

การพัฒนาวัสดุมวลเบาทนความชื้นจากเศษแก้วและเถ้าลอย

A Development of moisture resistant lightweight material from cullet and fly ash

6

วรรณณา ต.แสงจันทร์^{1*}, สุทธิมา ศรีประเสริฐสุข¹, ภัทธิญา สุวรรณสนธิ¹, ศันสนีย์ รักไทยเจริญชีพ¹
Wanna T.Saengchantara^{1*}, Sutthima Sriprasertsuk¹, Phatthiya Suwannason¹,
Sansanee Rugthaicharoencheep¹

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีวัสดุเหลือทิ้งประเภทเศษแก้วและเถ้าลอยเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต การศึกษาวิจัยนี้จึงนำเศษแก้วและเถ้าลอย มาทำเป็นวัสดุมวลเบาทนความชื้น โดยนำเศษแก้วบดละเอียด และเถ้าลอย ผ่านตะแกรงร่อน 200 เมช มาผสมกัน โดยมีส่วนผสมของเศษแก้วร้อยละ 50 – 80 เถ้าลอยร้อยละ 20 – 50 ใช้หินปูนและโดโลไมต์เป็นสารก่อฟอง (foaming agent) โซเดียมซิลิเกตเป็นสารเชื่อมประสาน และบอแรกซ์เป็นสารช่วยหลอม (fluxing agent) ใส่ส่วนผสมในแบบดินเผาขนาด 100 x100 x 25 mm.³ นำไปเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 800 °C อัตราการเร่ง 2.5 °C/min ตัวอย่างที่ได้นำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่นและความต้านแรงอัด จากนั้นคัดเลือกสูตรที่มีค่าความหนาแน่นต่ำ และความแข็งแรงสูง ทดลองทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และทดสอบสมบัติความหนาแน่น ความต้านแรงอัด การดูดซึมน้ำ การนำความร้อน และการกันความชื้น ผลการทดลองพบว่า วัสดุมวลเบาที่มีส่วนผสมของเศษแก้วร้อยละ 60 เถ้าลอยร้อยละ 40 มีค่าความหนาแน่น 690 kg/m³ ความต้านแรงอัด 6.84 MPa การดูดซึมน้ำร้อยละ 24.84 ค่าการนำความร้อน 0.119 watt/m.K. และมีสมบัติกันความชื้นได้ สามารถนำไปใช้เป็นฉนวนกันความร้อน สำหรับอาคารบ้านเรือน

Abstract

The large amount of cullet and fly ash affect Thailand's environment. The objective of this study is to develop a moisture resistant lightweight material from cullet and fly ash. The crushed cullet was sieved through 200 mesh, as well as the fly ash. The compositions consisted of 50-80% cullet, 20-50% fly ash, together with dolomite and limestone as foaming agents, sodium silicate as a binder, and borax as a fluxing agent. The mixture was mixed and put into the fired clay mold sized 100 x 100 x 25 mm.³ The mixture was fired in an electric kiln at 800°C with a heating rate of 2.5°C/min. The sample properties were evaluated including appearance, density and compressive strength. The formulas which had low density and high compressive strength were then prepared for the prototype products. The prototypes properties were evaluated including density, compressive strength, water absorption, heat conductivity, and moisture resistance. The results showed that 60% cullet and 40% fly ash formula had density 690 kg/m³, compressive strength 6.84 MPa, water absorption 24.84 %, heat conductivity 0.119 watt/m.K and resistant to moisture. The sample can be used as a building insulating material.

คำสำคัญ: วัสดุฉนวนมวลเบา เศษแก้ว เถ้าลอย

Keywords: Insulating lightweight material, Cullet, Fly ash

¹ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

*Corresponding author E-mail address : wanna@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยมีเศษแก้วทิ้งเป็นขยะอยู่ประมาณปีละ 40,000 ตัน ซึ่งไม่ได้นำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตแก้ว และนับวันจะมีปริมาณขยะเศษแก้วเพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต ส่วนเถ้าลอย (fly ash) เป็นผลพลอยได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง โรงไฟฟ้าแม่เมาะใช้ถ่านหินประมาณวันละกว่า 40,000 ตัน การเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์จะได้เถ้าลิกไนต์ออกมาประมาณวันละ 10,000 ตัน ซึ่งในจำนวนนี้จะเป็นเถ้าลอยประมาณ 8,000 ตัน ส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในงานคอนกรีตเพื่อลดต้นทุน และเพิ่มความแข็งแรง ยังมีเถ้าลอยเหลืออยู่จำนวนมากที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน หากนำเศษแก้วและเถ้าลอยมาเป็นวัตถุดิบในการทำวัสดุมวลเบาจะช่วยลดต้นทุนในการผลิต ทำให้วัสดุมวลเบา มีราคาถูกลง และลดปริมาณของวัสดุเหลือทิ้งได้ เท่ากับเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ช่วยรักษาทรัพยากรธรรมชาติไม่ให้หมดไปอย่างรวดเร็ว

วัสดุก่อสร้างประเภทมวลเบาที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ คอนกรีตมวลเบา เป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ใช้ระบบการผลิตแบบ Autoclaved Aerated Concrete ทำจากส่วนผสมของทราย ซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซั่ม น้ำและผงอะลูมิเนียม มีฟองอากาศที่เป็นรูพรุนอยู่ในเนื้อมากถึงร้อยละ 75 จึงทำให้มีน้ำหนักเบา ฟองอากาศทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อน(1) เทคโนโลยีที่ใช้ทำคอนกรีตมวลเบาในประเทศไทยล้วนเป็นเทคโนโลยีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้น ทำให้วัสดุชนิดดังกล่าวมีราคาแพงและเป็นข้อจำกัดในการใช้อย่างแพร่หลาย นอกจากนั้นแล้วคอนกรีตมวลเบาชนิดนี้ยังไม่สามารถกันความชื้นได้ เมื่อใช้งานไปนานๆ จะดูดความชื้นเข้าไปในตัววัสดุ ส่งผลให้เกิดการแตกร้าวและเกิดเชื้อราได้

มีงานวิจัยวัสดุมวลเบา จากวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ เช่น การนำเศษแก้วมาทำกลาสโฟม (glass foam) โดยทำเป็นเม็ด aggregate เป็นก้อนอิฐขนาดต่างๆ และเป็นผนัง วัสดุมวลเบาที่ทำจากเศษแก้วมีข้อดีคือ น้ำหนักเบา มีความแข็งแรง ทนต่อแรงอัดได้ดี กันความร้อนไม่ติดไฟ ไม่ไวต่อสารเคมีและไม่เป็นพิษ กันแมลงและแบคทีเรีย และกันความชื้น Solomon และคณะ(2) ศึกษากระบวนการผลิตกลาสโฟม โดยใช้ CaCO_3 และ CaSO_4 เป็นสารก่อฟอง (foaming agent) พบว่า ถ้าใช้ CaSO_4 ที่มีขนาดระหว่าง 110 – 160 ไมครอน จะได้กลาสโฟมที่มีความหนาแน่นต่ำ ยิ่งมีความหนาแน่นต่ำการนำความร้อนก็จะยิ่งต่ำ คือมีความสามารถกันความร้อนมากยิ่งขึ้น สมัยก่อนจะใช้แก้วซึ่งหลอมมาจากวัตถุดิบ แต่ปัจจุบันการทำกลาสโฟมจะใช้เศษแก้วจากผลิตภัณฑ์แก้วทิ้ง ซึ่งอาจใช้เศษแก้วถึงร้อยละ 98 (3) กรมวิทยาศาสตร์บริการวิจัยอิฐมวลเบาโดยใช้เศษแก้ว และหินปูนหรือโดโลไมต์เป็นสารให้ฟอง เเผา 800°C อิฐมวลเบาที่ได้มีค่าความหนาแน่น 300 kg/m^3 ความต้านแรงอัด 5.4 MPa และการนำความร้อน 0.06 watt/m.K. (4) H.R.Fernandes และคณะ (5) ได้วิจัยกลาสโฟมจากเศษกระจกแผ่นและเถ้าลอย โดยใช้เถ้าลอยร้อยละ 20 และสารให้ฟองประเภทคาร์บอนเรตร้อยละ 1-2 เเผาที่อุณหภูมิ

850°C กลาสโฟมที่ได้มีค่าความหนาแน่น 360-410 kg/m^3 และความต้านแรงอัด 2.40-2.80 MPa Bo Chen และคณะ(6) ได้วิจัยกลาสโฟมจากเถ้าลอย โดยใช้เถ้าลอยร้อยละ 70 ผสมกับโซเดียมบอแรกซ์และโซเดียมซิลิเกต เเผาที่อุณหภูมิ 800°C กลาสโฟมที่ได้มีค่าความหนาแน่น 540 kg/m^3 และความต้านแรงอัด 3.44 MPa

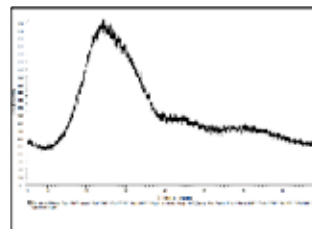
การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำวัสดุมวลเบาขึ้นจากเศษแก้วและเถ้าลอย เพื่อใช้เป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคารบ้านเรือน ซึ่งจะเป็ทางเลือกใหม่สำหรับวงการก่อสร้างของประเทศไทย

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

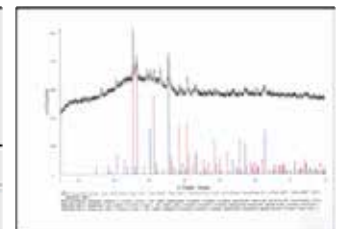
2.1 วัตถุดิบ และการทดสอบวัตถุดิบ

- เศษแก้วกระจก จากบริษัทกลาสบริดจ์ จำกัด เป็นเศษแก้วบดละเอียด ชนิดโซดาไลม์
- เถ้าลอย จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
- หินปูน (CaCO_3) และ โดโลไมต์ ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) จากบริษัท เซอร์นิค จำกัด เป็นชนิดเกรดอุตสาหกรรม
- โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) จากบริษัทยูแอนวี โฮลดิ้ง (ไทยแลนด์) จำกัด เตรียมให้มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.35
- บอแรกซ์ ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) จากบริษัทยูแอนวี โฮลดิ้ง (ไทยแลนด์) จำกัด

ร่อนเศษแก้วและเถ้าลอย ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (75 ไมครอน) นำไปวิเคราะห์และทดสอบส่วนประกอบทางแร่วิทยาโดย XRD (X-ray diffractometer Bruker D8 Advance) วิเคราะห์องค์ประกอบเคมีโดย XRF (X-ray fluorescence spectrometer Bruker model S8 Tiger) วิเคราะห์ขนาดอนุภาคโดย X-ray seditograph (Laser Particle Size Analyzer Mastersizer 3000) ค่าความหนืดโดย Fiber elongation (BAHR Thermoanalyse GmbH Type VIS402) และวิเคราะห์เชิงความร้อนโดย DTA (Simultaneous Thermal Analyzer STA 449 F3 NETZ5CH) ผลการวิเคราะห์และทดสอบแสดงในรูปที่ 1 2 และ 3 และตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



(ก) เศษแก้วกระจก



(ข) เถ้าลอย

รูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางแร่วิทยาของตัวอย่างเศษแก้วกระจกและเถ้าลอย

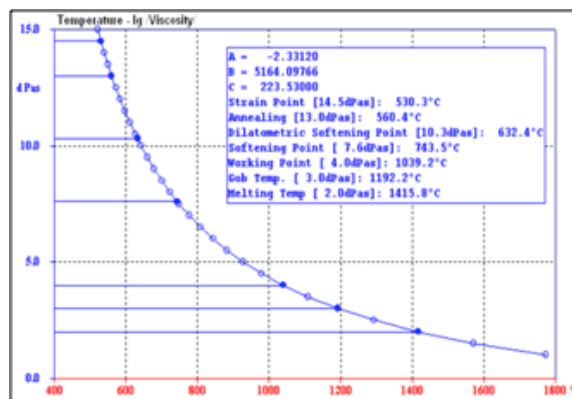
การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางแร่วิทยาโดย XRD ของเศษแก้วกระจก (รูปที่ 1 ก) พบว่าตัวอย่างเป็นอสัณฐาน (amorphous) ส่วนเถ้าลอยพบส่วนประกอบของควอตซ์ และมัลไลต์ เป็นหลัก

ตารางที่ 1 องค์ประกอบเคมีของเศษแก้วกระจก และแก้วลอย

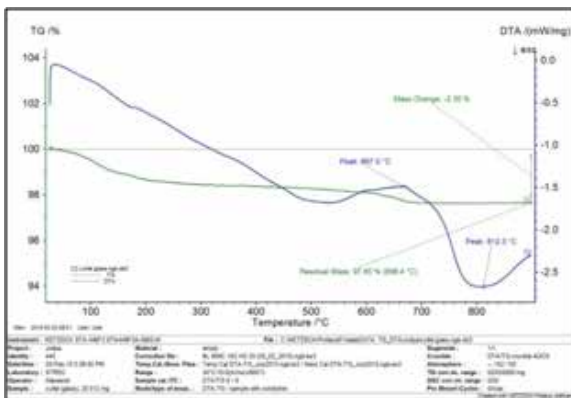
วัตถุดิบ	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃
เศษแก้วกระจก	70.2	1.38	0.14	10.5	3.67	13.5	0.20	0.06	0.21
แก้วลอย	36.1	21.0	13.5	15.7	2.17	1.65	2.87	0.43	4.27

ตารางที่ 2 การกระจายตัวของขนาดอนุภาค เศษแก้วกระจก และแก้วลอย

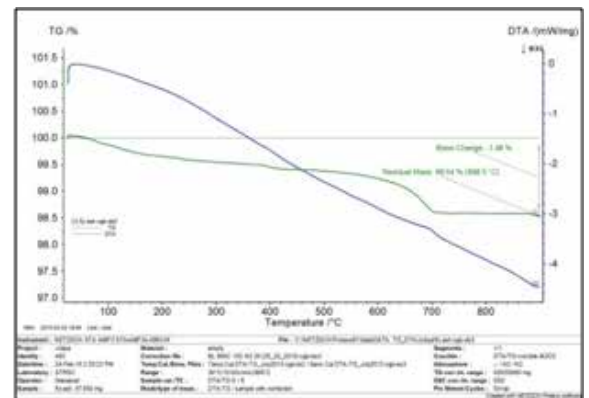
ตัวอย่าง	-50µm	-30µm	-20µm	-10µm	-5µm	-2µm	-1µm
เศษแก้วกระจก	100	96.2	71.7	19.0	6.2	3.3	3.4
แก้วลอย	99.4	93.7	39.7	9.9	7.6	6.4	6.3



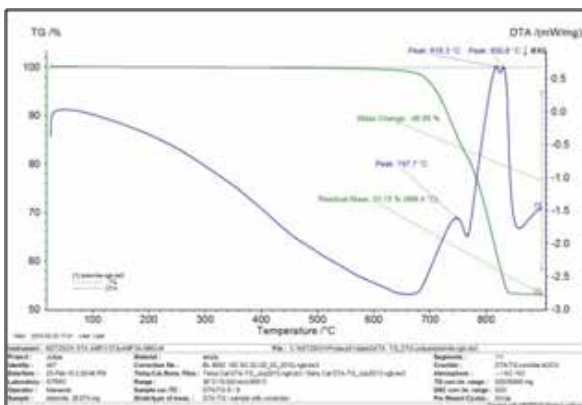
รูปที่ 2 ความหนืดของเศษแก้วกระจก



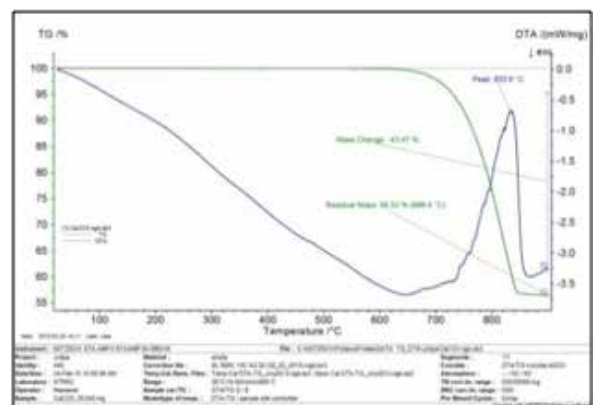
(ก) เศษแก้วกระจก



(ข) แก้วลอย



(ค) โดโลไมต์



(ง) หินปูน

รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์เชิงความร้อนของเศษแก้ว แก้วลอย หินปูน และโดโลไมต์ ช่วงอุณหภูมิห้องถึง 900°C

การวิเคราะห์เชิงความร้อนโดย DTA ของเศษแก้วกระจก (รูปที่ 3 ก) เกิดการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิประมาณ 500 °C เล้าลอย (รูปที่ 3 ข) ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 °C เนื่องจากมีความหนาไฟ ส่วนโพลีไมด์ และหินปูน (รูปที่ 3 ค และ ง) เริ่มสลายตัวให้ก๊าซ CO₂ ที่อุณหภูมิประมาณ 750 °C

2.2 การเตรียมส่วนผสม และขั้นตอนทดสอบ

เตรียมเศษแก้วกระจก และเล้าลอย ที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมช จากนั้นชั่งเศษแก้วกระจก และเล้าลอย 4 สูตร (A ถึง D) ดังตารางที่ 3 และเติมหินปูน 1 ส่วน/100ส่วน และโพลีไมด์ 1 ส่วน/100ส่วน เป็นสารก่อฟอง จากนั้นทำการแปรปริมาณโซเดียมซิลิเกต 10 15 และ 20 ส่วน/100ส่วน เป็นสารเชื่อมประสาน และบอแรกซ์ที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 เมช 10 15 และ 20 ส่วน/100ส่วน ตามสูตรที่แสดงในตารางที่ 4 ผสมวัตถุดิบแห้งด้วยเครื่องผสม (WAB Turbula T2F blender (Mixer)) เป็นเวลา 20 นาที แล้วจึงผสมโซเดียมซิลิเกต (ถพ. 1.35) จากนั้นนำวัตถุดิบไปเข้าเครื่องผสม (OTTO HM 275) เป็นเวลา 5 นาที เทวัตถุดิบที่ผ่านการผสมเรียบร้อยแล้วลงในแบบพิมพ์ดินเผาขนาด 100 x 100 x 25 mm.³ นำไปเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 800°C อัตราการเผา 2.5 °C/min นำชิ้นงานที่ได้หลังเผาไปตัดให้ได้ขนาด 20 x 20 x 20 mm.³ เพื่อทดสอบลักษณะทั่วไป และสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของชิ้นงาน (Density) ค่าความต้านแรงอัด (Compressive strength) ด้วยเครื่อง Universal Testing Shimadzu Autograph AG – X plus ตามมาตรฐาน มอก. 2601 – 2556 (7)

ตารางที่ 3 ปริมาณเศษแก้วกระจก และเล้าลอย

สูตร	เศษแก้วกระจก (ร้อยละ)	เล้าลอย (ร้อยละ)
A	80	20
B	70	30
C	60	40
D	50	50

ตารางที่ 4 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

สูตร	บอแรกซ์ (ส่วน/100ส่วน) โดยน้ำหนัก	โซเดียมซิลิเกต (ส่วน/100ส่วน) โดยน้ำหนัก
A1	10	10
A2	10	15
A3	10	20
B4	10	10

B5	10	15
B6	10	20
C7	10	10
C8	10	15
C9	10	20
D10	10	10
D11	10	15
D12	10	20
C13	15	10
C14	15	15
C15	15	20
D16	15	10
D17	15	15
D18	15	20
D19	20	10
D20	20	15
D21	20	20

2.3 การเตรียมผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

คัดเลือกสูตรที่มีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรต่ำ และความต้านแรงอัดมาก นำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ได้แก่ สูตร C ที่เติมบอแรกซ์ 10 ส่วน/100ส่วน และสูตรD ที่เติมบอแรกซ์ 15 ส่วน/100 ส่วน ตามลำดับโดยเติมหินปูน 1 ส่วน/100ส่วน โพลีไมด์ 1 ส่วน/100 ส่วน และโซเดียมซิลิเกต 10 15 และ 20 ส่วน/100ส่วน ขึ้นรูปในหีบดิน (Sagger) สำหรับเผาขนาด 250 x 250 x 100 mm.³ นำไปเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 800°C อัตราการเผา 2.5 °C / min นำชิ้นงานที่ได้หลังเผาไปตัดให้ได้ขนาด 20 x 20 x 20 mm.³ ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ตามมาตรฐาน มอก. 2601 – 2556 ได้แก่ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ (water absorption) ความต้านแรงอัด การนำความร้อน (thermal conductivity) ด้วยเครื่อง Heat Flow Meter – HFM 436 Lambda และทดสอบการกันความชื้น


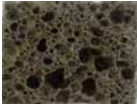
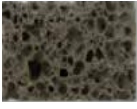


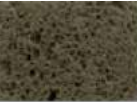
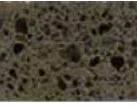




2.4 การทดสอบการกันความชื้น

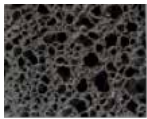







ใช้วิธีทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำโดยการนำชิ้นงานไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งอ้างอิงวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 2601 – 2556 และทำการแช่ในน้ำเพิ่มอีก 24 ชั่วโมง รวมระยะเวลาทดสอบเป็น 48 ชั่วโมงเพื่อทดสอบการดูดซึมน้ำที่เปลี่ยนแปลง

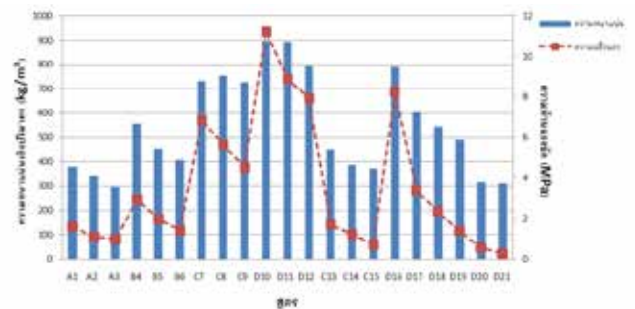
3. ผลการทดลอง (Results and Discussion)

3.1 ผลการทดลองชิ้นงานที่เตรียมจากเศษแก้วและเถ้าลอย โดยมีหินปูน 1 ส่วน/100 ส่วน โดโลไมต์ 1 ส่วน/100 ส่วน เป็นสารก่อฟอง บอแรกซ์ 10 – 20 ส่วน/100 ส่วน เป็นสารช่วยหลอม และ โซเดียมซิลิเกต 10 – 20 ส่วน/100 ส่วน เป็นสารเชื่อมประสาน เเผาที่อุณหภูมิ 800 °C แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลองวัสดุมวลเบา เเผาที่อุณหภูมิ 800 °C

สูตร	ผลการทดลอง		
	ลักษณะรูพรุน	ความหนาแน่น (kg/m ³)	ความต้านแรงอัด (MPa)
A3		297	0.98
B4		558	2.95
B5		453	1.97
B6		408	1.43
C7		731	6.85
C8		753	5.64
C9		727	4.52
D10		897	11.23
D11		894	8.87
D12		795	7.95
C13		452	1.70

C14		387	1.22
C15		372	0.71
D16		790	8.27
D17		604	3.39
D18		544	2.36
D19		490	1.38
D20		315	0.57
D21		312	0.27



รูปที่ 4 ความหนาแน่นและความต้านแรงอัดของวัสดุมวลเบา เเผาที่อุณหภูมิ 800 °C

จากผลการทดลองพบว่า ชิ้นงานหลังเผาที่อุณหภูมิ 800°C มีรูพรุนเกิดขึ้นเนื่องจากการสลายตัวของ โดโลไมต์ และหินปูน (รูปที่ 3 ค และ ง) เริ่มสลายตัวให้ก๊าซ CO₂ ที่อุณหภูมิประมาณ 750 °C และรูพรุนจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อปริมาณโซเดียมซิลิเกตเพิ่มขึ้น เนื่องจากโซเดียมซิลิเกตช่วยทำให้ส่วนผสมมีการหลอมตัวง่ายขึ้น จึงช่วยให้อนุภาคของแก้วเกิดการผนึกตัวที่อุณหภูมิต่ำ ก๊าซ CO₂ ที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของ หินปูนและโดโลไมต์ ถูกเก็บกักไว้ภายใน ชิ้นงาน และมีการขยายปริมาตรของก๊าซ CO₂ เมื่อความร้อนสะสมเพิ่มขึ้น จึงทำให้รูพรุนมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อปริมาณโซเดียมซิลิเกต

เพิ่มขึ้น และอัตราส่วนของแก้วลอยที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ชิ้นงานมีรูพรุนขนาดเล็กลง ส่งผลให้ความหนาแน่นและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากแก้วลอยมีความทนไฟ (รูปที่ 3 ข) แก้วลอยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 °C ดังนั้น เมื่อใส่ปริมาณแก้วลอยเพิ่มขึ้น ทำให้ส่วนผสมยังหลอมตัวไม่ดี ก๊าซที่เกิดขึ้นไม่ถูกเก็บกักอยู่ในชิ้นงาน จึงทำให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นมากขึ้นเมื่อใส่ปริมาณแก้วลอยมากขึ้น และการเพิ่มปริมาณบอแรกซ์ในส่วนผสมสูตรที่ C13 – D21 ช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมตัวของชิ้นงาน ก๊าซที่เกิดขึ้นถูกเก็บกักไว้ภายในชิ้นงาน ทำให้ค่าความหนาแน่น และความแข็งแรงลดลง

3.2 ผลการทดลองผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่เตรียมจากสูตร C และ D โดยมีหินปูน 1 ส่วน/100 ส่วน โดโลไมต์ 1 ส่วน/100 ส่วนเป็นสารก่อฟอง บอแรกซ์ 10 – 15 ส่วน/100 ส่วน เป็นตัวช่วยหลอม และโซเดียมซิลิเกต 10 – 20 ส่วน/100 ส่วน เป็นสารเชื่อมประสาน แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลทดสอบสมบัติผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ตัวอย่าง			สมบัติผลิตภัณฑ์ต้นแบบ			
สูตร	บอแรกซ์ (ส่วน/100ส่วน)	โซเดียมซิลิเกต (ส่วน/100ส่วน)	ความหนาแน่น (kg/m ³)	ดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความต้านแรง อัด (MPa)	การนำ ความร้อน (watt/m.K.)
C	10	10	690	24.84	6.84 ± 0.863	0.119
		15	670	25.27	5.64 ± 0.324	0.134
		20	590	30.97	4.52 ± 0.200	0.133
D	15	10	610	37.14	8.27 ± 1.026	0.138
		15	640	36.67	3.39 ± 2.147	0.126
		20	550	33.57	2.36 ± 2.362	0.112

ตารางที่ 7 ผลทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ) ที่เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตัวอย่าง			สมบัติผลิตภัณฑ์ต้นแบบ		
สูตร	บอแรกซ์ (ส่วน/100ส่วน)	โซเดียมซิลิเกต (ส่วน/100ส่วน)	การดูดซึมน้ำ 24 ชม. (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ 48 ชม. (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ ที่เปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
C	10	10	24.84	25.01	0.68
		15	25.27	25.99	2.85
		20	30.97	31.83	2.78
D	15	10	37.14	37.68	1.45
		15	36.67	36.67	2.81
		20	33.57	33.57	4.02

3.3 ผลการทดสอบการกันความชื้น

ผลการทดสอบการกันความชื้น แสดงในตารางที่ 7 พบว่า อัตราการดูดซึมน้ำเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับ 24 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานมีรูพรุนส่วนใหญ่เป็นแบบปิดซึ่งเป็นผลให้การดูดซึมน้ำต่ำ เมื่อทดลองเพิ่มระยะเวลาในการแช่ตัวอย่างในน้ำเป็น 48 ชั่วโมง พบว่าค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นน้อยมาก แสดงให้เห็นว่าความชื้นไม่สามารถเข้าไปภายในชิ้นงานได้ ชิ้นงานจึงมีสมบัติกันความชื้น โดยสูตรที่ใช้เศษแก้วร้อยละ 60 แก้วลอยร้อยละ 40 โดยมีหินปูน 1 ส่วน/100 ส่วน และโดโลไมต์ 1 ส่วน/100 ส่วน เป็นสารก่อฟอง บอแรกซ์ 10 ส่วน/100 ส่วน และโซเดียมซิลิเกต 10 ส่วน/100 ส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมงต่ำที่สุด

4.สรุป (Conclusion)

การศึกษาวิจัยและทดลองวัสดุมวลเบาขึ้นความชื้นจากเศษแก้วและเถ้าลอย พบว่าสูตรที่ใช้เศษแก้วร้อยละ 60 เถ้าลอยร้อยละ 40 โดยมีหินปูน 1 ส่วน/100 ส่วน และโดโลไมต์ 1 ส่วน/100 ส่วน เป็นสารก่อฟอง บอแรกซ์ 10 ส่วน/100 ส่วน และโซเดียมซิลิเกต 10 ส่วน/100 ส่วน เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับนำไปผลิตเป็นวัสดุมวลเบาขึ้นความชื้น ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 690 kg/m³ ความต้านแรงอัด 6.84 MPa การดูดซึมน้ำร้อยละ 24.84 ค่าการนำความร้อน 0.119 watt/m.K และมีสมบัติกันความชื้นดีที่สุด



รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณผู้บังคับบัญชาและเจ้าหน้าที่ สำนักเทคโนโลยีชุมชนทุกท่านที่ช่วยสนับสนุนการทำวิจัย ขอขอบคุณ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์การทดสอบองค์ประกอบเคมีของวัสดุดิบและค่าการนำความร้อน ขอขอบคุณบริษัทกลาสบริดจ์ จำกัด และโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์เศษแก้ว และเถ้าลอย สำหรับใช้ทดลองในงานวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] นิตยรัตน์ ดอเลื้อง. วัสดุมวลเบาที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง. *Princess of Naradhiwas University Journal*. ก.ย.- ธ.ค. 2552, 1(3), 48-62.
- [2] RECYCLED GLASS PRODUCTS INC. Foamed glass manufacture. *U.S. patent 5,516,351*, 1996-05-14.
- [3] HURLEY, J. *A UK Market Survey for foam glass*. Banbury, UK : WRAP, 2003.
- [4] วรณา ต.แสงจันทร์. การพัฒนาการผลิตอิฐมวลเบาจากเศษแก้ว. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*. มกราคม 2552, 57(179), 46-52.
- [5] FERNANDES, H.R., TULYAGANOV, D.U. and FERREIRA, J.M.F. Preparation and characterization of foams from sheet glass and fly ash using carbonates as foaming agents. *Ceramic International*. 2009, 35(1), 229-235.
- [6] BO, C., ZHIWEI, L. and ANXIAN, L. Preparation of sintered foam glass with high fly ash content. *Materials Letters*. 2011, 65, 3555-3558.
- [7] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 2601-2556. *คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ*.

