การพัฒนาส่วนผสมผลิตภัณฑ์อิฐดินเผาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอ่างทอง

The Development of Composition for Bricks Products of Ayuttaya and Angthong Province

สุทัศน์ จันบัวลา*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาการผลิตอิฐดินเผาในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง ซึ่งพบว่ากระบวนการผลิตนั้นยังมีความไม่แน่นอนในเรื่องของส่วนผสมวัตถุดิบ และขนาดที่ยังไม่ได้มาตรฐาน การศึกษาเบื้องต้นโดยการนำผลิตภัณฑ์อิฐ และวัตถุดิบจากผู้ผลิต มาวิเคราะห์พบว่าวัตถุดิบที่ใช้ผลิตคือดินเหนียวจากท้องนามีส่วนประกอบของหลักที่เหมือนกันคือ ซิลิคอนไดออกไซด์ อะลูมิเนียมออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ ความสามารถในการรับแรงอัดและร้อยละของการดูดซึมน้ำยังไม่เป็นไปตามมาตรฐาน การปรับปรุงส่วนผสมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต โดยผสมแกลบและเถ้าแกลบในอัตราส่วนที่แตกต่างกันตั้งแต่ร้อยละ 0 - 10 โดยน้ำหนัก จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแกลบจะทำให้ชิ้นงานอิฐดินเผามีความสามารถในการรับแรงอัดและความหนาแน่นลดลง โดยชิ้นงานอิฐดินเผาจะมีสมบัติดีที่สุดเมื่อเติมเถ้าแกลบลงไปร้อยละ 2 โดยน้ำหนักโดยมีความสามารถในการรับแรงอัด 6.20 เมกะพาสคัล ความหนาแน่น 1.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และร้อยละของการดูดซึมน้ำเท่ากับ 15.20

คำสำคัญ: อิฐดินเผา เครื่องปั้นดินเผา เซรามิกส์

Abstract

This research has aimsed to design and develop the manufacturing process of ceramic bricks products of Ayuttaya and Angthong province. It was found that the manufacturing process was unstable in terms of composition of raw materials and size of produced bricks. From preliminary study by analyzing some brick products and raw materials from manufacturers, all of the plastic clay from rice field which was the major oxide part of raw materials, composed of the same main compositions, silicon dioxide, aluminum oxide and iron oxide . However, water absorption, compressive strength did not meet the industrial standard. Modification was done by adding rice husk or rice husk ash for 0 -10% by weight. The results showed that the amount of rice husk

* **ผู้ประสานงานหลัก** (Corresponding Author)
email: jsutas@hotmail.com

to the brick part of the ability of compressive strength and lower density and the results shown that the suitable compositions composed of rice husk ash 2% by weight to obtain the best properties bricks at compressive strength, density, percentage ofwater absorption were 6.20 MPa, 1.68 g/cm3, 15.20 %, respectively.

Keywords: Brick, Pottery, Ceramic

บทนำ

อิฐดินเผาหรืออิฐมอญคือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากการนำดินเหนียวผสมกับแกลบ เถ้าแกลบ หรือขี้เลื่อยแล้วนำมาเผาเพื่อให้ได้วัสดุที่คงรูปและมีความแข็งแรง เป็นวัสดุที่สำคัญในงานก่อสร้างเนื่องจากมีความแข็งแรงทนทาน รับน้ำหนักได้ดี ขนาดพอเหมาะและน้ำหนักไม่มากนัก การใช้อิฐดินเผาในระบบก่อสร้างของประเทศไทยมีมายาวนานโดยจะเห็นได้จากสิ่งก่อสร้างในยุคก่อนๆ จึงเป็นวัสดุที่เป็นที่รู้จักและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากความเชื่อมั่นในความคงทน และยังเป็นวัสดุที่สามารถผลิตได้เองในประเทศโดยใช้วัตถุดิบและแรงงานจากท้องถิ่น จึงเหมาะกับการใช้สำหรับงานก่อสร้างได้เป็นอย่างดี ในประเทศไทยมีการผลิตอิฐดินเผาอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศตั้งแต่รูปแบบของอุตสาหกรรมในครัวเรือนจนกระทั่งถึงการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

อิฐดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและอ่างทอง ซึ่งพบว่ามีการผลิตมานานแล้วตามแถบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ในการผลิตอิฐดินเผามีความจำเป็นต้องเติมแกลบหรือเถ้าแกลบลงไปเพื่อช่วยในการขึ้นรูปอิฐ โดยที่ไม่มีการกำหนดอัตราส่วนผสมที่แน่นอน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากขาดองค์ความรู้ในการที่จะนำวัตถุดิบที่มีอยู่มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงผลของแกลบที่มีต่ออิฐดินเผาพบว่าการผสมแกลบลงในวัตถุดิบที่ผลิตอิฐโดยแกลบจะทำให้อิฐมีความสามารถในการรับแรงอัดลดลงและทำให้อิฐมีความพรุนตัวมากขึ้น (G. W. Carter, 1982) ที่อัตราส่วนโดยปริมาตรของเถ้าแกลบต่อดินเท่ากับ 0.6 จะทำให้อิฐมีความหนาแน่นมากที่สุด (สุทัศน์ จันบัวลา, 2552) และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาอิฐคือที่อุณหภูมิ 800 - 850 องศาเซลเซียส (K.Y. Chiang, 2009)

สำหรับในงานวิจัยนี้จะศึกษาศึกษาถึงอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักที่เหมาะสมระหว่างดินกับแกลบและเถ้าแกลบที่ส่งผลต่อสมบัติของอิฐดินเผาเพื่อให้ได้ส่วนผสมที่ทำให้อิฐดินเผามีสมบัติดีที่สุด

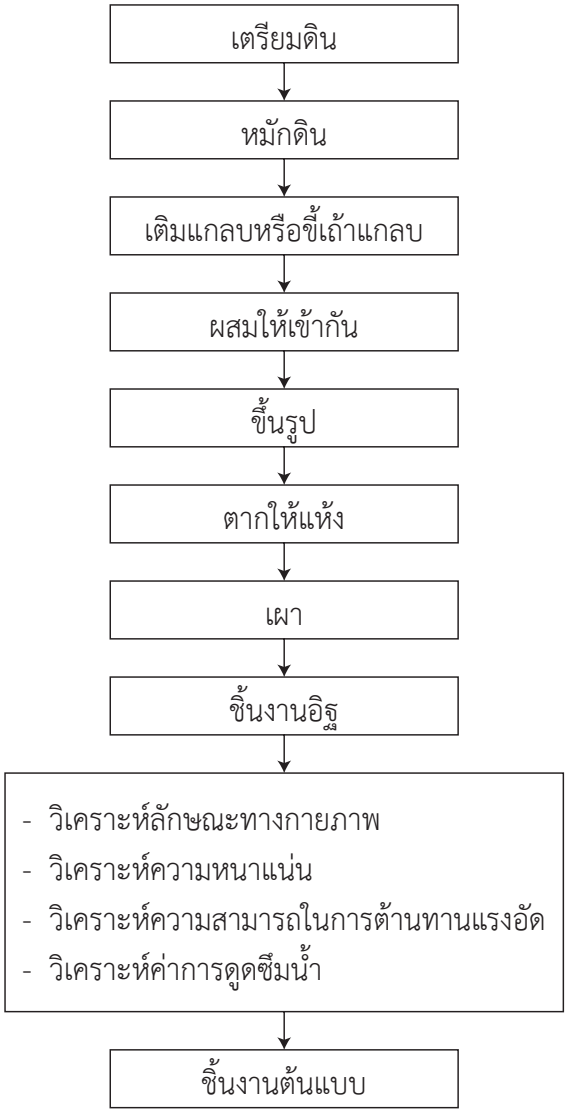
วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของแกลบหรือเถ้าแกลบที่มีต่อคุณสมบัติผลิตภัณฑ์อิฐดินเผาในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและอ่างทอง

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการศึกษาเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอิฐมอญจากผู้ผลิตในอำเภอบางบาล อำเภอบางปะหันจังหวัดพระนครศรีอยุธยา อำเภอป่าโมกจังหวัดอ่างทอง มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุที่มีอยู่ใน

วัตถุดิบ โดยใช้เครื่องเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ และเก็บชิ้นงานตัวอย่างจากผู้ผลิต มาทดสอบค่าเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2545 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2545) เพื่อหาจุดเด่นและจุดด้อยของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นปรับปรุงกระบวนการที่ผลิตได้แก่ส่วนผสมของวัตถุดิบที่เหมาะสม โดยการทดลองหาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือแกลบเถ้าแกลบและดินจากท้องนาในอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักตั้งแต่ 0 - 10 โดยใช้วิธีการขึ้นรูปและเผาเช่นเดียวกับกลุ่มผู้ผลิต หลังจากนั้นทดสอบสมบัติตามที่มาตรฐานอุตสากรรมอิฐก่อสร้างสามัญ (มอก. 77-2545) กำหนด ได้แก่ความสามารถในการับแรงอัด ขนาด ร้อยละการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น โดยใช้สถานที่ในการทดลองคือการขึ้นรูปและการเผาชิ้นงานที่โรงอิฐของกลุ่มผู้ผลิตอิฐมอญในอำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และใช้อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการและศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยขั้นการทดลองแสดงดังแผนภาพตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนในการศึกษา

จากภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนในการทดลองโดยเริ่มจากการนำดินมาหมักเป็นเวลา 3 วัน เติมเถ้าแกลบและแกลบในปริมาณที่แตกต่างกันคือร้อยละ 0 2 4 6 8 และ 10 โดยน้ำหนัก แล้วผสมให้เข้ากันหลังจากนั้นนำไปขึ้นรูปโดยใช้มืออัดเข้าแบบ และเผาในเตาเผาที่ใช้ในการผลิตซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วนำไปทดสอบเพื่อวิเคราะห์ค่าตามที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนด

ผลการวิจัย

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องตน จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณออกไซด์ที่อยู่ในวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพบว่าปริมาณออกไซด์ที่เป็นส่วนประกอบหลักของแต่ละแหล่งผลิต มีจำนวนที่ใกล้เคียงกัน โดยออกไซด์ที่พบมากที่สุดคือซิลิคอนไดออกไซด์ที่ช่วยทำให้อิฐมีความแข็งแรง รองลงมาคืออลูมิเนียมออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ที่ทำให้อิฐหลังการเผามีสีแดง (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539) ส่วนเถ้าแกลบองค์ประกอบหลักคือซิลิคอนไดออกไซด์ โดยองค์ประกอบของออกไซด์หลักที่พบในวัตถุดิบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในวัตถุดิบ

ปริมาณออกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	MgO	TiO_2	CaO	Na_2O	SO_3	MnO_2
ดินบางบาล	60.67	15.18	7.61	3.12	1.15	1.18	0.79	0.56	0.55	0.22
ดินบางปะหัน	65.86	13.82	6.89	3.31	1.30	1.12	0.79	0.73	0.12	0.25
ดินป่าโมก	64.49	64.49	7.12	3.38	1.31	1.15	0.79	0.71	0.11	0.19
เถ้าแกลบ	89.97	0.71	0.50	0.55	0.09	1.18	1.18	0.29	1.21	0.48

เมื่อทดสอบค่าความสามารถในการต้านทานแรงอัด พบว่าความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐจากแหล่งผลิตทุกแหล่งมีค่าความสามารถในการรับแรงอัดค่อนข้างน้อย เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐกับเกณฑ์มาตรฐานแสดงดังตารางที่ 2

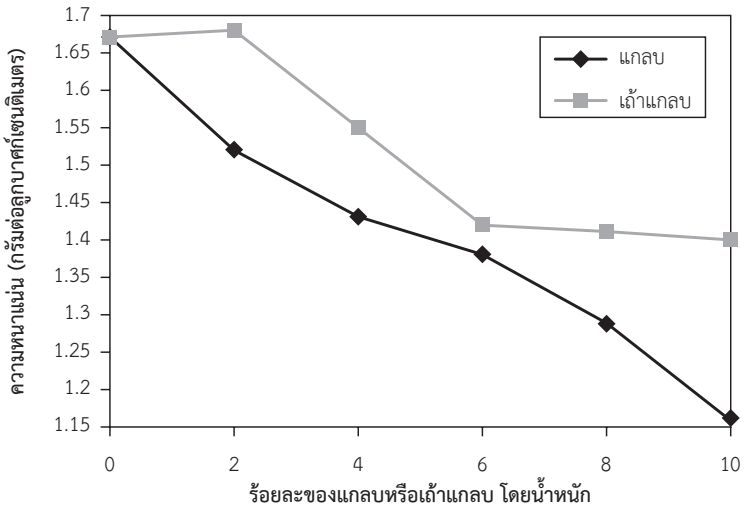
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบสมบัติของอิฐกับเกณฑ์มาตรฐาน

ชิ้นงาน	บางบาล 1	บางบาล 2	บางปะหัน	ป่าโมกข์	มผช. 601 - 2547	มอก. 77 - 2545
ความสามารถในการรับแรงอัด (เมกะพาสคัล)	2.48	3.83	2.64	3.03	ไม่ต่ำกว่า 7	ไม่ต่ำกว่า 10

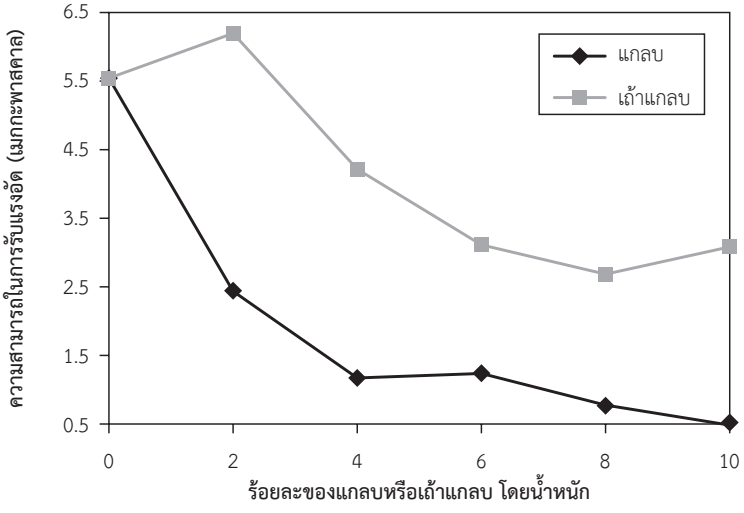
2. การศึกษาผลของส่วนผสมต่อความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัด

การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างอัตราส่วนของเถ้าแกลบและแกลบต่อดินที่ส่งผลต่อความหนาแน่นและความสามารถในการต้านทานแรงอัดของอิฐมอญได้ผลดังกราฟในภาพที่ 2

จากกราฟ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชิ้นงานอิฐที่เติมแกลบกับเถ้าแกลบพบชิ้นงานอิฐที่เติมแกลบจะมีความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัดน้อยกว่าที่เติมเถ้าแกลบ โดยผลของแกลบจะทำให้ความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัดลดลง ส่วนชิ้นงานที่เติมเถ้าแกลบที่ปริมาณร้อยละ 2 จะมีความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัดสูงที่สุด โดยมีค่าความหนาแน่น 1.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีค่าความสามารถในการรับแรงอัดคือ 6.20 เมกะพาสคัล แต่เมื่อเพิ่มเถ้าแกลบมากกว่านี้ชิ้นงานจะมีความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัดลดลง



(ก)

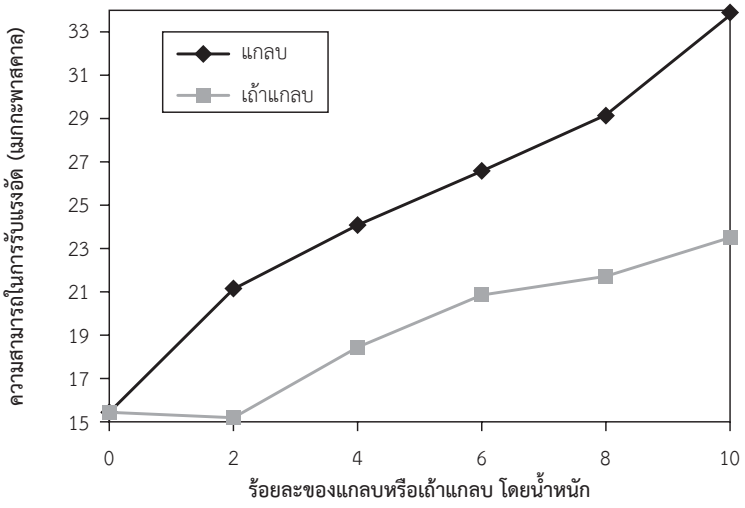


(ข)

ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างส่วนผสมกับ (ก) ความหนาแน่นของอิฐมอญ (ข) ความสามารถในการรับแรงอัด

3. การศึกษาผลของส่วนผสมต่อความสามารถในการดูดซึมน้ำ

การศึกษาผลของเถ้าแกลบและแกลบที่มีผลต่อค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ ได้ผลดังกราฟภาพที่ 3 จากกราฟพบว่าเพื่อเพิ่มปริมาณแกลบจะทำให้ความสามารถในการดูซึมน้ำของชิ้นงานสูงขึ้น และการเติมเถ้าแกลบร้อยละ 2 ทำให้ค่าในการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด โดยมีค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำร้อยละ 15.20 เนื่องจากส่วนผสมนี้ชิ้นงานอิฐมีความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัดมาก เมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าแกลบมากขึ้นความหนาแน่นก็จะลดลงทำให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำและความพรุนตัวสูงขึ้นนั่นเอง

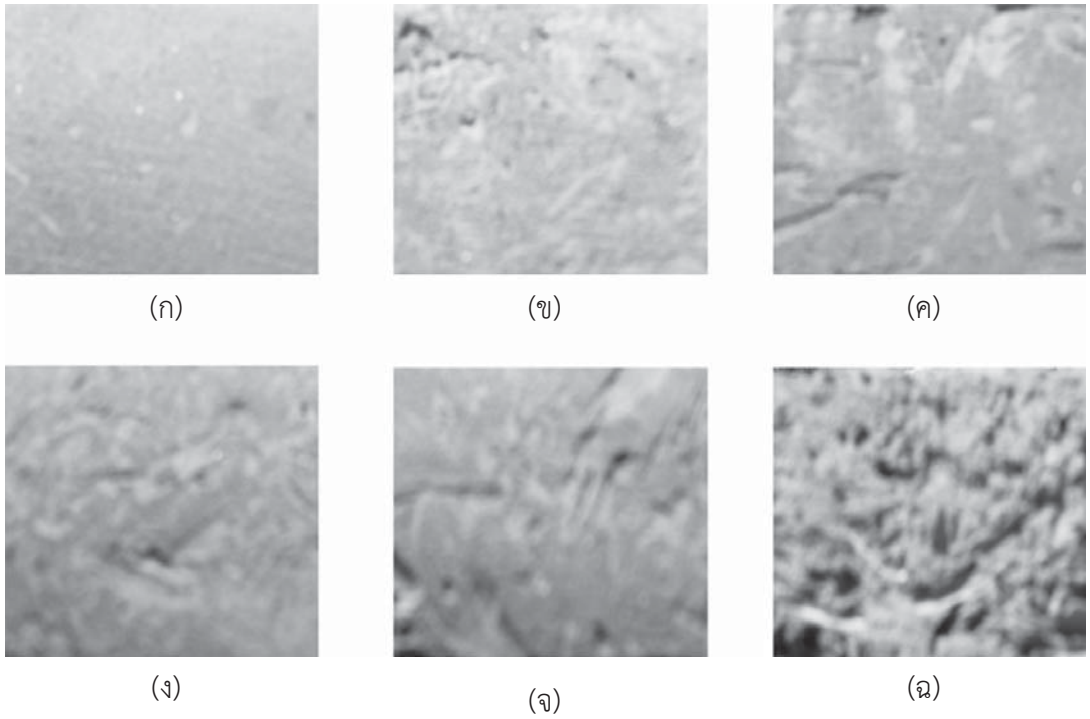


ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างส่วนผสมกับ ค่าร้อยละของการดูดน้ำของอิฐมอญ

4. การศึกษาผลของส่วนผสมต่อลักษณะพื้นผิวภาคตัดขวาง

การวิเคราะห์ส่วนผสมระหว่างอัตราส่วนของเถ้าแกลบต่อดินที่มีผลต่อพื้นผิวภาคตัดขวางของชิ้นงานอิฐมอญได้ผลดังภาพที่ 3 และ 4 จากภาพพบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชิ้นงานที่ไม่ได้เติมแกลบกับชิ้นงานที่เติม ชิ้นงานที่ไม่ได้เติมแกลบจะมีรูพรุนน้อยกว่าชิ้นงานที่เติมและเพื่อเพิ่มปริมาณของแกลบมากขึ้นจะทำให้พื้นผิวของชิ้นงานมีรูพรุนที่เกิดจากการสลายตัวของแกลบในขณะเผาซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานมีความเปาะและแข็งแรงน้อย โดยเฉพาะชิ้นงานที่เติมแกลบร้อยละ 10 โดยน้ำหนักจะมีความพรุนตัวมากทำให้ชิ้นงานมีความเปาะ ซึ่งจะส่งผลให้ชิ้นงานเหล่านี้มีความสามารถในการรับแรงอัด และความหนาแน่นลดลง ในขณะที่ความสามารถในการดูดซึมน้ำสูงขึ้น ตามไปด้วย

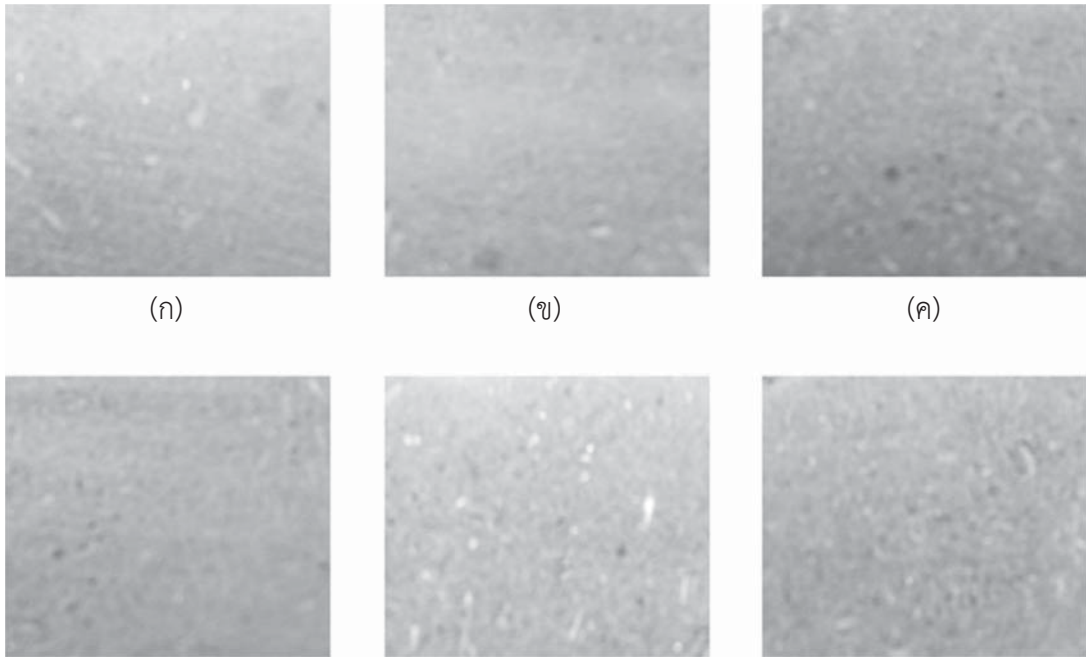
เมื่อเปรียบเทียบชิ้นงานที่มีการเติมเถ้าแกลบกับไม่ได้เติมพบว่าที่พื้นผิวชิ้นงานที่เติมเถ้าแกลบยังคงมีเถ้าแกลบสะสมอยู่โดยที่เถ้าแกลบไม่ได้ทำให้ชิ้นงานมีความพรุนตัวมากนัก และเพื่อเพิ่มปริมาณเถ้าแกลบมากขึ้นในชิ้นงานก็จะมีเถ้าแกลบที่มองเห็นอยู่ในพื้นผิวภาคตัดขวางเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาคือ 700 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำทำให้เถ้าแกลบไม่สลายออกไปจากชิ้นงานทั้งหมด



(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 4 ภาพถ่ายภาคตัดขวางของอิฐมอญที่ส่วนผสมของดินต่อแกลบที่ปริมาณร้อยละ (ก) 0, (ข) 2, (ค) 4, (ง) 6 (จ) 8, (ฉ), 10 โดยน้ำหนัก



(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 5 ภาพถ่ายภาคตัดขวางของอิฐมอญที่ส่วนผสมของดินต่อเถ้าแกลบที่ปริมาณร้อยละ(ก) 0, (ข) 2, (ค) 4, (ง) 6, (จ), 8 (ฉ), 10 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบชิ้นงานจากกลุ่มผู้ผลิตและมาตรฐานผลิตภัณฑ์

ชิ้นงาน	บางบาล 1	บางบาล 2	บางปะหัน	ป่าโมกข์	จากการวิจัย	มผช. 601 - 2547	มอก. 77 - 2545
ความสามารถในการรับแรงอัด (MPa)	2.48	3.83	2.64	3.03	6.20	ไม่ต่ำกว่า 7	ไม่ต่ำกว่า 10
ร้อยละของการดูดซึมน้ำ	22.53	22.81	24.05	19.04	15.02	ไม่เกิน 25	ไม่เกิน 22

วิจารณ์และสรุปผล

ผลการวิจัยพบว่าเพื่อเพิ่มปริมาณแกลบลงในชิ้นงานอิฐดินเผาจะทำให้อิฐมีความสามารถในการรับแรงอัดลดลงเนื่องจากเกิดการสลายตัวในระหว่างการเผาทำให้ชิ้นงานมีความพรุนตัวมากขึ้นจึงส่งผลต่อความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัด ส่วนการเติมเถ้าแกลบไม่มีผลมากนัก และเมื่อเติมเถ้าแกลบลงในชิ้นงานอิฐที่ร้อยละ 2 โดยน้ำหนักจะทำให้อิฐมีความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัดสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มมากกว่านี้ความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัดจะลดลงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือการเติมเถ้าแกลบลงไปร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก โดยจะทำให้ชิ้นงานมีความสามารถในการรับแรงอัด 6.20 และร้อยละของการดูดซึมน้ำร้อยละ 15.2

ทั้งนี้ที่อัตราส่วนนี้ทำให้สมบัติของอิฐดีที่สุดเนื่องจากเป็นปริมาณส่วนผสมที่พอดีเพราะถ้าใช้เถ้าแกลบน้อยกว่านี้ก็จะทำให้อิฐมีความแข็งแรงน้อยเนื่องจากเถ้าแกลบมีซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นส่วนประกอบหลัก (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539) ซึ่งซิลิคอนไดออกไซด์ส่งผลให้ปฏิกิริยาในกระบวนการเผาเกิดได้เร็วขึ้นเนื่องจากซิลิกอนไดออกไซด์ในเถ้าแกลบจะอยู่ในรูปควอตซ์เมื่อให้ความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับของแข็งเกิดการเผาผนึกเฟสของแข็งขณะเผา (solid state sintering) ทำให้ผลึกโตเร็วขึ้น (Michel W., 1997) ส่งผลให้อิฐมีความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงอัดได้ดี แต่เมื่อเพิ่มเถ้าแกลบมากกว่านี้ก็จะส่งผลให้อิฐมอญมีความพรุนตัวสูงเนื่องจากเกิดการสลายตัวของเถ้าแกลบทำให้สมบัติด้อยลงไปด้วย โดยผลที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานจากกลุ่มผู้ผลิตและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ได้ผลดังตารางที่ 3

จากผลการวิจัยเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่มีการผลิตอยู่แล้วพบว่าชิ้นงานที่ใช้ส่วนผสมของเถ้าแกลบร้อยละ 2 โดยน้ำหนักจะมีสมบัติที่ดีกว่าชิ้นงานที่มีการผลิตอยู่แล้วทุกแหล่งผลิต แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นงานพบว่าชิ้นงานที่ได้จากการวิจัยมีค่าน้อยกว่าที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดในเรื่องของความสามารถในการรับแรงอัด แต่มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่วนร้อยละของการดูดซึมน้ำมีค่าได้ตามมาตรฐานทั้งสองแบบ ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการในการทำวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการผลิตตามที่กลุ่มผู้ผลิตอิฐผลิตคือการอัดลงแบบโดยใช้มือซึ่งจะส่งผลต่อความหนาแน่นของชิ้นงานเนื่องจากมีแรงอัดน้อยและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเนื่องจากผู้วิจัยใช้เตาเผาที่กลุ่มผู้ผลิตอิฐมอญใช้เผาซึ่งพบว่ามีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 750 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ต่ำทำให้ความหนาแน่นของชิ้นงานต่ำไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

K.Y. Chiang, P.-H. Chou, C.R. Hua, K.L. Chien & C. Cheeseman. (2009). Lightweight Bricks Manufactured from Water Treatment Sludge and Rice Husks, *Journal of Hazardous Materials,* (171), 76-82.

G. W. Carter, A. M. Cannor & D. S. Mansell. (1982). Properties of Bricks Incorporating Unground Rice Husks. *Building and Environment,* (17), 285-291.

Hwang Chao-Lung , Bui Le Anh-Tuan & Chen Chun-Tsun. (2011). Effect of Rice Husk Ash on the Strength and Durability Characteristics of Concrete. *Construction and Building Materials,* (25), 3768-3772.

Thailand Industrial Standart Board. (2001). *Thai Industrial Standard of Brick.* Bangkok: Thai Industrial Standard Institute.

Preeda Pimkaokham. (1996) *Ceramics.* Bangkok: Chulalongkron University.

Kingery, A.J., Bowen, H.K., & Uhlmann, D.R. (1991), *Introduction to Ceramic.* Singapore: John Wiley & Sons (SEA) Pte.

Michel W. & Barsoum. (1997). *Fundamentals of Ceramics,* New York: McGraw-Hill Higher Education.

Sutas Janbuala & Mana Iambua. (2009). Development Clay Brick Product in Singburi Province. *SDU Research Journal,* (2). 15-24.

ผู้เขียน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทัศน์ จันบัวลา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

email: jsutas@hotmail.com