมรับในสดมภ์ที่ 7 ก็ให้ยอมรับแผ่นยิปซัมรุ่นนั้น แต่ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับเลขจำนวนที่ไม่ยอมรับในสดมภ์ที่ 9 ก็ไม่ให้ยอมรับแผ่นยิปซัมรุ่นนั้น

7. การทดสอบ

7.1 การวัดความหนา

7.1.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

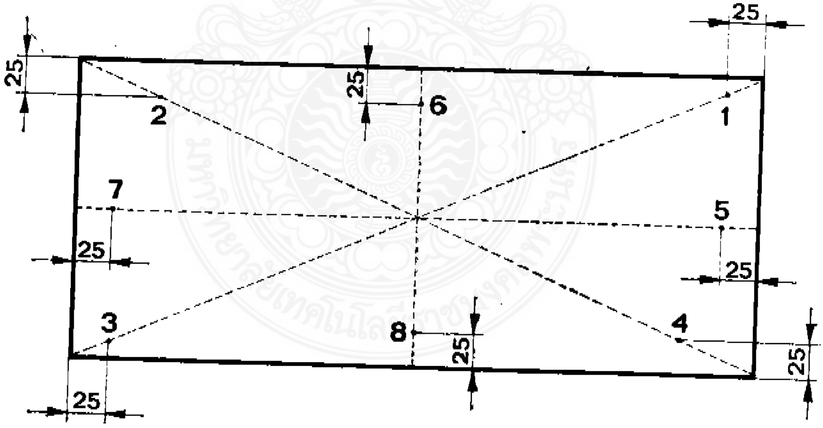
ให้นำแผ่นตัวอย่างที่ได้วัดความกว้าง ความยาวแล้ว มาตัดขนานกับแนวความยาวทั้งสองข้างของแผ่นห่างจากขอบ 75 มิลลิเมตร

7.1.2 เครื่องมือ

ใช้เครื่องมือวัดความหนาที่อ่านละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

7.1.3 วิธีวัด

7.1.3.1 ลากเส้นทแยงมุมและเส้นแบ่งครึ่งด้านตรงข้ามของชิ้นทดสอบตามข้อ 7.1.1. แล้วทำเครื่องหมายตำแหน่ง 1 ถึง 8 ไว้บนเส้นดังกล่าวโดยห่างจากขอบ 25 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 วัดความหนาที่ตำแหน่ง 1 ถึง 8 แล้วหาค่าเฉลี่ย



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 1 การวัดความหนา
(ข้อ 7.1.3.1)

7.2 แรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้าว

7.2.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

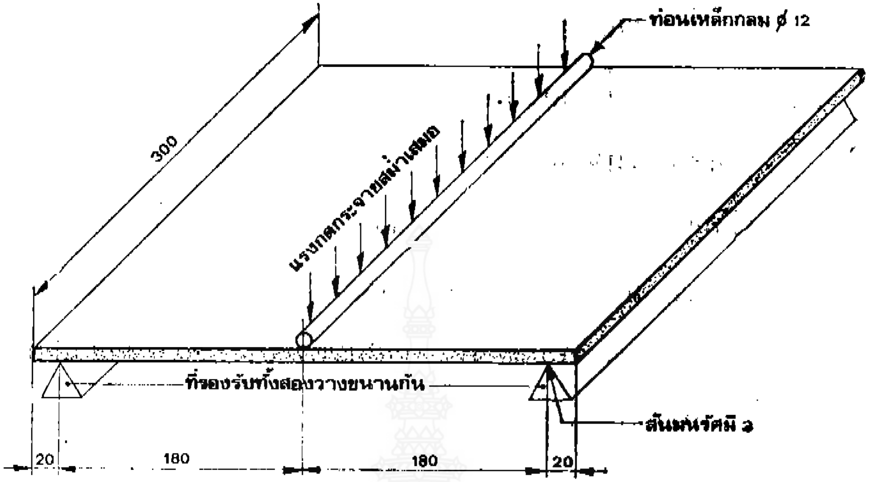
ให้ตัดชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 300 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร โดยตัดชิ้นทดสอบ 2 ชิ้นต่อหนึ่งแผ่นตัวอย่าง สำหรับแผ่นตัวอย่างขนาด 600 มิลลิเมตร × 600 มิลลิเมตร ให้ตัดชิ้นทดสอบ 2 ชิ้น จากแผ่นตัวอย่าง 2 แผ่น การตัดชิ้นทดสอบให้ตัดโดยมีด้านยาว 400 มิลลิเมตรของชิ้นหนึ่งขนานกับแนวยาวตามการทำแผ่นยิปซัม ส่วนด้านยาว 400 มิลลิเมตรของอีกชิ้นหนึ่งตั้งฉากกับแนวยาว

7.2.2 วิธีทดสอบ

7.2.2.1 วางชิ้นทดสอบลงบนจุดรองรับตามรูปที่ 2

7.2.2.2 กดน้ำหนักลงบนจุดกึ่งกลางของระยะช่วง 360 มิลลิเมตร น้ำหนักกดมีอัตราความเร็วสม่ำเสมอประมาณ 300 นิว-ตันต่อนาที (30 กิโลกรัมแรงต่อนาที)

7.2.2.3 บันทึกแรงกดประลัยที่ทำให้ชิ้นทดสอบหัก



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งการวางชิ้นทดสอบและน้ำหนักบรรทุกบนจุดรองรับ (ข้อ 7.2.2.1)

7.2.3 การคำนวณ

ให้คำนวณหาค่าโมดูลัสแตกร้าวตามสูตรดังนี้

$$M_R = \frac{3\,Wl}{2\,bd^2}$$

เมื่อ M_R คือ โมดูลัสแตกร้าว เป็นเมกาปาสกาล

W คือ แรงกดประลัย เป็นนิวตัน

l คือ ความยาวของระยะช่วง เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๐๙ (พ.ศ. ๒๕๒๒)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นยิปซัม (แก้ไขครั้งที่ ๑)

โดยที่เห็นเป็นการสมควรแก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นยิปซัม มาตรฐานเลขที่ มอก. ๒๑๙–๒๕๒๐

ฉะนั้น อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศแก้ไขประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒๗๕ (พ.ศ. ๒๕๒๐) ลงวันที่ ๑๘ เมษายน ๒๕๒๐ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นยิปซัม ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๙๔ ตอนที่ ๗๓ วันที่ ๙ สิงหาคม พุทธศักราช ๒๕๒๐ ดังต่อไปนี้

๑. ให้แก้ไขหมายเลข มาตรฐานเลขที่ มอก. ๒๑๙–๒๕๒๐ เป็นมาตรฐานเลขที่ มอก. ๒๑๙–๒๕๒๒

๒. ให้ยกเลิกตารางที่ ๒ ในข้อ ๔.๑ และใช้ตารางต่อไปนี้แทน

ตารางที่ ๒ แรงกดประลัยและโมดูลัสแตกร้าว (ข้อ ๔.๑)

ความหนา มิลลิเมตร	แรงกดประลัย นิวตัน		โมดูลัสแตกร้าว เมกาปาสกาล	
	ตามยาว	ตามขวาง	ตามยาว	ตามขวาง
๙	๓๖๐	๑๓๕	๘.๐	๓.๐
๑๒	๕๑๒	๒๐๐	๖.๔	๒.๕

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๒๒ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๓ มิถุนายน ๒๕๒๒

นาวาอากาศเอก วิมล วิริยะวิทย์

รัฐมนตรีช่วยว่าการ ฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๕๒๖ (พ.ศ. ๒๕๒๔)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นยิปซัม (แก้ไขครั้งที่ ๒)

โดยที่เห็นเป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นยิปซัม มาตรฐานเลขที่ มอก. ๒๑๙ – ๒๕๒๒

ฉะนั้น อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศแก้ไขประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒๓๕ (พ.ศ. ๒๕๒๐) ลงวันที่ ๑๘ เมษายน พ.ศ. ๒๕๒๐ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นยิปซัม ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๙๔ ตอนที่ ๗๓ วันที่ ๙ สิงหาคม พุทธศักราช ๒๕๒๐ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๔๐๙ (พ.ศ. ๒๕๒๒) ลงวันที่ ๑๓ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๒๒ เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นยิปซัม (แก้ไขครั้งที่ ๑) ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๙๖ ตอนที่ ๑๔๓ วันที่ ๑๗ สิงหาคม พุทธศักราช ๒๕๒๒ ดังต่อไปนี้

1. ให้แก้ไขหมายเลข "มาตรฐานเลขที่ มอก. 219 – 2522" เป็น "มาตรฐานเลขที่ มอก. 219 – 2524"

2. ข้อ 1.1 ให้แก้ไขข้อความ "ขนาด" เป็น "ชนิด ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน"

3. ให้ยกเลิกข้อ 3 เดิม และใช้ข้อความต่อไปนี้แทน

"3. ชนิด ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

3.1 แผ่นยิปซัมแบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ

3.1.1 ชนิดขอบตรง

3.1.2 ชนิดขอบปลายสอบ

3.2 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

(ข้อ 3.2)

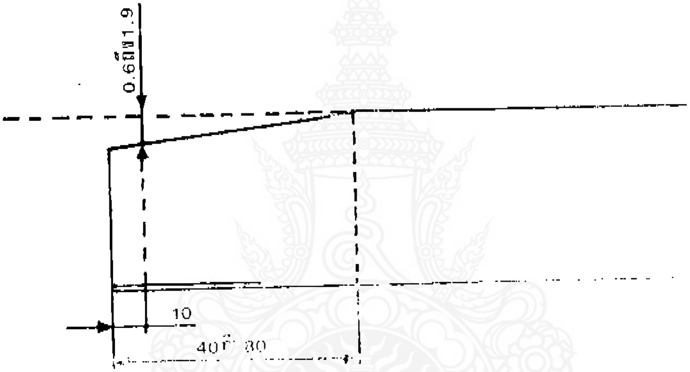
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความหนา	ความยาว		
	600±2.0	1 200±2.0	2 400±4.0
	ความกว้าง		
9±0.5	600±2.0	600±2.0 1 200±2.0	1 200±2.0
12±0.6	600±2.0	600±2.0 1 200±2.0	1 200±2.0

3.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้งสองด้านต้องไม่เกินร้อยละ 0.25 ของเส้นที่สั้น

3.4 ลักษณะของปลายสอบ

ให้มีความยาวของปลายสอบอยู่ในช่วง 40 มิลลิเมตร ถึง 80 มิลลิเมตร และมีความลึกของปลายสอบอยู่ในช่วง 0.6 มิลลิเมตร ถึง 1.9 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 1 ลักษณะของปลายสอบ

(ข้อ 3.4)"

4. ให้ยกเลิกข้อ 6.1 เดิม และใช้ข้อความต่อไปนี้แทน

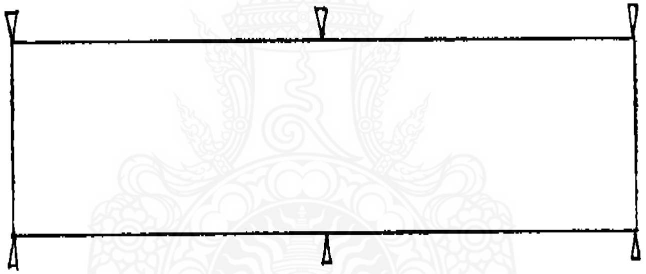
"6.1 รุ่น หมายถึง แผ่นยิปซัมชนิดเดียวกัน ที่มีขนาดเดียวกันและทำในวันเดียวกัน"

5. ให้ยกเลิกข้อ 7.1 เดิม และใช้ข้อความต่อไปนี้แทน

"7.1 การวัดขนาด

7.1.1 ความกว้าง

ให้วัด 3 ครั้งต่อตัวอย่าง 1 แผ่น ที่ตำแหน่งใกล้ ๆ ปลายแผ่นทั้งสองข้างข้างละ 1 ครั้ง และที่ตำแหน่งแนวกึ่งกลางแผ่นอีก 1 ครั้ง ดังรูปที่ 2 การวัดแต่ละครั้งให้มีความละเอียดถึง ±1 มิลลิเมตร ค่าที่ได้จากการเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง ถือเป็นความกว้างของแผ่นตัวอย่าง



รูปที่ 2 การวัดความกว้าง

(ข้อ 7.1.1)

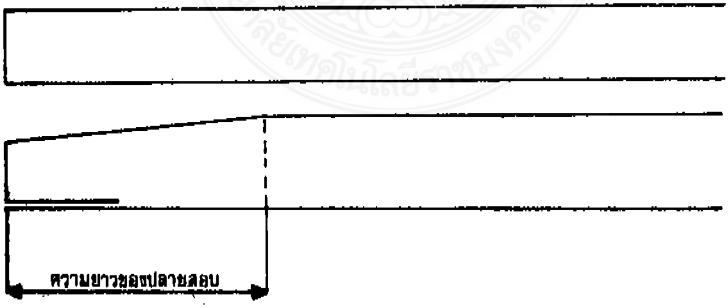
7.1.2 ความยาว

ให้วัด 3 ครั้งต่อตัวอย่าง 1 แผ่นที่ตำแหน่งในแนวใกล้ ๆ ขอบทั้งสองข้างข้างละ 1 ครั้ง และที่ตำแหน่งแนวกึ่งกลางด้านกว้างของแผ่นอีก 1 ครั้ง ดังรูปที่ 3 โดยการวัดแต่ละครั้งให้มีความละเอียดถึง ±1 มิลลิเมตร ค่าที่ได้จากการเฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง ถือเป็นความยาวของแผ่นตัวอย่าง

รูปที่ 3 การวัดความยาว
(ข้อ 7.1.2)

7.1.3 ลักษณะของปลายสอบ

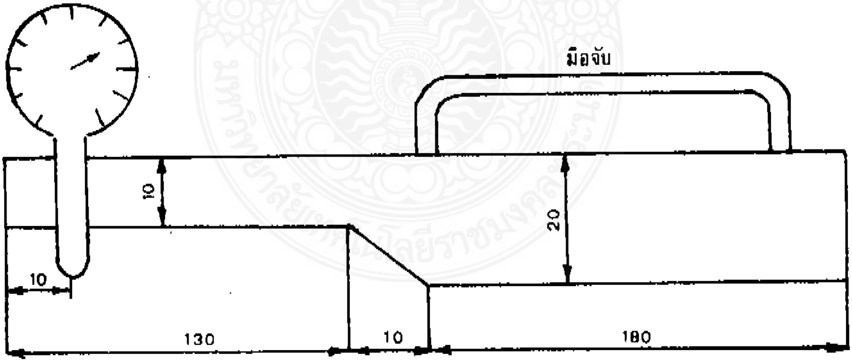
(1) ความยาวของปลายสอบ
ให้วัดแต่ละขอบที่ตำแหน่งห่างจากปลายแผ่น 300 มิลลิเมตร ทั้ง 2 ปลาย โดยใช้บรรทัดเหล็กวางทาบบนผิวหน้าของแผ่นตัวอย่าง วัดระยะระหว่างขอบถึงจุดที่บรรทัดเหล็กเริ่มสัมผัสกับผิวหน้าของแผ่นตัวอย่างให้ละเอียด ถึง ±2 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การวัดความยาวของปลายสอบ
(ข้อ 7.1.3 (1))

(2) ความลึกของปลายสอบ

ใช้เครื่องมือพิเศษที่มีไมโครมิเตอร์ติดตั้งอยู่ซึ่งมีความละเอียดถึง ±0.01 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยวางเครื่องมือนี้ลงบนผิวหน้าของแผ่นตัวอย่าง ให้ขนานกับปลายแผ่นและให้ไมโครมิเตอร์อยู่ห่างจากขอบ 150 มิลลิเมตร ปรับหน้าปัดให้อ่านค่าศูนย์แล้วเคลื่อนเครื่องมือนี้จนปลายอยู่ตรงกับขอบของแผ่นตัวอย่าง อ่านค่าที่ได้จากไมโครมิเตอร์ ซึ่งอยู่ห่างจากขอบ 10 มิลลิเมตร



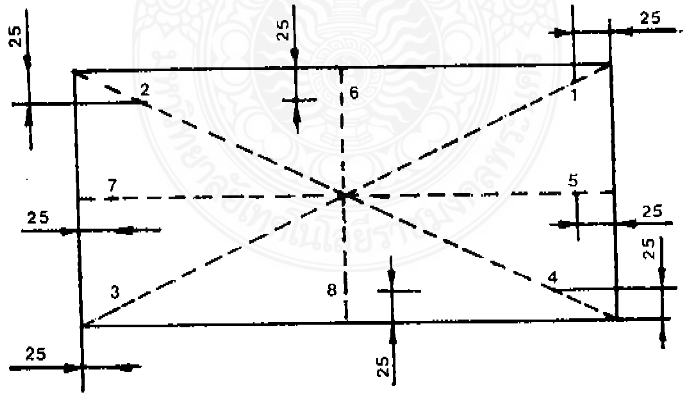
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 5 การวัดความของปลายสอบ

(ข้อ 7.1.3 (2))

7.1.4 ความหนา

ให้นำแผ่นตัวอย่างที่ได้วัดความกว้าง ความยาว และลักษณะของปลายสอบแล้วมาตัดขนานกับแนวความยาวทั้งสองข้างของแผ่นห่างจากขอบ 80 มิลลิเมตร ถือเป็นแผ่นตัวอย่างที่จะนำมาวัดความหนา โดยใช้เครื่องมือที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร หาตำแหน่งที่จะวัดความหนาโดยการลากเส้นทแยงมุม และเส้นแบ่งครึ่งด้านตรงข้ามของแผ่นตัวอย่างที่เตรียมไว้ข้างต้น แล้วทำเครื่องหมายตำแหน่งที่ 1 ถึง 8 ไว้บนเส้นดังกล่าว โดยห่างจากขอบ 25 มิลลิเมตร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6 ให้วัดความหนาที่ตำแหน่งที่ 1 ถึง 8 แล้วหาค่าเฉลี่ย



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 6 การวัดความหนา

(ข้อ 7.1.4)"

6. ให้เพิ่มเติมข้อความต่อไปนี้ไว้ท้ายข้อ 7.2.1

"แล้วอบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่"

7. ข้อ 7.2.2 ให้แก้ไขข้อความ "รูปที่ 2" เป็น "รูปที่ 7" ทุกแห่ง

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ ๑ กันยายน พ.ศ. ๒๕๒๔ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๘ กรกฎาคม ๒๕๒๔

จิรายุ อิศรางกูร ณ อยุธยา

รัฐมนตรีช่วยว่าการ ฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๑๓๐ (พ.ศ. ๒๕๕๒)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นยิปซัม

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นยิปซัม มาตรฐานเลขที่ มอก. 219 - 2524

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒๗๕ (พ.ศ. ๒๕๒๐) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นยิปซัม ลงวันที่ ๑๘ เมษายน พ.ศ. ๒๕๒๐ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๔๐๙ (พ.ศ. ๒๕๒๒) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นยิปซัม (แก้ไขครั้งที่ ๑) ลงวันที่ ๑๓ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๒๒ และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๕๒๖ (พ.ศ. ๒๕๒๔) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่องแก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นยิปซัม (แก้ไขครั้งที่ ๒) ลงวันที่ ๘ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๒๔ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นยิปซัม มาตรฐานเลขที่ มอก. 219 - 2552 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียด ต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด ๙๐ วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๙ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๕๒

ชาญชัย ชัยรุ่งเรือง

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นยิปซัม

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมแผ่นยิปซัม สำหรับใช้ภายในอาคาร เช่น ฝาผนัง และ ฝ้าเพดาน และสำหรับใช้ภายนอกอาคารเฉพาะทำฝ้าเพดานบริเวณที่ไม่ถูกน้ำโดยตรง

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นยิปซัม หมายถึง แผ่นซึ่งทำด้วยเครื่องจักร (machine made) ประกอบด้วยปูนยิปซัมเป็นส่วนใหญ่ ใช้เป็นแกนกลางระหว่างกระดาษเหนียวผิวเรียบหรือวัสดุผิวเรียบทั้งสองด้านและ/หรืออาจมีวัสดุเพิ่มคุณภาพเคลือบผิวด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้าน แกนกลางอาจตันหรือพรุน (cellular) และอาจผสมด้วยเส้นใยหรือวัสดุเพิ่มคุณภาพอื่นที่ปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

3. ประเภท ชนิด

3.1 แผ่นยิปซัม แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

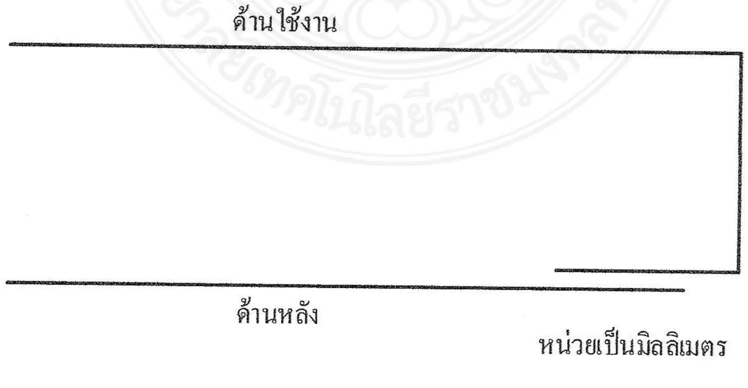
3.1.1 ประเภททั่วไป

3.1.2 ประเภททนความชื้น

3.1.3 ประเภททนไฟ

3.2 แผ่นยิปซัมแต่ละประเภท แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

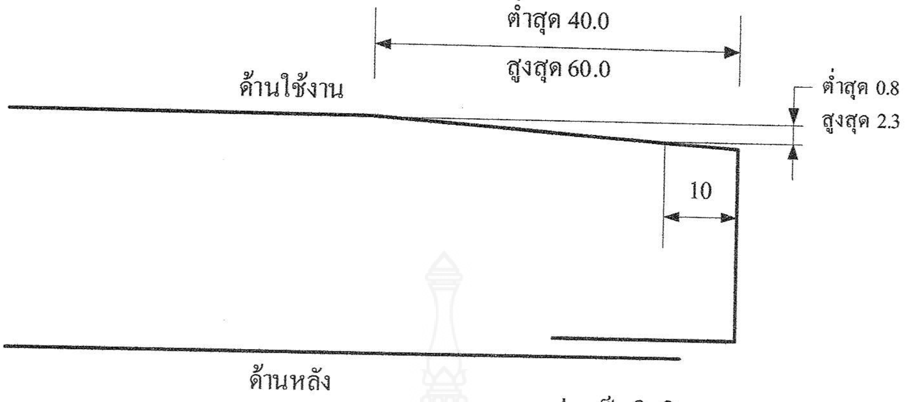
3.2.1 ชนิดขอบเรียบ (square edge) ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผ่นยิปซัมชนิดขอบเรียบ

(ข้อ 3.2.1)

3.2.2 ชนิดขอบลาด (recessed edge) ตามรูปที่ 2



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 แผ่นยิปซัมชนิดขอบลาด
(ข้อ 3.2.2)

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความกว้าง ความยาว ความหนาและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ความกว้าง ความยาว และความหนาให้เป็นไปตามตารางที่ 1 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2 ข้อ 9.3 และข้อ 9.4

ตารางที่ 1 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความกว้าง ความยาว และความหนา
(ข้อ 4.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ขนาด		เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ความกว้าง	595 600 900 1 200 1 220 1 350	± 2
ความยาว	595 600 1 195 1 200	± 2
	1 800 2 100 2 400 2 440 2 700 2 740 3 000 3 050 3 300 3 350 3 600 3 660	± 4
ความหนา	6 7 8 9 10	± 0.4
	12 13 15 16 18 19 25	± 0.5

***หมายเหตุ** : เฉพาะประเภททนไฟ ความหนาของแผ่นไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร*

4.2 ความกว้างและความลึกของขอบลาด (เฉพาะชนิดขอบลาด)
ความกว้างและความลึกของขอบลาดให้เป็นไปตามรูปที่ 2 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.1

4.3 ค่าความได้ฉาก

เมื่อวัดเส้นทแยงมุมทั้งสองแล้ว ค่าที่ได้ต้องแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.25 ของเส้นทแยงมุมเส้นที่สั้นกว่า การทดสอบให้วัดด้วยเครื่องวัดที่ละเอียด 1 มิลลิเมตร

4.4 ความตรงของขอบ

ขอบของแผ่นยิปซัมต้องตรง เมื่อทดสอบตามข้อ 9.5 แล้ว แนวของขอบแผ่นยิปซัมจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรงได้ไม่เกิน 2 มิลลิเมตรของด้านที่วัด

5. วัสดุ

5.1 ปูนยิปซัมตาม มอก.188 ประเภท 1

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 แรงกดแตก (breaking load)

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.6 แล้ว แรงกดแตกต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แรงกดแตก

(ข้อ 6.1)

ความหนาระบุ mm	แรงกดแตก N	
	ตามยาว	ตามขวาง
6	222	89
7	222	89
8	289	111
9	356	133
10	360	150
12	512	200
13	535	230
15	620	260
16	670	280
18	730	300
19	760	320
25	910	380

6.2 แรงต้านการดึงตะปู (nail pull resistance)

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.7 แล้ว แรงต้านการดึงตะปูต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แรงต้านการดึงตะปู
(ข้อ 6.2)

ความหนาระบุ mm	แรงต้านการดึงตะปู N
6	180
7	200
8	220
9	270
10	300
12	330
13	360
15	400
16	420
18	440
19	450
25	500

6.3 การแอ่นตัว (เฉพาะแผ่นยิปซัมความหนาตั้งแต่ 9 มิลลิเมตรขึ้นไป)

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.8 แล้ว การแอ่นตัวต้องไม่เกินกว่า 10 มิลลิเมตร

6.4 การดูดซึมน้ำ (เฉพาะแผ่นยิปซัมประเภททนความชื้น)

6.4.1 เมื่อทดสอบตามข้อ 9.9 แล้ว อัตราการดูดซึมน้ำสัดส่วนโดยน้ำหนักต้องไม่เกินร้อยละ 5

6.4.2 เมื่อทดสอบตามข้อ 9.10 แล้ว อัตราการดูดซึมน้ำที่ผิวต้องไม่เกิน 160 กรัมต่อตารางเมตร

6.5 การทนไฟ (เฉพาะแผ่นยิปซัมประเภททนไฟ)

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.11 แล้ว ภายในเวลา 20 นาที จำนวนชิ้นทดสอบทั้งหมด 5 ชิ้น ต้องไม่มีชิ้นทดสอบใดขาดออกจากกัน และภายในเวลา 30 นาที ชิ้นทดสอบ 4 ใน 5 ชิ้นต้องไม่ขาดออกจากกัน

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่แผ่นยิปซัมทุกแผ่นอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแสดงข้อความต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) คำว่า "แผ่นยิปซัม"

(2) ประเภทและชนิด

(3) ความกว้าง ความยาว และความหนาระบุเป็นมิลลิเมตร

(4) วัน เดือน ปี ที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนแล้ว

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่นในที่นี้ หมายถึง แผ่นยิปซัมประเภทและชนิดเดียวกัน ที่มีขนาดเดียวกันและทำในวันเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.2.1 การชักตัวอย่าง

ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แผนการชักตัวอย่าง

(ข้อ 8.2.1)

ขนาดรุ่น (แผ่น)	ขนาดตัวอย่าง (แผ่น)	เลขจำนวนที่ยอมรับ (แผ่น)
ไม่เกิน 1 800	3	0
มากกว่า 1 800	13	1

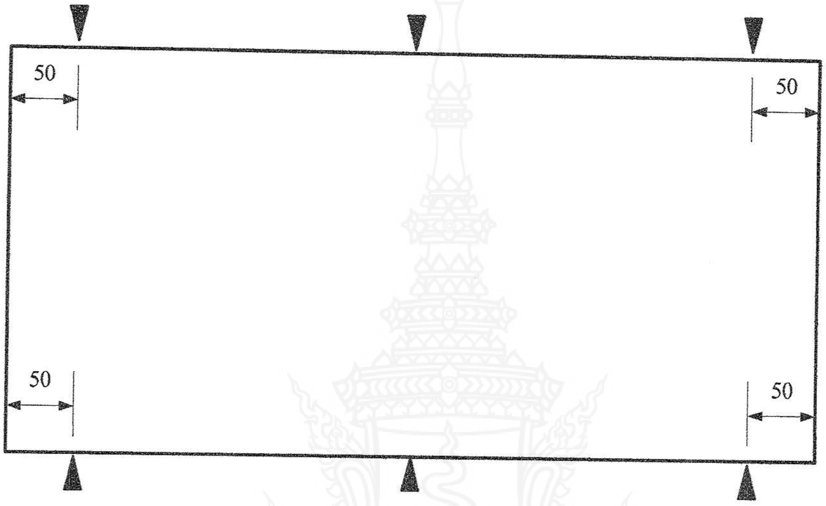
8.2.2 เกณฑ์ตัดสิน

จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 5. และข้อ 6. ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 4 จึงจะถือว่าแผ่นยิปซัมรุ่นนั้น เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

9. การทดสอบ

9.1 ความกว้าง

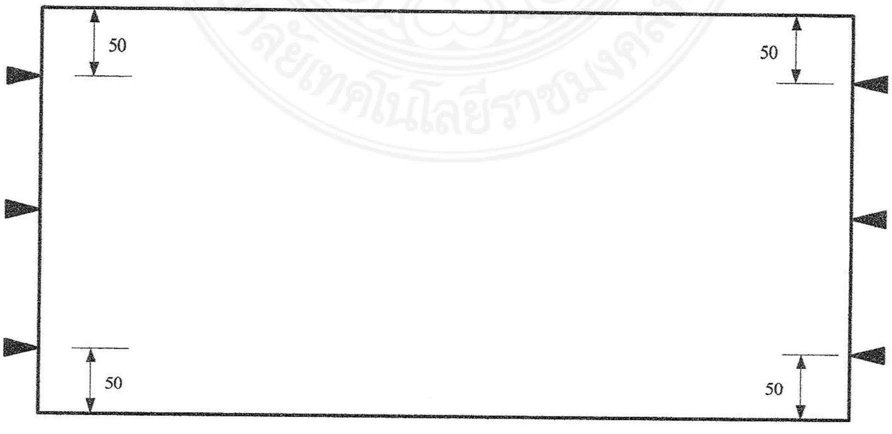
วัดความกว้าง 3 ตำแหน่งต่อตัวอย่าง 1 แผ่น โดยวัดที่ตำแหน่งห่างจากปลายแผ่นเป็นระยะ 50 มิลลิเมตร ทั้งสองข้าง ข้างละ 1 ตำแหน่ง และที่แนวกึ่งกลางแผ่นอีก 1 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 3 การวัดแต่ละครั้งให้มีความละเอียด 1 มิลลิเมตร แล้วคำนวณ หาค่าเฉลี่ยรายงานเป็นความกว้างของแผ่นตัวอย่าง



รูปที่ 3 การวัดความกว้าง
(ข้อ 9.1)

9.2 ความยาว

วัดความยาว 3 ครั้งต่อตัวอย่าง 1 แผ่น โดยวัดที่ตำแหน่งห่างจากขอบเป็นระยะ 50 มิลลิเมตร ทั้งสองข้าง ข้างละ 1 ตำแหน่ง และที่แนวกึ่งกลางด้านกว้างของแผ่นอีก 1 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 4 การวัดแต่ละครั้งให้มีความละเอียด 1 มิลลิเมตร แล้ว คำนวณหาค่าเฉลี่ยรายงานเป็นความยาวของแผ่นตัวอย่าง

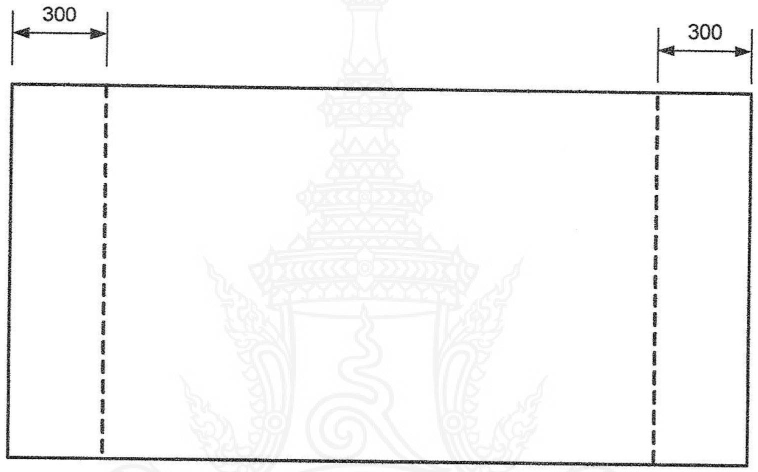


รูปที่ 4 การวัดความยาว หน่วยเป็นมิลลิเมตร
(ข้อ 9.2)

9.3 ความหนา

นำแผ่นตัวอย่างที่วัดความกว้าง ความยาว และลักษณะของขอบลาดแล้วมาตัดในแนวขนาน กับความกว้างของแผ่นทั้งสองข้าง โดยตัดห่างจากปลายแผ่นทิ้งไปเป็นระยะ 300 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 5 ถือเป็นแผ่นตัวอย่างที่จะนำมาวัดความหนาโดยใช้เครื่องวัดที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร ในกรณีที่ความยาวน้อยกว่า 600 มิลลิเมตร ไม่ต้องตัดปลายแผ่นทิ้ง

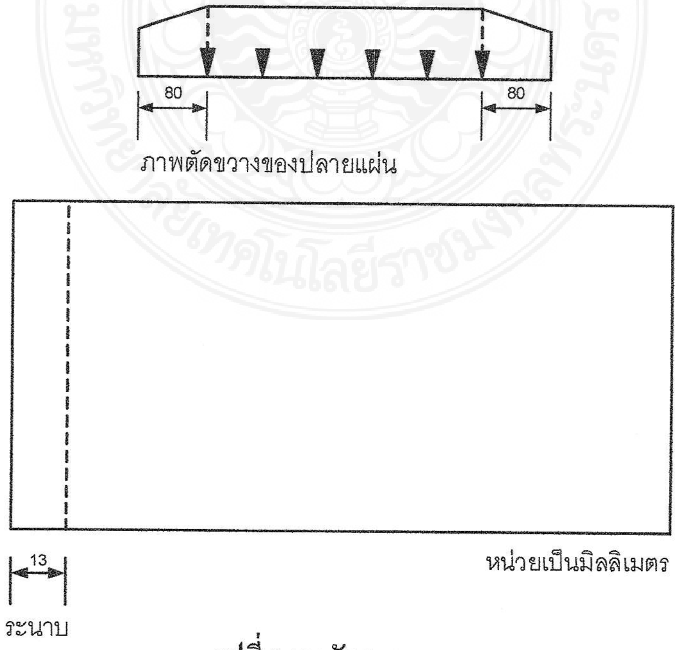
ให้วัดความหนาอย่างน้อย 6 จุดที่ปลายแผ่นแต่ละด้านตลอดหน้ากว้างของแผ่น โดยมีระยะห่างเท่า ๆ กัน ตำแหน่งที่วัดต้องห่างจากปลายแผ่นเข้าไป 13 มิลลิเมตร และห่างจากขอบแผ่นอย่างน้อย 80 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 8 การวัดแต่ละครั้งให้มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยรายงานเป็นความหนาของแผ่นตัวอย่าง



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 5 แผ่นตัวอย่างสำหรับวัดความหนา

(ข้อ 9.3)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

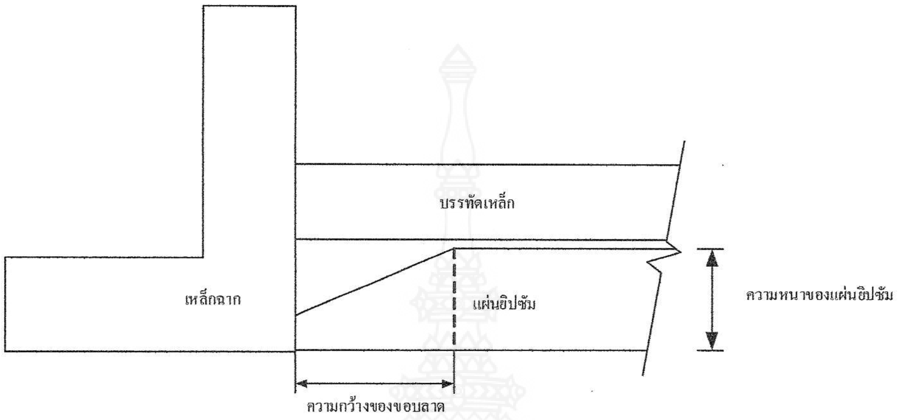
รูปที่ 6 การวัดความหนา

(ข้อ 9.3)

9.4 ขอบลาด

9.4.1 ความกว้างของขอบลาด ตามรูปที่ 7

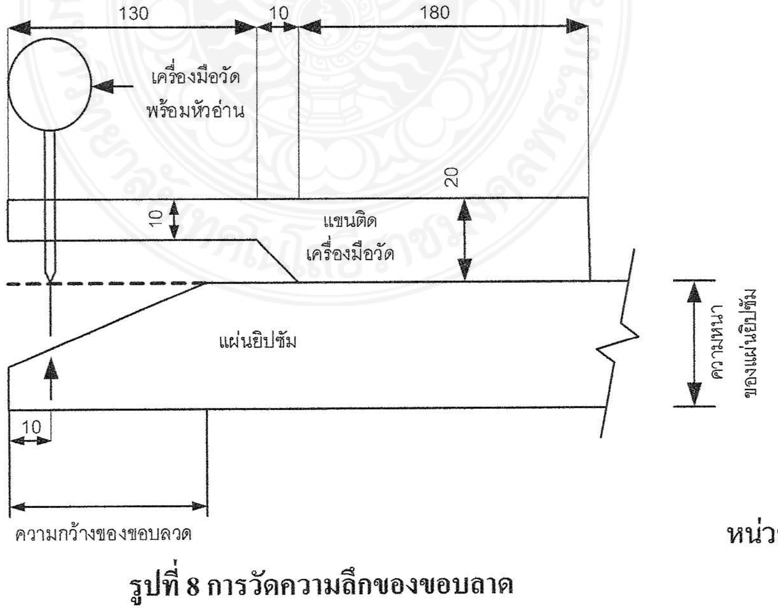
ให้วัดแต่ละขอบที่ตำแหน่งห่างจากปลายแผ่น 300 มิลลิเมตร ทั้ง 2 ปลาย โดยใช้บรรทัดเหล็กวางทาบบนผิวหน้าของแผ่นตัวอย่าง วัดระยะระหว่างขอบถึงจุดที่บรรทัดเหล็ก เริ่มสัมผัสกับผิวหน้าของแผ่นตัวอย่าง ให้ละเอียดถึง ± 2 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 7 การวัดความกว้างของขอบลาด
(ข้อ 9.4.1)

9.4.2 ความลึกของขอบลาด

ใช้เครื่องวัดที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ตัวอย่างตามรูปที่ 8 โดยวางเครื่องวัดบนผิวหน้าของแผ่นตัวอย่างให้ขนานกับปลายแผ่น และให้หัวอ่านอยู่ห่างจากขอบ 150 มิลลิเมตร ปรับหน้าปัดให้อ่านค่าศูนย์ แล้วเคลื่อนเครื่องวัดนี้จนปลายอยู่ตรงกับขอบของแผ่นตัวอย่าง อ่านค่าที่ได้ซึ่งอยู่ห่างจากขอบ 10 มิลลิเมตร



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 8 การวัดความลึกของขอบลาด
(ข้อ 9.4.2)

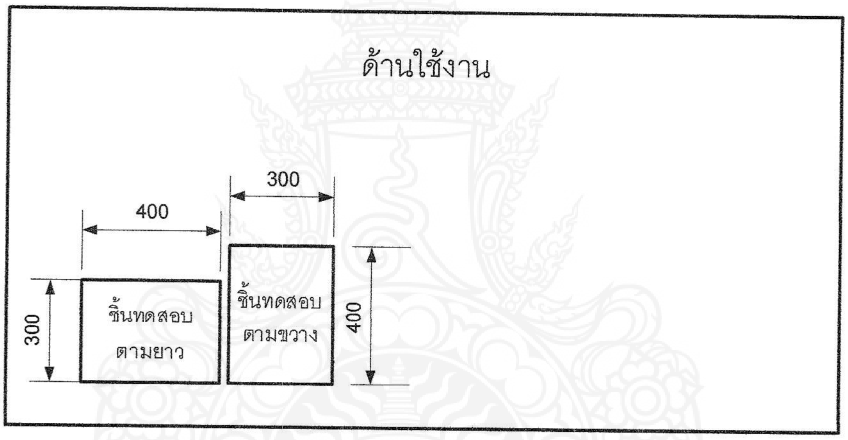
9.5 ความตรงของขอบ

ขึงเชือกที่มุมของแผ่นยิปซัมทั้ง 4 ด้าน แล้วใช้เครื่องมือวัดที่มีความละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดระยะห่างที่สุดระหว่างเชือกตั้งฉากกับขอบแผ่นยิปซัมตัวอย่างในแต่ละด้าน แล้วรายงานผลค่าที่วัดได้ทุกค่า

9.6 แรงกดแตก

9.6.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้ตัดชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 300 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้นต่อหนึ่งแผ่นตัวอย่าง กรณีแผ่นตัวอย่างที่มีความกว้างและความยาวไม่พอที่จะตัดเป็นชิ้นทดสอบได้ 2 ชิ้น ให้ตัดชิ้นทดสอบจากแผ่นตัวอย่าง 2 แผ่น ชิ้นทดสอบที่ตัด ต้องมีด้านยาว 400 มิลลิเมตรของชิ้นหนึ่งขนานกับแนวยาวของเครื่องทำแผ่นยิปซัม เรียกว่า ชิ้นทดสอบตามยาว ส่วนด้านยาว 400 มิลลิเมตรของอีกชิ้นหนึ่งต้องตั้งฉากกับแนวยาว เรียกว่า ชิ้นทดสอบตามขวาง (ตามรูปที่ 9) แล้วอบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ (40 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบทันทีหรือภายใน 10 นาที หลังจากนำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ



รูปที่ 9 การเตรียมชิ้นทดสอบแรงกดแตก

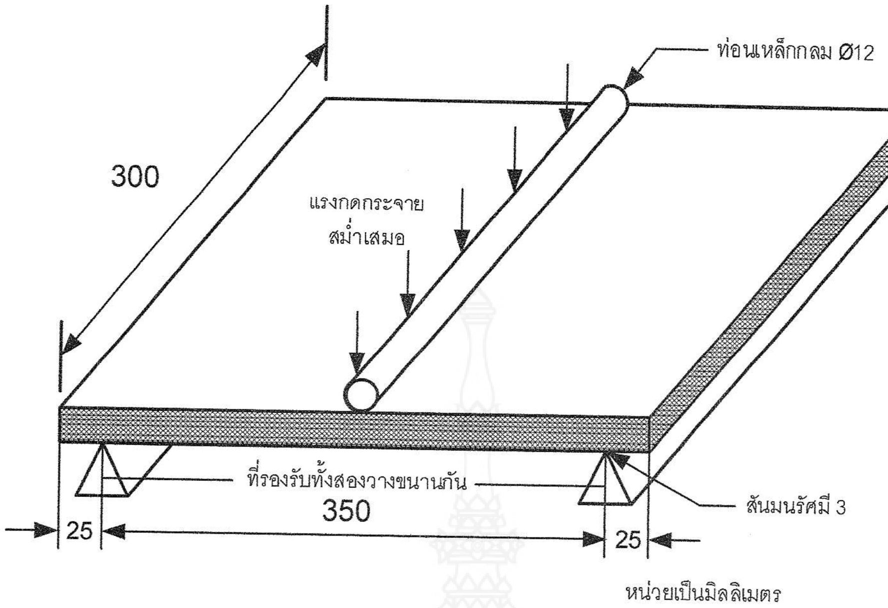
(ข้อ 9.6.1)

9.6.2 วิธีทดสอบ

9.6.2.1 วางชิ้นทดสอบลงบนจุดรองรับตามรูปที่ 10 โดยให้คว่ำด้านที่ใช้งานลง ในกรณีของชิ้นทดสอบตามยาว ส่วนชิ้นทดสอบตามขวางให้หงายด้านที่ใช้งานขึ้น

9.6.2.2 กดน้ำหนักลงบนจุดกึ่งกลางของระยะช่วง 350 มิลลิเมตร โดยหัวกดมีอัตราความเร็วสม่ำเสมอ 25 มิลลิเมตรต่อนาที หรือแรงกดมีอัตราสม่ำเสมอประมาณ 250 นิวตันต่อนาที

9.6.2.3 บันทึกแรงกดแตกที่ทำให้ชิ้นทดสอบหัก



รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งการวางชิ้นทดสอบและน้ำหนักบรรทุกบนจุดรองรับ
(ข้อ 9.6.2.1)

9.7 แรงต้านการดึงตะปู

9.7.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้ตัดชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น ตลอดแนวด้านกว้างของแผ่น โดยตัดชิ้นแรกห่างจากขอบแผ่นไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร ใช้สว่านเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 2.70 มิลลิเมตร กับ 2.80 มิลลิเมตร ตรงกลางชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ทะลุความหนาแผ่นและตั้งฉากกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบวางชิ้นทดสอบไว้ในตู้อบ ที่อุณหภูมิ (40 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทดสอบชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นภายใน 10 นาที หลังจากนำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ

9.7.2 เครื่องมือทดสอบ

เครื่องมือทดสอบแรงต้านการดึงตะปู ประกอบด้วยแท่นรองรับชิ้นทดสอบขนาดไม่น้อยกว่า 152 มิลลิเมตร ×152 มิลลิเมตร และหัวกดที่มีตะปูติดพร้อมแล้วใส่ในบุชชิ่งเพื่อให้แนวแกนของตะปูตั้งฉากกับชิ้นทดสอบ โดยตะปูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้าน (2.515 ± 0.076) มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางหัวตะปู (6.350 ± 0.127) มิลลิเมตร รายละเอียดตามรูปที่ 11

9.7.3 วิธีทดสอบ

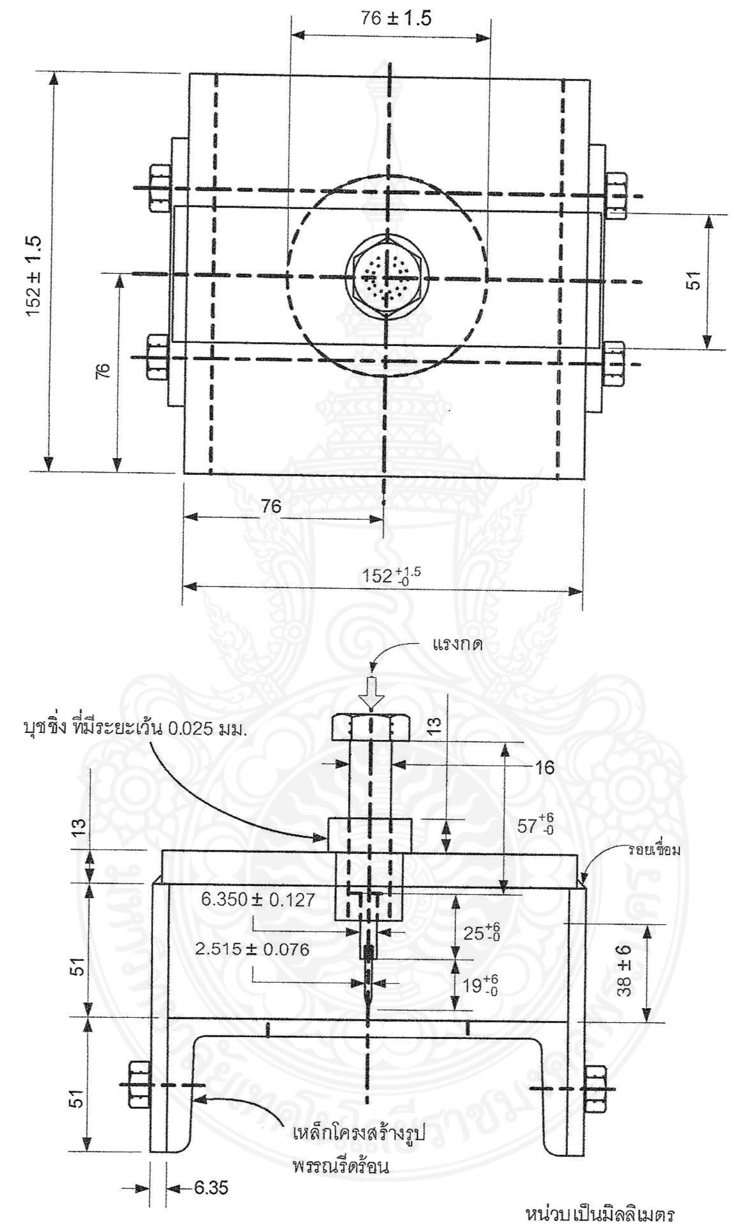
9.7.3.1 วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับของเครื่องมือทดสอบตามข้อ 9.7.2 หงายด้านที่ใช้งานขึ้น ให้รูของชิ้นทดสอบอยู่ในตำแหน่งตรงกันกับปลายตะปู

9.7.3.2 สอดปลายตะปูลงไปในรูของชิ้นทดสอบ เพิ่มแรงกดจนหัวตะปูเจาะทะลุเข้าไปในผิวหน้าของแผ่นยิปซัม จนได้แรงกระทำสูงสุดเป็นค่าแรงต้านการดึงตะปู

9.7.4 การรายงานผล

9.7.4.1 รายงานค่าแรงต้านการดึงตะปูของทุกชิ้นทดสอบให้มีความละเอียด 1 นิวตัน แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย

9.7.4.2 ถ้าค่าแรงต้านการดึงตะปูของชิ้นทดสอบใดต่างจากแรงต้านการดึงตะปูเฉลี่ย เกินร้อยละ 15 ให้ยกเลิกค่าแรงต้านการดึงตะปูของชิ้นทดสอบนั้น แล้วทำการทดสอบใหม่



รูปที่ 11 เครื่องมือทดสอบแรงต้านการดึงตะปู
(ข้อ 9.7.2)

9.8 การแอ่นตัว (เฉพาะแผ่นยิปซัมความหนาตั้งแต่ 9 มิลลิเมตร ขึ้นไป)

9.8.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้ตัดชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 300 มิลลิเมตร ยาว 610 มิลลิเมตร หรือเท่าความยาวแผ่นโดยให้ด้านกว้าง 300 มิลลิเมตรขนานกับแนวยาวตามการทำแผ่นยิปซัม ส่วนด้านยาว 610 มิลลิเมตรตั้งฉากกับแนวยาวตามการทำแผ่นยิปซัม แล้ววางชิ้นทดสอบในแนวราบไว้ที่อุณหภูมิ (23 ± 2) องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ (50 ± 5) อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนเริ่มทดสอบ

9.8.2 วิธีทดสอบ

9.8.2.1 วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับ 2 อัน รัศมี 3.0 มิลลิเมตรและวางขนานกันห่างกัน 584 มิลลิเมตร ซึ่งวางอยู่ในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ (32 ± 2) องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ (90 ± 3) การวางชิ้นทดสอบให้คว่ำด้านที่ใช้งานลง

บันทึกการแอ่นตัวเริ่มต้นสูงสุดของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น การวัดแต่ละครั้งให้มีความละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

9.8.2.2 วางชิ้นทดสอบไว้ในตู้ควบคุมสภาวะตามข้อ 9.8.2.1 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นวัดและบันทึกค่าการแอ่นตัวสูงสุดของชิ้นทดสอบขณะที่วางอยู่บนแท่นรองรับ

9.8.2.3 คำนวณการแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นของชิ้นทดสอบ และรายงานเป็นค่าการแอ่นตัวของแผ่นตัวอย่าง

9.9 การดูดซึมน้ำ (เฉพาะแผ่นยิปซัมประเภททนความชื้น)

9.9.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบขนาด 300 มิลลิเมตร × 300 มิลลิเมตร จากแผ่นยิปซัมแต่ละแผ่น โดยตัดชิ้นทดสอบจากบริเวณกึ่งกลางระหว่างขอบแผ่นทั้งสองด้านและห่างจากปลายแผ่นไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร อย่ากระทำการใด ๆ กับขอบของชิ้นทดสอบและอย่าทำให้ผิวกระดาษเกิดความเสียหาย

วางชิ้นทดสอบไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ (23 ± 2) องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ (50 ± 5) อย่างน้อย 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการทดสอบทันทีหรือภายใน 10 นาทีหลังจากนำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ

9.9.2 การทดสอบ

ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบ โดยการชั่งน้ำหนักแต่ละครั้งให้มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม จากนั้นแช่ชิ้นทดสอบลงในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิคงที่ (20 ± 2) องศาเซลเซียส โดยให้ระดับน้ำท่วมเหนือผิวหน้าของชิ้นทดสอบ 25 มิลลิเมตร ถึง 35 มิลลิเมตร การวางชิ้นทดสอบให้วางในแนวนอนแต่อย่าให้ชิ้นทดสอบสัมผัสกับส่วนล่างของภาชนะ ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ± 2 นาที แล้วนำชิ้นทดสอบออกจากอ่างน้ำ เช็ดน้ำส่วนเกินออกจาก ผิวหน้าและขอบของชิ้นทดสอบ และชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบทันทีให้มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม คำนวณ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นเป็นร้อยละของน้ำหนักเริ่มต้น

9.9.3 การรายงานผล

ค่าที่ได้จากการเฉลี่ยถือเป็นร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นยิปซัม

9.10 การดูดซึมน้ำที่ผิว (เฉพาะแผ่นยิปซัมประเภททนความชื้น)

9.10.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

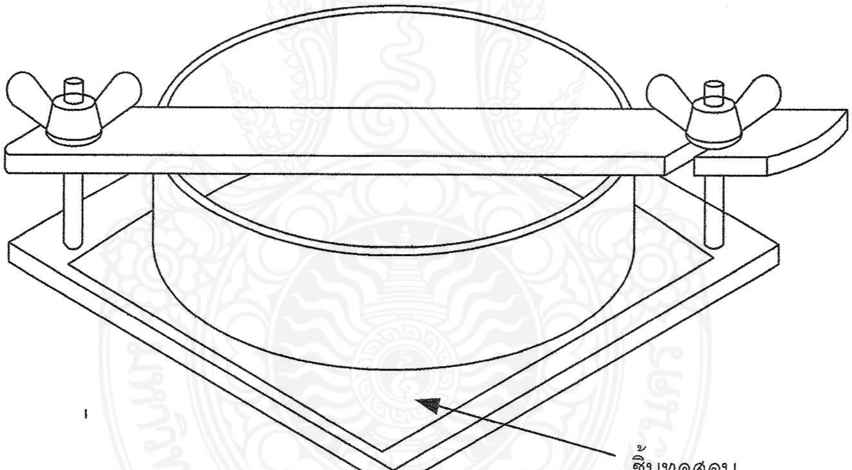
ตัดชิ้นทดสอบขนาด 125 มิลลิเมตร × 125 มิลลิเมตร จากแผ่นยิปซัมตัวอย่างแต่ละแผ่น วางชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิ (23 ± 2) องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ (50 ± 5) อย่างน้อย 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการทดสอบทันทีหรือภายใน 10 นาทีหลังจากนำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ

9.10.2 เครื่องมือทดสอบ

ทำด้วยวงแหวนโลหะ ไม่เป็นสนิม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (112.8 ± 0.2) มิลลิเมตร ความสูงไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร มีปะเก็นยางล้อมโดยรอบขอบล่าง

9.10.3 การทดสอบ

วางชิ้นทดสอบใต้วงแหวนโลหะ ให้ด้านที่ใช้งานหงายขึ้น ยึดวงแหวนโลหะกับแท่นให้มีความแน่นเพียงพอเพื่อไม่ให้น้ำรั่วออกมาในระหว่างการทดสอบ เทน้ำที่มีอุณหภูมิ (20 ± 2) องศาเซลเซียสลงในวงแหวนของเครื่องมือทดสอบให้ระดับน้ำอยู่สูงกว่าผิวหน้าของชิ้นทดสอบ 25 มิลลิเมตร ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ± 2 นาที ให้เทน้ำออกและนำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องมือทดสอบ ซับน้ำส่วนเกินออกจากชิ้นทดสอบทันทีโดยใช้กระดาษซับที่แห้งสนิทแล้วชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบให้มีความละเอียด 0.01 กรัม



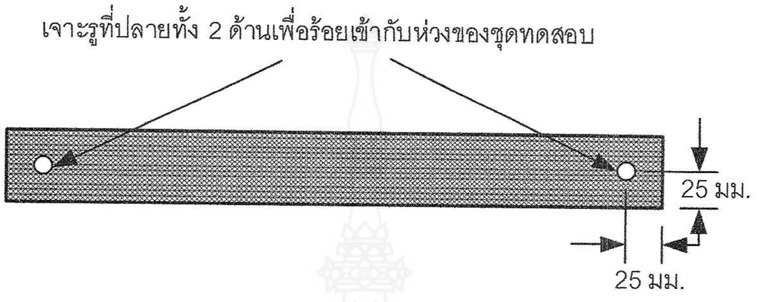
รูปที่ 12 เครื่องมือทดสอบการดูดซึมน้ำที่ผิว
(ข้อ 9.10.2)

9.10.4 การรายงานผล

คำนวณความแตกต่างระหว่างน้ำหนักแห้งและน้ำหนักเปียกของชิ้นทดสอบแล้วรายงานเป็นค่าอัตราการดูดซึมน้ำที่ผิวของแผ่นยิปซัม หน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยความแตกต่างของน้ำหนักคูณด้วย 100

9.11.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบ 5 ชิ้นขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร × ยาว 300 มิลลิเมตร จากแผ่นตัวอย่างน้อย 3 แผ่น โดยตัดชิ้นทดสอบไม่เกิน 2 ชิ้นจากแผ่นตัวอย่างแต่ละแผ่น การตัดชิ้นทดสอบให้ตัดโดยให้ด้านยาว 300 มิลลิเมตรขนานกับขอบของแผ่นยิปซัม แล้วเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูไม่เกิน 7 มิลลิเมตร ที่ปลายทั้ง 2 ด้านของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น (ดังรูปที่ 15)



รูปที่ 15 รายละเอียดการเจาะรูชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.11.2)

9.11.3 การทดสอบ

แขวนชิ้นทดสอบให้อยู่กึ่งกลางระหว่างหัวเผาทั้ง 2 หัว ชิ้นทดสอบจะถูกแขวนในแนวตั้งให้เส้นกึ่งกลางของหัวเผาผ่านกลางชิ้นทดสอบและให้ผิวหน้าชิ้นทดสอบขนานกับหัวพ่นไฟ แขวนน้ำหนักบรรทุก (ดังตาราง ที่ 5) เข้ากับชิ้นทดสอบโดยผ่านรูที่เจาะไว้ด้านล่าง

จุดหัวเผาทั้ง 2 หัวและเริ่มจับเวลา ปรับความดันก๊าซเพื่อให้ได้อุณหภูมิ (970 ± 40) องศาเซลเซียส เมื่อวัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล ยกเว้นในช่วง 3 นาทีแรกของการทดสอบ คอยระวังไม่ให้มีเศษขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ไปอุดตันที่เทอร์โมคัปเปิล

บันทึกเวลาที่ชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน โดยมีหน่วยเป็นนาที

ตารางที่ 5 น้ำหนักบรรทุกบนชิ้นทดสอบ (ทดสอบเฉพาะชนิดแผ่นทนไฟเท่านั้น)
(ข้อ 9.11.3)

ความหนา mm	น้ำหนักบรรทุก N
10	12
12	12
13	12
15	22
16	22
18	32
19	32
25	40

9.11.4 การรายงานผล

รายงานเวลาที่ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นขาดออกจากกัน หน่วยเป็นนาที