

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การสร้างระบบหมุนเวียนพลังงานความร้อน

ในการออกแบบและพัฒนาระบบหมุนเวียนพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากกระบวนการเผาอิฐดินเผาเพื่อใช้ในการอบแห้งอิฐดินเผาที่มีระบบหมุนเวียนพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากกระบวนการเผาอิฐดินเผาเพื่อใช้ในการอบแห้งอิฐดินเผาวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตอิฐดินเผาในลักษณะชุมชนท้องถิ่นให้มีคุณภาพที่สูงขึ้น ลดปัญหาการสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิตและทำให้สามารถดำเนินการผลิตได้ตลอดทั้งปี ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาจากสภาพแวดล้อมในช่วงฤดูมรสุมที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของโรงอิฐระดับชุมชน เนื่องจากในระหว่างขั้นตอนการตากอิฐดินเผาที่มักจะทำให้การตากอิฐดินเผาในพื้นที่โล่งแจ้ง สภาพแวดล้อมจึงมีผลต่อการควบคุมคุณภาพอิฐดินเผา โดยการตากอิฐดินเผาในช่วงเวลาที่มีแสงแดดจัดหรืออุณหภูมิสูงในฤดูร้อน ทำให้อุณหภูมิที่สะสมบนพื้นผิวสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส น้ำที่เป็นส่วนผสมในการขึ้นรูปอิฐดินเผาจะเกิดการระเหยอย่างรวดเร็วและทำให้เกิดรอยแยกขนาดเล็กขึ้น เมื่อผ่านเข้าสู่กระบวนการเผาจะเกิดการร้าวเหล่านี้จะเกิดการขยายตัวมากยิ่งขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์อิฐดินเผาที่เกิดการแตกหักเสียหาย แต่ในช่วงฤดูฝนผู้ผลิตอิฐดินเผาไม่สามารถตากอิฐดินเผาให้แห้งสนิทก่อนเข้าสู่กระบวนการเผาได้ ทำให้เมื่อผ่านกระบวนการเผาแล้วยังคงมีน้ำที่ยังคงระเหยออกไม่หมดอยู่ภายในก้อนอิฐดินเผาส่งผลทำให้อิฐดินเผาที่ได้ไม่สุก เสียรูปร่างและไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด จึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการเผาซ้ำ ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังต้องใช้เวลาในการตากอิฐดินเผาเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดผลเสียในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากช่วงฤดูฝนนั้นเป็นช่วงระยะเวลาที่ราคาอิฐดินเผาในท้องตลาดปรับตัวสูงขึ้นอย่างมากและมีความต้องการซื้อสูง แต่ผู้ผลิตไม่สามารถผลิตอิฐดินเผาป้อนตลาดได้ทันหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นไม่ได้มาตรฐาน

1. การออกแบบระบบหมุนเวียนพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากกระบวนการเผาอิฐดินเผาเพื่อใช้ในการอบแห้งอิฐดินเผา โดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ของผู้ผลิตอิฐชุมชนที่เข้าร่วมโครงการเป็นหลักในด้านของพื้นที่ รูปแบบการเรียงอิฐ และขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการเผา จากการลงพื้นที่สำรวจพบว่า เตาเผาอิฐที่ใช้ในท้องถิ่นมีขนาดช่องเปิดสำหรับใส่แกลบที่ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงมีความกว้าง 15 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร (ภาพที่ 4.1) และมีขนาดเตาเผาอิฐมีความสูงอยู่ที่ประมาณ 200-250 เซนติเมตร โดยปัจจัยทางด้านขนาดความกว้าง ความยาวของเตาเผาจะไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอิฐในกระบวนการเผา ในขณะที่ปัจจัยด้านความสูงจะส่งผลกระทบต่อผลการสุกของอิฐที่ถูกจัดเรียงอยู่ด้านบนของเตาและการเพิ่มความสูงที่มากขึ้นจะเป็นการเพิ่มน้ำหนักต่อส่วนช่องเปิดของเตา ทำให้อิฐที่ถูกจัดเรียงอยู่ด้านล่างเกิดความเสียหาย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงดำเนินการออกแบบเตาเผาอิฐโดยกำหนดความสูงอยู่ที่ 250 เซนติเมตร ความกว้าง x ความยาวเท่ากับ 400 x 400 ซึ่งสามารถดำเนินการเผาอิฐได้ประมาณ 50,000 ก้อน และดำเนินการออกแบบและจัดสร้างโรงอบอิฐดินเผาที่มีขนาด ความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 400 x 400 x 200 เซนติเมตร ที่สามารถใช้ออบแห้งอิฐดินเผาได้ครั้งละประมาณ 20,000 ก้อน



ภาพที่ 4.1 ภาพแสดงลักษณะการจัดเรียงช่องเปิดบริเวณฐานเตา



ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงลักษณะโรงเผาอิฐพร้อมกระโจมดูดความร้อน



ภาพที่ 4.3 ภาพแสดงลักษณะโครงสร้างของโรงมดดูความร้อน



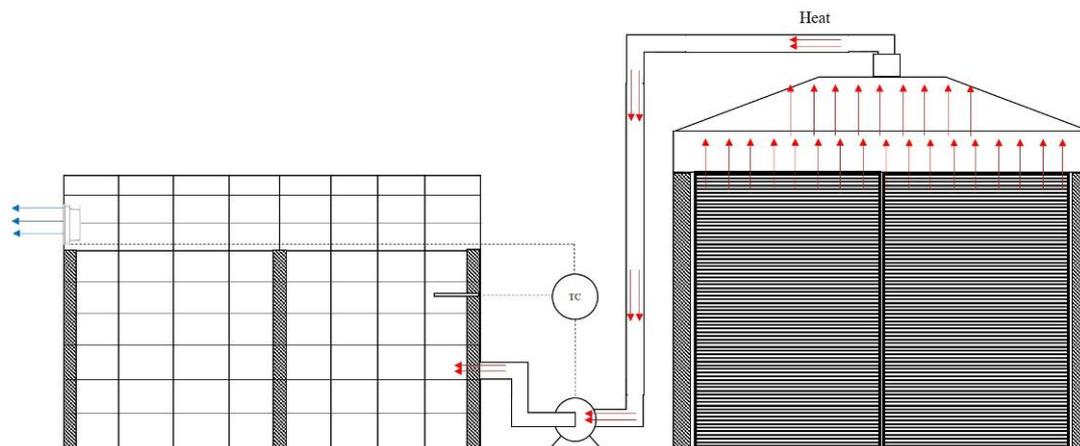
ภาพที่ 4.4 ภาพแสดงท่อนำอากาศร้อนจากโรงเผาอิฐเข้าสู่โรงอบแห้งอิฐดิบ



ภาพที่ 4.5 ภาพแสดงลักษณะโรงอบแห้งอิฐดิบ

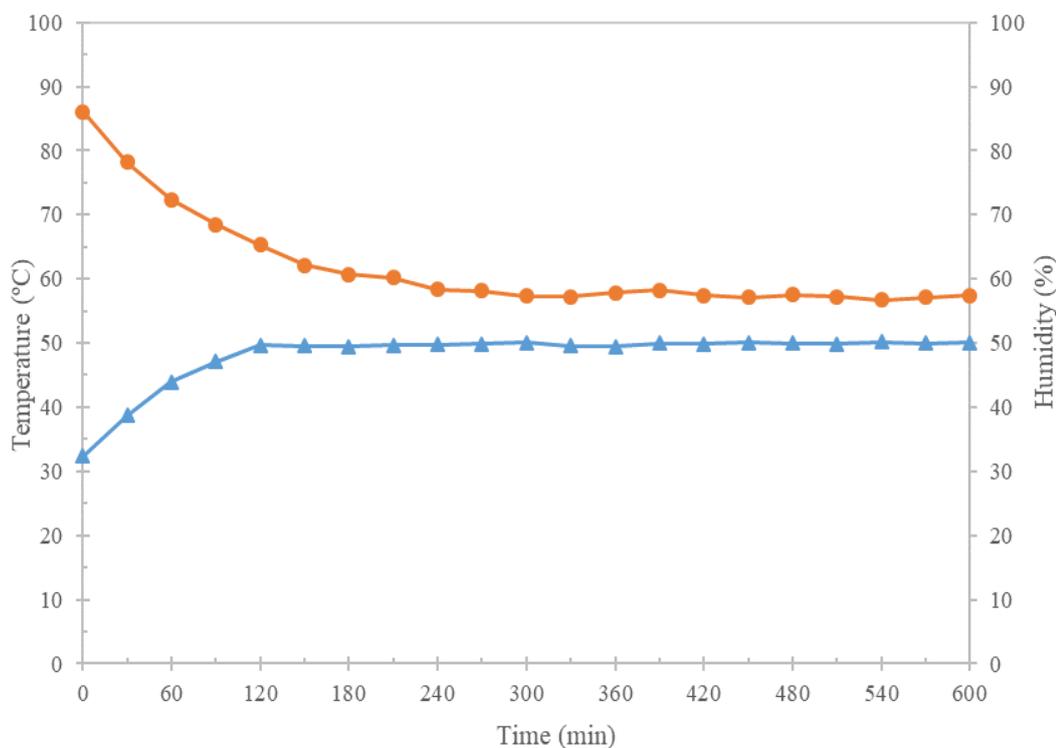
2. ระบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงอบแห้งอิฐดิบ ในการดำเนินการระบบการหมุนเวียนพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากกระบวนการเผาเพื่อใช้ในการอบแห้งอิฐดิบนั้น อุณหภูมิภายในของโรงอบแห้งอิฐดิบจะถูกควบคุมด้วย temperature controller ยี่ห้อ Eliwell รุ่น ICPlus 902 กับ thermocouple ชนิด K ที่เชื่อมต่อควบคุมการทำงานของ blower ในการดูดอากาศร้อนจากโรงเผาอิฐ โดยกำหนดอุณหภูมิ (set point) ของตัวควบคุมในโรงอบแห้งอยู่ที่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส (SP50, SP60 และ SP70 ตามลำดับ) และตรวจวัดระดับความชื้นภายในโรงอบด้วยเครื่องวัด Humidity ยี่ห้อ Eliwell รุ่น EM300 ดังแผนผังในภาพที่ 4.6 โดยนำอิฐดิบที่ผ่านกระบวนการรีดขึ้นรูปแล้วนำไปไว้ในโรงอบแห้งอิฐดิบและเริ่มกระบวนการเผาอิฐดินเผาตามรูปแบบกระบวนการเผาอิฐชุมชนที่มีการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงหลัก จากนั้นจึงเริ่มเปิดระบบควบคุมการหมุนเวียนพลังงานความร้อนจากกระบวนการเผาอิฐเพื่อใช้ในการอบแห้งอิฐดิบ

ในการทดสอบระบบหมุนเวียนพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากกระบวนการเผาอิฐดินเผา ดำเนินการทดลองภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศ (ambient temperature) อยู่ระหว่าง 32 - 34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (humidity) อยู่ระหว่างร้อยละ 85.2 - 88.5 และอุณหภูมิจากกระบวนการเผาอิฐดินเผาอยู่ระหว่างประมาณ 232 - 242 องศาเซลเซียส (วัดที่ตำแหน่งปลายปล่องดูดความร้อน) โดยในการทดลองในแต่ละอุณหภูมิจะต้องดำเนินการจนสิ้นสุดกระบวนการเผาอิฐดินเผา จากนั้นจึงเริ่มกระบวนการการทดลองในอุณหภูมิ set point อื่นๆ



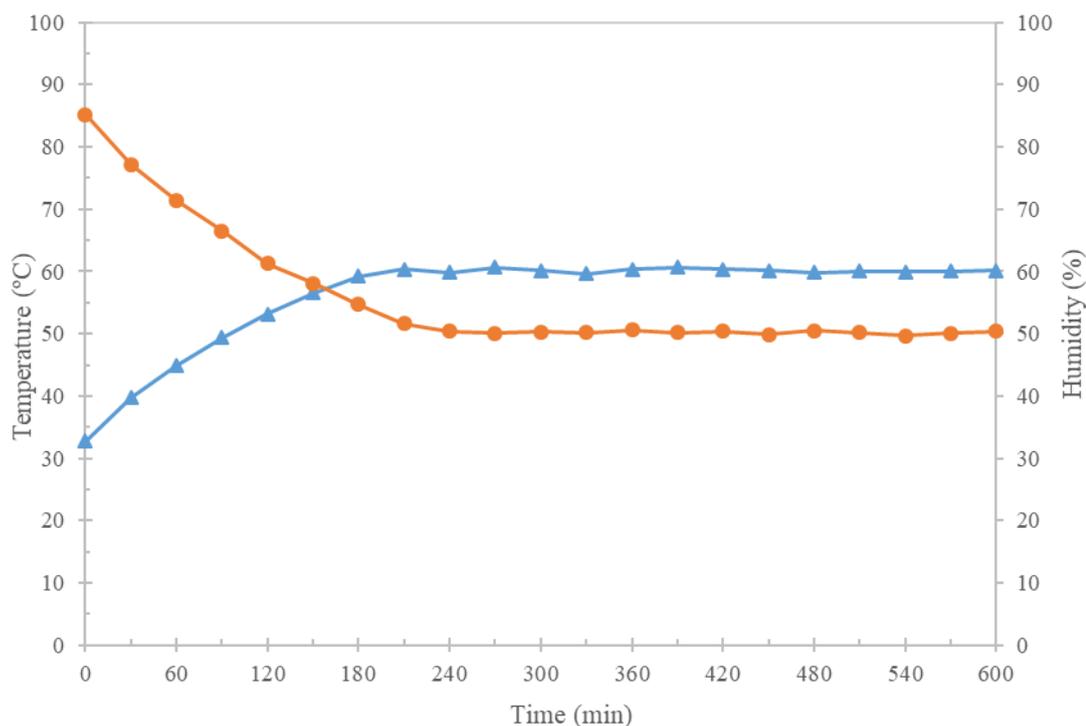
ภาพที่ 4.6 แผนผังระบบหมุนเวียนพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากกระบวนการเผาอิฐดินเผา

จากการทดลองพบว่า เมื่อกำหนดค่าอุณหภูมิ set point เท่ากับ 50 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 32.4 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งอิฐดิบจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 120 นาทีแรก จากนั้นจะเข้าสู่ steady state เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 180 นาที โดยมีอุณหภูมิคงที่เฉลี่ยอยู่ที่ 49.9 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่กำหนด ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณความชื้นภายในโรงอบแห้งอิฐดิบจากร้อยละ 86.1 จนเหลือปริมาณความชื้นร้อยละ 57.4 (ภาพที่ 4.7)



ภาพที่ 4.7 อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงอบแห้งอิฐดิบที่อุณหภูมิ set point ที่ 50 องศาเซลเซียส

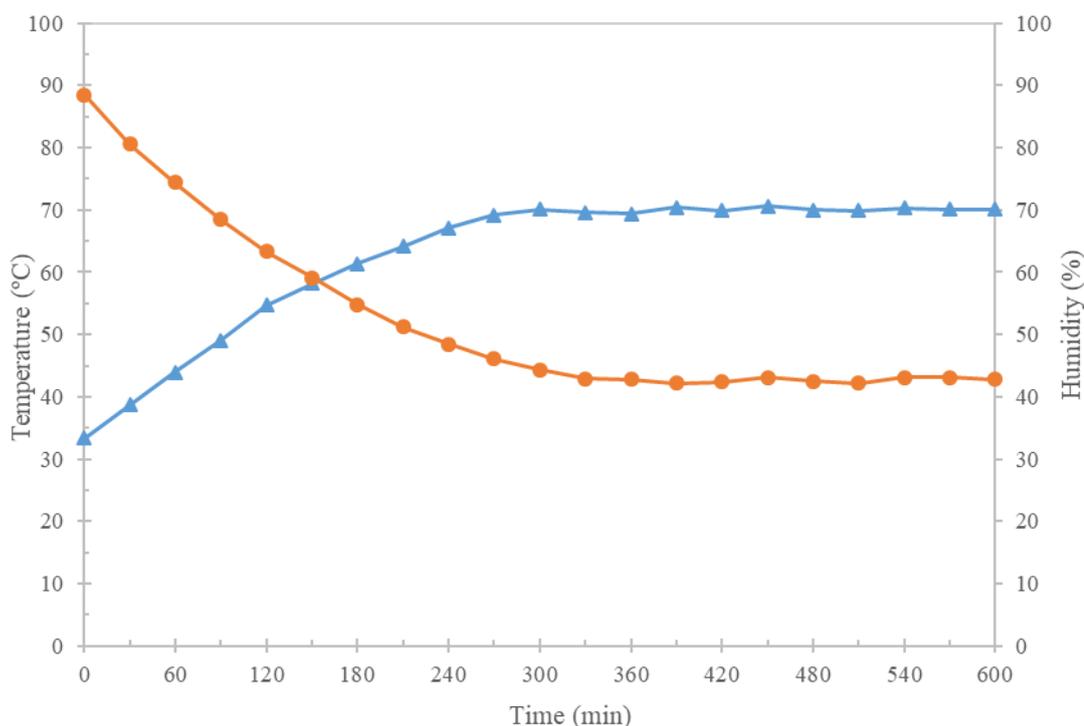
การทดลองที่อุณหภูมิ set point เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งอิฐดิบเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 180 นาทีแรก จากอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 32.7 องศาเซลเซียส และเข้าสู่ steady state ที่อุณหภูมิคงที่เฉลี่ยเท่ากับ 60.2 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 240 นาที โดยปริมาณความชื้นภายในโรงอบแห้งอิฐดิบลดลงจากร้อยละ 85.2 เหลือเพียงร้อยละ 50.4 (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงอบแห้งอิฐดิบที่อุณหภูมิ set point ที่ 60 องศาเซลเซียส

ในขณะที่มีการกำหนดอุณหภูมิ set point เท่ากับ 70 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งอิฐดิบเพิ่มสูงขึ้นจากอุณหภูมิ 33.4 องศาเซลเซียส และเข้าสู่ steady state ที่อุณหภูมิคงที่เฉลี่ยเท่ากับ 70.0 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 300 นาที โดยมีปริมาณความชื้นภายในโรงอบแห้งอิฐดิบคงที่เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 42.9 (ภาพที่ 4.9)

จากการทดลองระบบหมุนเวียนพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากกระบวนการเผาเพื่อใช้ในการอบแห้งอิฐดิบ พบว่าเมื่อมีการกำหนดอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่ใช้ในการควบคุมระบบให้เข้าสู่สภาวะคงที่ (steady state) โดยอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ถูกดึงจากโรงเผาอิฐสามารถช่วยลดความชื้นภายในโรงอบแห้งอิฐดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งอิฐดิบในช่วงฤดูฝนเหลือเพียง 2-3 วัน จากปกติที่ต้องใช้เวลามากกว่า 7 วัน



ภาพที่ 4.9 อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงอบแห้งอิฐดิบที่อุณหภูมิ set point ที่ 70 องศาเซลเซียส

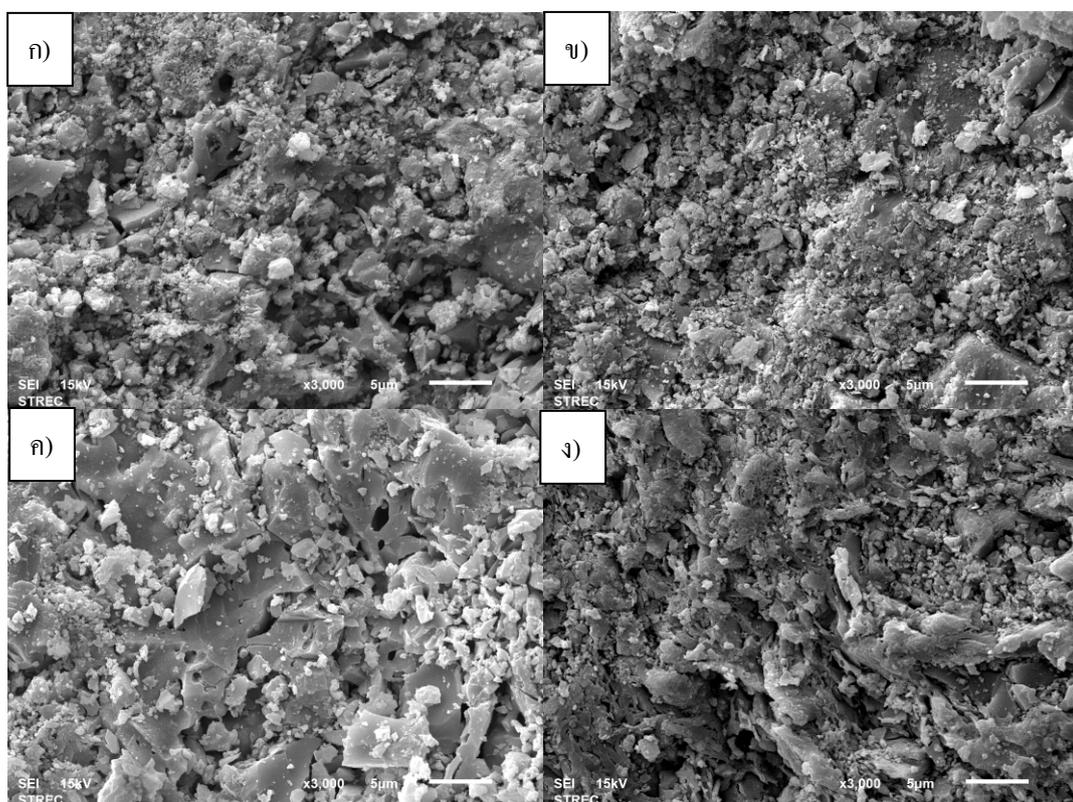
4.3 การทดสอบคุณภาพของอิฐดินเผา

ในการทดสอบสมบัติของอิฐดินเผาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งโดยเปรียบเทียบกับอิฐดินเผาที่ใช้การตากแห้งแบบท้องถื่น (ตารางที่ 4.1) พบว่า อิฐดินเผาที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมินั้นมีความสามารถในการรับแรงอัดที่มากกว่าอิฐที่ได้จากกระบวนการเผาแบบท้องถื่น (8.24 MPa) โดยมีความสามารถในการรับแรงอัดอยู่ที่ 10.32 – 12.23 MPa ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก 77-2545 และ มพช.601-2547 คือ มีความสามารถในการรับแรงอัดต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 10 และ 7 MPa ตามลำดับ โดยมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของอิฐที่ผ่านกระบวนการอบแห้งอยู่ที่ช่วงร้อยละ 20.06 – 20.78 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอิฐที่ได้จากการเผาโดยการตากแห้งแบบท้องถื่น (22.92%) และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มพช. คือ ต้องมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 25 โดยมีร้อยละความพรุนของอิฐอยู่ระหว่างร้อยละ 29.94 – 31.79 โดยอิฐดินเผาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนั้นมีสมบัติที่ดีที่สุด คือ มีความสามารถในการรับแรงอัดสูงที่สุดอยู่ที่ 12.23 MPa ร้อยละการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด คือ 20.06% จากภาพ SEM แสดงลักษณะสัญญาณวิทยาของอิฐดินเผาที่ทำการทดสอบพบว่า อิฐดินเผาที่ผ่านกระบวนการตากแห้งแบบท้องถื่นนั้นจะพบรูพรุนขนาดใหญ่กระจายอยู่ในโครงสร้างของอิฐซึ่งจะส่งผลทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างโดยรวมลดลง (ภาพที่ 4.10 ก) เนื่องจากการตากแห้งในช่วงที่อากาศมีความชื้นสูงนั้น อิฐดิบที่จะเข้าสู่กระบวนการเผาจะมีปริมาณน้ำที่แทรกอยู่ในโครงสร้างที่มากส่งผลทำให้อนุภาคของดินเกิดช่องว่าง (pore) ขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อเข้าสู่กระบวนการเผาแล้วน้ำที่แทรกอยู่ในโครงสร้างจะเกิดการระเหยออกทำให้เกิดรูพรุนขนาดใหญ่กระจายอยู่ใน อิฐดินเผาที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศา

เซลเซียสนั้น พบว่า มีรูพรุนอยู่ภายในโครงสร้างน้อยเนื่องจากการระเหยของน้ำออกจากชั้นงานเกิดขึ้นได้ดีทำให้อุณหภูมิของดินมีปริมาณน้ำแทรกอยู่น้อยเมื่อผ่านกระบวนการเผาจะทำให้ภายในชั้นงานมีปริมาตรรูพรุนที่น้อยกว่าซึ่งส่งผลทำให้มีความสามารถในการรับแรงอัดที่สูง (ภาพที่ 4.10 ค)

ตารางที่ 4.1 แสดงสมบัติของอิฐดินเผาจากการทดลอง

ตัวอย่าง	ความสามารถในการรับแรงอัด (MPa)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ร้อยละของการดูดซึมน้ำ	ร้อยละของความพรุนตัว
Local	8.57	1.47	22.92	35.32
SP50	10.32	1.63	20.21	30.75
SP60	12.23	1.69	20.06	29.94
SP70	10.47	1.57	20.78	31.79



ภาพที่ 4.10 ภาพ SEM แสดงโครงสร้างจุลภาคของชั้นงานออกไซด์เงินที่ผ่าน (ก) กระบวนการตากแห้งแบบห้องเย็น (ข) กระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (ค) กระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ (ง) กระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส