การพัฒนาอิฐมวลเบาจากเศษแก้ว

วรรณา ต.แสงจันทร์

FOAM GLASS

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการทำอิฐมวลเบาจากเศษแก้ว เพื่อใช้เป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคารบ้านเรือน โดยนำเศษแก้วสีชาบดให้ละเอียด ผสมสารก่อฟอง(foaming agent)ชนิดหินปูนหรือโดโลไมต์ ในปริมาณ 0.5-2.0 ส่วน ต่อเศษแก้ว 100 ส่วน ขึ้นรูปเป็นก้อนอิฐ เผาที่อุณหภูมิ 800 และ 850 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างไปทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความต้านแรงอัด และค่าการนำความร้อน ศึกษาผลของปริมาณสารก่อฟอง และอุณหภูมิเผาต่อสมบัติ ความหนาแน่นและความต้านแรงอัด

1. บทนำ

ประเทศไทยมีเศษแก้วทิ้งเป็นขยะอยู่ประมาณปีละ 40,000 ตัน ซึ่งไม่ได้นำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตแก้ว และนับวันจะมีปริมาณขยะเศษแก้วเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต ทำให้มีการรณรงค์การนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ในประเทศไทยยังไม่มีการนำเศษแก้วไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ นอกจากการนำกลับไปหลอมใหม่ แต่ในต่างประเทศมีการนำเศษแก้วกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย อาทิเช่น ใช้เป็นตัวกรอง (filtration medium) ใช้ผสมในคอนกรีต ใช้เป็นวัสดุขัดสี (abrasive) ใช้เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในเซรามิก (fluxing agent) ใช้เป็นตัวเติมในสี (filler) และใช้ทำโฟมกลาส (foam glass) เป็นต้น

การทำโฟมกลาส จากเศษแก้วทำได้โดย นำแก้วที่บดละเอียดผสมกับสารที่ให้ก๊าซหรือสารก่อฟอง (gasifier or foaming agent) ส่วนมากเป็นพวกคาร์บอน หรือสารประกอบของคาร์บอน(carbonaceous substances) ซึ่งสามารถแตกตัวให้ก๊าซเกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อนระหว่างอุณหภูมิ 400-1000 องศาเซลเซียส ในขณะเดียวกันแก้วโซดาไลม์มีสมบัติอ่อนตัวที่อุณหภูมิประมาณ 650-750 องศาเซลเซียส ณ อุณหภูมินี้แก้วจะมีความหนืดลดลงและไหลตัวได้ อนุภาคของแก้วจะเกิดการเชื่อมต่อกันจนเกิดผนึก (viscous flow sintering) ก๊าซที่เกิดขึ้นจึงถูกกักอยู่ภายใน และจะขยายตัวเป็นฟองอากาศใหญ่ขึ้นตามความดันแก๊สที่เพิ่มขึ้น เมื่อแก้วเย็นตัวลง ก๊าซที่เกิดขึ้นก็จะกลายเป็นช่องว่างอยู่ภายใน ทำให้เกิดโครงสร้างพรุนตัว เหมาะที่จะนำมาทำอิฐมวลเบากันความร้อน เนื่องจากมีน้ำหนักเบา แข็ง ทนต่อแรงอัดได้ดี ไม่ติดไฟ ไม่ไวต่อสารเคมีและไม่เป็นพิษ มีค่าการนำความร้อนต่ำ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำอิฐมวลเบาจากเศษแก้ว เพื่อใช้เป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคารบ้านเรือน ซึ่งจะเป็นทางเลือกใหม่สำหรับวงการก่อสร้างของประเทศไทย

2. วิธีการทดลอง

2.1 ขอบเขตการทดลอง

- ใช้เศษแก้วโซดาไลม์สีชา
- ใช้ สารก่อฟอง ชนิด หินปูน (calcium carbonate) และโดโลไมต์ (dolomite) ปริมาณ 0.5-2 ส่วนต่อแก้ว 100 ส่วน
- อุณหภูมิการเผา 800 และ 850 องศาเซลเซียส

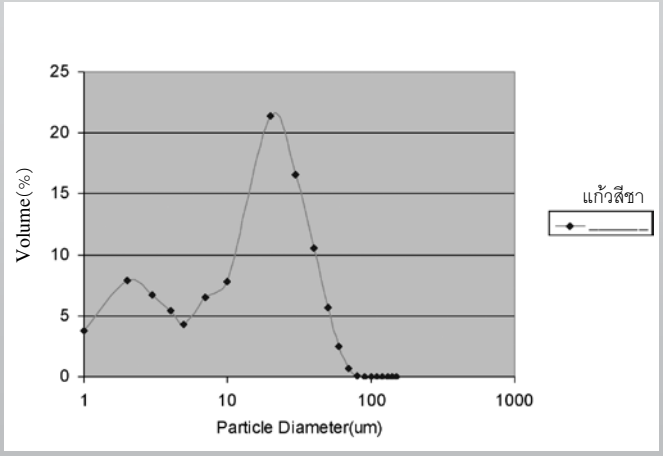
2.2 วัตถุดิบ

- เศษแก้วสีชา จากบริษัทแก้วกรุงไทยจำกัด เป็นแก้วชนิดโซดาไลม์ องค์ประกอบเคมีของแก้วแสดงในตารางที่ 1 ความละเอียดหลังผ่านการบด 16 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ย (mean) 17 ไมครอน (μm) ค่ามัธยฐาน (median) 13 ไมครอน และค่าฐานนิยม (mode) 25 ไมครอน กราฟการกระจายความละเอียดแสดงในรูปที่ 1 และสมบัติความหนืดแสดงในรูปที่ 2
- หินปูน (calcium carbonate,$CaCO_3$) และโดโลไมต์ (colomite,$MgCO_3.CaCO_3$) จากบริษัท เซอร์นิค จำกัด เป็นชนิดเกรดอุตสาหกรรม
- สารเชื่อมประสาน โซเดียมซิลิเกต จากบริษัท เซอร์นิค จำกัด เป็นชนิดเกรดอุตสาหกรรม ที่ใช้ในงานเซรามิก มีความเข้มข้น 40 โบเม่

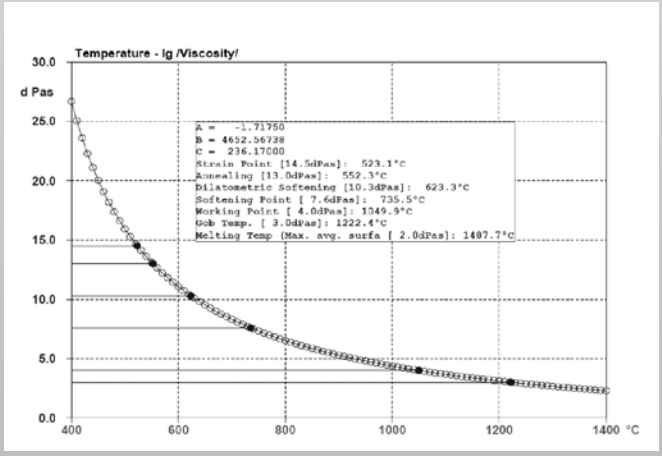
ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบเคมีของเศษแก้วสีชา

วัตถุดิบ	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Cr_2O_3
เศษแก้วสีชา	70.6	2.1	0.3	11.5	1.9	13.4	0.1	-

การกระจายความละเอียดของแก้วสีชา



ภาพที่ 1 กราฟแสดงค่าการกระจายความละเอียดของแก้วสีชาที่ผ่านการบด 16 ชั่วโมง



ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าความหนืด-อุณหภูมิของแก้วสีชา

Foaming agent

2.3 การเตรียมเศษแก้ว

ล้างเศษแก้วให้สะอาด โดยแช่น้ำทิ้งไว้ และทำการคัดเลือกสิ่งต่างๆ ที่ปะปนมาออกให้หมด ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าอีกครั้ง นำไปบดให้ละเอียดโดยใช้หม้อบดเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช เกรอะในอ่างปูนปลาสเตอร์และอบแห้งในตู้อบ นำไปทดสอบหาค่าความละเอียดโดยใช้เครื่อง laser particle size analyzer

2.4 การเตรียมตัวอย่างทดสอบสมบัติทางกายภาพ

1. ชั่งเศษแก้วที่บดละเอียดเป็นผง จำนวน 100 กรัม
2. ชั่งสารก่อฟอง(foaming agent) ชนิดหินปูน/โดโลไมต์ ในปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ส่วน ต่อเศษแก้ว 100 ส่วน ตามลำดับ
3. ผสมเศษแก้ว และสารก่อฟองให้เข้ากันอย่างดีโดยใช้เครื่องผสมสาร(homogenizer)เป็นเวลา 20 นาที แล้วเทเศษแก้วที่มีสารก่อฟองลงในบีกเกอร์
4. เติมสารเชื่อมประสานโซเดียมซิลิเกต 10 มิลลิลิตร ซึ่งเตรียมโดยละลายโซเดียมซิลิเกต 100 มิลลิลิตร กับน้ำ 100 มิลลิลิตร ทำการผสมให้สารเชื่อมประสานโซเดียมซิลิเกตเข้ากันกับเศษแก้วและสารก่อฟอง
5. เทส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วลงในแบบสี่เหลี่ยมทำด้วยแผ่นพลาสติกอะคริลิค ขนาด 5 ซม. x 5 ซม. x 5 ซม. ใช้ไม้เกลี่ยให้เสมอกัน และเอาแป้นพลาสติกกดให้ผิวหน้าเรียบ
6. ถอดแบบออก ทิ้งตัวอย่างให้แห้งในอากาศ 1 วัน
7. นำตัวอย่างเข้าเผาในเตาไฟฟ้าอุณหภูมิ 800 และ 850 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราเร่ง 5 องศาเซลเซียส/นาที และยืนไฟที่อุณหภูมิสูงสุดนาน 10 นาที

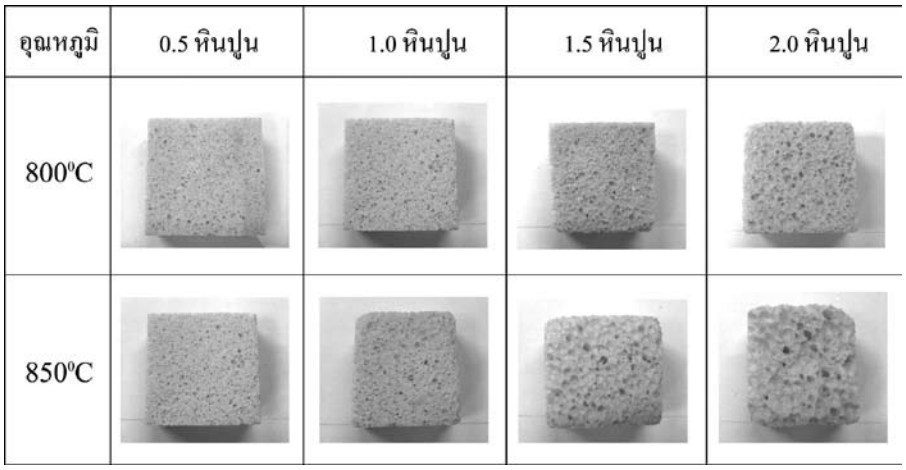
การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบค่าการนำความร้อน ใช้เศษแก้วสีชาจำนวน 2 กิโลกรัม ผสมสารก่อฟองและโซเดียมซิลิเกต ตามสัดส่วน วิธีการเตรียมตัวอย่างเหมือนกับการเตรียมตัวอย่างทดสอบสมบัติทางกายภาพ แต่ใช้แบบขนาดใหญ่กว่าคือ 30 ซม. x 30 ซม. x 5 ซม.

2.5 การทดสอบ

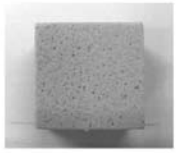
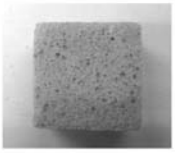
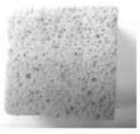
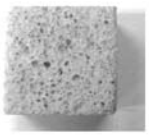
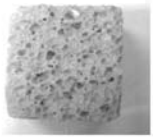
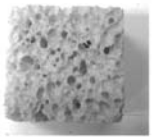
นำตัวอย่างที่เผาแล้วมาทำการตัดผิวหน้าออกทุกด้าน และตัดให้เป็นรูปลูกบาศก์ขนาด 2 ซม. x 2 ซม. x 2 ซม. จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติความหนาแน่น (density) โดยหาเป็นความหนาแน่นเชิงปริมาตร และความต้านแรงอัด (compressive strength) ส่วนค่าการนำความร้อน เลือกตัวอย่างที่ใช้หินปูน 1 ส่วน ต่อแก้ว 100 ส่วน และโดโลไมต์ 1.5 ส่วน ต่อแก้ว 100 ส่วน เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นน้อย และมีค่าความต้านแรงอัดมาก โดยตัดตัวอย่างให้มีขนาด 30 ซม. x 30 ซม. x 2 ซม.

3. ผลการทดลอง

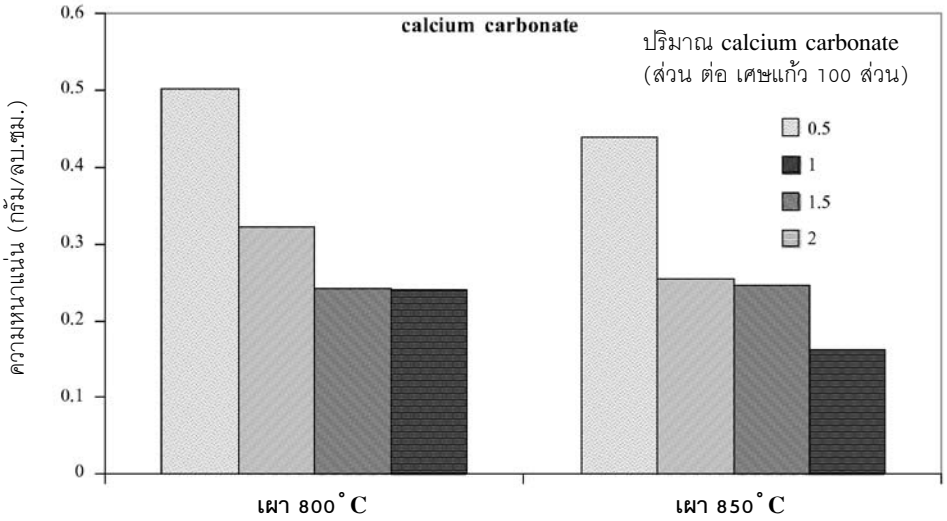
ตัวอย่างที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 800 และ 850 องศาเซลเซียส มีการขยายตัวมาก ผิวหน้าเรียบและเป็นมัน เมื่อนำมาตัดผิวหน้าออกทุกด้าน ตัวอย่างจะมีรูพรุนกระจายตัวอยู่ทั่วไป และมีรูพรุนเพิ่มมากขึ้นและขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อปริมาณของสารก่อฟองเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิการเผาสูงขึ้น ภาพที่ 3 และ4 แสดงลักษณะตัวอย่างที่ใช้หินปูนและโดโลไมต์เป็นสารก่อฟอง เผาที่อุณหภูมิ 800 และ 850 องศาเซลเซียส และเมื่อนำไปทดสอบหาค่าความหนาแน่นและความต้านแรงอัด พบว่า ตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นและความต้านแรงอัดลดลง เมื่อปริมาณสารก่อฟองเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิการเผาสูงขึ้น ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น และความต้านแรงอัด แสดงในภาพที่ 5-8 ตามลำดับ และผลการทดสอบค่าการนำความร้อนแสดงในตารางที่ 2



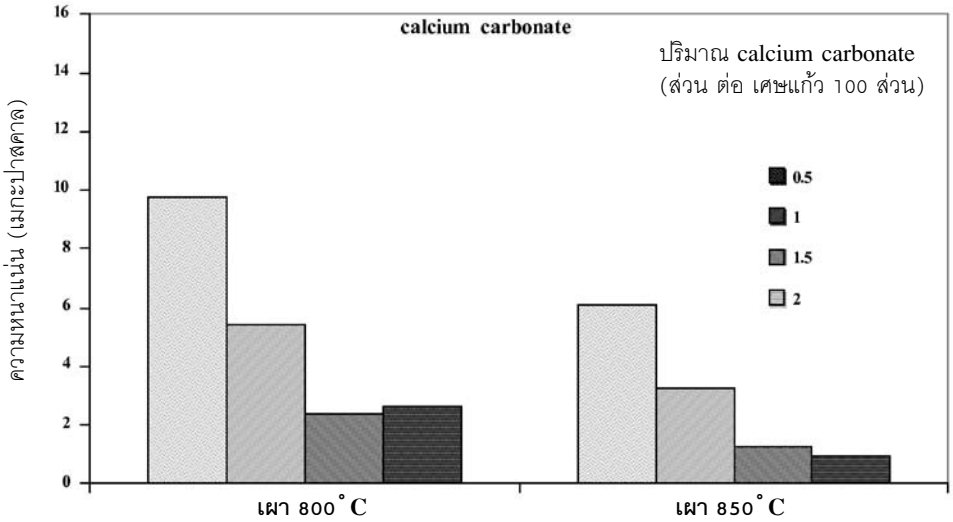
ภาพที่ 3 ลักษณะตัวอย่างที่ใช้หินปูนเป็นสารก่อฟอง เผาอุณหภูมิ 800 และ 850 °C

อุณหภูมิ	0.5 โดโลไมต์	1.0 โดโลไมต์	1.5 โดโลไมต์	2.0 โดโลไมต์
800^{0}C				
850^{0}C				

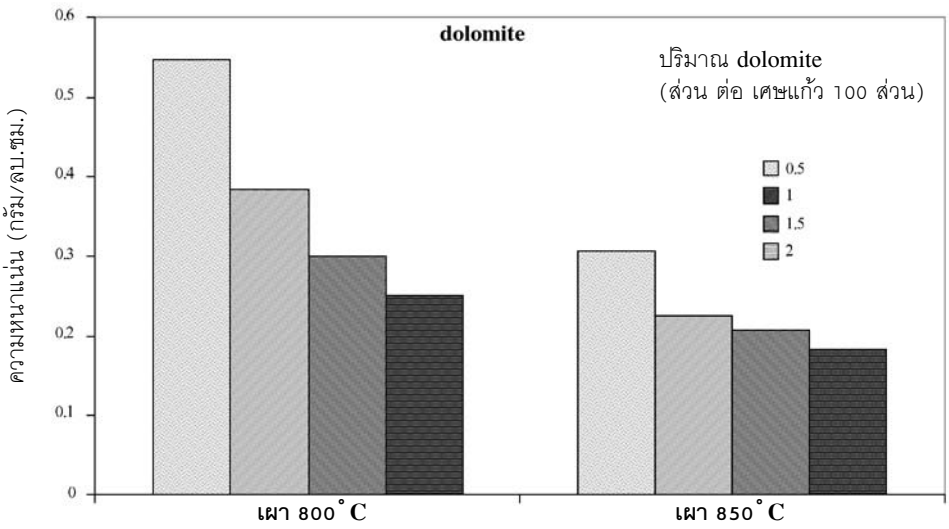
ภาพที่ 4 ลักษณะตัวอย่างที่ใช้โดโลไมต์เป็นสารก่อฟอง เผาอุณหภูมิ 800 และ 850 $^{\circ}C$



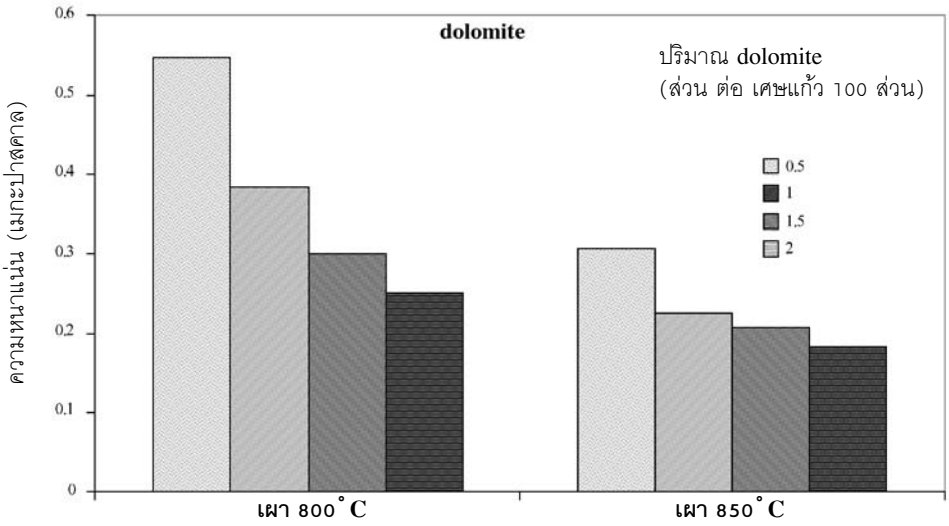
ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นต่อปริมาณหินปูน (calcium carbonate) ในเศษแก้ว



ภาพที่ 6 กราฟแสดงค่าความต้านแรงอัดต่อปริมาณหินปูน (calcium carbonate) ในเศษแก้ว



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นต่อปริมาณโดโลไมต์ (dolomite) ในเศษแก้ว



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าความต้านแรงอัดต่อปริมาณโดโลไมต์ (dolomite) ในเศษแก้ว

ตารางที่ 2 แสดงค่าการนำความร้อนของตัวอย่างเผาที่ 800 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง (ส่วนต่อเศษแก้ว 100 ส่วน) เผาที่ 800 ° C	ค่าการนำความร้อน (วัตต์/เมตร.เคลวิน)
หินปูน 1 ส่วน	0.065
โดโลไมต์ 1.5 ส่วน	0.060

4. วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ตัวอย่างที่ใช้หินปูน และโดโลไมต์เป็นสารก่อฟอง ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส มีรูพรุนกระจายตัวอยู่ทั่วไป แสดงว่าทั้งหินปูนและโดโลไมต์ เริ่มเกิดปฏิกิริยาแตกตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส แล้ว และเมื่อปริมาณหินปูนและโดโลไมต์เพิ่มขึ้น ตัวอย่างจะมีรูพรุนมากขึ้น และขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น จึงทำให้ตัวอย่างมีฟองอากาศมากขึ้น เกิดรูพรุนมากขึ้น จากรูปที่ 2 กราฟแสดงค่าความหนืด-อุณหภูมิของแก้วสีชา จะเห็นได้ว่า แก้วเริ่มอ่อนตัวที่อุณหภูมิประมาณ 735 องศาเซลเซียส อนุภาคของแก้วเริ่มเชื่อมต่อกัน เกิดการผนึกตัว (viscous flow sintering) แล้ว โดยเฉพาะผิวหน้าของตัวอย่างจะได้รับความร้อนมากกว่าผิวใน ผิวหน้าจึงเกิดการผนึกตัวก่อน ทำให้ก๊าซที่เกิดขึ้นภายในตัวอย่างไม่สามารถออกไปจากผิวหน้าของตัวอย่างได้ จึงถูกกักอยู่ภายใน และรวมตัวกัน ทำให้ตัวอย่างมีรูพรุนขนาดใหญ่ขึ้น ความพรุนตัวมากขึ้น ทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง และเป็นผลให้ค่าความต้านแรงอัดลดลงด้วย

2. ตัวอย่างที่ใช้หินปูนและโดโลไมต์เป็นสารก่อฟอง เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น คือ 850 องศาเซลเซียส รูพรุนมีขนาดใหญ่กว่า ตัวอย่างที่เผาอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เนื่องมาจากที่อุณหภูมิสูงขึ้น หินปูนและโดโลไมต์สามารถเกิดปฏิกิริยาแตกตัวให้ก๊าซได้มากขึ้น และค่าความดันก๊าซจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จึงทำให้รูพรุนมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนาแน่น และความต้านแรงอัดที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียสน้อยกว่าตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

3. ตัวอย่างที่ใช้หินปูนเป็นสารก่อฟอง 1 ส่วนต่อแก้ว 100 ส่วน มีค่าการนำความร้อนมากกว่า ตัวอย่างที่ใช้โดโลไมต์เป็นสารก่อฟอง 1.5 ส่วนต่อแก้ว 100 ส่วน เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้หินปูนมีความหนาแน่นมากกว่า จึงนำความร้อนได้ดีกว่าตัวอย่างที่ใช้โดโลไมต์ ตัวอย่างที่มีความหนาแน่นมากกว่า จะสามารถนำความร้อนได้ดีกว่าและจะมีความเป็นฉนวนน้อยกว่า

5. สรุป

เศษแก้วสามารถนำมาทำเป็นอิฐมวลเบาได้ โดยผสมสารก่อฟองชนิดหินปูน 1 ส่วนหรือโดโลไมต์ 1.5 ส่วนต่อเศษแก้วบดละเอียด 100 ส่วน และใช้โซเดียมซิลิเกตเป็นสารเชื่อมประสาน เพื่อช่วยในการขึ้นรูปให้เป็นก้อนอิฐ เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จะได้อิฐมวลเบาที่มีค่าความหนาแน่น 0.30-0.32 กรัม/ลบ.ซม. มีค่าความต้านแรงอัด 5.4-5.6 เมกะปาสคาล และค่าการนำความร้อน 0.60-0.65 วัตต์/เมตร.เคลวิน สามารถนำมาตัดให้มีขนาดต่าง ๆ ตามที่ต้องการได้

ภาพที่ 9 ตัวอย่างอิฐมวลเบาจากเศษแก้วขนาดต่าง ๆ

6. บรรณานุกรม

Hurley, James. Research and development final report, a U.K. market survey for foam glass, Banbury,Oxon : WRAP, 2003. [Online] [Cite dated 16 February,2008] Available from Internet : www.wrap.org.uk

Kingery, W.D. , Bowen, H.K.,and Uhlmann, D.R. Introduction to ceramics. 2nd.ed. Singapore : Wiley, 1991. p 504-505.

Kraemer,Seidle A., Mayer,R., Streibl,L. Apparatus and process for the continuous production of foamed glass and foamed ceramic. U.S. patent 3,473,904, 1969 .

Malesak, Jaromir. Method and apparatus for continuously manufacturing foam glass. U.S. patent 3,607,170. 1971.

Scholes,Samuel R. Modern glass practice. 7 th.ed. Massachusetts: Cahners Publishing, 1975, p24-41.

Scheffer M. and Colombo P. Cellular ceramics structure, manufacturing, properties and applications, Weinheim : WILEY-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA, 2005, p 158-175

Solomom, David, and Rossetti, Michael. Recycled glass products. U.S. Patent 5,516,351, 1996.

7. ภาคผนวก

ตารางที่ 1 แสดงค่าความละเอียดของเศษแก้วสีชาที่ผ่านการบด 16 ชั่วโมง

∅(um)	แก้วสีชา	∅(um)	แก้วสีชา	∅(um)	แก้วสีชา	∅(um)	แก้วสีชา
1	3.8	7	34.6	50	96.7	100	100
2	11.7	10	42.4	60	99.2	110	100
3	18.4	20	63.8	70	99.9	120	100
4	23.8	30	80.4	80	99.996	130	100
5	28.1	40	91	90	100	140	100
						150	100

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบของตัวอย่างเศษแก้วที่ใช้หินปูนเป็นสารก่อฟองในปริมาณต่าง ๆ

สมบัติที่ทดสอบ	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณหินปูน (ส่วน ต่อ 100 ส่วน)			
		0.5	1.0	1.5	2.0
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	800	0.50	0.32	0.24	0.24
	850	0.44	0.26	0.25	0.16
ความต้านแรงอัด (เมกะปาสคาล)	800	9.74	5.40	2.40	2.65
	850	6.13	3.23	1.29	0.95

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมบัติของตัวอย่างเศษแก้วที่ใช้โดโลไมต์เป็นสารก่อฟองในปริมาณต่าง ๆ

สมบัติที่ทดสอบ	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณโดโลไมต์ (ส่วน ต่อ 100 ส่วน)			
		0.5	1.0	1.5	2.0
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	800	0.55	0.39	0.30	0.25
	850	0.31	0.23	0.21	0.18
ความต้านแรงอัด (เมกะปาสคาล)	800	14.3	8.4	5.6	2.9
	850	5.2	2.6	1.6	1.2