

การพัฒนาอิฐดินเผามวลเบาโดยใช้เถ้าชานอ้อยเป็นส่วนผสม**

The Development of Lightweight Clay Brick with Added Bagasse Ash**

สุทัศน์ จันบัวลา^{1*} และ ธนากร วาสนาเพียรพงศ์²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

²ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sutas Janbuala^{1*} & Thanakorn Wasanapiarnpong²

¹Faculty of Science and Technology, Suan Dusit university

²Department of Material Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำวัสดุเหลือทิ้งคือเถ้าชานอ้อยมาใช้สำหรับปรับปรุงสมบัติของอิฐดินเผามวลเบา โดยการเติมเถ้าชานอ้อยร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก ลงในดิน และเผาที่อุณหภูมิ 700, 800, 900 และ 1000 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยพบว่า การเติมเถ้าชานอ้อยส่งผลให้ความพรุนตัว การดูดกลืนน้ำ ของชิ้นงานอิฐเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด การหดตัว และการนำความร้อนลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเผาส่งผลให้ ความพรุนตัว การดูดกลืนน้ำลดลง ในขณะที่ ความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด การหดตัว และการนำความร้อนเพิ่มขึ้น โดยความพรุนตัวมีค่ามากที่สุดเมื่อเติมเถ้าชานอ้อยร้อยละ 40 และเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เมื่อเติมเถ้าชานอ้อยร้อยละ 40 และเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ชิ้นงานอิฐมีความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด การดูดกลืนน้ำ ที่ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรมอิฐมวลเบา มอก. 2601 – 2556 โดยมีความหนาแน่น 1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความต้านทานแรงอัด 9.42 เมกะปาสคาล การนำความร้อน 0.45 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน และ การดูดกลืนน้ำร้อยละ 21.19

คำสำคัญ : อิฐดินเผามวลเบา เถ้าชานอ้อย ความพรุนตัว

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)
e-mail: sutas_jan@dusit.ac.th

Abstract

This research aimed to reuse bagasse ash waste to improve the properties of clay brick by adding 10, 20, 30, and 40 percentage of bagasse ash by weight in clay and firing at temperatures of 700, 800, 900, and 1000° C. The result showed that addition of bagasse ash resulted in increases of porosity and absorption of water, whereas it caused decreases in density, compressive strength, shrinkage and thermal conductivity. Increasing sintering temperatures resulted in decreased porosity and water absorption, however, density, compressive strength, shrinkage and thermal conductivity increased. The maximum porosity values were found with the additional 40 percent of bagasse ash sintered at 700° C. When adding 40 percent of bagasse ash, and sintering at 1000° C, brick samples had the density, compressive strength and water absorption required by Thai industrial standard of lightweight brick TIS. 2601 - 2556, with a density of 1.2 g/cm³, compressive strength of 9.42 MPa and thermal conductivity of 0.45 W/m•K and the water absorption of 21.19 %.

Keyword : Clay Brick, Bagasse Ash, Porosity

บทนำ

อิฐดินเผาหรืออิฐมอญคือวัสดุก่อสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญ โดยมีการผลิตและใช้ในเกือบทุกประเทศทั่วโลก จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบมีการใช้งานมาเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน โดยวัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตคือดินเหนียวผสมกับวัสดุอื่นๆ เช่น ทราย ขี้เลื่อย แล้วขึ้นรูปโดยการอัดในแบบหรือการอัดรีด แล้วเผาที่อุณหภูมิประมาณ 700 – 1000 องศาเซลเซียส สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสามารถหาได้ในท้องถิ่นทั่วไป กระบวนการผลิตไม่ซับซ้อนทำให้มีการผลิตอย่างแพร่หลาย (Janbuala et al., 2013) โดยทั่วไปอิฐมอญจะหมายถึงอิฐที่ทำด้วยมือเปล่าและเป็นอิฐตันคือไม่มีรู ส่วนอิฐดินเผาจะใช้เรียกอิฐที่ทำด้วยเครื่องโดยการอัดรีด (Extrusion) ผ่านหัวแบบทำให้มีรูเกิดขึ้นในตัวอิฐตลอดแนวความยาวของการอัดรีด โดยจะมีตั้งแต่ 2 รู 4 รู หรือขึ้นอยู่กับการใช้และความต้องการของลูกค้า โดยมีทั้งขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้แก่ดินจากแหล่งธรรมชาติในท้องถิ่น นำมาผสมน้ำ หมักให้เกิดความเหนียวและเติมทราย แกลบ หรือเถ้าแกลบลงไปเล็กน้อยเพื่อให้สามารถขึ้นรูปได้ ใช้วิธีขึ้นรูปโดยการอัดในแบบ หรือการอัดรีด ผึ่งให้แห้ง นำไปเผาโดยใช้เชื้อเพลิง เช่น แกลบ หรือฟืน เป็นต้น สมบัติที่โดดเด่นของอิฐดินเผาคือมีความแข็งแรงสูงและมีความหนาแน่นมาก รวมทั้งมีความคงทนและสามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลาที่ยาวนาน ส่วนจุดด้อยคือมีน้ำหนักมากเนื่องจากมีความหนาแน่นสูง ส่งผลให้มีการนำความร้อนและเสียงได้ดี

ทำให้มีความเป็นฉนวนความร้อนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกจากมวลเบา ในขณะที่เดียวกันการขนส่งซึ่งเป็นต้นทุนที่สำคัญก็เป็นปัญหาอีกอย่างหนึ่งเนื่องจากมีน้ำหนักมากทำให้ขนส่งได้น้อย (Janbuala & Wasanapiarnpong, 2015) ในปัจจุบันมีวัสดุก่อสร้างที่เป็นคู่แข่งที่สำคัญของอิฐดินเผาคืออิฐมวลเบา ซึ่งมีน้ำหนักเบาและมีความเป็นฉนวนความร้อนดีกว่าอิฐดินเผา แต่อย่างไรก็ตามข้อเสียของอิฐบล็อกจากมวลเบาคือมีความแข็งแรงต่ำ อิฐดินเผามวลเบาคืออิฐดินเผาที่มีความพรุนตัวสูง ความหนาแน่นต่ำ ความเป็นฉนวนความร้อนสูง (Janbuala, 2015) ที่ผ่านมามีการพัฒนาอิฐดินเผามวลเบาด้วยการลดน้ำหนักของอิฐดินเผาโดยการเติมวัสดุที่สลายตัวในระหว่างการทำให้อิฐมีความพรุนตัวได้แก่ การใช้กลบและเถ้ากลบ (Janbuala & Wasanapiarnpong, 2015) การใช้กลบ (Janbuala et al., 2009) การใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานกระดาษ (Demir et al., 2005) การใช้ฟางข้าว การใช้เศษหญ้า (Bories et al., 2015) การใช้ซีเมนต์ (Demir, 2008) อย่างไรก็ตามอิฐที่ได้มีความต้านทานแรงอัดลดลงมาก ขนอ้อยคือวัสดุเหลือใช้จากการผลิตน้ำตาลซึ่งมีเป็นจำนวนมากในประเทศไทย โดยทั่วไปขนอ้อยจะถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในโรงงาน เมื่อขนอ้อยมีการเผาไหม้จะเหลือเถ้า อยู่ประมาณร้อยละ 1-4 โดยเถ้าขนอ้อยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นซิลิโคนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 55 - 70 มีความหนาแน่นประมาณ 1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Bories et al., 2015) เถ้าขนอ้อยนับว่าเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีเป็นจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่จะเป็นเถ้าขนอ้อยที่เหลือจากการผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาล ในปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากเถ้าขนอ้อยยังมีไม่มากเท่าที่ควร ส่วนใหญ่จะใช้ประโยชน์ในเรื่องของการเป็นปุ๋ย หรือวัสดุสำหรับปลูกพืช และจะมีบางส่วนที่มีการนำไปใช้สำหรับเป็นส่วนผสมของซีเมนต์ (Lerkpiboo, 2008) ส่วนผสมของกลาสเซรามิกส์ (Teixeira et al., 2014) การสกัดเอาซิลิกา (Worthanakul, 2010) ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเถ้าขนอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลมาใช้เป็นส่วนผสมของอิฐดินเผามวลเบา เพื่อให้เกิดความความพรุนตัวส่งผลให้ความเป็นฉนวนความร้อนสูงขึ้น และน้ำหนักของอิฐลดลงโดยที่ความสามารถรับแรงอัดของชิ้นงานอยู่ในระดับที่รับได้ โดยต้องไม่ต่ำกว่าอิฐบล็อกจากมวลเบา

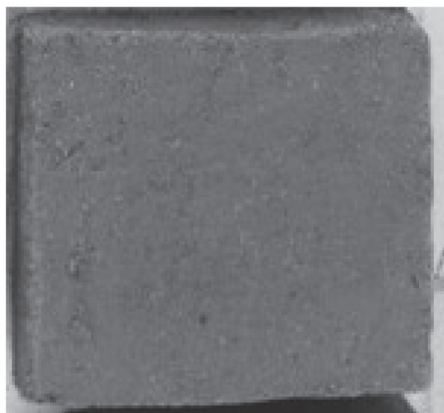
วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของเถ้าขนอ้อย
2. เพื่อศึกษาผลของการเติมเถ้าขนอ้อยต่อสมบัติของอิฐดินเผามวลเบา

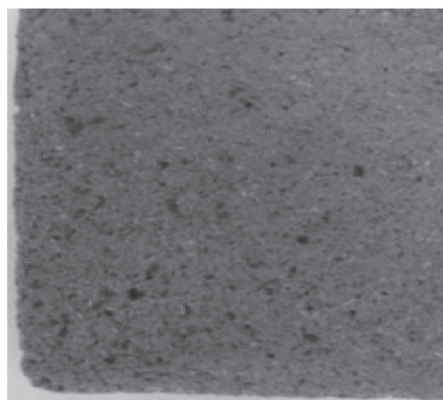
วิธีการวิจัย

วัตถุดิบสำหรับการวิจัยได้แก่ ดินจากอำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ขนอ้อยจากโรงงาน อุตสาหกรรมน้ำตาลในจังหวัดอุดรธานี วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบโดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence XRF, Model JSM-5800LV) บดวัตถุดิบหลัก คือดินและ

ชานอ้อยให้ได้ขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ผสมเถ้าชานอ้อย ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 35 และ 40 โดยน้ำหนัก เติมน้ำลงไปประมาณร้อยละ 10 – 20 เพื่อให้สามารถขึ้นรูปขึ้นงานได้ ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นอัดลงวัตถุพิมพ์ในแม่พิมพ์ที่มีขนาด กว้างและยาว 5 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร ทิ้งไว้ให้แห้ง โดยใช้แสงแดดเป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วไปเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 700, 800, 900 และ 1000 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 1 โดยใช้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง คงไว้ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าการหดตัวหลังแห้ง ตามมาตรฐาน ASTM C 326 (American Society for Testing and Materials, 1997) น้ำหนักสูญหายหลังการเผา ตามมาตรฐาน ASTM C 771 (American Society for Testing and Materials, 1997) ความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำ และความพรุนตัว ตามมาตรฐาน ASTM C 373 (American Society for Testing and Material, 1997) ความต้านทานแรงอัดโดยเครื่องทดสอบยูนิเวอร์ซอล (Universal testing machine, (Model Shimadzu DSS-10T) โดยการนำชิ้นงานไปทดสอบผ่านเครื่องทดสอบแรงอัดโดยใช้อัตราการเพิ่มแรงในอัตรา 2 เมกกะนิวตันต่อตารางเมตรในระยะเวลา 1 นาที จนกระทั่งชิ้นงานแตกหักบันทึกข้อมูลแรงอัดที่สูงสุด การนำความร้อนโดยเครื่องมือวิเคราะห์ความร้อนฮอตดิส (Hot disk thermal constant analyzer) และโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, Model M1000/RF-2) โดยขั้นตอนการทดลองแสดงดังภาพที่ 2

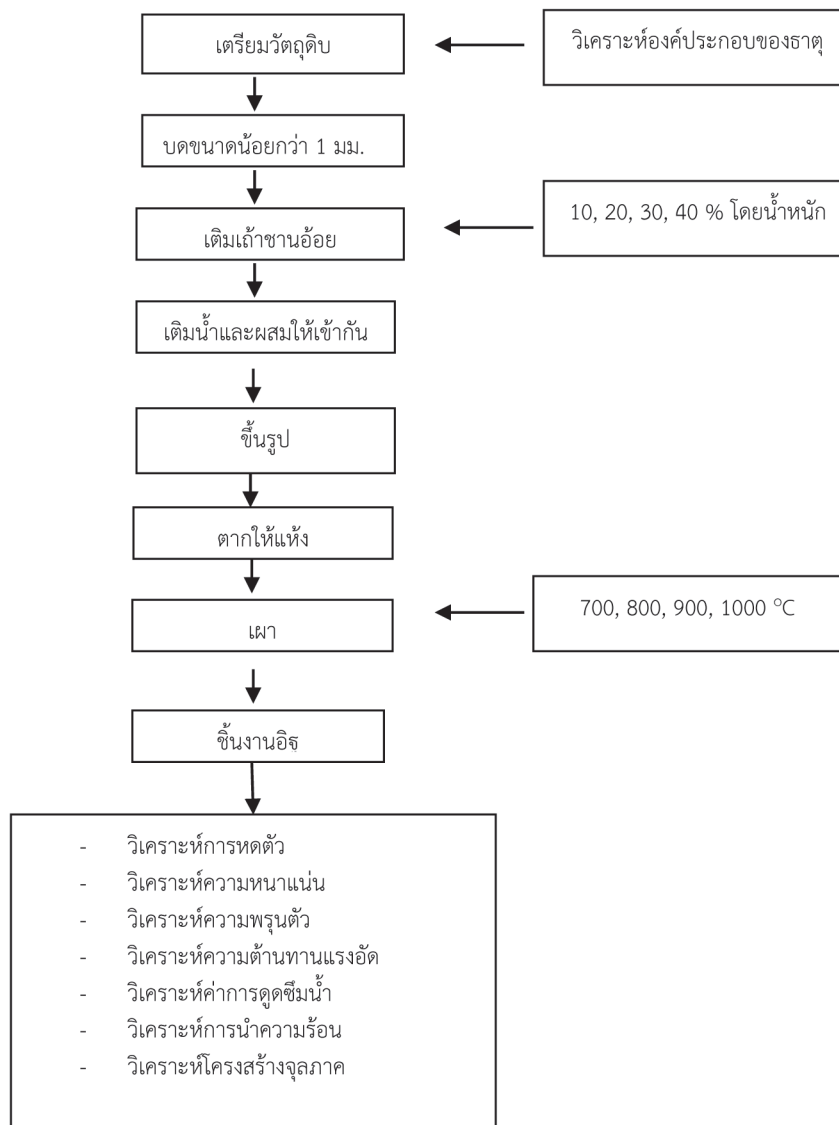


(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 ชิ้นงานทดสอบ (ก) ก่อนเผา และ (ข) หลังเผา



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนในการศึกษา

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ธาตุที่อยู่ในวัตถุดิบ

องค์ประกอบของธาตุหลักที่พบในวัตถุดิบแสดงดังตารางที่ 1 จากตารางแสดงให้เห็นว่า วัตถุดิบหลักที่มีในดินและเถ้าขานอ้อย มีองค์ประกอบหลักที่เหมือนกันคือ ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานอิฐมีความแข็งแรงเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง รองลงมาคืออะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งทำให้อิฐมีความทนไฟสูง และออกไซด์ของเหล็ก (Fe_2O_3) ที่ส่งผลให้ชิ้นงานหลังเผามีสีแดง เพื่อพิจารณาส่วนประกอบของดิน พบว่ามีผลรวมของ Fe_2O_3 , CaO , MgO และ TiO_2 มากกว่าร้อยละ 9 แสดงว่าดินที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นดินประเภทไม่ทนไฟ นอกจากนั้นส่วนประกอบเหล่านี้ยังเป็นตัวช่วยให้กระบวนการเผาอิฐ (Flux) เกิดได้ง่ายที่อุณหภูมิไม่สูงอีกด้วย (Musthafa et al, 2010)

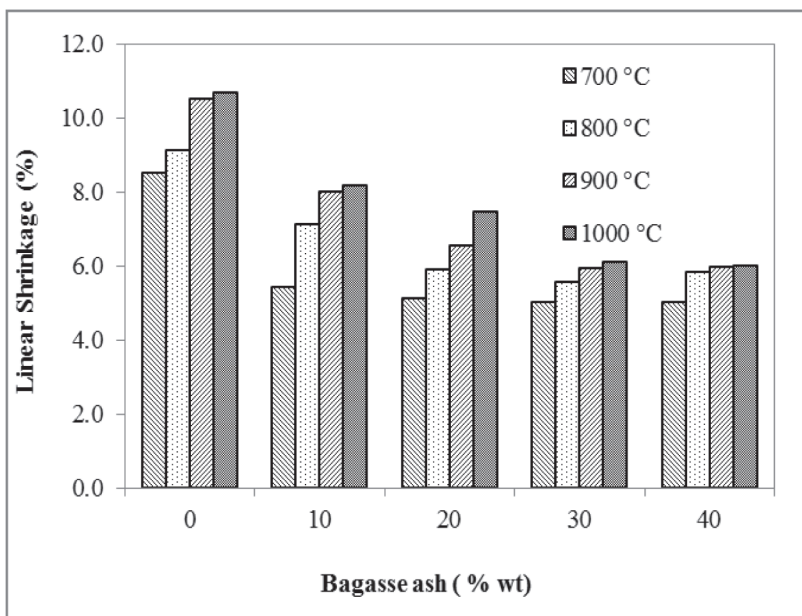
ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ธาตุที่มีอยู่ในวัตถุดิบ

ส่วนประกอบ	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	MgO	TiO_2	CaO	P_2O_5	MnO	BaO	LOI
ดิน (%)	60.67	15.18	7.61	3.12	1.15	1.18	0.79	0.56	0.22	0.11	9.1
เถ้าขานอ้อย (%)	58.0	2.10	1.30	4.21	1.25	0.29	4.01	3.31	0.20	0.30	14.5

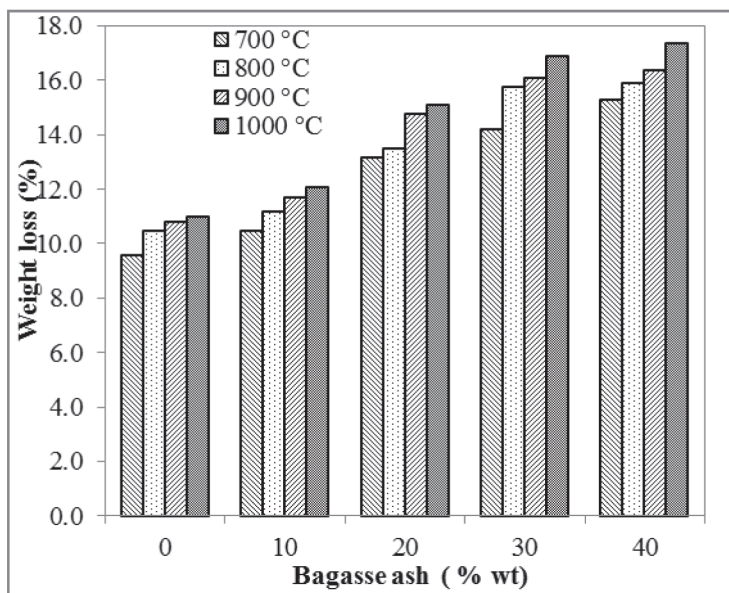
2. ผลของเถ้าขานอ้อยต่อการหดตัว และน้ำหนักสูญหาย ของอิฐดินเผามวลเบา

ผลของเถ้าขานอ้อยต่อการหดตัวของชิ้นงานอิฐดินเผา แสดงดังภาพที่ 3 พิจารณากราฟแสดงผลของเถ้าขานอ้อยต่อการหดตัวของชิ้นงานอิฐดินเผา พบว่าการเติมเถ้าขานอ้อยส่งผลให้การหดตัวของชิ้นงานอิฐลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณของเถ้าขานอ้อยค่าการหดตัวของชิ้นงานก็จะลดลงตามปริมาณของเถ้าขานอ้อยที่เติมลงไป ทั้งนี้เนื่องจากการเติมเถ้าขานอ้อยซึ่งมีซิลิคอนไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบหลัก มีสมบัติเหมือนกับทราย คือไปลดความเหนียวหรือสภาพพลาสติกของดิน ในขณะเดียวกันการเติมเถ้าขานอ้อยไปลดการเกิดเฟสของเหลวระหว่างเผา ทำให้ค่าการหดตัวของชิ้นงานอิฐหลังเผา ลดลงตามไปด้วย (Yariv, 2003)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิเผาที่แตกต่างกัน พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิเผาส่งผลให้การหดของชิ้นงานอิฐลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ชิ้นงานมีเฟสของเหลวระหว่างเผาเพิ่มขึ้น ทำให้ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การหดตัวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยชิ้นงานอิฐมีการหดตัวมากที่สุดร้อยละ 8.15 เมื่อเติมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 10 และเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3 กราฟแสดงผลของเถ้าชานอ้อยต่อการหดตัวหลังเผา



ภาพที่ 4 กราฟแสดงผลของเถ้าชานอ้อยต่อน้ำหนักสูญหายหลังเผา

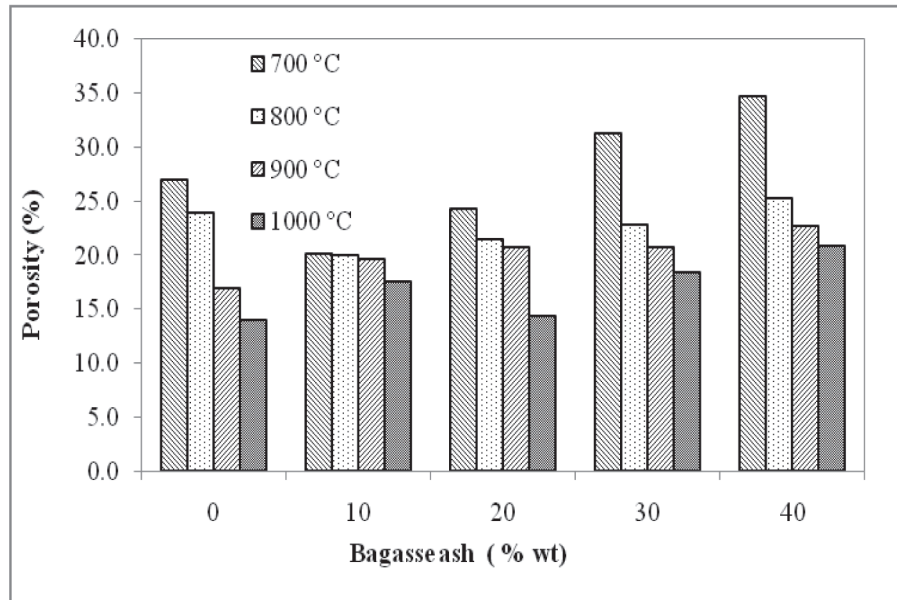
ผลของเถาขานอ้อยต่อน้ำหนักสูกุหลาบหลังเผาของขึ้นงานอิฐแสดงดังภาพที่ 4 พบว่าการเติมเถาขานอ้อยส่งผลให้น้ำหนักสูกุหลาบของขึ้นงานอิฐมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณของเถาขานอ้อยค่าน้ำหนักสูกุหลาบจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเถาขานอ้อยที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเถาขานอ้อยบางส่วนเกิดการสลายตัวในระหว่างการเผา ทำให้ค่าน้ำหนักสูกุหลาบเพิ่มขึ้นนั่นเอง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิในการเผา พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิเผาส่งผลให้ขึ้นงานอิฐมีค่าน้ำหนักสูกุหลาบเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิทำให้การสลายตัวของเถาขานอ้อยเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้น้ำหนักสูกุหลาบเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

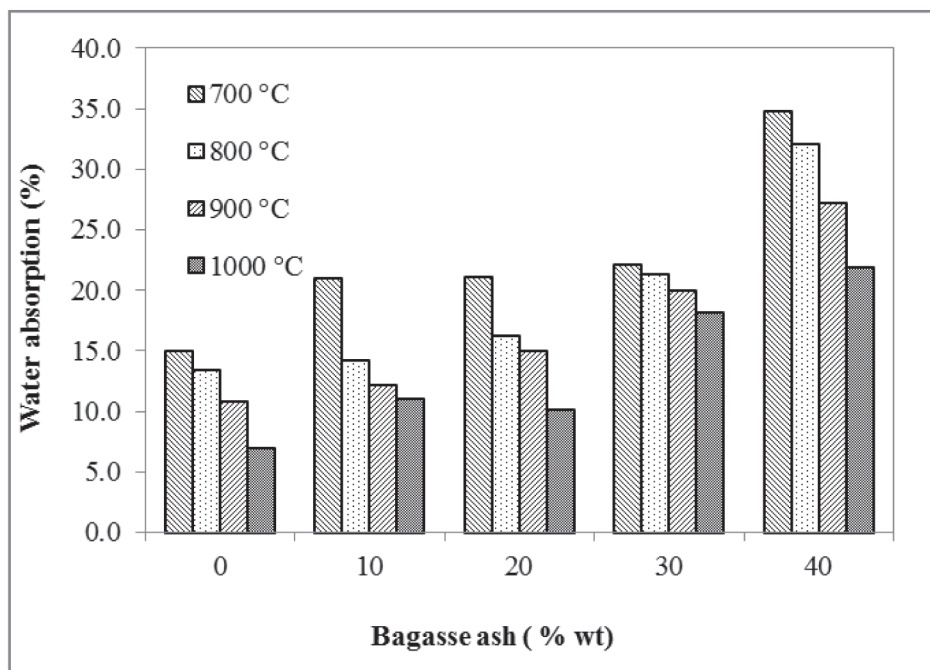
3. ผลของเถาขานอ้อยต่อความพรุนตัวและการดูดซึมน้ำของอิฐดินเผามวลเบา

ผลของเถาขานอ้อยต่อความพรุนตัวและการดูดซึมน้ำแสดงดังภาพที่ 5 พิจารณากราฟแสดงผลของเถาขานอ้อยต่อร้อยละความพรุนตัว และการดูดซึมน้ำ ตามภาพที่ 5 ของขึ้นงานอิฐ พบว่าการเติมเถาขานอ้อยทำให้ความพรุนตัวของขึ้นงานอิฐมีค่าสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างขึ้นงานที่มีการเติมเถาขานอ้อยในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อเติมในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้ความพรุนตัวมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเถาขานอ้อยมีความหนาแน่นต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับดิน และเถาขานอ้อยมีผลึกของซิลิกาจำนวนมาก เมื่อผสมในดินทำให้ขึ้นงานอิฐก่อนเผามีความหนาแน่นต่ำ และเมื่อนำขึ้นงานไปเผาเกิดการสลายตัวของเถาขานอ้อยบางส่วนซึ่งเป็นสารอินทรีย์ ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ขึ้นงานอิฐที่เติมเถาขานอ้อยมีความพรุนตัวเกิดขึ้นนั่นเอง (Marras et al., 2000; Vieira et al., 2004; Teixeira et al., 2010)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างขึ้นงานที่มีการเผาในอุณหภูมิที่ต่างกันพบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลให้ความพรุนตัวของขึ้นงานลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิทำให้เกิดเฟสของเหลวเพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิประมาณ 850 องศาเซลเซียส ในกระบวนการเผาจะเกิดเฟสของแก้วขึ้นทำให้ขึ้นงานมีรูพรุนแบบปิด ความพรุนตัวลดลงซึ่งส่งผลให้ขึ้นงานมีการดูดกลืนน้ำมากขึ้นตามไปด้วย โดยขึ้นงานมีค่าความพรุนตัวมากที่สุดร้อยละ 34.67 เมื่อเติมเถาขานอ้อยร้อยละ 40 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส และมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 34.8



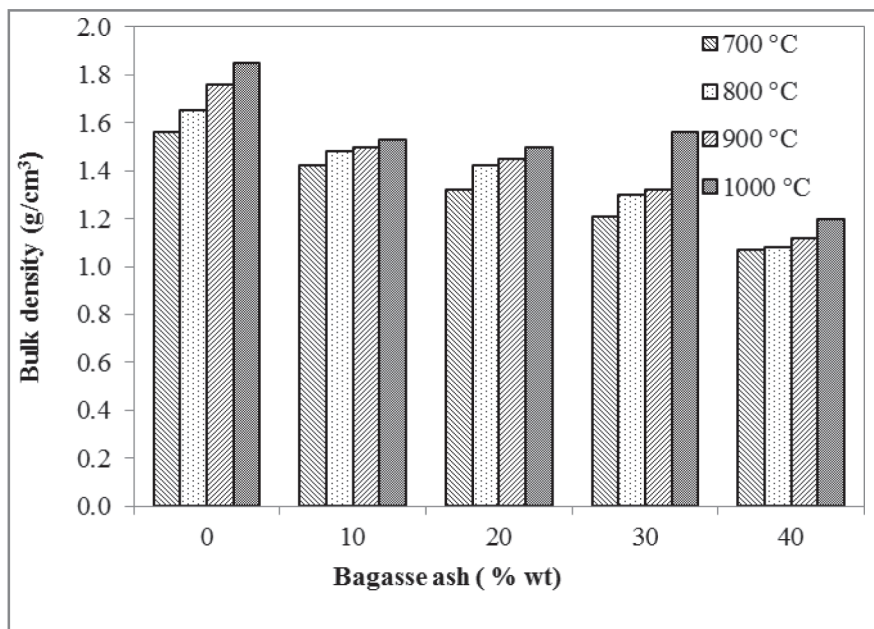
(a)



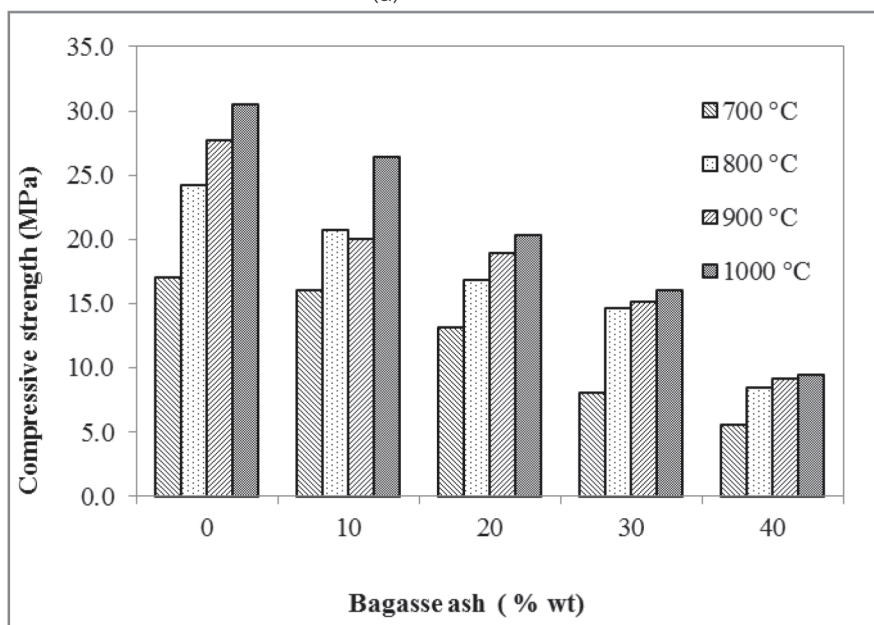
(b)

ภาพที่ 5 ผลของเถ้าชานอ้อยต่อความพรุนตัว (a) และค่าการดูดซึมน้ำ (b)

4. ผลของเถ้าขานอ้อยต่อความแข็งแรงและความต้านทานแรงอัด



(a)



(b)

ภาพที่ 6 ผลของเถ้าขานอ้อยต่อความหนาแน่น (a) และความต้านทานแรงอัด (b)

พิจารณากราฟแสดงผลของเถ้าขานอ้อยต่อความหนาแน่นและความต้านทานแรงอัด (ภาพที่ 6) พบว่า เถ้าขานอ้อยส่งผลให้ความหนาแน่นและความต้านทานแรงอัดของชิ้นงานลดลง เมื่อเปรียบเทียบชิ้นงานที่มีการเติมเถ้าขานอ้อยในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าขานอ้อยทำให้ความหนาแน่นและความต้านทานแรงอัดของชิ้นงานลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าขานอ้อยมีผลึกของซิลิกาเป็นส่วนประกอบซึ่งมีความพรุนตัวสูงเมื่อเปรียบเทียบกับดิน (Marras et al., 2000; Vieira et al., 2004; Teixeira et al., 2010) และการสลายตัวของเถ้าขานอ้อยซึ่งมีบางส่วนเป็นสารอินทรีย์ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเผา ที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส ยิ่งมีปริมาณมากก็ยิ่งมีการสลายตัวมากขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ชิ้นงานมีรูพรุนมากขึ้นทำให้ความหนาแน่นลดลงและความต้านทานแรงอัด โดยชิ้นงานที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดที่ 1.07 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเติมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 40 และเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส และเมื่อเติมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 40 และเผาที่อุณหภูมิ 700 – 900 องศาเซลเซียส จะมีความหนาแน่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานอิฐมวลเบา (TISI.2601-2013) ในเกรด C10 คือความหนาแน่นไม่เกิน 1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และความต้านทานแรงอัดมากที่สุด 26.46 เมกะพาสคาล เมื่อเติมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 10 และเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์ผลพบว่าชิ้นงานที่มีการเติมเถ้าขานอ้อยทั้งหมด มีค่าความต้านทานแรงอัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐมวลเบา (TISI.2601-2013) เกรด C10 คือมีความต้านทานแรงอัดสูงกว่า 2.5 เมกะพาสคาล โดยผลการวิจัยจะมีแนวโน้มเหมือนกับการเติมแกลบ แต่การเติมแกลบส่งผลให้ชิ้นงานมีความพรุนตัวมากกว่าการเติมเถ้าขานอ้อย ทำให้ความหนาแน่น และความต้านทานแรงอัดของชิ้นงานที่เติมแกลบต่ำกว่าการเติมเถ้าขานอ้อยไปด้วย (Janbuala & Wasanapiarnpong, 2015)

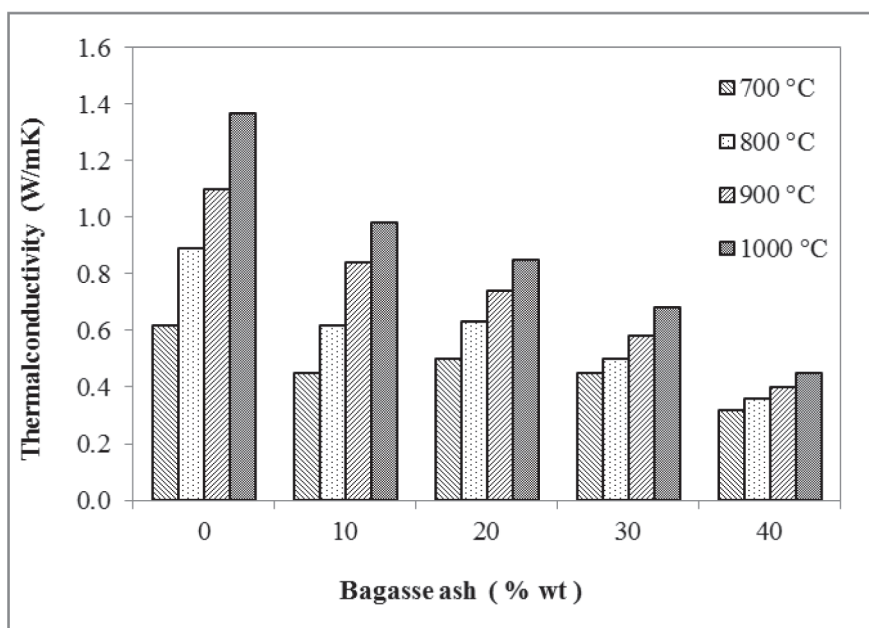
เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในการเผาที่แตกต่างกัน พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นและความต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิจะส่งผลให้เกิดเฟสของเหลวเพิ่มขึ้นและในขณะเดียวกันก็เกิดเฟสของแก้วขึ้นในระหว่างการเผา เนื่องจากซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ที่อยู่ในดินจะเปลี่ยนเป็นเฟสของแก้วที่อุณหภูมิมากกว่า 850 องศาเซลเซียส เชื่อมระหว่างอนุภาคของชิ้นงานทำให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นและความต้านทานแรงอัดมากขึ้น โดยชิ้นงานที่มีความหนาแน่นมากที่สุด 1.53 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเติมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 5 โดยน้ำหนักและผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส โดยชิ้นงานอิฐทั้งหมดที่เผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 800 องศาเซลเซียสขึ้นไป ยังมีค่าความต้านทานแรงอัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมอิฐดินเผา TISI 77- 2002 โดยมีค่ามากกว่า 9 เมกะพาสคาลอีกด้วย (Thailand Industrial Standard Institute, 2002)

5. ผลของเถ้าขานอ้อยต่อการนำความร้อนของอิฐดินเผามวลเบา

ผลของเถ้าขานอ้อยต่อการนำความร้อนของอิฐดินเผามวลเบาแสดงดังภาพที่ 7 พิจารณากราฟการนำความร้อนของชิ้นงานอิฐ พบว่าผลของเถ้าขานอ้อยที่เติมลงไปทำให้ชิ้นงานมีการนำความร้อนลดลง โดยการเพิ่มของปริมาณเถ้าขานอ้อย ส่งผลให้การนำความร้อนของชิ้นงานลดลงตามปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเติมเถ้าขานอ้อยลงในชิ้นส่งผลให้มีความพรุนตัวสูงขึ้น เพราะการสลายตัวของเถ้าขานอ้อยใน

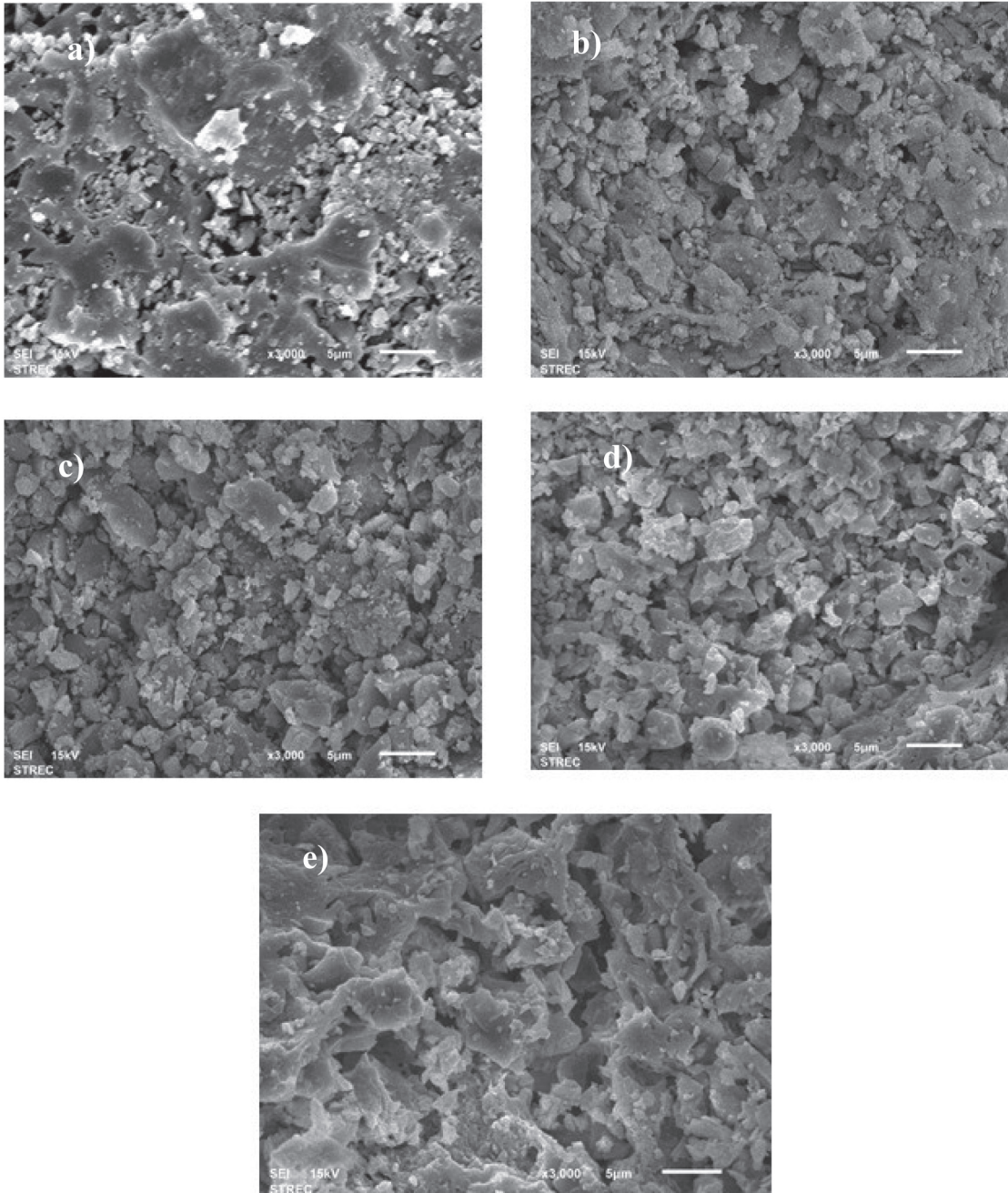
ระหว่างการเผา ซึ่งจะส่งผลให้ค่าการนำความร้อนลดลงตามปริมาณความพรุนตัวของชิ้นงานที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง โดยชิ้นงานมีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุดเมื่อเติมเถ้าชานอ้อยร้อยละ 40 และเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.42 วัตต์ต่อเมตร เคลวิน

เพื่อพิจารณาอุณหภูมิในการเผาพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิเผาส่งผลให้ความสามารถในการนำความร้อนของชิ้นงานสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิเผาส่งผลให้ความพรุนตัวของชิ้นงานลดลง ทำให้การนำความร้อนสูงขึ้นตามไปด้วยนั่นเอง



ภาพที่ 7 ผลของเถ้าชานอ้อยต่อการนำความร้อนของอิฐดินเผาหมวลเบา

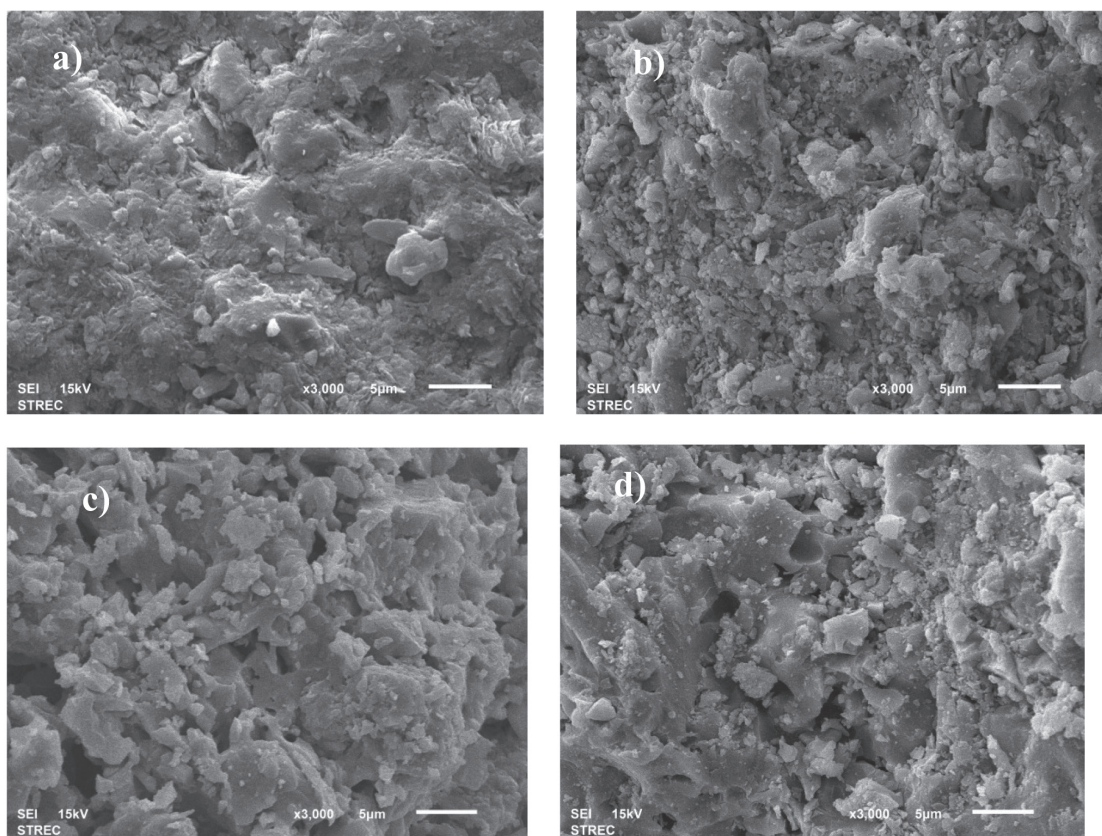
6. ผลของเถ้าขานอ้อยต่อโครงสร้างจุลภาคของอิฐดินเผามวลเบา



ภาพที่ 8 แสดงผลของเถ้าขานอ้อยต่อโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานอิฐที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และเติมเถ้า ขานอ้อย a) 10% b) 20% c) 30% และ d) 40% โดยน้ำหนัก

ผลของเถ้าขานอ้อยต่อโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานอิฐแสดงดังภาพที่ 8 พิจารณาจากโครงสร้างจุลภาคพบว่า เมื่อเติมเถ้าขานอ้อยไปในชิ้นงาน จะส่งผลให้ชิ้นงานมีความพรุนตัวเกิดขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นก็จะมี ความพรุนตัวมากขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าขานอ้อยมีผลึกของซิลิกาเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีความพรุนตัว เมื่อเติมลงไปทำให้ชิ้นงานอิฐมีความพรุนตัว และในขณะเดียวกันเกิดการสลายตัวของเถ้าขานอ้อย ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ ในระหว่างการเผา จึงส่งผลให้ความหนาแน่นและความต้านทานแรงอัดของชิ้นงานลดลง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชิ้นงานที่เผาในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 9 พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ความพรุนตัวของชิ้นงานลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผลของอุณหภูมิจะส่งผลให้เกิดเฟสของแก้วในระหว่างการเผาที่จะไปช่วยอุดรูพรุนของชิ้นงาน ส่งผลทำให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นนั่นเอง



ภาพที่ 9 แสดงผลของเถ้าขานอ้อยร้อยละ 20 ต่อโครงสร้างจุลภาคของอิฐที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ

a) 700 องศาเซลเซียส b) 800 องศาเซลเซียส c) 900 องศาเซลเซียส d) 1000 องศาเซลเซียส

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าผลของเก้าชานอ้อยส่งผลให้ การหดตัว ความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด การนำความร้อน ของชิ้นงานอิฐลดลง ตามปริมาณของเก้าชานอ้อยที่เติมลงไป ในขณะที่ การสูญเสียน้ำหนักหลังเผา ความพรุนตัว การดูดกลืนน้ำ เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ การหดตัว การสูญเสียน้ำหนักหลังเผา ความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด การนำความร้อนของชิ้นงานอิฐ เพิ่มขึ้น ในขณะที่ ความพรุนตัว การดูดกลืนน้ำ ลดลง

จากผลการศึกษาพบว่า ชิ้นงานที่เติมเก้าชานอ้อยร้อยละ 40 และเผาที่อุณหภูมิ 700 – 900 องศาเซลเซียส จะมีความหนาแน่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานอิฐมวลเบา (TISI.2601-2013) ในเกรด C10 ในส่วนของค่าการดูดกลืนน้ำ ชิ้นงานที่เติมเก้าชานอ้อยร้อยละ 10-30 และเผาที่อุณหภูมิ 700 – 1000 องศาเซลเซียส จะมีค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมอิฐมวลเบา (TISI.2601-2013) เกรด C10 ในขณะเดียวกันชิ้นงานอิฐที่เติมเก้าชานอ้อยร้อยละ 40 และเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ก็ผ่านเกณฑ์มาตรฐานนี้ด้วย ส่วนค่าความต้านทานแรงอัดของชิ้นงานที่มีการเติมเก้าชานอ้อยพบว่ามีความต้านทานแรงอัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐมวลเบา (TISI.2601-2013) เกรด C10 ทั้งหมด นอกจากนั้นชิ้นงานที่เติมเก้าชานอ้อยร้อยละ 10 - 40 และเผาที่อุณหภูมิ 900 – 1000 องศาเซลเซียส มีความต้านทานแรงอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานอิฐดินเผา (TISI.77-2002) คือมีความต้านทานแรงอัดมากกว่า 9 เมกะพาสคาล อีกด้วย โดยชิ้นงานอิฐมีสมบัติที่ดีที่สุด คือการเติมเก้าชานอ้อยร้อยละ 40 และเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส จะได้ชิ้นงานอิฐที่มีความหนาแน่น 1.20 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความต้านทานแรงอัด 9.42 เมกะพาสคาล และการดูดกลืนน้ำร้อยละ 21.9 ทั้งนี้เนื่องจากมีความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำต่ำ ในขณะที่ความต้านทานแรงอัดสูง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ชนิดอื่นมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐ
2. ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยการเติมเก้าชานอ้อยมากกว่าร้อยละ 40 เนื่องจากความต้านทานแรงอัดยังสูง แต่ควรเติมสารที่ประสานให้ขึ้นรูปได้ เนื่องจากชิ้นงานที่เติมเก้าชานอ้อยมากกว่าร้อยละ 40 จะขึ้นรูปไม่ได้

References

- American society for testing and materials. (1997). *Test method for drying and firing shrinkage of ceramic white ware clays*. ASTM C326.
- American society for testing and materials. (1997). *Test method for weight loss after heat aging of preformed tape sealants*. ASTM C771.
- American society for testing and materials. (1997). *Test method for water absorption, bulk density, apparent porosity, and apparent specific gravity of fired white ware products*. ASTM C373.
- Bories, C., Aouba, L., Vedrenne, E. & Vilarem, G. (2015). Fired clay bricks using agricultural biomass wastes: Study and characterization. *Construction Building Material*, 91, 158-163.
- Demir, I., Baspinar, S. & Orhan, M. (2005). Utilization of Kraft pulp production residues in clay brick production. *Building Environment*, 40, 1533-1537.
- Demir, I. (2008). Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks. *Journal of Waste Management*, 28, 622-627.
- Janbuala, S., Kitthawee, K., Aermbua, M. & Laoratanakul, P. (2013). Effect of rice husk ash to mechanical properties of clay bricks. *Advance Material Research*, 77, 50-53.
- Janbuala, S., Aermbua, M. & Laoratanakul, P. (2009). Development Clay Brick Product in Singburi Province. *SDU Research Journal*, 2, 15-24.
- Janbuala, S. & Wasanapiarnpong, T. (2015). Effect of rice husk and rice husk ash on properties of lightweight clay bricks. *Key Engineering Material*, 659, 74-79.
- Janbuala, S. (2015). Lightweight clay brick new material for construction. *Journal of ceramics*, 45, 17-19.
- Lerkpiboo, U. (2008). *Durability of Concrete Containing Ground Bagasse Ash*. Department of civil engineering King Mongkut's University of Technology Thonburi
- Marras, Sl., Ihtiaris, IA., Hatzitrifon, NK., Sikolidis, K. & Aifantis, EC. (2000). A preliminary study of stress-assisted fluid penetration in ceramic bricks. *Journal Euro Ceramic Society*, 20, 489-95.

- Musthafa. AM., Janaki, K. & Velraj, G. (2010). Microscopy porosimetry and chemical analysis to estimate the firing temperature of some archaeological pottery shreds from India. *Microchem Journal*, 95(2), 311–4.
- Teixeira, S.R., Romero, M. & Ma Rincón, J. (2010). Crystallization of SiO₂-CaO-Na₂O glass using sugarcane bagasse ash as silica source. *Journal American Ceramic Society*, 93, 450 - 455.
- Thailand Industrial Standard Institute. (2013). *Thai industrial standard of light weight brick*. Bangkok Thailand: TISI 6201-2013.
- Thailand Industrial Standard Institute. (2002). *Thai industrial standard of light weight brick*. Bangkok Thailand: TISI 77-2002.
- Vieira, C.M.F., Soares T.M., Sánchez, R. & Monteiro, S.N. (2004). Corporation of granite waste in red ceramics. *Material Science Engineering*, 373, 115 - 121.
- Worthanakul. (2010). Sol-Gel Synthesis technology silica from *bagasse*. *Biotechnology*, 36, 40 – 43.
- Yariv S. (2003). The role of charcoal on data curves of organic-clay complexes: An overview. *Appl. Clay. Sci*, 24, 225–236.

Translated Thai References

- สุทัศน์ จันบัวลา มานะ เอี่ยมบัว และ พิทักษ์ เหล่ารัตนกุล. (2552) การพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐดินเผา จังหวัดสิงห์บุรี. *วารสารวิจัย มสค สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 2, 15-24.

คณะผู้เขียน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ จันบัวลา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย สวนดุสิต ถ.สีรินธร

แขวงบางพลัด เขตบางพลัด กรุงเทพฯ

e-mail sutas_jan@dusit.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรากร วาสนาเพียรพงศ์

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท

เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

e-mail thankorn.w@chula.ac.th