โครงการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาคุณภาพเตาดินเผาชีวมวลให้ต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน

Quality Development of Biomass Kiln for Resistance to Thermal Shock

โดย

ไกรฤกษ์ ยี่เฮ็ง

พลวัฒน์ เกิดศิริ

วิจัยสร้างองค์ความรู้เพื่อพัฒนาท้องถิ่น

ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ปีงบประมาณ ๒๕๖๐

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาคุณภาพเตาดินเผาชีวมวลให้ต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน

ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไกรฤกษ์ ยี่เฮ็ง

ชื่อผู้ร่วมวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์พลวัฒน์ เกิดศิริ

ชื่อสถาบันการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ปี พ.ศ. ที่รับทุน ๒๕๖๐

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อเตรียมชิ้นทดสอบที่ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบโดยใช้สามเหลี่ยมไทรแอกเซียล ไดอะแกรม ที่มีสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส นำอัตราส่วนผสมที่ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุดมาผลิตเป็นเตาดินเผาชีวมวล และทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ชุมชน

ผลการวิจัย พบว่า ชิ้นทดสอบที่เตรียมจากอัตราส่วนผสม ดินเริ่มต้น:ทรายละเอียด:ขี้เถ้าแกลบ ที่ 80:10:10 โดยน้ำหนัก เมื่อนำไปทดสอบ จะมีสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส นำอัตราส่วนผสมที่ได้ไปทำเตาดินเผาชีวมวล พบว่า เตาดินเผาชีวมวลมีสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เช่นกัน ไม่สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ชุมชนได้ เพราะราษฎรในชุมชนโยกย้ายกลับภูมิลำเนาเดิมในภาคอีสาน

สรุปผลการวิจัย เตาดินเผาชีวมวลได้รับการพัฒนาให้มีสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Reserch Title Quality Development of Biomass Kiln for Resistance to Thermal Shock.

Resercher Assit.Prof.Krilerk Yeeheng

Co-Resercher Assit.Prof.Pholwat Kurtsiri

Institute Thepsatri Rajabhat University

Year 2017

Abstract

Three objects of this project were ; (1) preparing testing plate from mixing of initial clay, sand and rice husk for thermal shock resistance at temperature 300, 400 and 500 ˚c. (2) making Biomass Kiln for thermal shock resistance. (3) community training.

The project results found that ; the only one testing plate from mixing of initial clay, sand and rice husk in ratio 80 : 10 : 10 by weight showed thermal shock resistance property at maximum temperature 500 ˚c , Biomass Kiln from this ratio bodies showed thermal shock resistance property at maximum temperature 500 ˚c , the last one no community training because had no anyone now in this community.

Quality development of biomass kiln for resistance to thermal shock was success and showed thermal shock resistance property at maximum temperature 500 ˚c.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ได้พิจารณาให้ทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ได้เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการเซรามิกส์เพื่อใช้ในการศึกษาทดลอง

ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 1 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ได้มีส่วนให้ความช่วยเหลือในการทำงานในห้องปฏิบัติการ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

12 ธันวาคม 2560

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ตารางสามเหลี่ยมไทรแอกเซียล ไดอะแกรม แสดงค่าอัตราส่วนผสมระหว่าง ดิน ทราย และขี้เถ้า ที่รวมกันอยู่ในแต่ละจุด	6
2	ผิววัสดุได้รับความร้อนไม่เท่ากัน	12
3	อัตราส่วนผสมของดิน ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบ จำนวน 36 อัตราส่วนผสม	15
4	ดินผสมที่เตรียมจากอัตราส่วนผสมที่ 1 - 18	19
5	ดินผสมที่เตรียมจากอัตราส่วนผสมที่ 19 - 36	20
6	ชิ้นทดสอบจำนวน 36 ชิ้น หลังผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง	21
7	ชิ้นทดสอบที่ได้ หลังถูกนำมาทดสอบการต้านทานอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส (ทดสอบ 3 ซ้ำ)	24
8	ชิ้นทดสอบที่ได้ หลังถูกนำมาทดสอบการต้านทานอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส (ทดสอบ 3 ซ้ำ)	25
9	ชิ้นทดสอบที่ได้ หลังถูกนำมาทดสอบการต้านทานอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส (ทดสอบ 3 ซ้ำ)	26
10	เตาดินเผาชีวมวลขนาดเล็ก (ซ้าย) และเตาดินเผาขนาดใหญ่ (ขวา)	28
11	เตาดินเผาชีวมวลขนาดเล็ก (ซ้าย) และเตาดินเผาขนาดใหญ่ (ขวา) ที่ได้ หลังการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน	29
12	นักศึกษาสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่1 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ขณะปฏิบัติงานระหว่างร่วมงานวิจัย	35

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาพที่ หน้า

13	ผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ ด้วยน้ำเปล่า ลงในกระป๋องพลาสติก	36
14	ดินผสมที่ได้จากสามเหลี่ยมไทรแอกเซียล ไดอะแกรม ถูกนำมาเกรอะบนแผ่นปูนพลาสเตอร์ ก่อนนำไปอัดลงบนแม่พิมพ์ เพื่อทำเป็นชิ้นทดสอบ จำนวน 36 ชิ้น	37
15	ดินผสมที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วนผสมที่ 1 -9 หลังการเกรอะ	38
16	ดินผสมที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วนผสมที่ 10 -18 หลังการเกรอะ	39
17	ดินผสมที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วนผสมที่ 19 -27 หลังการเกรอะ	40
18	ดินผสมที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วนผสมที่ 28 – 36 หลังการเกรอะ	41
19	ชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง	42
20	ชิ้นทดสอบถูกนำเข้าเตาเผา เพื่อทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	43
21	ชิ้นทดสอบถูกนำออกจากเตาเผา หลังผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส	44
22	ชิ้นทดสอบถูกปล่อยให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน หลังผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส	45
23	ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส	46

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ภาพที่ หน้า

24 ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส 47

25 ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส 48

26 เตาดินเผาชีวมวลขนาดเล็ก ขณะให้ความร้อนอย่างรวดเร็วภายในเตาเผาแก๊ส 49

27 เตาดินเผาชีวมวลขนาดใหญ่ ขณะให้ความร้อนอย่างรวดเร็วภายในเตาเผาแก๊ส 50

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราส่วนผสมร้อยละโดยน้ำหนักของดิน ทราย และขี้เถ้าในตารางสามเหลี่ยมในภาพที่ 1	7
2	น้ำหนักของดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบ ในดินผสม 300 กรัม	15
3	ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของชิ้นทดสอบ	21
4	ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของเตาดินเผาชีวมวล	29

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาพที่		หน้า
24	ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส	47
25	ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส	48
26	เตาดินเผาชีวมวลขนาดเล็ก ขณะให้ความร้อนอย่างรวดเร็วภายในเตาเผาแก๊ส	49
27	เตาดินเผาชีวมวลขนาดใหญ่ ขณะให้ความร้อนอย่างรวดเร็วภายในเตาเผาแก๊ส	50

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปีงบประมาณ 2559 คณะผู้วิจัยได้มีโอกาสศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตเตาดินเผาชีวมวลโดยใช้ดินท้องถิ่นเพื่อใช้ในครัวเรือน กรณีศึกษาชุมชนดงพลับ ตำบลดงพลับ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี และได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวให้แก่ราษฎรในชุมชน เพื่อนำไปผลิตขึ้นใช้ในครัวเรือน อย่างไรก็ตาม มีประเด็นสืบเนื่องที่คณะผู้วิจัยได้รับหลังจากเสร็จสิ้นโครงการวิจัยดังกล่าว กล่าวคือ เตาดินเผาชีวมวลที่ได้เมื่อนำไปใช้งานจริง พบว่า ประสิทธิภาพในการทำงานของเตาเป็นที่น่าพอใจอย่างดียิ่ง แต่หลังการใช้งาน พบปัญหาการแตกร้าวของตัวเตา โดยเฉพาะบริเวณชิ้นส่วนของเตาที่อยู่ด้านในซึ่งอยู่ใกล้กับกองเชื้อเพลิง ที่ต้องสัมผัสกับการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงมาก ทำให้ชิ้นส่วนดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันในช่วงเวลาสั้นๆ จนเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เนื้อดินเผาของเตาเกิดการขยายตัวอย่างมากและรวดเร็วจนนำไปสู่การดันกันเองของเนื้อดินเผาจนตัวเตาแตกร้าวในที่สุด ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนั้น คณะผู้วิจัยได้นำดินดงพลับมาเป็นวัสดุเริ่มต้นในการทำเตาดินเผา ซึ่งจากการศึกษาวิจัยทำให้พบว่า ต้องผสมดินดงพลับด้วยดินบางระจันที่มีคุณสมบัติที่ดีในการทำเครื่องปั้นดินเผา ในสัดส่วนดินบางระจันต่อดินดงพลับ เท่ากับ 60:40 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำเตาดินเผาชีวมวล โดยการศึกษาวิจัยครั้งนั้น คณะผู้วิจัยไม่ได้ออกแบบเตรียมเนื้อดินที่เป็นวัสดุเริ่มต้นในการทำเตาดินเผาชีวมวลเพื่อให้มีสมบัติต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน จึงทำให้ประสบปัญหาการแตกร้าวของเตาดังกล่าว

ดังนั้น จึงเป็นมูลเหตุสำคัญที่คณะผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติม โดยนำเนื้อดินผสมระหว่างดินบางระจันกับดินดงพลับในสัดส่วน 60: 40 ที่ประสบความสำเร็จในการทำเตาดินเผาชีวมวล มาเป็นเนื้อดินเริ่มต้นในการปรับปรุงให้เป็นดินที่นำไปทำเตาดินเผาชีวมวลแล้วสามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ด้วยการเตรียมชิ้นทดสอบที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้นด้วยทรายละเอียดและขี้เถ้าแกลบ โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial diagram) นำชิ้นทดสอบที่ได้ไปทดสอบสมบัติการต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน เพื่อคัดเลือกสูตรเนื้อดินผสมที่มีสมบัติตามต้องการและสามารถนำไปทำเตาดินเผาชีวมวลที่สามารถต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน (anti-thermal shock) เพื่อลดปัญหาการแตกร้าวของตัวเตาดินเผาชีวมวลในที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อเตรียมชิ้นทดสอบที่ได้จากส่วนผสมระหว่างดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบให้มีสมบัติต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส

2.เพื่อนำส่วนผสมระหว่างดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบที่ผ่านการทดสอบมาผลิตเป็นเตาดินเผาชีวมวลที่ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส

3. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ชุมชน

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยในเชิงปริมาณ

1. ดินเริ่มต้นที่ใช้ในการศึกษา คือ ดินผสมระหว่างดินดงพลับ กับ ดินบางระจัน ในสัดส่วน 40 : 60

2. เตรียมชิ้นทดสอบโดยใช้ตารางสามเหลี่ยมแบบไทรแอกเซียลไดอะแกรม (Triaxial diagram) กำหนดสัดส่วนในการผสมระหว่างเนื้อดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบ ได้ชิ้นทดสอบจำนวน 36 ชิ้น โดยแต่ละชิ้นมีน้ำหนัก 50 กรัม มีรูปทรง กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 2.5 × 12.5 × 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการเผาชิ้นทดสอบด้วยเตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนลงล่าง (drown-draft) ที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

ขอบเขตของการวิจัยในเชิงคุณภาพ

1 .ดินท้องถิ่น คือ ดินที่ได้จากบริเวณลานอเนกประสงค์ บ้านดงพลับ ตำบลดงพลับ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

2 .ดินบางระจัน คือ ดินที่ได้จากบริเวณหลังวัดพระปรางค์ บ้านยางกลัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี

3. ดินเริ่มต้นที่ใช้ในการศึกษา คือ ดินผสมระหว่างดินดงพลับ กับ ดินบางระจัน ในสัดส่วน 40 : 60 โดยน้ำหนัก

4. ทราย คือ ทรายน้ำจืดชนิดทรายละเอียด

5. ขี้เถ้าแกลบ คือ ขี้เถ้าแกลบสีดำที่ใช้ผสมในถุงเพาะต้นกล้าทางการเกษตร

6. ใช้ตารางสามเหลี่ยมแบบไทรแอกเซียลไดอะแกรม กำหนดสัดส่วนในการผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ

7. เตาเผาที่ใช้ในการศึกษาสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน คือ เตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนลงล่าง (drown-draft) ที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ดินท้องถิ่น คือ ดินที่ได้จากบริเวณลานอเนกประสงค์ บ้านดงพลับ ตำบลดงพลับ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

2. ดินบางระจัน คือ ดินที่ได้จากบริเวณหลังวัดพระปรางค์ บ้านยางกลัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี

3. ดินเริ่มต้น คือ ดินผสมระหว่างดินดงพลับ กับ ดินบางระจัน ในสัดส่วน 40 : 60 โดยน้ำหนัก

4. ทราย คือ ทรายน้ำจืดชนิดทรายละเอียด

5. ขี้เถ้าแกลบ คือ ขี้เถ้าแกลบสีดำที่ใช้ผสมในถุงเพาะต้นกล้าทางการเกษตร

6. ชิ้นทดสอบ คือ ชิ้นทดสอบจำนวน 36 ชิ้น แต่ละชิ้นมีน้ำหนัก 50 กรัม มีรูปทรง กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 2.5 × 12.5 × 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งกำหนดสัดส่วนการผสมเนื้อดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบในแต่ละชิ้นทดสอบ โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมแบบไทรแอกเซียลไดอะแกรม (Triaxial diagram) ทำการเผาชิ้นทดสอบด้วยเตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนลงล่าง (drown-draft) ที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

7. สมบัติการต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน คือ สมบัติของวัสดุที่สามารถทนอยู่ได้เมื่อวัสดุนั้นได้รับความร้อนสูง และถูกกระทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วในอากาศที่อุณหภูมิห้อง โดยที่วัสดุนั้นไม่เกิดการแตกหักเสียหาย ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดอุณหภูมิที่ทำการทดลองที่ 3 ระดับ คือ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เตาดินเผาชีวมวลที่ผลิตจากดินดงพลับที่สามารถต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ช่วยลดปัญหาการแตกร้าวของเตา

2. ได้องค์ความรู้ใหม่ในการปรับปรุงดินท้องถิ่นให้มีความเหมาะสมในการทำเครื่องปั้นดินเผาที่สามารถต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในชุมชนอื่นๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ดิน

ดิน (clay) คือ วัตถุดิบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยความชื้นเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้หินฟันม้าผุพัง เปลี่ยนสภาพกลายเป็นดิน เรียกปฏิกิริยานี้ว่า เกาลินไนท์เซชัน (kaolinitezation) (โกมล รักษ์วงศ์.2531 : 3) ดินเป็นสารประกอบอลูมิเนียมซิลิเกตที่มีสารประกอบอื่นๆ ปะปนอยู่มากมาย จึงทำให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารปนเปื้อนเหล่านี้ได้แก่ หินเขี้ยวหนุมาน ไมก้า เหล็กออกไซด์ ฟลูออไรด์ มัลโดไวท์ แคลเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น ดินทุกชนิดจะมีความเหนียวในขณะที่มีน้ำผสมอยู่ ความเหนียวของดินขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดดิน ถ้าเม็ดดินมีความละเอียดมาก ความเหนียวของดินก็จะมีมากขึ้นด้วย เมื่อดินแห้งก็ยังรักษารูปทรงไว้ได้ และมีความแข็งแกร่งมากขึ้น แต่ค่อนข้างเปราะ เมื่อนำดินที่แห้งไปเผา จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยรูปทรงจะมีขนาดเล็กลง แต่มีความแข็งแกร่งมากขึ้น ถ้านำดินที่ผ่านการเผามาผสมกับน้ำ ดินจะไม่เกิดความเหนียวอีกต่อไป (สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์. 2535 : 21) ดินเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการทำเครื่องปั้นดินเผา เช่น ภาชนะรองรับอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้อง วัสดุก่อสร้าง ฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาแต่ละประเภท ใช้ดินที่มีลักษณะแตกต่างกันไปตามลักษณะของดิน ที่ต้องมีสมบัติเฉพาะเจาะจง ทั้งในด้านแหล่งกำเนิด คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี เช่น สีของเนื้อดิน ความเหนียว และปริมาณซิลิกา เป็นต้น (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2535 : 41)

แบ่งดินตามแหล่งกำเนิด ได้ 2 ชนิด คือ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 :58)

1. ดินที่เกิดครั้งแรก (primary clay) คือ ดินที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในที่ราบสูง ได้แก่ ดินขาวที่มีเนื้อดินหยาบ มีสีขาวหรือสีขาวหม่น ความทนไฟสูง ความเหนียวน้อย ขึ้นรูปทรงได้ยาก ต้องนำมาผสมด้วยวัตถุชนิดอื่นก่อนนำไปใช้งาน

2. ดินที่เกิดครั้งที่สอง (secondary clay) คือ ดินที่เกิดในที่ราบต่ำหรือที่ราบลุ่ม ได้แก่ ดินบอลเคล์หรือดินเหนียว เนื้อดินมีความละเอียดและมีความเหนียวมาก เหมาะนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ให้ความแข็งแรงกับผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เผา มีการหดตัวมากกว่าดินขาว ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาจะบิดเบี้ยวง่าย ในธรรมชาติจะมีสีเทา สีเทาดำ เมื่อผ่านการเผาจะเปลี่ยนเป็นสีขาว ดินชนิดนี้ถูกนำมาใช้กันอย่างมากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ประเภทของเนื้อดิน

ดินที่พบในธรรมชาติ สามารถแบ่งได้ 4 ประเภท ดังนี้ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 8)

1. ดินขาว

2. ดินเหนียว

3. ดินทนไฟ เป็นดินที่สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส มีความเหนียวมาก พบในธรรมชาติมีสีน้ำตาลอ่อน สีเทา หรือสีเทาเข้ม นิยมนำมาทำอิฐทนไฟ ใช้ทำส่วนต่างๆของเตาเผา เตาถลุง และเตาต้มน้ำ ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นสำหรับทำผลิตภัณฑ์สโตนแวร์

4. ดินเบนโทไนท์ เป็นดินที่มีความและทนความร้อนสูง เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้ดินปั้นที่ต้องการความเหนียวสูง มีการหดตัวมาก ไม่เหมาะใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประเภทสีขาว

นอกจากนั้น ยังมีการแบ่งดินออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ (Singer. 1960 : 26)

1. ดินขาวหลังการเผา

   1.1 ดินขาว

   1.2 ดินเหนียว

2. ดินทนไฟ

   2.1 ดินที่มีซิลิกาสูง

   2.2 ดินที่มีอลูมินาสูง

3. ดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง

4. ดินสโตนแวร์

เนื้อดินปั้น

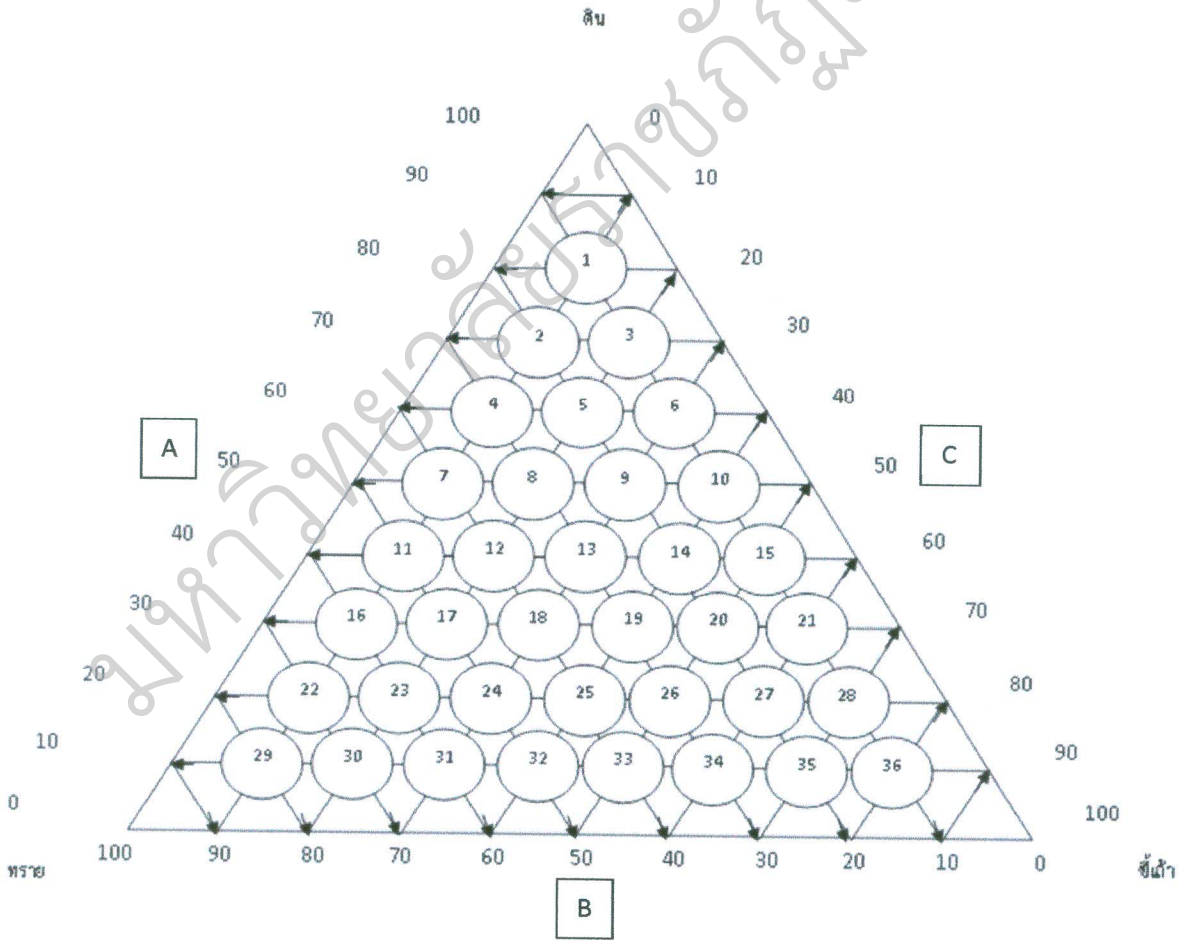
เนื้อดินปั้น (bodies) หมายถึง เนื้อดินปั้นที่มีส่วนประกอบเป็นดิน หรือเนื้อดินปั้นที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ เนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนประกอบอาจมีดินล้วนๆ หรือมีดินร้อยเปอร์เซ็นต์ แต่ส่วนมากมักมีวัตถุดิบชนิดอื่นผสมอยู่ด้วยเสมอ เช่นเดียวกับเนื้อดินปั้นที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ อาจมีวัตถุดิบชนิดเดียวหรือมีวัตถุดิบหลายชนิดผสมกันอยู่ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535 : 83) บางครั้งอาจนำดินที่พบอยู่ตามธรรมชาติมาใช้สำหรับทำผลิตภัณฑ์บางประเภทได้เลย เพราะดินมีความเหนียวเพียงพอ เช่น ดินเหนียว (ball clay) ดินสโตนแวร์ เป็นต้น (Fournier. 1997 : 25) การทำเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดจะใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ดินที่ผ่าน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

การเผาแล้วมีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น ทนความร้อนสูง ทนต่อกรดและด่าง ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกระทันหัน มีความแข็งสูง มีความพรุนตัว หรือไม่มีความพรุนตัว เป็นต้น (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 127) การเตรียมเนื้อดินปั้นอาจใช้ดินล้วนๆที่เกิดขึ้นเองตามธรรมลาติ หรือเตรียมขึ้นมาจากส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดิน หินฟันม้า และหินเขี้ยวหนุมาน โดยใช้สัดส่วนจากตารางสามเหลี่ยม แล้วนำไปทดลองเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมและดีที่สุดสำหรับนำมาทำผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง (Singer. 1960 : 393)

การหาค่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินจากตารางสามเหลียมด้านเท่า(Triaxial diagram)

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงส่วนผสมของเนื้อดินที่แสดงเป็นค่าร้อยละ โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบ โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ดังภาพที่ 1 ได้อัตราส่วนผสมทั้งหมด 36 อัตราส่วนผสม แต่ละอัตราส่วนผสมที่อ่านได้ คือค่าที่แสดงเป็นร้อยละของวัตถุดิบแต่ละชนิด



ภาพที่ 1 ตารางสามเหลี่ยมไทรแอกเซียลไดอะแกรม แสดงค่าอัตราส่วนผสมระหว่าง ดิน ทราย และขี้เถ้าที่รวมกันอยู่ในแต่ละจุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

การอ่านค่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่านั้น ต้องกำหนดให้วัตถุดิบแต่ละชนิดอยู่ที่มุมของสามเหลี่ยม แล้วอ่านค่าของอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่รวมกันอยู่ในแต่ละจุด โดยค่าร้อยละโดยน้ำหนักของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ที่อ่านได้ในแต่ละจุด เมื่อรวมกันแล้วจะต้องได้ค่าหนึ่งร้อยพอดี หากรวมกันแล้วได้ค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าหนึ่งร้อย แสดงว่าค่าใดค่าหนึ่งไม่ถูกต้อง

การใช้สามเหลี่ยมด้านเท่ากำหนดอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดิน ทราย และขี้เถ้า มีวิธีการอ่านค่าอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในแต่ละจุด ดังนี้

การอ่านค่าของวัตถุดิบ (ดิน) ให้อ่านค่าที่ปลายลูกศร (←) จรดที่ด้าน A

การอ่านค่าของวัตถุดิบ (ทราย) ให้อ่านค่าที่ปลายลูกศร (↓) จรดที่ด้าน B

การอ่านค่าของวัตถุดิบ (ขี้เถ้า) ให้อ่านค่าที่ปลายลูกศร (↗) จรดที่ด้าน C

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า จุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 25 มีอัตราส่วนผสมร้อยละโดยน้ำหนักของ ดิน ทราย และขี้เถ้า ดังข้อมูลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมร้อยละโดยน้ำหนักของดิน ทราย และขี้เถ้า ในตารางสามเหลี่ยมในภาพที่ 1

จุดที่	ดิน	ทราย	ขี้เถ้า	รวม
1	80	10	10	100
2	70	20	10	100
3	70	10	20	100
4	60	30	10	100
25	20	40	40	100

ทราย

ทรายเป็นวัตถุที่เป็นเศษหินเศษแร่ขนาดเล็ก มีลักษณะร่วนซุยไม่เกาะกัน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ และอาจมีแร่อื่นปนเล็กน้อย เช่น เฟลด์สปาร์ (feldspar) ไมกา(mica) ไลมอไนต์ (limonite) ทัวร์มาลีน (tourmaline) การ์เนต (garnet) ไทเทไนต์ (titanite) เซอร์คอน (zircon) แคลไซต์ (calcite) โดโลไมต์ (dolomite) ฮอร์นเบลน (hornblen) และเหล็กออกไซด์ (iron oxide) การศึกษาลักษณะของทรายในทางธรณีวิทยา คือ การศึกษาถึงรูปร่างของเม็ดทราย อันได้แก่ รูปทรง (Shape) ต่างๆ เช่น เม็ดทรายที่มีทรงกลม ทรงรี สามารถแสดงถึงรูปแบบการแตกออกมาจากหินแม่ที่เป็นแหล่งกำเนิด ตลอดจนการศึกษาถึงความแข็งแรงของเม็ดทรายว่าแตกออกมาจากแนวแกนใดของผลึกดั้งเดิม รวมทั้ง การศึกษาถึงความมน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเดินทางของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เม็ดทรายว่าใกล้หรือไกลจากแหล่งกำเนิด เม็ดทรายที่มีความมนสูง แสดงว่าถูกพัดพามาไกลกว่าเม็ดทรายที่มีความมนต่ำหรือมีความเป็นเหลี่ยมเป็นมุมสูง ขนาดของเม็ดทรายที่เกิดอยู่รวมกันเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมของน้ำ การไหลของน้ำและปริมาณของน้ำในคราวหนึ่งๆ เช่น หากเม็ดทรายมีการคัดขนาดดีหรือมีขนาดเม็ดใกล้เคียงกัน แสดงว่าน้ำมีความเร็วสม่ำเสมอ ทำให้เม็ดทรายที่มีขนาดแตกต่างกันแยกตัวออกจากกันและไปตกตะกอนในที่ต่างๆ อีกทั้งยังทำให้ทราบถึงสภาพความลาดชันของพื้นที่ หากการจัดขนาดของทรายไม่ดี แสดงว่าน้ำมีความเร็วของการไหลไม่สม่ำเสมอ หรือพื้นที่บริเวณนั้นมีความลาดชันที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและมีหลายทิศทาง

การแบ่งชนิดของทราย อาจแบ่งออกได้หลายแบบ เช่น แบ่งตามแหล่งกำเนิดทางเคมี การรวมตัวของแร่ธาตุ ธรณีวิทยา ภูมิศาสตร์ หรือแบ่งโดยการใช้ประโยชน์ เป็นต้น โดยทั่วไป แบ่งชนิดของทรายได้ 5 ชนิด ได้แก่ ทรายหยาบมาก ทรายหยาบ ทรายขนาดปานกลาง ทรายละเอียด และทรายละเอียดมาก เป็นต้น

สำหรับส่วนประกอบของทรายทางธรณีวิทยา สามารถศึกษาได้จากส่วนประกอบของแร่ที่ผสมอยู่ในแหล่งทรายนั้นๆ ถึงแม้ว่าส่วนประกอบหลักของทราย คือ แร่ควอร์ตซึ่งส่วนประกอบหลักเป็นซิลิกาที่ใช้เป็นวัสดุเบื้องต้นในการทำเครื่องปั้นดินเผาทั่วๆไป แต่อาจพบแร่ชนิดอื่นผสมมากบ้างน้อยบ้าง เช่น เฟลด์สปาร์ ฮีมาไทต์ ยิปซั่ม หรืออาจเป็นหินที่มีขนาดเล็กเท่าทราย เช่น หินดินดาน หินทราย หินเชิร์ต เป็นต้น

ขนาดของทราย

ทรายละเอียด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 - 1.5 มิลลิเมตร

ทรายกลาง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 3.0 มิลลิเมตร

ทรายหยาบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 -4.75 มิลลิเมตร

ทรายที่ใช้ทำน้ำเคลือบในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาที่ต้องการทำให้ผลิตภัณฑ์มีพื้นผิวเรียบและเป็นมันเช่น เครื่องกระเบื้อง เครื่องถ้วยชาม เครื่องลายคราม และเครื่องปั้นดินเผาต่างๆ ก่อนการเผาต้องเคลือบผิวด้วยน้ำเคลือบที่มีส่วนประกอบสำคัญ คือ ทรายซึ่งมีซิลิกาเป็นส่วนประกอบหลัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ทรายที่ใช้ในโรงงานเครื่องปั้นดินเผา

เครื่องปั้นดินเผาประเภทอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้วยชาม เครื่องสุขภัณฑ์และกระเบื้องปูพื้น จำเป็นต้องมีควอตซ์ที่ได้จากทรายเป็นส่วนผสมถึงร้อยละ 35 โดยควอตซ์จะเป็นตัวป้องกันไม่ให้เกิดการหดตัวในขณะกำลังผึ่ง และมีความแข็งแกร่งขณะกำลังเผา รวมทั้งควอตซ์ยังป้องกันไม่ให้ดินเหนียวอ่อนตัว

ทรายที่ใช้ในอุตสาหกรรมภาชนะทนไฟ

ส่วนผสมของดินทนไฟ และเบ้าหลอมโลหะ ต้องใช้ทรายที่ทนต่ออุณหภูมิสูงและต้องไม่มีฟลักซ์ (flux) โดยปกติทรายที่ใช้ในงานนี้ จะมีขนาดเล็กกว่า 30 เมช

โดยทั่วไป คุณสมบัติของทรายที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ปริมาณซิลิกา (SiO_2) ไม่น้อยกว่า ร้อยละ99 ปริมาณเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ไม่เกินร้อยละ 0.01 เม็ดทรายมีขนาดละเอียดน้อยกว่า 0.10 มิลลิลิตร (เมช) มีความชื้นในปริมาณที่กำหนด ผ่านกระบวนการล้างและแต่งแร่เพื่อเอาแร่เหล็กออก และผ่านกระบวนการคัดขนาดเพื่อให้ได้ขนาดเม็ดทรายตามต้องการ

ขี้เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash)

ขี้เถ้าแกลบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบ มีลักษณะหลายสี ขึ้นอยู่กับกระบวนการเผา เมื่อแกลบเผาไหม้จะทำให้เกิดเถ้าร้อยละ 13-30 ที่ประกอบด้วยซิลิกาไดออกไซด์ (SiO_2) ประมาณร้อยละ 85-97 ส่วนอื่นจะประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ เช่น K_2O 2.3%, MgO 0.5%, Al_2O 0.4%, CaO 0.4%, Fe_2O_3 0.2% และ Na_2O 0.1% แบ่งขี้เถ้าแกลบได้ 3 ชนิด คือ

1. ขี้เถ้าแกลบเทา

เป็นขี้เถ้าแกลบที่มีลักษณะสีเทา เนื้อขี้เถ้าแกลบแข็ง และคงรูปมากกว่าขี้เถ้าแกลบชนิดอื่น แต่จะแตกละเอียด หากได้รับแรงกดบีบ เป็นขี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ขณะเผาไหม้จะไม่เกิดเปลวไฟ

2. ขี้เถ้าแกลบดำ

เป็นขี้เถ้าแกลบที่มีลักษณะสีดำ เนื้อขี้เถ้ามีการคงรูปของแกลบบางส่วน เนื้อขี้เถ้าแกลบแข็งและเปราะง่ายกว่าขี้เถ้าแกลบสีเทา แต่จะแตกละเอียด หากได้รับแรงกดบีบ เป็นขี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิไม่เกิน 1200 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยไม่เกิดเปลวไฟขณะเผาไหม้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3. ขี้เถ้าแกลบขาว

เป็นขี้เถ้าแกลบที่มีลักษณะสีขาว เนื้อขี้เถ้าแกลบแตกหักเป็นผงขนาดเล็ก เป็นขี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิสูง ภายใต้สภาวะออกซิเจนที่มีมากเกินพอ ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยเกิดเปลวไฟขณะเผาไหม้ในที่โล่งที่มีอากาศกระจายบริเวณพื้นผิวขณะเผาไหม้อย่างเพียงพอ นอกจากเตรียมได้จากการเผาที่อุณหภูมิสูงแล้ว ยังสามารถเตรียมจากการเผาขี้เถ้าแกลบดำที่อุณหภูมิต่ำอย่างต่อเนื่องได้อีกวิธีหนึ่ง ขี้เถ้าแกลบชนิดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากในอุตสาหกรรม เนื่องจากองค์ประกอบส่วนมากจะเป็นซิลิกา

ขี้เถ้าแกลบมีสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี และมีจุดหลอมเหลวสูง ดังนั้นจึงมีการนำขี้เถ้าแกลบมาใช้ผลิตอิฐทนไฟ หรืออิฐทนความร้อนสูง

ประโยชน์ของขี้เถ้าแกลบ

1. ขี้เถ้าแกลบดำ

ใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อช่วยเพิ่มความร่วนซุย เพิ่มแร่ธาตุ ดินอุ้มน้ำได้ดี รวมดึงนิยมนำมาเป็นวัสดุปลูกผสมกับดินสำหรับการปลูกพืชในกระถาง ใช้เป็นตัวดูดซับในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย บำบัดก๊าซพิษสำหรับดูดซับสารมลพิษต่างๆ หรือที่เรียกว่า ถ่านกัมมันต์

2.ขี้เถ้าแกลบเทา

นิยมนำมาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน และผสมดินเป็นวัสดุปลูกสำหรับการปลูกพืชในกระถาง

3.ขี้เถ้าแกลบขาว

ใช้เป็นวัตถุดิบการการผลิตซิลิกา ผลิตแก้วหรือ ผลิตภัณฑ์จากแก้ว เป็นส่วนผสมของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจากสามารถทนต่อความร้อนได้มากกว่า 1,000 องศาเซลเซียส เป็นส่วนผสมในการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นวัสดุปรับปรุงดินโดยนำมาผสมกับดิน เพื่อใช้สำหรับปลูกพืชหรือเพาะชำต้นกล้า

วัตถุทนไฟ

ธาตุที่สามารถก่อให้เกิดสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นวัตถุทนไฟ ได้แก่ Si, Al, Mg, Ca, Cr, Zr และ C หมู่ธาตุเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดสารประกอบออกไซด์ที่มีประโยชน์ เช่น SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , ZrO_2 , Cr_2O_3 ,

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

และ CaO นอกจากนั้น CaO ยังสามารถรวมตัวกับ MgO เกิดเป็น โดโลไมต์ (CaO .MgO) มีสมบัติเป็นวัตถุทนไฟชนิดหนึ่ง รวมทั้ง MgO ก็สามารถรวมตัวกับ Cr_2O_3 เกิดเป็(แมกนีเซีย-โครไมต์ (MgO-Cr_2O_3) ซึ่งมีสมบัติเป็นวัตถุทนไฟเช่นเดียวกัน

ประเภทของวัตถุทนไฟ

จำแนกวัตถุทนไฟโดยอาศัยสมบัติทางเคมีได้ 4 ประเภท คือ

1. วัตถุทนไฟประเภทที่มีสมบัติทางเคมีเป็นกรด มีสูตรทั่วไป คือ MO_2 ได้แก่ วัตถุทนไฟชนิด ซิลิกา (SiO_2) และวัตถุทนไฟชนิดเซอร์โคเนีย (ZrO_2)

2. วัตถุทนไฟประเภทที่มีสมบัติทางเคมีเป็นกลาง มีสูตรทั่วไป คือ M_2O_3 ได้แก่ วัตถุทนไฟชนิดอลูมินา (Al_2O_3) และวัตถุทนไฟชนิดโครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)

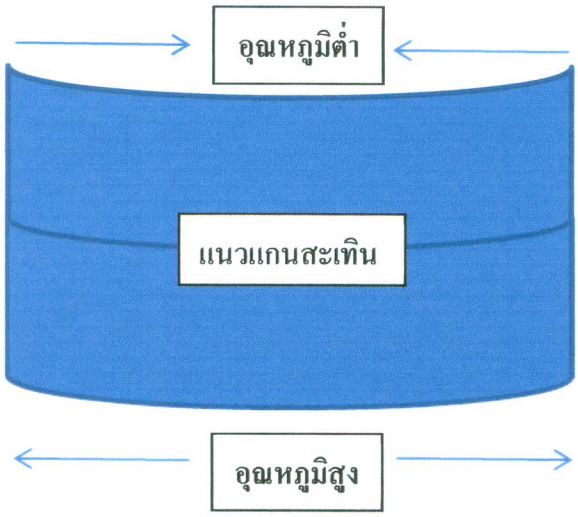
3. วัตถุทนไฟประเภทที่มีสมบัติทางเคมีเป็นด่าง มีสูตรทั่วไป คือ MO ได้แก่วัตถุทนไฟชนิดแมกนิเซีย (MgO) และวัตถุทนไฟชนิดแคลเซีย (CaO)

4. วัตถุทนไฟประเภทพิเศษอื่นๆ ได้แก่ คาร์บอน และแกรไฟต์ (C) และซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC)

ความเค้นเนื่องจากความร้อน (thermal stress)

เมื่อผิวแต่ละด้านของผลิตภัณได้รับความร้อนที่เท่ากัน การโค้งงอของผลิตภัณฑ์ย่อมเกิดขึ้นน้อยหรืออาจจะไม่เกิด แต่ถ้าหากผิวชิงผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนเพียงด้านใดด้านหนึ่ง โดยมากมักจะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้งานในลักษณะที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน ด้านที่ได้รับความร้อนจะมีการขยายตัวเกิดความเค้นดึงขึ้น ส่วนด้านที่ไม่ได้รับความร้อนหรือมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า จะเกิดความเค้นอัด สังเกตได้จากแกนสะเทิน (Neutral axis) มีความโค้งงอ ดังภาพที่ 2 ถ้าความโค้งงอมีมาก แสดงว่ามีอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก ถ้าความโค้งงอมีมากเกินกว่าที่วัสดุจะทนทานได้ ย่อมส่งผลให้เกิดการแตกหักเสียหายของผลิตภัณฑ์ตามมา แต่ถ้าวัสดุที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติต่างๆที่ดี อาจช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดกับผลิตภัณฑ์ได้ (Keim, 2001)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



ภาพที่ 2 ผิววัสดุได้รับความร้อนไม่เท่ากัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Singer (1960) ได้วิเคราะห์วัตถุดิบที่นำมาทำผลิตภัณฑ์ทนไฟ พบว่า ผลิตภัณฑ์ทนไฟต้องทำมาจากวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของซิลิกาและอลูมินา และต้องมีจุดหลอมละลายประมาณ 1,710 องศาเซลเซียส

ศศิธร (2544) ได้ผลิตเบ้าหลอมจากอลูมินา ซึ่งเตรียมโดยนำอลูมินาผสมกับแมกนีเซียม ใช้แอมโมเนียมอะคริเลตช่วยในการกระจายตัว หล่อในพิมพ์เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร สูง 6.5 เซนติเมตร เผาที่อุณหภูมิ 1,700 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่อัตราส่วนผสมของอลูมินา 99.5 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลันได้สูงสุดที่ 200 องศาเซลเซียส

สัมพันธ์ (2545) ได้ทำการศึกษาวัสดุที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน โดยใช้วัสดุผสมระหว่างอลูมินาและคอร์เดียไรท์ ในอัตราส่วนของคอร์เดียไรท์ตั้งแต่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก วัสดุถูกอัดขึ้นรูปเป็นแท่งขนาด 2.56 × 15.36 เซนติเมตร ที่แรงกด 37 MPa เผาที่อุณหภูมิ 1,650 องศาเซลเซียส อัตราส่วนของคอร์เดียไรท์ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ให้ความแข็งแรงเชิงกล 106.85 MPa ทดสอบด้วยวิธีลดอุณหภูมิด้วยอากาศ พบว่า สามารถทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลันได้สูงสุด 6 รอบ โดยสามารถสังเกตรอยแตกของชิ้นทดสอบด้วยตาเปล่า

สุชาดา สุขขี (2534) ได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับเนื้อดินปั้นโบนไชนา ที่ประกอบด้วยโปแตสเฟลสปาร์ โซดาเฟลสปาร์ หินปูน หินเขี้ยวหนุมาน และดินขาว พบว่า เมื่อนำมาทำการเผาจะได้ชิ้นงานที่มีความแข็งแรง มันแววววาว และมีความโปร่งใส

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สมบูรณ์ สารสิทธิ์ (2539) ได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับเนื้อดินปั้นจากดินแดง จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ โดยเตรียมเนื้อดินปั้นด้วยการนำดินแดงมาผสมด้วย ดินขาว หินฟันม้าและ ทรายขาว พบว่านำมาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อได้เป็นอย่างดี เมื่อนำไปเผาจะมีความแข็งแรง

สมศักดิ์ วังศิริกุล (2534) ได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับเนื้อดินปั้นจากดินเหนียวที่นำมาจากแหล่งต่างๆในจังหวัดกำแพงเพชรเพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา พบว่า เนื้อดินปั้นที่ได้สามารถนำมาใช้งานเกี่ยวกับเซรามิกส์ได้เป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาคุณภาพเตาดินเผาชีวมวลให้ต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน เป็นการวิจัยที่ได้ดำเนินการศึกษาต่อเนื่องมาจาก การวิจัยเรื่องการผลิตเตาดินเผาชีวมวลโดยใช้ดินท้องถิ่นเพื่อใช้ในครัวเรือน กรณีศึกษาชุมชนดงพลับ ตำบลดงพลับ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ดังนี้

การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย ดินดงพลับ ดินบางระจัน ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบ ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบเหล่านี้ ดังนี้

1. การเตรียมดินเริ่มต้น

ดินเริ่มต้น คือ ดินผสมที่ประกอบด้วยดินดงพลับผสมกับดินบางระจัน ในสัดส่วน 40 : 60 โดยน้ำหนัก ก่อนนำดินทั้งสองชนิดมาผสมกัน ต้องทุบดินแต่ละชนิดให้ละเอียด ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้น นำดินทั้งสองชนิดมาผสมกันในสัดส่วนตามต้องการ

2. การเตรียมทรายละเอียด

ร่อนทรายละเอียดด้วยตะแกรงขนาด 50 เมช อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา10 ชั่วโมง

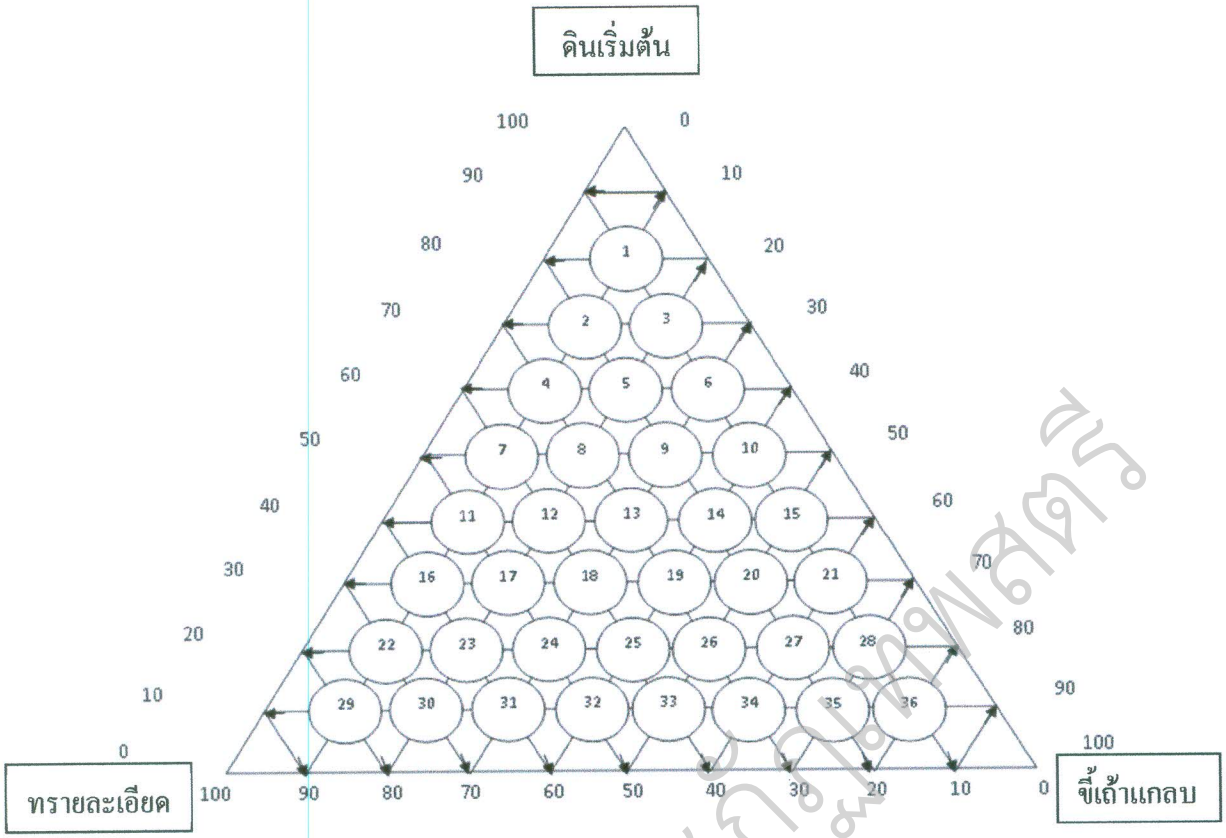
3. การเตรียมขี้เถ้าแกลบ

ร่อนขี้เถ้าแกลบด้วยตะแกรงขนาด 50 เมช อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

การเตรียมดินผสมเพื่อใช้ทำชิ้นทดสอบ

ดินผสม คือดินที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบ ในสัดส่วนที่กำหนดโดยใช้สามเหลี่ยมไทรแอกเซียลไดอะแกรม ได้ดินผสมทั้งหมด จำนวน 36 อัตราส่วนผสม ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



ภาพที่ อัตราส่วนผสมของดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบ จำนวน 36 อัตราส่วนผสม

เตรียมดินผสมในแต่ละอัตราส่วนผสมให้มีน้ำหนัก 300 กรัม โดยแต่ละอัตราส่วนผสมแสดงรายละเอียดของแต่ละส่วนผสมโดยน้ำหนักและร้อยละ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักของดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบ ในดินผสม 300 กรัม

อัตราส่วนผสมจุดที่	ดินเริ่มต้น		ทรายละเอียด		ขี้เถ้าแกลบ		น้ำหนักรวม (กรัม)
	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	
1	80	240	10	30	10	30	300
2	70	210	20	60	10	30	300
3	70	210	10	30	20	60	300
4	60	180	30	90	10	30	300
5	60	180	20	60	20	60	300
6	60	180	10	30	30	90	300
7	50	150	40	120	10	30	300
8	50	150	30	90	20	60	300

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

อัตราส่วนผสม (จุดที่)	ดินเริ่มต้น		ทรายละเอียด		ขี้เถ้าแกลบ		น้ำหนักรวม (กรัม)
	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	
9	50	150	20	60	30	90	300
10	50	150	10	30	40	120	300
11	40	120	50	150	10	30	300
12	40	120	40	120	20	60	300
13	40	120	30	90	30	90	300
14	40	120	20	60	40	120	300
15	40	120	10	30	50	150	300
16	30	90	60	180	10	30	300
17	30	90	50	150	20	60	300
18	30	90	40	120	30	90	300
19	30	90	30	90	40	120	300
20	30	90	20	60	50	150	300
21	30	90	10	30	60	180	300
22	20	60	70	210	10	30	300
23	20	60	60	180	20	60	300
24	20	60	50	150	30	90	300
25	20	60	40	120	40	120	300
26	20	60	30	90	50	150	300
27	20	60	20	60	60	180	300
28	20	60	10	30	70	210	300
29	10	30	80	240	10	30	300
30	10	30	70	210	20	60	300
31	10	30	60	180	30	90	300
32	10	30	50	150	40	120	300
33	10	30	40	120	50	150	300
34	10	30	30	90	60	180	300
35	10	30	20	60	70	210	300
36	10	30	10	30	80	240	300

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ใส่ดินผสมแต่ละอัตราส่วนผสมน้ำหนัก 300 กรัม ลงในกระป๋องพลาสติก เติมน้ำปริมาตร 150 มิลลิลิตร คนผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำมาเกรอะบนแผ่นปูนพลาสเตอร์ เก็บดินผสมแต่ละอัตราส่วนผสมที่ได้ในถุงพลาสติก

การเตรียมชิ้นทดสอบ

นำดินผสมแต่ละอัตราส่วนผสม น้ำหนักอัตราส่วนผสมละ 50 กรัม มาขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดให้เป็นแผ่นฐานกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร เผาชิ้นทดสอบด้วยเตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนลงล่าง (drown-draft) ที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง ที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

ทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของชิ้นทดสอบ

นำชิ้นทดสอบเข้าเตาเผาเพื่อให้ความร้อนโดยทันที ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที นำออกจากเตาอย่างรวดเร็ว ทิ้งให้เย็นตัวลงทันทีที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที ตรวจสอบการแตกร้าวของชิ้นทดสอบ ทำการทดสอบชิ้นทดสอบละ 3 ซ้ำ จากนั้น ปรับอุณหภูมิของเตาเผาที่ใช้ในการทดสอบเป็น 400 และ 500 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนเดิม ตรวจสอบการแตกร้าว และบันทึกผล คัดเลือกชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบแล้วไม่แตกร้าวและมีความสมบูรณ์มากที่สุด จำนวน 1 ชิ้น เพื่อใช้เป็นชิ้นทดสอบที่แสดงถึงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบเริ่มต้นที่มีความเหมาะสมที่สุด ใช้อัตราส่วนผสมที่ได้เตรียมดินผสมสำหรับใช้ทำเตาดินเผาชีวมวล

การทำเตาดินเผาชีวมวล

เตรียมดินผสมตามอัตราส่วนผสมที่ผ่านการทดสอบแล้ว จากนั้นนำมาปั้นขึ้นรูปเตาดินเผาชีวมวลด้วยแป้นหมุน จำนวน 2 รูปทรง คือ

1. รูปทรงขนาดเล็ก กว้าง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร
2. รูปทรงขนาดใหญ่ กว้าง 25 เซนติเมตร สูง 31 เซนติเมตร

เผาเตาดินเผาชีวมวลที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของเตาดินเผาชีวมวล

นำเตาดินเผาชีวมวลเข้าเตาเผาเพื่อให้ความร้อนโดยทันที ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำออกจากเตาอย่างรวดเร็ว ทิ้งให้เย็นตัวลงทันทีที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที ตรวจสอบการแตกร้าวของเตาดินเผาชีวมวล ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ จากนั้น ดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนเดิม แต่ปรับอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบเป็น 400 และ 500 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ตรวจสอบการแตกร้าว และบันทึกผล

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

จัดอบรมเชิงวิชาการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ชุมชนดงพลับ จำนวน 1 ครั้ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 4

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

การพัฒนาคุณภาพเตาดินเผาชีวมวลให้ต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน เป็นการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ เตรียมชิ้นทดสอบที่ได้จากส่วนผสมระหว่างดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบให้มีสมบัติต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน และนำส่วนผสมที่ผ่านการทดสอบมาผลิตเป็นเตาดินเผาชีวมวลที่ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน รวมทั้งถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ชุมชน จากการดำเนินการวิจัยดังกล่าว ได้ผลการวิจัย ดังนี้

ผลการเตรียมดินผสมเพื่อใช้ทำชิ้นทดสอบ

ผลการใช้สามเหลี่ยมแบบไทรแอกเซียลไดอะแกรม กำหนดอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ ในการเตรียมดินผสม ได้ดินผสมที่พร้อมนำไปใช้ทำชิ้นทดสอบ ดังภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5 ตามลำดับ

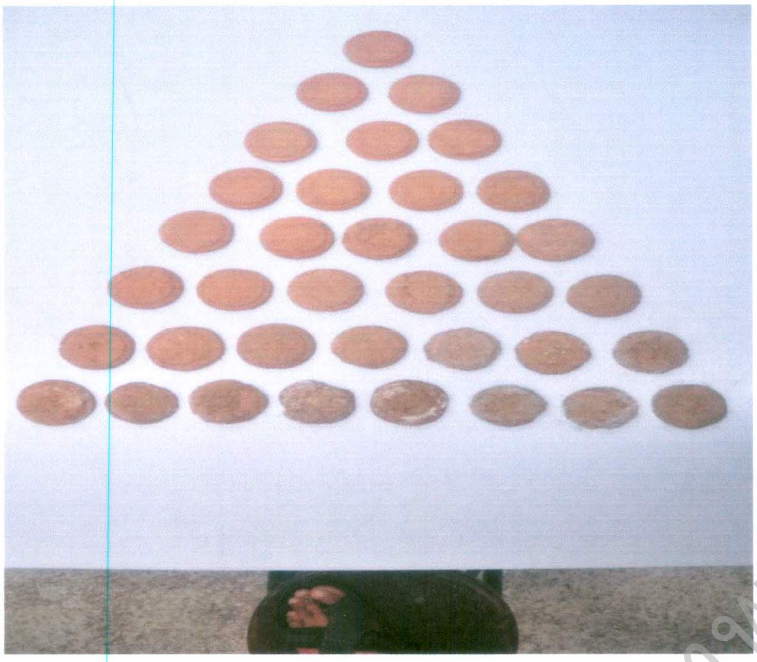
ภาพที่ 4 ดินผสมที่เตรียมจากอัตราส่วนผสมที่ 1 - 18

ภาพที่ 5 ดินผสมที่เตรียมจากอัตราส่วนผสมที่ 19 - 36

ผลการเตรียมชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบจำนวน 36 ชิ้น ที่เตรียมจากอัตราส่วนผสมของดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบ หลังผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่า ชิ้นทดสอบที่ 1 ถึงที่ 3 มีพื้นผิวที่เรียบมาก ชิ้นทดสอบที่ 4 ถึงที่ 9 มีพื้นผิวที่หยาบ ชิ้นทดสอบที่ 10 ถึงที่ 36 มีพื้นผิวที่หยาบมากและมีรอยแตกกระจายตัวอยู่โดยรอบ ดังภาพที่ 6

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



ภาพที่ 6 ชิ้นทดสอบ จำนวน 36 ชิ้น หลังผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของชิ้นทดสอบ

หลังจากนำชิ้นทดสอบจำนวน 36 ชิ้น มาทดสอบสมบัติการต้านทานอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส (ทดสอบ 3 ซ้ำ) ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 3 ภาพที่ 7 ภาพที่ 8 และ ภาพที่ 9 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบ	ผลการทดสอบ								
	ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส			ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส			ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี
2	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว
3	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
4	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
5	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ชิ้นทดสอบ	ผลการทดสอบ								
	ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส			ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส			ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
6	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
7	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
8	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
9	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
10	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
11	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
12	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
13	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
14	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
15	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
16	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
17	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
18	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
19	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
20	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
21	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
22	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
23	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
24	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
25	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว	มีรอยร้าว
26	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว
27	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว
28	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว
29	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ชิ้นทดสอบ	ผลการทดสอบ								
	ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส			ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส			ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
30	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว
31	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว
32	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว
33	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว
34	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว
35	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว
36	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	แตกร้าว	แตกร้าว	แตกร้าว

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ภาพที่ 7 ชิ้นทดสอบที่ได้ หลังถูกนำมาทดสอบการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส (ทดสอบ 3 ซ้ำ)

ภาพที่ 8 ชิ้นทดสอบที่ได้ หลังถูกนำมาทดสอบการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส (ทดสอบ 3 ซ้ำ)

ภาพที่ 9 ชิ้นทดสอบที่ได้ หลังถูกนำมาทดสอบการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส (ทดสอบ 3 ซ้ำ)

ผลที่ได้จากการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของชิ้นทดสอบ ที่อุณหภูมิ 300 และ 400 องศาเซลเซียส หลังการทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่า ชิ้นทดสอบทั้งหมดยังคงมีสภาพดี ไม่มีรอยแตกร้าว ส่วนผลการทดสอบที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส พบว่า ชิ้นทดสอบที่ 4 ถึงที่ 36 ซึ่งดินเริ่มต้นในชิ้นทดสอบมีแนวโน้มลดลง แต่ทรายละเอียดและขี้เถ้าแกลบมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น จะพบความเสียหายเป็นรอยร้าวมากบ้างน้อยบ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อชิ้นทดสอบมีทรายละเอียดและขี้เถ้าแกลบผสมอยู่ในสัดส่วนที่มากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป จะพบความเสียหายเป็นรอยแตกร้าวบนชิ้นทดสอบอย่างชัดเจน

ชิ้นทดสอบ 3 ชิ้นแรก ให้ผลการทดสอบที่น่าสนใจ คือ ชิ้นทดสอบที่ 3 มีสภาพดี หลังผ่านการทดสอบครั้งที่ 1 แต่เริ่มเกิดความเสียหายเป็นรอยร้าว หลังผ่านการทดสอบครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ส่วนชิ้นทดสอบที่ 2 มีสภาพดี หลังผ่านการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 แต่เริ่มเกิดความเสียหายเป็นรอยร้าวหลังผ่านการทดสอบครั้งที่ 3 สำหรับชิ้นทดสอบที่ 1 มีสภาพดีไม่เกิดความเสียหายเป็นรอยร้าว หลังผ่านการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง แสดงว่าชิ้นทดสอบที่ 1 ชิ้นทดสอบที่ 2 และชิ้นทดสอบที่ 3 ที่มีดินเริ่มต้นปรับสัดส่วนไปมาระหว่างร้อยละ 70 - 80 มีทรายละเอียดและขี้เถ้าแกลบปรับสัดส่วนไปมาระหว่างร้อยละ 10 - 20 เป็นช่วงอัตราส่วนที่ทำให้ชิ้นทดสอบเริ่มปรากฏสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน

เมื่อพิจารณาถึงสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน พบว่า ชิ้นทดสอบที่ 2 – 36 มีสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 300 และ 400 องศาเซลเซียส เท่านั้น ในขณะที่ชิ้นทดสอบที่ 1 มีสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส ดังนั้น ชิ้นทดสอบที่ 1 จึงมีขีดความสามารถสูงสุดในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

ผลที่ได้จากการทดสอบ พบว่า ดินเริ่มต้นร้อยละ 80 เมื่อถูกเติมด้วยทรายละเอียดร้อยละ 10 และขี้เถ้าแกลบร้อยละ 10 ทำให้ได้ดินผสมที่ใช้ทำชิ้นทดสอบที่ 1 ที่มีสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันสูงสุด ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส จึงคัดเลือกชิ้นทดสอบที่ 1 ที่มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบเริ่มต้นที่ให้ชิ้นทดสอบที่มีสมบัติตามต้องการ จึงนำอัตราส่วนผสมนี้ไปเตรียมดินที่ใช้ทำเตาดินเผาชีวมวลต่อไป

ผลการทำเตาดินเผาชีวมวล

นำดินผสมที่ผ่านการทดสอบมาทำเตาดินเผาชีวมวลด้วยการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน จำนวน 2 รูปทรง คือ ขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ จากนั้นนำไปเผาด้วยเตาเผาที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง ได้เตาดินเผาชีวมวล ดังภาพที่ 10

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ภาพที่ 10 เตาดินเผาชีวมวลขนาดเล็ก(ซ้าย) และเตาดินเผาชีวมวลขนาดใหญ่ (ขวา)

เตาดินเผาชีวมวลที่ได้จากดินผสมที่ผ่านการทดสอบทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีสภาพโดยรวมของทุกชิ้นส่วนที่สมบูรณ์ดี รูปทรงเป็นปกติ ไม่มีการแตกร้าว พร้อมนำไปทำการทดสอบสมบัติการต้านทานอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน

ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของเตาดินเผาชีวมวล

หลังจากนำเตาดินเผาชีวมวลมาทดสอบสมบัติการต้านทานอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส (ทดสอบ 3 ซ้ำ) ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4 และ ภาพที่ 11 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของเตาดินเผาชีวมวล

เตาดินเผาชีวมวล	ผลการทดสอบ								
	ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส			ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส			ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ขนาดเล็ก	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี
ขนาดใหญ่	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี	สภาพดี

ภาพที่ 11 เตาดินเผาชีวมวลขนาดเล็ก (ซ้าย) และเตาดินเผาชีวมวลขนาดใหญ่ (ขวา) ที่ได้ หลังการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน

ผลที่ได้จากการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของเตาดินเผาชีวมวล ที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส หลังการทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่า ชิ้นส่วนต่างๆที่ประกอบขึ้นเป็นตัวเตา มีรูปทรงเป็นปกติ ไม่บิดเบี้ยว ไม่พบการแตกร้าว

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

จากการศึกษาการใช้งานของเตาดินเผาชีวมวล พบว่า ธรรมชาติโดยทั่วไปของเตาดินเผาชีวมวล ขณะกำลังใช้งาน ถ้าใช้ไม้ประเภทเนื้ออ่อนเป็นเชื้อเพลิง เตาดินเผาชีวมวลจะให้ความร้อนอย่างรวดเร็วในช่วง 5-10 นาทีแรก ที่อุณหภูมิประมาณ 300 - 400 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเปลี่ยนมาใช้ไม้เนื้อแข็งเป็นเชื้อเพลิง เตาดินเผาชีวมวลจะให้ความร้อนอย่างรวดเร็วในช่วง 5-10 นาทีแรก ที่อุณหภูมิประมาณ 400 - 500 องศาเซลเซียส ซึ่งเตาดินเผาชีวมวลที่ขึ้นรูปด้วยดินเริ่มต้นที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างดินดงพลับ : ดินบางระจัน เท่ากับ 40 : 60 โดยน้ำหนักนั้น พบว่า ถ้าใช้ไม้เนื้อแข็งเป็นเชื้อเพลิง การนำเตาดินเผาชีวมวลมาใช้งานประมาณ 1-2 ครั้ง ก็มักจะพบความเสียหายเป็นรอยแตกร้าวกระจายอยู่ทั่วไปตามพื้นผิวของชิ้นส่วนด้านในของเตาที่อยู่ติดกับกองเชื้อเพลิงขณะลุกไหม้ ซึ่งเป็นบริเวณที่เสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันแล้วนำไปสู่การแตกร้าวในที่สุด ทำให้เตาดินเผาชีวมวลมีอายุการใช้งานที่น้อยลง ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้ จึงกำหนดช่วงอุณหภูมิ ช่วงเวลาที่เตาได้สัมผัสความร้อนอย่างรวดเร็ว และจำนวนซ้ำในการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันไว้ที่ช่วงอุณหภูมิ 300 -500 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที และทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ ตามลำดับ เพื่อให้ผลการทดสอบครอบคลุมช่วงอุณหภูมิที่ใช้งานจริง ครอบคลุมช่วงเวลาที่เตาได้สัมผัสความร้อนอย่างรวดเร็ว และให้ครอบคลุมจำนวนครั้งในการใช้งานจริง ที่มักประสบปัญหาเรื่องการแตกร้าวของชิ้นส่วนภายในเตาอยู่เสมอๆ

โดยปกติ การนำเครื่องปั้นดินเผามาทำการทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน มักนิยมนำชิ้นงานเข้าเตาเผาเพื่อให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว ที่อุณหภูมิและช่วงเวลาที่กำหนด จากนั้นจึงนำชิ้นงานออกจากเตา แล้วนำมาใส่ลงในน้ำทันทีที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบความเสียหายหรือการแตกร้าวของชิ้นงานด้วยตาเปล่าหรือใช้การทดสอบทางเคมี

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ดัดแปลงการทดสอบให้แตกต่างไปจากวิธีมาตรฐานทั่วๆไป โดยพิจารณาจากข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการนำเตาดินเผาชีวมวลมาใช้งาน ซึ่งพบว่า ในการนำเตามาใช้งานโดยการเติมไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง 1 ครั้ง เตาจะสัมผัสกับความร้อนอย่างรวดเร็วที่ช่วงเวลา 5-10 นาทีแรก เท่านั้น อุณหภูมิของเตาจะคงที่ต่อไปอีกประมาณ 10-15 นาที จากนั้นอุณหภูมิของเตาจะค่อยๆลดต่ำลงๆ จนเชื้อเพลิงมอดไหม้หมดประมาณนาทีที่ 30 เป็นต้นไป และเมื่อยุติการใช้งาน เตาจะค่อยๆเย็นตัวลงอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้น ในการนำเตาดินเผาชีวมวลมาใช้งานจริง จึงไม่มีโอกาสเลยที่เตาขณะร้อนจะได้สัมผัสกับน้ำ

ดังนั้น การทดสอบในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงได้ออกแบบการทดสอบสมบัติการต้านทานอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ซึ่งวิธีมาตรฐานมักนำชิ้นงานที่ถูกทำให้ร้อนอย่างรวดเร็ว ใส่ลงในน้ำทันทีที่อุณหภูมิห้อง มาดัดแปลงวิธีทดสอบเป็นการนำเตาดินเผาชีวมวลที่ถูกทำให้ร้อนอย่างรวดเร็วออกจากเตาเผา แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงทันที

ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้การทดสอบในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีความสอดคล้องกับธรรมชาติการใช้งานจริงของเตาประเภทนี้

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ตามแผนการดำเนินการวิจัยที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของการวิจัย หลังการทดสอบในห้องปฏิบัติการเสร็จสิ้นลง และได้ผลการทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะจัดให้มีการอบรมเชิงวิชาการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ราษฎรในชุมชนดงพลับ จำนวน 1 ครั้ง แต่จากการลงพื้นที่ พบว่า ราษฎรในชุมชนดงพลับได้โยกย้ายถิ่นฐานออกจากชุมชนกลับไปยังภูมิลำเนาเดิมของตนเอง ตั้งแต่กลางปี พ.ศ. 2560 ซึ่งส่วนใหญ่มีภูมิลำเนาเดิมอยู่ในภาคอีสาน ทำให้ในขณะนี้ไม่มีราษฎรอาศัยอยู่ในชุมชนดงพลับ สาเหตุสำคัญคือ ชุมชนดงพลับเป็นชุมชนใหม่ที่เพิ่งมีการรวมกลุ่มกันขึ้นมาจากราษฎรที่ประสบปัญหาเรื่องที่ดินทำกิน ซึ่งส่วนใหญ่มีภูมิลำเนาเดิมอยู่ทางภาคอีสาน เมื่อได้รับโอกาสจากรัฐบาลในสมัยนายกรัฐมนตรี พลเอกสุรยุทธ จุลานนท์ ได้จัดหาที่ดินทำกินให้ จึงพากันโยกย้ายเข้ามาอยู่อาศัย แต่ด้วยบริเวณโดยรอบพื้นที่บ้านดงพลับเป็นที่ดอน ขาดแคลนแหล่งน้ำตามธรรมชาติตลอดปี ไม่มีน้ำจากคลองชลประทานไหลผ่าน ไม่มีสาธารณูปโภคที่จำเป็น เช่น น้ำประปา หรือไฟฟ้า ประการสำคัญคือ ใช้ที่ดินที่ได้รับมอบมาทำการเกษตรเลี้ยงครอบครัวไม่ได้ เพราะขาดแคลนน้ำ ทำให้การอยู่อาศัยและการใช้ชีวิตของราษฎรเป็นไปด้วยความยากลำบาก ราษฎรทั้งหมดจึงตัดสินใจโยกย้ายถิ่นฐานกลับไปยังภูมิลำเนาเดิม ขณะนี้ บริเวณบ้านดงพลับถูกปล่อยทิ้งให้รกร้าง ไร้ราษฎรอยู่อาศัย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงไม่สามารถจัดให้มีการอบรมเชิงวิชาการตามแผนการที่ได้กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของการวิจัย

อย่างไรก็ดี ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำให้คณะวิจัยได้รับองค์ความรู้และประสบการณ์ทางวิชาการที่สำคัญๆหลายประการ นอกจากนั้น ในระหว่างการทำงานวิจัยครั้งนี้ คณะวิจัยได้เปิดโอกาสให้นักศึกษาสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจำนวน 3 คน มาร่วมทำงานทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการทำงานของนักศึกษาในห้องปฏิบัติการได้ให้ประสบการณ์ที่เป็นความรู้และทักษะในเชิงวิชาการที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับเนื้อหาในรายวิชาเครื่องปั้นดินเผาที่อยู่ในหลักสูตรของนักศึกษาสาขาวิชาดังกล่าว ดังนั้น คณะวิจัยวางแผนไว้ว่า ทุกปีการศึกษาที่มีการเรียนการสอนในรายวิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิจัยจะหาโอกาสนำความรู้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ไปถ่ายทอดด้วยการร่วมบรรยายเชิงวิชาการให้แก่นักศึกษาสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อนักศึกษาของสถาบัน ให้สมกับที่ความสำเร็จในการทำงานวิจัยครั้งนี้ บังเกิดผลขึ้นมาได้ด้วยงบประมาณที่ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันแห่งนี้ด้วยเช่นกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาคุณภาพเตาดินเผาชีวมวลให้ต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน เป็นการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ เตรียมชิ้นทดสอบที่ได้จากส่วนผสมระหว่างดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบให้มีสมบัติต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน และนำอัตราส่วนผสมที่ผ่านการทดสอบมาผลิตเป็นเตาดินเผาชีวมวลที่ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน รวมทั้งถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ชุมชน จากผลการดำเนินงาน สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.ได้เตรียมชิ้นทดสอบที่ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินเริ่มต้น ทรายละเอียด และขี้เถ้าแกลบเท่ากับ 80 : 10 : 10 ที่มีสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 300 400 และ500 องศาเซลเซียส

2.ได้ผลิตและพัฒนาให้เตาดินเผาชีวมวลมีสมบัติต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิสูงสุด 500 องศาเซลเซียส

3. ไม่สามารถจัดให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการอบรมเชิงวิชาการให้แก่ราษฎรในชุมชน เนื่องจากราษฎรในชุมชนได้โยกย้ายถิ่นฐานกลับไปยังภูมิลำเนาเดิมทางภาคอีสาน

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันของเตาดินเผาชีวมวลในครั้งต่อไป ควรทำการทดสอบเพิ่มเติม เพื่อหาจำนวนรอบสูงสุดที่เตาดินเผาชีวมวลสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน

2. ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยปรับเปลี่ยนวัตถุดิบที่นำมาเป็นส่วนผสมเพื่อเตรียมดินผสมสำหรับทำเตาดินเผาชีวมวลที่มีสมบัติในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน

3. ควรนำรูปแบบการศึกษาวิจัยครั้งนี้ไปเป็นต้นแบบ ให้นักศึกษาที่ต้องเรียนรายวิชาเครื่องปั้นดินเผา เช่น สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ได้นำไปศึกษาทดลองทำเป็นโครงงานวิจัย (Senior Project)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บรรณานุกรม

โกมล รักษวงศ์.(2531). **วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น** . กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร.

ทวี พรหมพฤกษ์. (2531). **เครื่องปั้นดินเผาเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2535). **เซรามิกส์.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิธร คนทน. (2544). **การผลิตเบ้าหลอมอลูมินาสำหรับการเผาพลอย.** กรุงเทพฯ : สถาบันราชภัฏพระนคร.

สุชาดา สุขขี. (2534). **การทดลองเนื้อดินปั้นโบนไชนา.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สมบูรณ์ สารสิทธิ์. (2539). **การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์. (2535). **การพัฒนาสีในเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยใช้สนิมโลหะตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาค.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สมศักดิ์ วังศิริ. (2534). **การทดลองเนื้อดินปั้นจังหวัดกำแพงเพชรเพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สัมพันธ์ สร้อยกล่อม. (2545). **สารผสมอลูมินา-คอเดียไรท์สำหรับใช้เป็นวัสดุทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉับพลัน.** เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Fournier Robert. (1977). **Illustrated Dictionary of Practiceal Pottery**. New York : Van Nostrand Reinhold company.

Keim,E.,Schmidt, C.,Schopper, A. and Hertlein, R. (2001). "Life management of reactor pressure vessels under pressurized thermal shock loading : deterministic procedure and application to Western and Eastern type of reactors". **International Journal of Pressure Vessels and Piping.** 78, 2-3 (February); 85-98

Singer, felix and Sonja S.Singer. (1960). **Industrial Ceramics**. London : Champan and Hall Ild.

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาพที่ 12 นักศึกษาสาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่1 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ขณะปฏิบัติงานระหว่างร่วมงานวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาพที่ 13 ผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ ด้วยน้ำเปล่า ลงในกระป๋องพลาสติก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาพที่ 14 ดินผสมที่ได้จากสามเหลี่ยมไทรแอกเซียลไดอะแกรม ถูกนำมาเกรอะบนแผ่นปูนพลาสเตอร์ก่อนนำไปอัดลงบนแม่พิมพ์ เพื่อทำเป็นชิ้นทดสอบ จำนวน 36 ชิ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาพที่ 15 ดินผสมที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วนผสมที่ 1 - 9 หลังการเกรอะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาพที่ 16 ดินผสมที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วนผสมที่ 10 - 18 หลังการเกรอะ

ภาพที่ 17 ดินผสมที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วนผสมที่ 19 – 27 หลังการเกรอะ

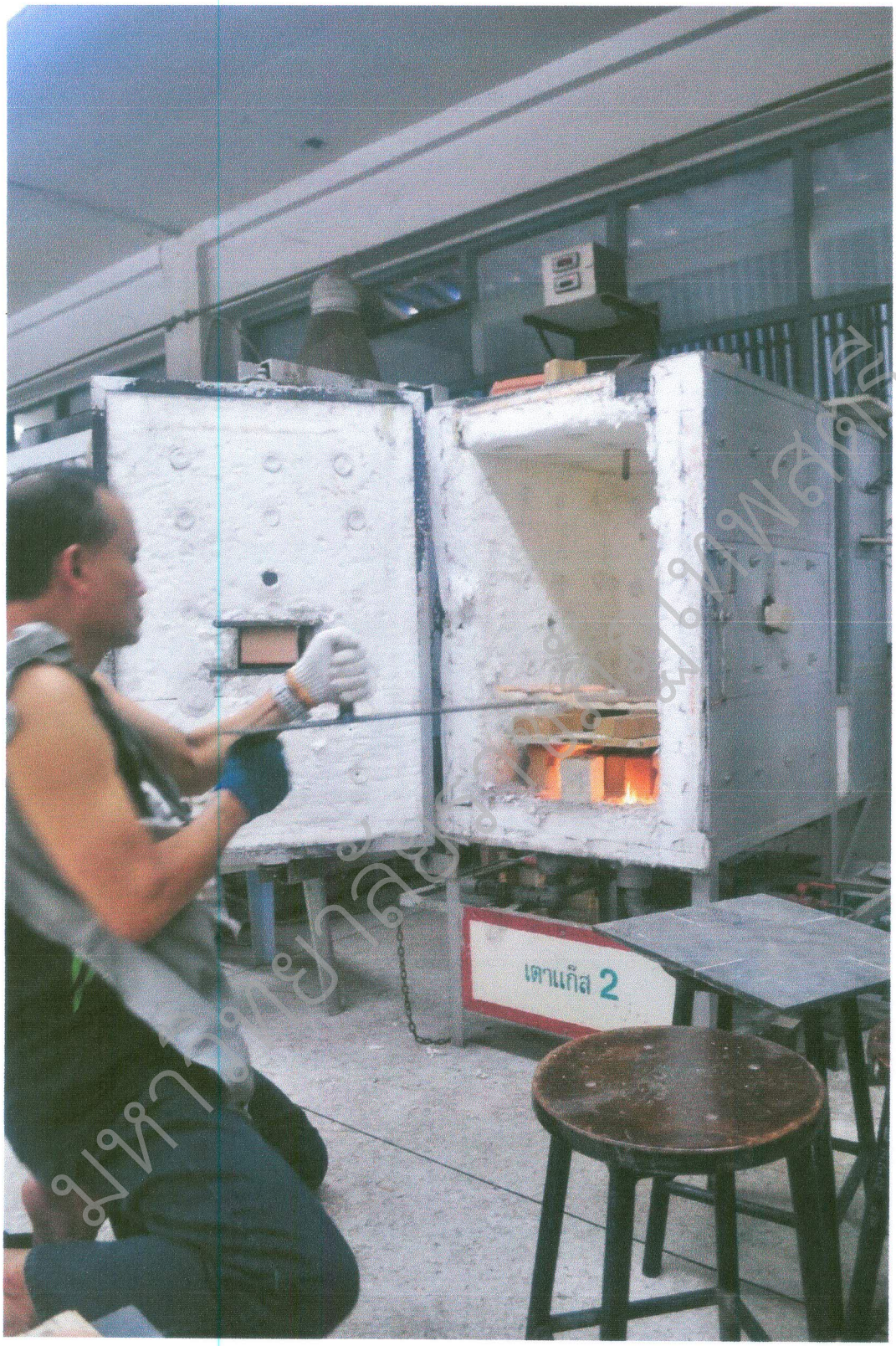
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ห้ามคัดลอกทุกประการ

ภาพที่ 18 ดินผสมที่ได้จากการผสมดินเริ่มต้น ทราย และขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วนผสมที่ 28 - 36 หลังการเกรอะ

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยพายัพ

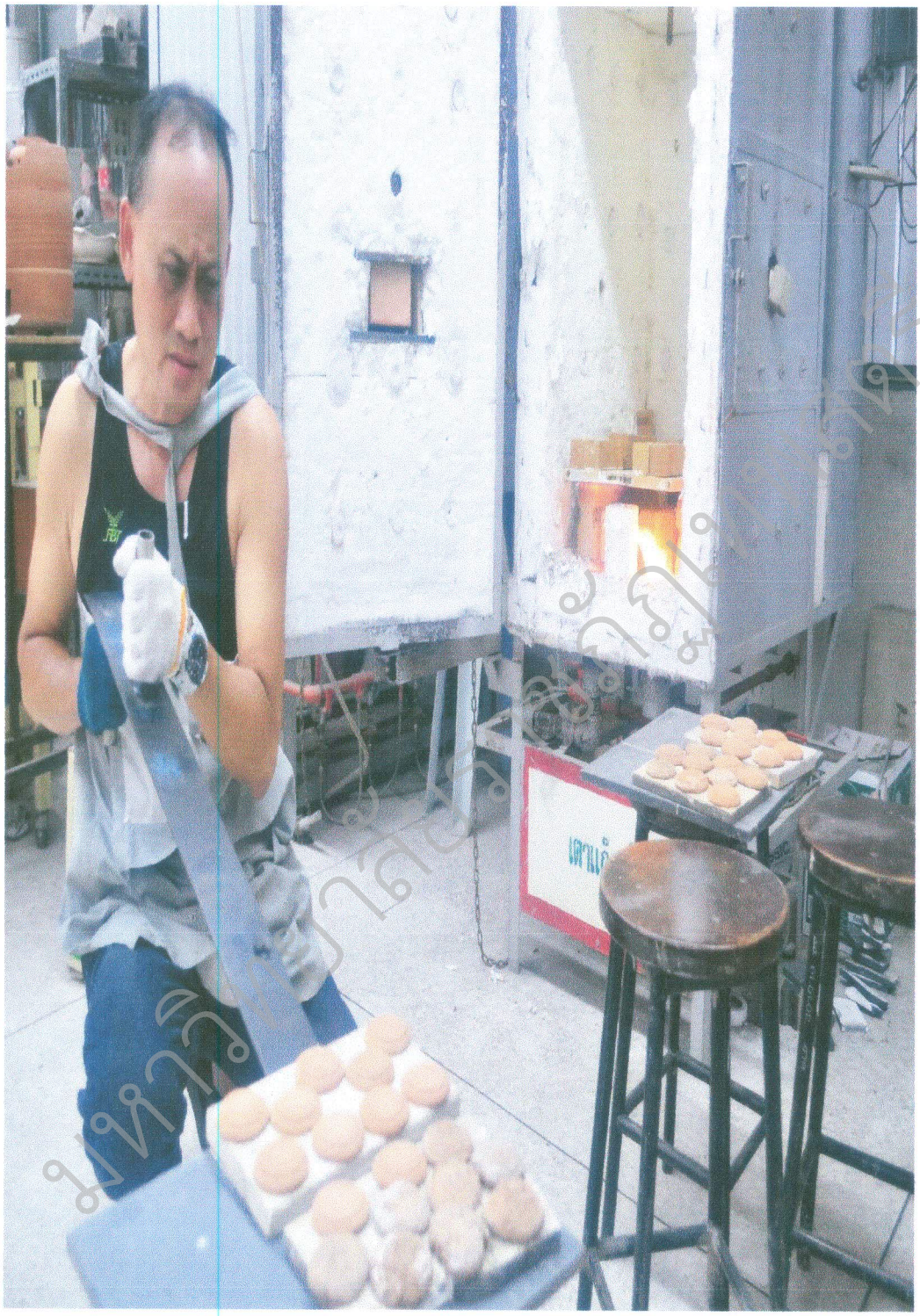
ภาพที่ 19 ชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

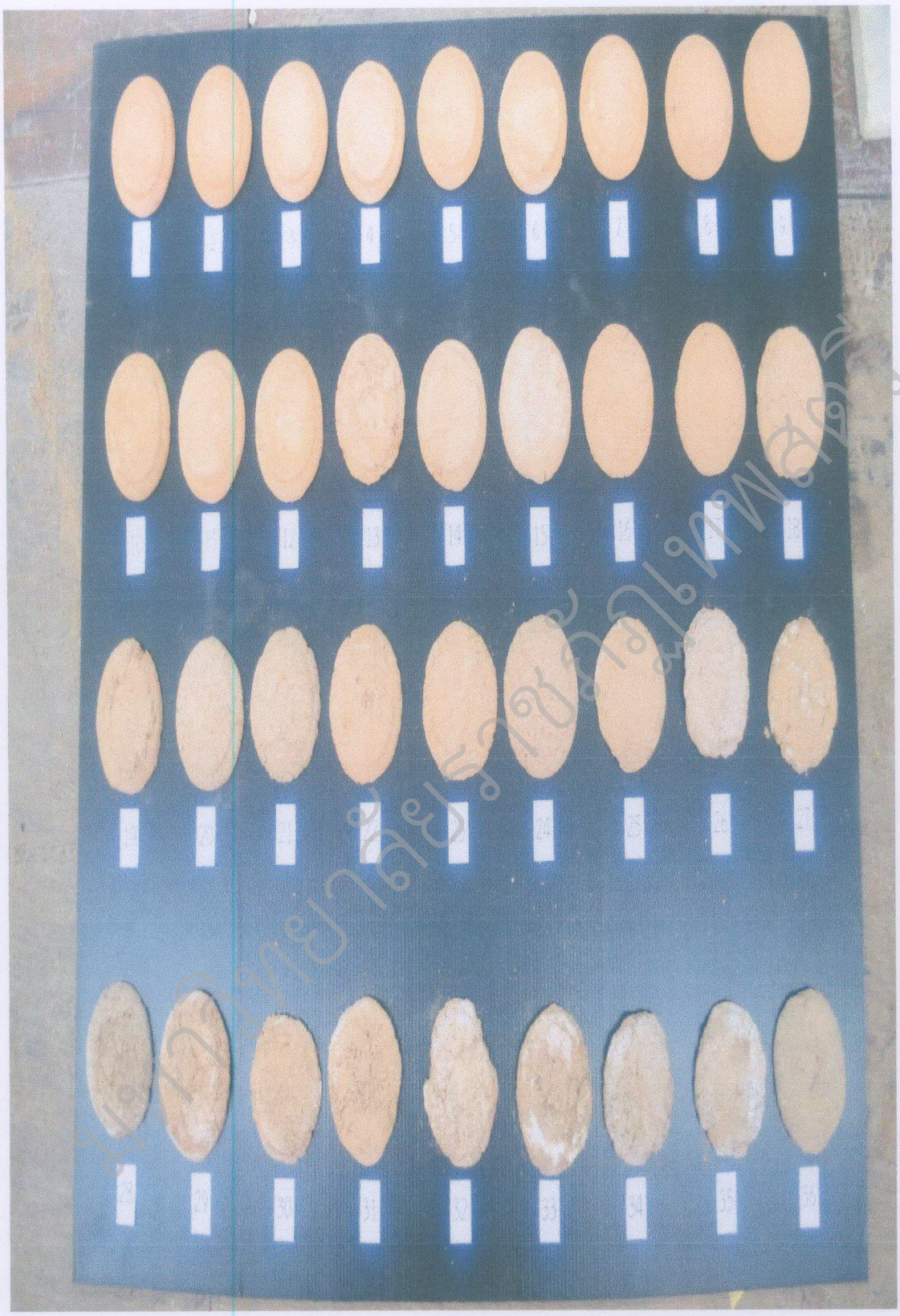


ภาพที่ 20 ชิ้นทดสอบถูกนำเข้าเตาเผา เพื่อทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

ภาพที่ 21 ชิ้นทดสอบถูกนำออกจากเตาเผา หลังผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 22 ชิ้นทดสอบถูกปล่อยให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทดสอบสมบัติการต้านทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลัน หลังผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส



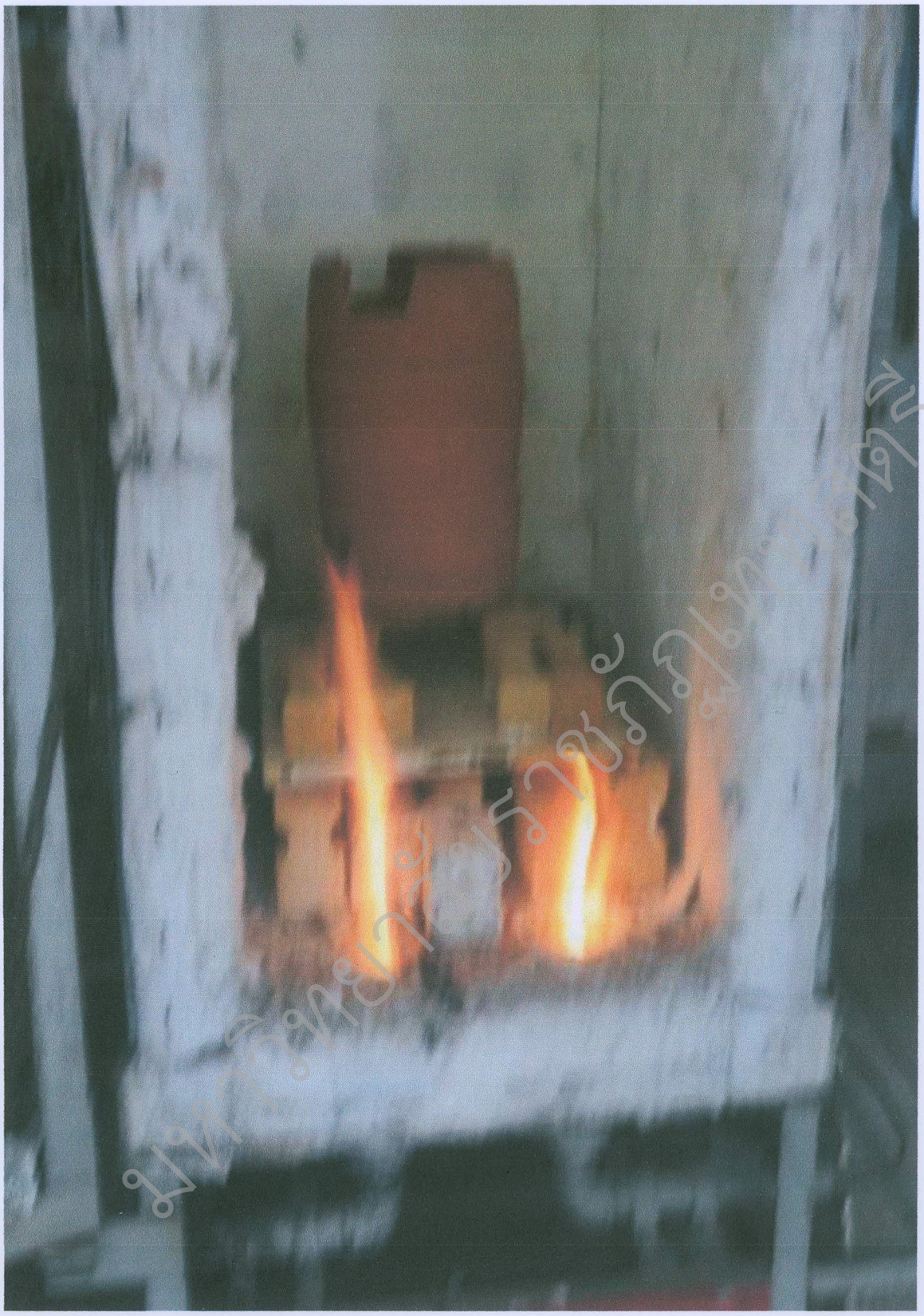
ภาพที่ 23 ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 24 ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 25 ชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 26 เตาดินเผาชีวมวลขนาดเล็กขณะให้ความร้อนอย่างรวดเร็วภายในเตาเผาแก๊ส

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี



ภาพที่ 27 เตาดินเผาชีวมวลขนาดใหญ่ขณะให้ความร้อนอย่างรวดเร็วภายในเตาเผาแก๊ส

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์