

4.2 สมบัติทางกายภาพ และเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพดินปน

ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพทั้งก่อนและหลังเผาเช่น สภาพพลาสติก ค่าการหดตัว ค่าการดูดซึมน้ำ มีแนวโน้มที่สัมพันธ์กับขนาดอนุภาคของดินอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การหาปริมาณการคายตะแกรงร้อนอาจเป็นวิธีอย่างง่ายวิธีหนึ่งในการประเมินคุณภาพของเนื้อดินปนพื้นบ้านที่ให้ผลค่อนข้างเร็วและแม่นยำ ในเบื้องต้นอาจกำหนดไว้ว่า ดินที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ควรมีค่าการคายตะแกรงรวมในช่วงร้อยละ 30 – 34

วิธีทดสอบสมบัติประเมินคุณภาพดินปนอีกวิธีหนึ่งที่สามารถปฏิบัติได้ง่ายและรวดเร็ว คือ การทดสอบหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก จากผลการทดลอง พบว่าช่วงที่เหมาะสมสำหรับดินปน คือ ร้อยละ 25 – 35 และดินนั้นๆ ควรมีค่าปริมาณน้ำต่ำสุดและปริมาณน้ำสูงสุดสำหรับการทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติกต่างกันที่ประมาณร้อยละ 4 – 5

นอกจากนี้ การวัดค่าการหดตัว ทั้งการหดตัวหลังอบแห้งและการหดตัวหลังเผาที่ 1000°C อาจเป็นอีกวิธีหนึ่งในการประเมินคุณภาพเนื้อดินปน ในเบื้องต้นหากอ้างอิงจากค่าซึ่งวัดจากตัวอย่างดินที่ช่างปั้นยอมรับว่ามีคุณสมบัติที่เหมาะสม (เช่น ตัวอย่างดิน M5) อาจกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน คือ ค่าการหดตัวรวมของดินหลังผ่านการอบแห้งและเผาที่ 1000°C ต้องมีค่าในช่วงร้อยละ 5.5 – 6.5

อนึ่ง หากดินที่ต้องการนำมาใช้มีความเหนียวดี แต่มีการหดตัว หรือค่าปริมาณน้ำสำหรับทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติกที่สูงเกินเกณฑ์ที่กำหนด ก็อาจใช้วิธีการเติมทรายละเอียดที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช ครั้งละประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อปรับลดค่าดังกล่าวให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ส่วนกรณีของดินตัวอย่าง M2 ที่จากการสอบถามพบว่ามักจะพบปัญหาการกะเทาะของผิวจากแคลเซียมออกไซด์ และเนื้อดินมีการเปลี่ยนเป็นสีคล้ำขึ้นเมื่อผึ่งไว้ให้แห้งเป็นระยะเวลานาน แต่จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF พบว่าปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างดิน M2 ไม่ได้แตกต่างจากในตัวอย่างดินอื่น มีเฉพาะในตัวอย่างดิน M1 เท่านั้นที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสูงกว่าในตัวอย่างดินอื่น ๆ ประมาณหนึ่งเท่าตัว เพื่อทดสอบการเกิดตำหนิประเภทนี้ ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างดิน M2 มาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช เพื่อทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบจาก แล้วเผาที่อุณหภูมิ 800 และ 1000°C และปล่อยให้เป็นเวลาประมาณ 6 เดือน แต่ไม่พบตำหนิแบบกะเทาะตามที่ผู้ประกอบการได้ระบุ

จากเงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ ตั้งแต่ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินและความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในการใช้งานของดินแต่ละแหล่งตั้งแต่เริ่มต้น เนื่องจากผู้ประกอบการไม่ได้มีการจัดเก็บดินจากแต่ละแหล่งให้แยกออกจากกันอย่างชัดเจน เพียงแต่กองไว้ในบริเวณใกล้กัน เมื่อมีการสั่งซื้อดินใหม่เข้ามาใช้ก็จะเทกองทับด้านบน ทำให้ในการจำแนกตัวอย่างดินจากแต่ละแหล่งที่ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ประกอบการจึงมีโอกาสผิดพลาดได้ อีกทั้งปัญหาที่ตัวอย่างดินจากบางแหล่งมีเหลืออยู่น้อยเกินไป จึงอาจไม่ใช่ตัวแทนที่ดีได้ ด้วยเงื่อนไขเหล่านี้ อาจส่งผลให้เกิดปัญหาในการประเมินที่กำหนดขึ้นมีความคลาดเคลื่อนได้ ในอนาคตจึงควรมีการขยายผลโดยทำการศึกษากับตัวอย่างดินที่ทราบปัญหาชัดเจนและมีปริมาณมาก และควรมีการใช้กระบวนการทางสถิติในการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเต็มรูปแบบเพื่อให้ได้เกณฑ์ประเมินที่มีความถูกต้องแม่นยำเพิ่มมากขึ้นต่อไป

4.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา

จากผลการทดสอบดินแต่ละแหล่งโดยใช้เครื่องมืออย่างง่ายพบว่าขนาดอนุภาคขององค์ประกอบทางแร่ องค์ประกอบทางเคมี มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดินเช่น สภาพพลาสติก การหดตัว การดูดซึมน้ำหลังเผา ความแข็งแรง

ในกรณีดินที่มีค่าการหดตัวสูงและมักทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มีอัตราการแตกร้าวหลังการเผาสูง โดยเฉพาะกับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ แนวทางแก้ไขควรพิจารณาเรื่องของขนาดอนุภาคดินและปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้เกิดสภาพพลาสติก ถ้าชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่มีการแตกร้าวหลังตากแห้งและทำการเผา ควรจะมีการผสมดินจากแหล่งอื่นที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าหรือเพิ่มปริมาณทรายเข้าไปในเนื้อดินปั้นเพื่อช่วยลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสาเหตุของการแตกร้าวหลังตากแห้งหรือทำการเผา

จากข้อมูลของนักวิจัยที่ได้จากผู้ประกอบการพบว่าผู้ประกอบการไม่ได้มีการวางแผนจัดเก็บดินสำรองในปริมาณที่มากพอในการผลิตในระยะเวลา 6 เดือนหรือ 1 ปี จึงเป็นการยากที่จะควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกลุ่มนักวิจัยมีความเห็นว่าผู้ประกอบการควรมีการร่วมกันสำรวจแหล่งดินและทดสอบสมบัติของดินแหล่งต่างๆ โดยใช้เครื่องมือซึ่งคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่เรียกว่า “ชุดทดสอบสมบัติของเนื้อดินปั้นอย่างง่าย” ทำการทดสอบและเก็บข้อมูล จากนั้นทำการจัดซื้อดินที่มีสมบัติที่ดีตามความต้องการของผู้ประกอบการสำรองในปริมาณที่มากพอในการผลิตในระยะเวลา 6 เดือนหรือ 1 ปี

5. การพัฒนาเครื่องมือทดสอบเนื้อดินปั้นอย่างง่าย

สำหรับการประเมินสมบัติของดินปั้นพื้นบ้านในภาคสนามซึ่งต้องปฏิบัติโดยกลุ่มชาวบ้านเองนั้น ต้องมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทดสอบ กล่าวคือ ต้องสามารถใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน แต่ให้ผลการทดสอบที่แม่นยำพอสมควร ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่เรียกว่า “ชุดทดสอบสมบัติของเนื้อดินปั้นอย่างง่าย” ขึ้นโดยสามารถใช้ในการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดิน หาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก ใช้เตรียมแท่งทดสอบสำหรับวัดค่าปริมาณน้ำต่ำสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก การวัดค่าการหดตัว และการวัดความแข็งแรงของดินทั้งก่อนและหลังเผาได้ ดังต่อไปนี้

5.1 ชุดตะแกรงร่อนสำหรับหาปริมาณกากค้างตะแกรง

ใช้ในการหำร้อยละของกากค้างตะแกรง ตัวถาดทำจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ส่วนตะแกรงใช้เป็นสแตนเลส ยึดให้แน่นแล้วอุดบริเวณรอยต่อด้วยกาวซิลิโคน โดยหนึ่งชุดประกอบด้วยตะแกรงที่มีความละเอียด 4 ระดับ คือ จากระดับที่มีช่องขนาดใหญ่ที่สุด 60 เมช, 120 เมช, 200 เมช และละเอียดที่สุด คือ 325 เมช ดังแสดงในภาพที่ 5.1 ชุดตะแกรงร่อนนี้ เหมาะสำหรับใช้วิเคราะห์กากค้างตะแกรงโดยใช้ผงดินแห้งเริ่มต้นในปริมาณ 100 กรัม

5.2 แผ่นปูนปลาสเตอร์ สำหรับหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก

การทดลองหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติกนั้น ใช้แผ่นปูนปลาสเตอร์ที่หนาประมาณ เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 5.2 เพื่อช่วยในการดูดซับน้ำออกจากเนื้อดิน ในการเตรียมปูนปลาสเตอร์ใช้อัตราส่วนในการผสมระหว่างผงปูนและน้ำเป็น 100:70

5.3 เครื่องรีดดินสำหรับการขึ้นรูปแท่งทดสอบ

เครื่องรีดดินในภาพที่ 5.3 ใช้สำหรับเตรียมแท่งดินทรงกระบอกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.0 เซนติเมตร ซึ่งช่วยให้ผู้ทดสอบสามารถเตรียมชิ้นทดสอบที่มีขนาดสม่ำเสมอ ในการใช้งานต้องพยายามอย่าให้เส้นดินที่รีดออกมาโค้งงอ อาจใช้แผ่นไม้ยาวๆ รองรับเส้นดินที่ถูกรีดออกมา

5.4 อุปกรณ์สำหรับอ่านค่าการหดตัวของเนื้อดิน

การวัดค่าการหดตัวอาจวัดด้วยเวอร์เนียแล้วคำนวณตามสมการที่ 2 และ 3 ในบทที่ 2 ก็ได้ หรือหากไม่ชำนาญก็สามารถใช้อุปกรณ์สำหรับอ่านค่าการหดตัวดังภาพที่ 5.4 แต่สิ่งที่สำคัญคือ ในการตัดเส้นดินที่ได้จากเครื่องรีดดินให้เป็นแท่งเพื่อวัดค่าการหดตัวนั้น ควรตัดโดยใช้เส้นลวดขนาดเล็กเพื่อให้ได้รอยตัดที่เรียบ ตรง และได้ฉาก ความยาวเริ่มต้นของแท่งดินที่ใช้ต้องเป็น 10.0 เซนติเมตร

5.5 ชุดทดสอบความแข็งแรงของแท่งดินแบบกดสามจุด

การทดสอบความแข็งแรงของดินทั้งก่อนและหลังเผาด้วยชุดทดสอบความแข็งแรงอย่างง่าย ดังภาพที่ 5.5 สามารถใช้แท่งดินเดียวกันกับที่ใช้วัดค่าการหดตัวของดิน และในการทดลองแต่ละครั้งควรทำการทดสอบกับชิ้นทดสอบอย่างน้อย 5 ชิ้นเพื่อหาค่าเฉลี่ย ในการเพิ่มแรงกดควรหมุนอย่างช้าๆ แต่ต่อเนื่อง จนเมื่อชิ้นงานทดสอบแต่ละชิ้นหัก ผู้ทดสอบสามารถอ่านค่าน้ำหนักสูงสุดจากเข็มสีแดงของเครื่องชั่งซึ่งค้างอยู่ ณ ค่าน้ำหนักสูงสุด อ่านค่าให้ได้ละเอียดถึง 100 กรัม (0.1 กิโลกรัม) หลังจากได้ค่าเฉลี่ยจาก 5 ครั้งแล้ว เทียบหาค่าความแข็งแรงได้จากตารางเทียบค่าที่จัดเตรียมไว้ (ภาคผนวก 1)

5.6 อุปกรณ์อื่นๆ

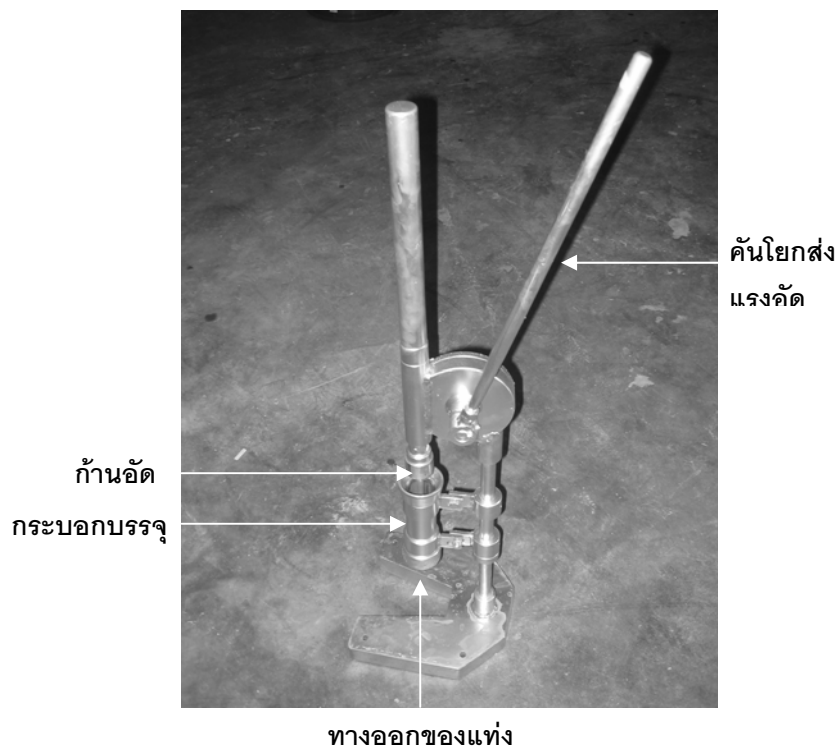
อุปกรณ์อื่นๆ ที่ผู้วิจัยได้จัดหาสำหรับการใช้ทดสอบเนื้อดินภาคสนาม ได้แก่ เตาเผาแบบใช้แก๊ส ขนาด 1 แผ่น สำหรับการเผาชิ้นทดสอบ สามารถเผาได้สูงสุดถึง 1300°C (ภาพที่ 5.6) และเครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับการชั่งน้ำหนักดินเพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้นในเนื้อดิน สามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม (ภาพที่ 5.7)



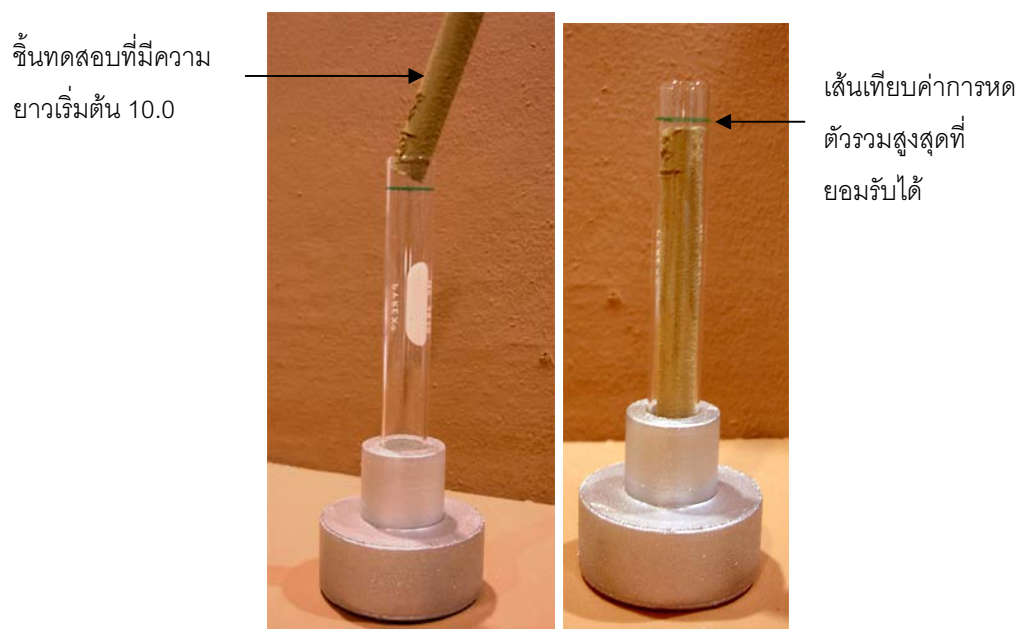
ภาพที่ 5.1 ชุดตะแกรงร่อนสำหรับหาปริมาณกากค้ำตะแกรง



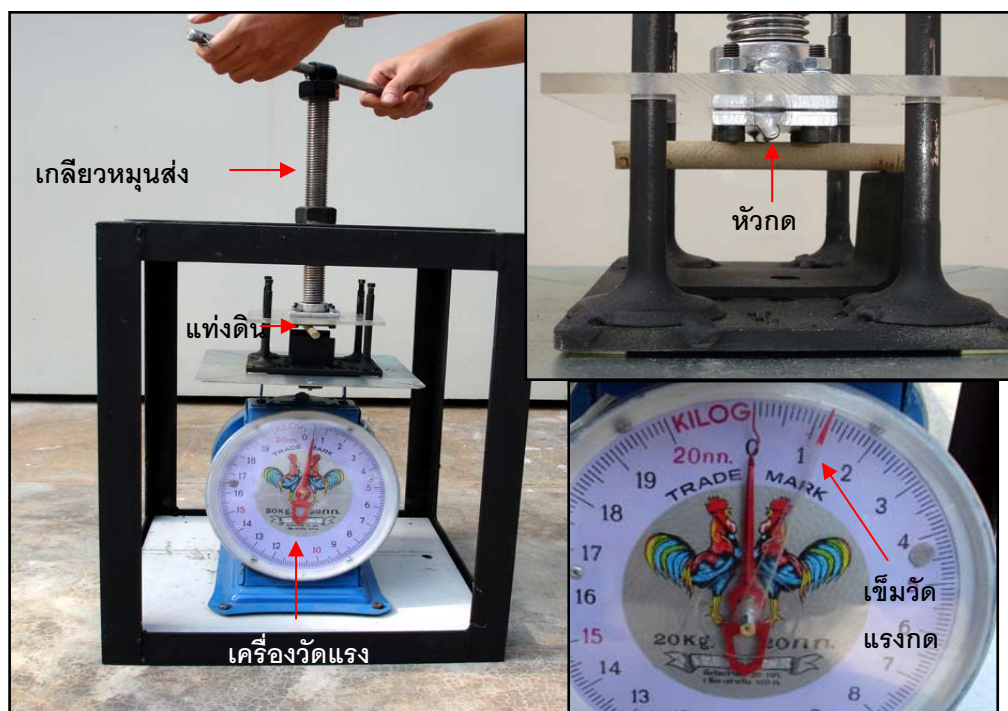
ภาพที่ 5.2 แผ่นปูนปลาสเตอร์ สำหรับหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก



ภาพที่ 5.3 เครื่องรีดดิน ออกแบบและผลิตโดย อาจารย์สุรสิทธิ์ ปุสุรินทร์คำ วิทยาลัยอาชีวะ เชียงราย



ภาพที่ 5.4 อุปกรณ์สำหรับอ่านค่าการหดตัวของเนื้อดิน



ภาพที่ 5.5 ชุดทดสอบความแข็งแรงของแท่งดินแบบกดสามจุด



ภาพที่ 5.6 เตาเผาแบบใช้แก๊สสำหรับการเผาและการอบแห้งขึ้นทดสอบ



ภาพที่ 5.7 เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับการชั่งน้ำหนักดินเพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้น

เอกสารอ้างอิง

1. อรพิน สมมิตร. การปรับปรุงองค์ประกอบของดินแดงบ้านสันจกปกจังหวัดพะเยาเพื่อพัฒนา คุณภาพเครื่องปั้นดินเผา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2538
2. ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. เนื้อดินเซรามิก สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพ พ.ศ. 2541
3. พิมพวัลค์ วัฒนภาส และสุมาลี ลิขิตวณิชกุล. (ม.ป.ป.) การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงเนื้อดินปั้นราชบุรี. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ
4. สุธี วัฒนศิริเวช, ดร. วัฒนศิริเวช และศรัณย์ โปษยะจินดา. รายงานการวิจัยเรื่อง การสำรวจด้านการจัดการและตำหนิในผลิตภัณฑ์ของโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปางและ เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง พ.ศ. 2543
5. J. Dickerson (1974) อ้างถึงใน आयुวัฒน์ สว่างผล วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์ สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพ พ.ศ. 2543
6. W. M. Carty and C. Lee, *Science of Whitewares*, p.89 –101, The American Ceramic Society, USA, 1996.
7. W.G. Lawrence, *Ceramic Science for Potter*, Chilton Book, USA, 1972.
8. M.N. Rahaman, *Ceramic Processing and Sintering* 2nd ed., Marcel Dekker, Inc., USA, 2003.

ภาคผนวก

เอกสารแนบ 1

ตารางเทียบค่าความแข็งแรงของชิ้นทดสอบ

วิธีการใช้เครื่องวัดความแข็งแรง และการอ่านค่าความแข็งแรง

1. ปรับให้เข็มวัดแรงกดทั้งสองเข็มของเครื่องวัดความแข็งแรง อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์พอดี
2. วางแท่งทดสอบที่ต้องการหาค่าความแข็งแรงลงบนแท่นวางชิ้นทดสอบ ค่อยๆ หมุนแกนส่งแรงกดให้เลื่อนลงช้าจนหัวกดแตะที่ชิ้นทดสอบ
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของเข็มวัดแรงกด หมุนแกนส่งแรงกดอย่างช้าๆ แต่ต่อเนื่องจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก อ่านค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบหักจากเข็มวัดแรงกดที่ค้างอยู่ให้ละเอียดถึงหนึ่งในสิบกิโลกรัม
4. ใช้เวอร์เนียวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ ณ ตำแหน่งที่แท่งทดสอบหัก
5. เทียบค่าความแข็งแรงจากตาราง ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ และค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบหัก ค่าความแข็งแรงที่ได้มีหน่วยเป็น kg/cm^2

แรงกดสูงสุด (กิโลกรัม)	ค่าความแข็งแรง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)					
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ (ซม.)					
	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
0.1	0.6	1.0	1.4	1.9	2.5	3.2
0.2	1.3	1.9	2.7	3.7	5.0	6.4
0.3	1.9	2.9	4.1	5.6	7.4	9.6
0.4	2.6	3.8	5.4	7.4	9.9	12.9
0.5	3.2	4.8	6.8	9.3	12.4	16.1
0.6	3.8	5.7	8.1	11.2	14.9	19.3
0.7	4.5	6.7	9.5	13.0	17.3	22.5
0.8	5.1	7.6	10.8	14.9	19.8	25.7
0.9	5.7	8.6	12.2	16.7	22.3	28.9
1.0	6.4	9.5	13.6	18.6	24.8	32.1
1.1	7.0	10.5	14.9	20.5	27.2	35.4
1.2	7.7	11.4	16.3	22.3	29.7	38.6
1.3	8.3	12.4	17.6	24.2	32.2	41.8
1.4	8.9	13.3	19.0	26.0	34.7	45.0
1.5	9.6	14.3	20.3	27.9	37.1	48.2
1.6	10.2	15.2	21.7	29.8	39.6	51.4
1.7	10.8	16.2	23.0	31.6	42.1	54.6
1.8	11.5	17.1	24.4	33.5	44.6	57.8
1.9	12.1	18.1	25.8	35.3	47.0	61.1
2.0	12.8	19.0	27.1	37.2	49.5	64.3
2.1	13.4	20.0	28.5	39.1	52.0	67.5
2.2	14.0	20.9	29.8	40.9	54.5	70.7
2.3	14.7	21.9	31.2	42.8	56.9	73.9
2.4	15.3	22.9	32.5	44.6	59.4	77.1
2.5	15.9	23.8	33.9	46.5	61.9	80.3
2.6	16.6	24.8	35.3	48.4	64.4	83.6
2.7	17.2	25.7	36.6	50.2	66.8	86.8
2.8	17.9	26.7	38.0	52.1	69.3	90.0
2.9	18.5	27.6	39.3	53.9	71.8	93.2
3.0	19.1	28.6	40.7	55.8	74.3	96.4
3.1	19.8	29.5	42.0	57.7	76.7	99.6

แรงกดสูงสุด (กิโลกรัม)	ค่าความแข็งแรง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)					
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ (ซม.)					
	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
3.2	20.4	30.5	43.4	59.5	79.2	102.8
3.3	21.1	31.4	44.7	61.4	81.7	106.1
3.4	21.7	32.4	46.1	63.2	84.2	109.3
3.5	22.3	33.3	47.5	65.1	86.6	112.5
3.6	23.0	34.3	48.8	67.0	89.1	115.7
3.7	23.6	35.2	50.2	68.8	91.6	118.9
3.8	24.2	36.2	51.5	70.7	94.1	122.1
3.9	24.9	37.1	52.9	72.5	96.5	125.3
4.0	25.5	38.1	54.2	74.4	99.0	128.6
4.1	26.2	39.0	55.6	76.3	101.5	131.8
4.2	26.8	40.0	56.9	78.1	104.0	135.0
4.3	27.4	40.9	58.3	80.0	106.4	138.2
4.4	28.1	41.9	59.7	81.8	108.9	141.4
4.5	28.7	42.9	61.0	83.7	111.4	144.6
4.6	29.3	43.8	62.4	85.6	113.9	147.8
4.7	30.0	44.8	63.7	87.4	116.3	151.1
4.8	30.6	45.7	65.1	89.3	118.8	154.3
4.9	31.3	46.7	66.4	91.1	121.3	157.5
5.0	31.9	47.6	67.8	93.0	123.8	160.7
5.1	32.5	48.6	69.1	94.9	126.3	163.9
5.2	33.2	49.5	70.5	96.7	128.7	167.1
5.3	33.8	50.5	71.9	98.6	131.2	170.3
5.4	34.4	51.4	73.2	100.4	133.7	173.5
5.5	35.1	52.4	74.6	102.3	136.2	176.8
5.6	35.7	53.3	75.9	104.2	138.6	180.0
5.7	36.4	54.3	77.3	106.0	141.1	183.2
5.8	37.0	55.2	78.6	107.9	143.6	186.4
5.9	37.6	56.2	80.0	109.7	146.1	189.6
6.0	38.3	57.1	81.4	111.6	148.5	192.8
6.1	38.9	58.1	82.7	113.5	151.0	196.0
6.2	39.6	59.0	84.1	115.3	153.5	199.3
6.3	40.2	60.0	85.4	117.2	156.0	202.5

แรงกดสูงสุด (กิโลกรัม)	ค่าความแข็งแรง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)					
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ (ซม.)					
	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
6.4	40.8	60.9	86.8	119.0	158.4	205.7
6.5	41.5	61.9	88.1	120.9	160.9	208.9
6.6	42.1	62.8	89.5	122.8	163.4	212.1
6.7	42.7	63.8	90.8	124.6	165.9	215.3
6.8	43.4	64.8	92.2	126.5	168.3	218.5
6.9	44.0	65.7	93.6	128.3	170.8	221.8
7.0	44.7	66.7	94.9	130.2	173.3	225.0
7.1	45.3	67.6	96.3	132.1	175.8	228.2
7.2	45.9	68.6	97.6	133.9	178.2	231.4
7.3	46.6	69.5	99.0	135.8	180.7	234.6
7.4	47.2	70.5	100.3	137.6	183.2	237.8
7.5	47.8	71.4	101.7	139.5	185.7	241.0
7.6	48.5	72.4	103.0	141.4	188.1	244.3
7.7	49.1	73.3	104.4	143.2	190.6	247.5
7.8	49.8	74.3	105.8	145.1	193.1	250.7
7.9	50.4	75.2	107.1	146.9	195.6	253.9
8.0	51.0	76.2	108.5	148.8	198.0	257.1
8.1	51.7	77.1	109.8	150.6	200.5	260.3
8.2	52.3	78.1	111.2	152.5	203.0	263.5
8.3	52.9	79.0	112.5	154.4	205.5	266.8
8.4	53.6	80.0	113.9	156.2	207.9	270.0
8.5	54.2	80.9	115.2	158.1	210.4	273.2
8.6	54.9	81.9	116.6	159.9	212.9	276.4
8.7	55.5	82.8	118.0	161.8	215.4	279.6
8.8	56.1	83.8	119.3	163.7	217.8	282.8
8.9	56.8	84.8	120.7	165.5	220.3	286.0
9.0	57.4	85.7	122.0	167.4	222.8	289.2
9.1	58.1	86.7	123.4	169.2	225.3	292.5
9.2	58.7	87.6	124.7	171.1	227.7	295.7
9.3	59.3	88.6	126.1	173.0	230.2	298.9
9.4	60.0	89.5	127.4	174.8	232.7	302.1
9.5	60.6	90.5	128.8	176.7	235.2	305.3

แรงกดสูงสุด (กิโลกรัม)	ค่าความแข็งแรง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)					
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ (ซม.)					
	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
9.6	61.2	91.4	130.2	178.5	237.6	308.5
9.7	61.9	92.4	131.5	180.4	240.1	311.7
9.8	62.5	93.3	132.9	182.3	242.6	315.0
9.9	63.2	94.3	134.2	184.1	245.1	318.2
10.0	63.8	95.2	135.6	186.0	247.5	321.4
10.1	64.4	96.2	136.9	187.8	250.0	324.6
10.2	65.1	97.1	138.3	189.7	252.5	327.8
10.3	65.7	98.1	139.7	191.6	255.0	331.0
10.4	66.3	99.0	141.0	193.4	257.5	334.2
10.5	67.0	100.0	142.4	195.3	259.9	337.5
10.6	67.6	100.9	143.7	197.1	262.4	340.7
10.7	68.3	101.9	145.1	199.0	264.9	343.9
10.8	68.9	102.8	146.4	200.9	267.4	347.1
10.9	69.5	103.8	147.8	202.7	269.8	350.3
11.0	70.2	104.7	149.1	204.6	272.3	353.5
11.1	70.8	105.7	150.5	206.4	274.8	356.7
11.2	71.4	106.7	151.9	208.3	277.3	360.0
11.3	72.1	107.6	153.2	210.2	279.7	363.2
11.4	72.7	108.6	154.6	212.0	282.2	366.4
11.5	73.4	109.5	155.9	213.9	284.7	369.6
11.6	74.0	110.5	157.3	215.7	287.2	372.8
11.7	74.6	111.4	158.6	217.6	289.6	376.0
11.8	75.3	112.4	160.0	219.5	292.1	379.2
11.9	75.9	113.3	161.3	221.3	294.6	382.4
12.0	76.6	114.3	162.7	223.2	297.1	385.7
12.1	77.2	115.2	164.1	225.0	299.5	388.9
12.2	77.8	116.2	165.4	226.9	302.0	392.1
12.3	78.5	117.1	166.8	228.8	304.5	395.3
12.4	79.1	118.1	168.1	230.6	307.0	398.5
12.5	79.7	119.0	169.5	232.5	309.4	401.7
12.6	80.4	120.0	170.8	234.3	311.9	404.9
12.7	81.0	120.9	172.2	236.2	314.4	408.2

แรงกดสูงสุด (กิโลกรัม)	ค่าความแข็งแรง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)					
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ (ชม.)					
	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
12.8	81.7	121.9	173.5	238.1	316.9	411.4
12.9	82.3	122.8	174.9	239.9	319.3	414.6
13.0	82.9	123.8	176.3	241.8	321.8	417.8
13.1	83.6	124.7	177.6	243.6	324.3	421.0
13.2	84.2	125.7	179.0	245.5	326.8	424.2
13.3	84.8	126.6	180.3	247.4	329.2	427.4
13.4	85.5	127.6	181.7	249.2	331.7	430.7
13.5	86.1	128.6	183.0	251.1	334.2	433.9
13.6	86.8	129.5	184.4	252.9	336.7	437.1
13.7	87.4	130.5	185.8	254.8	339.1	440.3
13.8	88.0	131.4	187.1	256.7	341.6	443.5
13.9	88.7	132.4	188.5	258.5	344.1	446.7
14.0	89.3	133.3	189.8	260.4	346.6	449.9
14.1	89.9	134.3	191.2	262.2	349.0	453.2
14.2	90.6	135.2	192.5	264.1	351.5	456.4
14.3	91.2	136.2	193.9	266.0	354.0	459.6
14.4	91.9	137.1	195.2	267.8	356.5	462.8
14.5	92.5	138.1	196.6	269.7	358.9	466.0
14.6	93.1	139.0	198.0	271.5	361.4	469.2
14.7	93.8	140.0	199.3	273.4	363.9	472.4
14.8	94.4	140.9	200.7	275.3	366.4	475.7
14.9	95.1	141.9	202.0	277.1	368.8	478.9
15.0	95.7	142.8	203.4	279.0	371.3	482.1
15.1	96.3	143.8	204.7	280.8	373.8	485.3
15.2	97.0	144.7	206.1	282.7	376.3	488.5
15.3	97.6	145.7	207.4	284.6	378.8	491.7
15.4	98.2	146.6	208.8	286.4	381.2	494.9
15.5	98.9	147.6	210.2	288.3	383.7	498.1
15.6	99.5	148.6	211.5	290.1	386.2	501.4
15.7	100.2	149.5	212.9	292.0	388.7	504.6
15.8	100.8	150.5	214.2	293.9	391.1	507.8
15.9	101.4	151.4	215.6	295.7	393.6	511.0

แรงกดสูงสุด (กิโลกรัม)	ค่าความแข็งแรง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)					
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ (ซม.)					
	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
16.0	102.1	152.4	216.9	297.6	396.1	514.2
16.1	102.7	153.3	218.3	299.4	398.6	517.4
16.2	103.3	154.3	219.6	301.3	401.0	520.6
16.3	104.0	155.2	221.0	303.2	403.5	523.9
16.4	104.6	156.2	222.4	305.0	406.0	527.1
16.5	105.3	157.1	223.7	306.9	408.5	530.3
16.6	105.9	158.1	225.1	308.7	410.9	533.5
16.7	106.5	159.0	226.4	310.6	413.4	536.7
16.8	107.2	160.0	227.8	312.5	415.9	539.9
16.9	107.8	160.9	229.1	314.3	418.4	543.1
17.0	108.4	161.9	230.5	316.2	420.8	546.4
17.1	109.1	162.8	231.8	318.0	423.3	549.6
17.2	109.7	163.8	233.2	319.9	425.8	552.8
17.3	110.4	164.7	234.6	321.8	428.3	556.0
17.4	111.0	165.7	235.9	323.6	430.7	559.2
17.5	111.6	166.6	237.3	325.5	433.2	562.4
17.6	112.3	167.6	238.6	327.3	435.7	565.6
17.7	112.9	168.5	240.0	329.2	438.2	568.9
17.8	113.6	169.5	241.3	331.1	440.6	572.1
17.9	114.2	170.5	242.7	332.9	443.1	575.3
18.0	114.8	171.4	244.1	334.8	445.6	578.5
18.1	115.5	172.4	245.4	336.6	448.1	581.7
18.2	116.1	173.3	246.8	338.5	450.5	584.9
18.3	116.7	174.3	248.1	340.4	453.0	588.1
18.4	117.4	175.2	249.5	342.2	455.5	591.4
18.5	118.0	176.2	250.8	344.1	458.0	594.6
18.6	118.7	177.1	252.2	345.9	460.4	597.8
18.7	119.3	178.1	253.5	347.8	462.9	601.0
18.8	119.9	179.0	254.9	349.7	465.4	604.2
18.9	120.6	180.0	256.3	351.5	467.9	607.4
19.0	121.2	180.9	257.6	353.4	470.3	610.6
19.1	121.8	181.9	259.0	355.2	472.8	613.8

แรงกดสูงสุด (กิโลกรัม)	ค่าความแข็งแรง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)					
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบ (ซม.)					
	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
19.2	122.5	182.8	260.3	357.1	475.3	617.1
19.3	123.1	183.8	261.7	359.0	477.8	620.3
19.4	123.8	184.7	263.0	360.8	480.2	623.5
19.5	124.4	185.7	264.4	362.7	482.7	626.7
19.6	125.0	186.6	265.7	364.5	485.2	629.9
19.7	125.7	187.6	267.1	366.4	487.7	633.1
19.8	126.3	188.5	268.5	368.3	490.1	636.3
19.9	126.9	189.5	269.8	370.1	492.6	639.6
20.0	127.6	190.5	271.2	372.0	495.1	642.8

ภาคผนวก

บทความเผยแพร่

การพัฒนาวิธีทดสอบอย่างง่าย สำหรับการตรวจสอบคุณภาพเนื้อดินปั้นพื้นบ้าน

อภิณห์ นันทิยา⁽¹⁾ และ สุธี วัฒนศิริเวช⁽²⁾

⁽¹⁾ ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

⁽²⁾ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาผลของลักษณะเฉพาะ (ขนาดอนุภาค องค์ประกอบทางแร่ องค์ประกอบทางเคมี) ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ (สภาพพลาสติก การหดตัว การดูดซึมน้ำหลังเผา ความแข็งแรง) ของเนื้อดินปั้น 6 ตัวอย่างที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านเหมืองกุง พบว่าดินทุกตัวอย่างมีแร่เคลอิไนต์เป็นองค์ประกอบ แต่ในตัวอย่างดินกลุ่มที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยสูง (M1 และ M5) มีแร่ควอทซ์ ออร์โทเคลส และไมโครไคลน์ ในปริมาณที่มากกว่าดินกลุ่มที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยต่ำ (M3 M4 และ M6) ซึ่งมีผลให้ดินกลุ่มแรก มีการใช้น้ำที่น้อยกว่าสำหรับทำให้ดินเกิดสภาพพลาสติก (< ร้อยละ 30) มีค่าการหดตัวเมื่อแห้งและการหดตัวหลังเผาที่ 1000 °C ต่ำกว่า (ค่าการหดตัวรวม < ร้อยละ 6.5) มีค่าการดูดซึมน้ำเกือบคงที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเผาจาก 800°C เป็น 1000°C และมีค่าความแข็งแรงหลังเผาที่ต่ำกว่าของดินกลุ่มหลัง และจากผลการทดลอง ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้งได้พัฒนาชุดอุปกรณ์อย่างง่าย สำหรับใช้ประเมินสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นบ้านเหมืองกุง โดยใช้ผลการวิเคราะห์ปริมาณกากค้างตะแกรง การหาปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับทำให้ดินเกิดสภาพพลาสติก และการวัดค่าการหดตัวของดินหลังเผาของดินตัวอย่าง

Abstract

Inter-relationship between particle characteristic (e.g. particle size distribution, mineral content, chemical composition) and its physical properties (e.g. plasticity, shrinkage, water absorption, and strength) of six plastic clays used in production of Muang Kung earthenware were studied. Mineral analysis by XRD indicated that kaolinite was common in every clay samples. However, clay samples with greater average particle size (M1, M5) contained more non-plastic minerals such as quartz, orthoclase and microcline than those with lower average particle size (M3, M4 and M6). As a result, the former group

of clays exhibited lower plasticity (water of plasticity < 30wt%), lower drying and firing shrinkage (<6.5%), no different in water absorption values between samples fired at 800°C and 1000°C, and lower strength comparing with the latter. Finally, clay evaluation methods as well as simple testing equipment based on sieve analysis, water of plasticity, and firing shrinkage were developed.

บทนำ

เครื่องปั้นดินเผาบ้านเหมืองกุงเริ่มต้นขึ้นเมื่อประมาณสองร้อยปีก่อน จากการทำภาชนะเครื่องปั้นดินเผาเพื่อใช้ในชีวิตประจำวันของชาว บ้าน เช่น หม้อดินใส่น้ำดื่ม เป็นต้น นอกจากให้ประโยชน์ใช้สอยแล้ว ยังมีคุณค่าทางศิลปะที่ประณีตงดงาม มีการรวมวิธีการผลิตที่เรียบง่าย ปัจจุบันมีลักษณะการผลิตเป็นอุตสาหกรรมครอบครัวขนาดเล็กภายในครอบครัวและเครือญาติ สำหรับกรรมวิธีในการผลิตแบบดั้งเดิม เริ่มต้นจากการขุดดินเหนียวริมแหล่งน้ำ (เหมือง) มาสับหรือทุบเป็นก้อนเล็ก ๆ แล้วผึ่งแดดให้แห้งก่อนนำไปตำให้ละเอียดเป็นผงด้วยครกกระเดื่อง (แต่ปัจจุบันนิยมใช้เครื่องโม่แบบไฟฟ้าเพราะสะดวกรวดเร็วกว่า) จากนั้น ร่อนดินที่บดย่อยด้วยตะแกรงร่อน นำผงที่ผ่านการร่อนผสมน้ำแล้วหมักทิ้งไว้ประมาณหนึ่งวันก่อนจะนำมาบดให้มีความเหนียวที่เหมาะสม แล้วนำมาปั้นเป็นผลิตภัณฑ์บนแป้นหมุน ผลิตภัณฑ์ที่ปั้นเสร็จ จะถูกทิ้งไว้ครึ่งวันเพื่อให้เนื้อดินเริ่มแห้งหมาดและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะถูกเผาด้วยดินแดงผสมน้ำมัน และขัดผิวให้เรียบเป็นมันด้วยมือโดยใช้ก้อนกรวดผิวมัน หลังจากนั้น ผึ่งลมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งสนิทแล้วจึงนำไปเผาในเตาแบบทางเดินลมร้อนขึ้นใช้ไม้พินเป็นเชื้อเพลิง อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 800 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีแดงอมส้ม ผิวเรียบมัน เคาะมีเสียงดังกังวาน สามารถใช้เป็นภาชนะบรรจุน้ำได้ดีไม่มีการยุ่ยของเนื้อผลิตภัณฑ์แม้ผ่านไประยะเวลา

จากการสัมภาษณ์ตัวแทนกลุ่มชาวบ้านเมือง กุงทำให้ทราบว่า ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของ หมู่บ้าน เช่น การถมที่เพื่อสร้างถนน สร้างที่อยู่อาศัยทำให้ แหล่งดินคุณภาพดีที่เคยหาได้ง่ายในชุมชนเริ่มหมดลง จำเป็นต้องซื้อดินเหนียวที่ได้จากการขุดบ่อปลาก้างทุ่งนา หรือเชิงเขาในหมู่บ้านอื่นมาใช้แทน ปัจจุบันวิธีการจัดหาดิน คือ โรงงานแต่ละแห่งติดต่อหาซื้อเอง ทำให้หลายโรงงาน ต้องประสบปัญหาเดียวกัน คือ คุณสมบัติของดินที่ไม่ แน่นนอน ถึงแม้ว่าดินที่ซื้อมาจะมีความเหนียวสามารถใช้ปั้น ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ก็ตาม แต่มักจะพบปัญหาตามมาหลาย ประการดังนี้

ปัญหาผลิตภัณฑ์แตกร้าว ซึ่งพบทั้งก่อนและ หลังเผา แต่มักจะพบบ่อยในผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ (สูง กว่า 50 เซนติเมตร) คาดว่า น่าจะเกิดจากการที่เนื้อดินมีความ การหดตัวสูงมากเกินไป

ปัญหาเรื่องสีของดิน คือ ดินจะออกสีคล้ำมาก ขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2-4 สัปดาห์ เพื่อรอให้แห้ง และ เมื่อนำผลิตภัณฑ์นั้นไปเผา สีของผลิตภัณฑ์หลังเผาเป็นสี ออกแดงคล้ำ ไม่ใช่สีแบบดั้งเดิมที่ลูกค้าต้องการ ปัญหานี้ สันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากปริมาณของแร่เหล็กในเนื้อดิน สูงมากเกินไป

ปัญหาเนื้อผลิตภัณฑ์มีการกะเทาะ ซึ่งพบ เป็นบางจุด มีสาเหตุมาจากอนุภาคของปูนขาวที่ปะปนอยู่ใน เนื้อผลิตภัณฑ์หลังเผา เมื่อทิ้งไว้ระยะหนึ่ง เม็ดปูนก็จะ ดูดความชื้นและขยายตัวดันให้ผิวผลิตภัณฑ์แตกและหลุด ออกไป

ปัญหาดินทนไฟสูง ดินจากแหล่งอื่นบางแหล่ง เมื่อเผาด้วยเตาและวิธีการเผาแบบเดิม ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังไม่ แข็งแรงเพียงพอ นั่นคือ เมื่อเคาะแล้วเสียงไม่กังวาน เมื่อ นำไปใช้งานสักระยะหนึ่ง ผลิตภัณฑ์จะเริ่มยุ่ยและเกิดการ หลุดร่อนออกไปเรื่อย ๆ อาจเป็นเพราะอนุภาคในเนื้อดิน นั้นๆ ยังไม่เกิดการหลอมตัวเพราะมีปริมาณควอตซ์สูง เกินไป หรือในดินอาจมีตัวช่วยหลอมน้อยเกินไป ทำให้เนื้อ ดินยังไม่ประสานกันดี

การควบคุมและตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ นับเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญยิ่งในกระบวนการผลิตทั้งหมด เพราะหากมีปัญหาอันเกิดจากวัตถุดิบไม่มีคุณภาพหรือไม่ ได้มาตรฐานแล้ว ก็มัก จะพบปัญหาตามมาในทุกๆ ขั้นตอน การผลิต และการแก้ไขมักจะทำได้ยาก มีอัตราการสูญเสีย ของผลิตภัณฑ์ที่สูง ดังนั้น การให้ความสำคัญกับการ กำหนดเกณฑ์มาตรฐานในการตรวจสอบและควบคุม

คุณภาพของวัตถุดิบให้เหมาะสมเป็นขั้นตอนแรก แม้ต้อง อาศัยเวลา แรงงานและทรัพยากรบ้าง แต่ก็คือทางเลือกใน การแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

สิ่งที่กลุ่มผู้วิจัยและตัวแทนชุมชนบ้านเมือง กุง เห็นตรงกัน คือ ต้องการพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์อย่างง่าย ในการตรวจสอบดินก่อนนำไปใช้ ว่ามีคุณสมบัติเหมาะสม หรือไม่ โดยวิธีการและอุปกรณ์เหล่านี้จะต้องปฏิบัติได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ไม่ต้องอาศัยความรู้ด้านการวิเคราะห์ที่ ยุ่งยากเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยกลุ่มชาวบ้าน แต่ สามารถให้ผลการตรวจสอบที่แม่นยำพอสมควรภายใน เวลาอันสั้น

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ทราบว่าปัจจัยทางกายภาพของดินในข้อใด ที่มีผลต่อสมบัติและการเกิดตำหนิประเภทต่าง ๆ ใน ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านเมือง กุง

เพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำในการประเมิน คุณภาพของเนื้อดินปั้นโดยอาศัยการวิเคราะห์ทดสอบ สมบัติกายภาพ

เพื่อพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ สมบัติกายภาพ ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ให้ง่ายและ เหมาะสมกับการใช้งานโดยกลุ่มชาวบ้านชุมชนบ้านเมือง กุง

วิธีการทดลอง

กลุ่มผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างดินที่เคยมีการใช้งาน จากโรงเก็บวัตถุดิบแห่งหนึ่งของผู้ประกอบการเซรามิกบ้าน เมือง กุง พร้อมสอบถามข้อมูลจากช่างปั้นเพื่อจำแนกดินที่ ใช้งานได้ดีและดินที่มีปัญหา ได้ตัวอย่างดินรวมทั้งสิ้น จำนวน 6 ตัวอย่าง ตัวอย่างละประมาณ 20 โดยตัวอย่างดิน ทั้ง 6 ตัวอย่าง มีทั้งดินที่ใช้แล้วไม่ค่อยพบปัญหาการเกิด ตำหนิ (M1, M5, M6) และดินที่เคยใช้แล้วมักจะทำให้เกิด ตำหนิขึ้นกับผลิตภัณฑ์ (M2, M3 และ M4) ดินแต่ละ ตัวอย่างมีแหล่งที่มาและลักษณะเด่นดังนี้

ดิน M1 เป็นดินที่ได้จากบริเวณทุ่งนา อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยขุดมาจากชั้นดินที่ อยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 50 เซนติเมตร เป็นดินสีเหลือง ปนดำ ปั้นขึ้นรูปบนแป้นหมุนได้ดี และมักจะไม่พบการ แตกร้าวในผลิตภัณฑ์ทั้งก่อนและหลังการเผา

ดิน M2 ชาวบ้านเรียกว่า ดินลูกรังภูเขา ได้มาจากบริเวณอำเภอดันปาดองเช่นกัน มีสีออกเหลือง เมื่อปั้นเป็นผลิตภัณฑ์และทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลานาน ดินบริเวณผิวนอกของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ หลังการเผาที่ได้อาจจะคล้ายว่าปกติและมักจะพบตำหนิที่เกิดจากปูนขาวดันตัวออกมา

ดิน M3 มีสีออกเหลือง เป็นดินที่มีการหดตัวสูงและมักทำให้ผลิตภัณฑ์มีอัตราการแตกร้าวหลังการเผาสูง โดยเฉพาะกับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เช่น แจกันที่ประมาณ 60 เซนติเมตร ขึ้นไป

ดิน M4 เป็นดินสีเทาภูเขา ได้จากแหล่งเดียวกันกับดิน M3 แต่จากความลึกที่ต่างกัน มีสมบัติและลักษณะที่ใกล้เคียงกับดิน M3 มีการหดตัวหลังเผาสูง

ดิน M5 เป็นดินเหนียวสีเทาดำ ขุดได้จากริมลำเหมืองในบริเวณบ้านเหมืองลูกจากผิวดิน-ประมาณ 30 เซนติเมตร เป็นดินที่เคยใช้ในการปั้นผลิตภัณฑ์มาแต่โบราณแต่ในปัจจุบันเหลืออยู่ไม่มากนัก เชื่อกันว่าเป็นดินที่มีสมบัติเหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตงานปั้นตามกรรมวิธีดั้งเดิมของชาวบ้านเหมืองลูก

ดิน M6 เป็นดินผงบดเรียบสำเร็จที่โรงงานหลายแห่งใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งเตรียมโดยการนำดิน M3 และ M4 มาบดผสมกันแล้วเติมทรายเข้าไปโดยมีสัดส่วนของทราย 15 ส่วนต่อดิน 100 ส่วน

ตัวอย่างดินถูกนำมาตรวจสอบลักษณะ เฉพาะองค์ประกอบ สมบัติทางกายภาพ และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพต่างๆ เพื่อหาคำอธิบายถึงสาเหตุของการเกิดตำหนิที่เคยพบมาก่อน ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

ทำการบดย่อยเพื่อให้ดินจากแหล่งดินพื้นบ้านซึ่งมีขนาดของก้อนใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ร่อนผงบดผ่านตะแกรงชนิดหยาบขนาด 35 เมช เพื่อแยกเอาเศษไม้ ก้อนกรวด หรือสิ่งปะปนอื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่ออก เนื่องจากดินมีลักษณะที่ค่อนข้างหยาบ จึงได้ใช้เทคนิคการหาปริมาณการค้ำตะแกรงร่อนร่วมกับเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ (Malvern รุ่น Mastersizer 2000) สำหรับการหาปริมาณการค้ำตะแกรง ทำการชั่งดินผงบด 100 กรัม ผสมน้ำ 200 ml เทผ่านชุดตะแกรงร่อนขนาด 60, 120, 200 และ 325 เมช ตามลำดับ ชีดฟันทันบนตะแกรงทีละชั้น เพื่อชะให้อนุภาค

ดินไหลผ่านไปยังชั้นต่อไปได้ จากนั้นนำภาชนะที่ค้ำตะแกรงแต่ละขนาดรวมทั้งอนุภาคที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 325 เมช ไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักแห้งของอนุภาคดินจากตะแกรงแต่ละชั้น ส่วนอนุภาคที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 325 เมช ถูกนำไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคเฉลี่ยด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยรังสีเอกซ์

นำผงบดที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช อัดเป็นเม็ดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ใช้ความดันในการอัดขึ้นรูป 50 MPa นำขึ้นทดสอบไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ (X-ray fluorescent – XRF: Horiba รุ่น MESA-500W) ค่าความต่างศักย์ของหลอดรังสีเอกซ์ที่ 50 กิโลโวลต์ ใช้ระยะเวลาในการทดสอบด้วยรังสีเอกซ์ 5 นาที ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction - XRD) สามารถระบุถึงชนิดของแร่ที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อดินตัวอย่างได้ โดยผู้วิจัยให้ความสนใจเป็นพิเศษสำหรับแร่ควอตซ์ และเฟลด์สปาร์ ซึ่งปริมาณของแร่ทั้งสองอย่างนี้มีผลต่อการหลอมตัวของเนื้อดินในผลิตภัณฑ์ ในการทดสอบนำผงบดที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช บรรจุในแผ่นบรรจุตัวอย่างชนิดผง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction – XRD: Phillips รุ่น X-Pert Pro MPD)

การทดสอบความเหนียวจากสภาพพลาสติก (Plasticity)

แม้ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีในการทดสอบค่าความเหนียวของดินที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แต่วิธีที่เป็นที่ยอมรับและใช้กันโดยทั่วไปเพื่อหาดัชนีชี้วัดระดับของ "ความเหนียว" (plasticity index) ของดินวิธีหนึ่ง คือการวัดปริมาณน้ำสูงสุดและต่ำสุดที่ทำให้ดินเกิดความเหนียว โดยปริมาณน้ำสูงสุด คือร้อยละโดยมวลของน้ำ ณ จุดที่น้ำดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากของเหลวกลายเป็นเนื้อดินที่มีสภาพพลาสติก ส่วนปริมาณน้ำต่ำสุด คือ ร้อยละโดย

มวลของน้ำในเนื้อดินพลาสติก ณ จุดที่เนื้อดินเริ่มหมดสภาพพลาสติกหรือหมดความเหนียว โดยเนื้อดินเริ่มมีรอยฉีกหรือร้าวเมื่อถูกแรงกระทำ ดินที่ "เหนียวมาก" มักจะต้องใช้น้ำผสมในปริมาณที่สูงกว่า จากค่าผลต่างของปริมาณน้ำสูงสุดและต่ำสุด สามารถใช้เปรียบเทียบความเหนียวของเนื้อดินปั้นแหล่งต่าง ๆ ได้ โดยดินที่มีผลต่างมากแสดงว่ามีช่วงในการใช้น้ำที่กว้าง น่าจะมีความเหนียวมาก เนื้อดินไม่ฉีกขาดง่ายเมื่อขึ้นรูปโดยการปั้น

การวัดปริมาณน้ำสูงสุด โดยการนำดินผสมกับน้ำจืดประจุ (deionized water) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก ผสมและกวนให้เข้ากัน จากนั้นเทลงบนแผ่นปูนพลาสติกเพื่อให้ปูนดูดน้ำออกจากดิน ใช้มีดกรีดซ้ำๆ บนดินที่เทไว้ จนถึงจุดที่รอยกรีดนั้นไม่กลับมาเชื่อมสมกันจนลอกเอาดินส่วนนั้นไปซึ่งน้ำหนักทันที บันทึกน้ำหนักก่อนอบแห้ง (M_w) นำชิ้นงานตัวอย่างนั้นๆ ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนักแห้ง (M_D) จากนั้นคำนวณหาร้อยละของน้ำสูงสุดจากสูตร ดังนี้

$$\frac{M_w - M_D}{M_D} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

การวัดปริมาณน้ำต่ำสุด นำดินผงที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช มาผสมกับน้ำปริมาณที่เหมาะสมจากการทดลองตอนที่แล้ว นวดด้วยมือจนได้เนื้อดินที่สม่ำเสมอ จากนั้นนำไปรีดเป็นเส้นด้วยเครื่องรีดดินแบบใช้คันโยกที่ให้เส้นดินทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าตัดเท่ากับ 1.2 เซนติเมตร ตัดให้ได้ความยาวของแต่ละแท่งเป็น 4 เซนติเมตร จำนวน 5 แท่ง นำแท่งดินนั้นมาชดให้โค้งงอโดยให้ปลายทั้งสองของเส้นดินจรดกันเพื่อสังเกตการร้าวตัวของดิน ถ้าหากดินยังไม่มีรอยแตกร้าวแสดงว่า ในดินมีปริมาณน้ำอยู่พอเพียง นำดินทั้งหมดไปนวดต่อเพื่อลดปริมาณน้ำลงแล้วรีดเป็นเส้นเพื่อชดดูรอยร้าว ทำซ้ำจนแท่งดินที่ชดเกิดรอยร้าวซึ่งแสดงว่าดินนั้นมีปริมาณน้ำขั้นต่ำสุด ตัดดินในส่วนที่เหลือจากการรีดนำไปชั่งหาน้ำหนักก่อนอบแห้ง (M_w) ทันที แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งหาน้ำหนักแห้ง (M_D) จากนั้นคำนวณหาร้อยละปริมาณน้ำหรือความชื้นในดินตามสมการ (1) ชั่งต้น ค่าที่ได้คือปริมาณน้ำเริ่มต้นที่ทำให้ดินมีความเหนียว

การวัดค่าการหดตัว (Shrinkage)

สำหรับการเตรียมแท่งดินตัวอย่างสำหรับทดสอบการหดตัวของดิน นำดินผงที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช มาผสมกับน้ำ แล้วนวดด้วยมือจนมีความเหนียวที่เหมาะสม จากนั้นนำไปรีดเป็นเส้นด้วยเครื่องรีดดินแบบใช้คันโยกที่ให้เส้นดินทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าตัดเท่ากับ 1.2 เซนติเมตร ตัดให้ได้ความยาวของแต่ละแท่งเป็น 10.0 เซนติเมตร ชิดเส้นตรงยาว 8.0 เซนติเมตรบนผิวของแท่งดินตัวอย่างเพื่อใช้วัดการหดตัว ทั้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ทดสอบการหดตัวโดยวัดความยาวที่เปลี่ยนไปของแท่งดินตัวอย่างหลังอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหาการหดตัวเมื่อแห้ง (drying shrinkage) จากนั้น วัดค่าการหดตัวหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800°C และ 1000°C เทียบกับความยาวก่อนเผา เพื่อคำนวณหาการหดตัวหลังเผา (firing shrinkage)

การหาค่าร้อยละของการหดตัวเมื่อแห้ง และการหดตัวหลังเผาใช้การคำนวณตามสูตรที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

การหดตัวเมื่อแห้ง (%)

$$= \frac{L_w - L_D}{L_w} \times 100 \quad \dots\dots(2)$$

โดยที่ L_w คือ ความยาวเริ่มต้น

L_D คือ ความยาวหลังอบแห้ง

การหดตัวหลังเผา (%)

$$= \frac{L_D - L_F}{L_D} \times 100 \quad \dots\dots(3)$$

โดยที่ L_D คือ ความยาวหลังอบแห้ง

L_F คือ ความยาวหลังเผา

การวัดค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินหลังเผา

ค่าการดูดซึมน้ำ สามารถบอกถึงความพรุนตัวของผลิตภัณฑ์หลังเผา การเตรียมขึ้นทดสอบใช้วิธีเดียวกับ การเตรียมแท่งทดสอบเพื่อใช้วัดการหดตัวหลังเผา บันทึกน้ำหนักตัวอย่างหลังเผาที่อุณหภูมิ 800°C (M_p) จากนั้นนำแท่งทดสอบไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปลดยทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อให้ชิ้นตัวอย่างดูดซับน้ำเต็มที่ นำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำซับน้ำส่วนเกินออกโดยใช้ฟองน้ำที่ชุบน้ำหมาดๆ แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักอิ่มตัว (M_s) คำนวณหาการดูดซึมน้ำจากสมการที่ 4

ค่าการดูดซึมน้ำ (%)

$$= \frac{M_S - M_F}{M_F} \times 100 \quad \dots\dots(4)$$

การทดสอบความแข็งแรง (Strength)

การทดสอบค่าความแข็งแรงของเนื้อดิน ใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างแห้งดินเช่นเดียวกับการทดสอบการหดตัว สำหรับการหาค่าความแข็งแรงก่อนเผา นำแห้งดินอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรงแบบกดสามจุด ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรง (Universal Testing Machine – Instron USA) บันทึกค่าแรงกดที่ทำให้ขึ้นทดสอบหักพอดี สำหรับการหาค่าความแข็งแรงของดินหลังเผาที่ 800°C และ 1000°C ใช้วิธีทดสอบเดียวกัน จากนั้นคำนวณค่าความแข็งแรงของขึ้นทดสอบ จากสมการที่ 5 แต่จะตัวอย่างทำการทดสอบอย่างน้อย 5 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย

$$\text{Strength} = \frac{8LD}{\pi d^3} \quad (\text{มีหน่วยเป็น kg/cm}^2) \quad \dots(5)$$

โดยที่ L คือ แรงกดที่ทำให้ขึ้นทดสอบหัก (kg)

D คือ ระยะห่างของลิมที่รองรับขึ้นทดสอบ (cm)

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขึ้นทดสอบทรงกระบอกกลม (cm)

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดิน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินด้วยปริมาณกากค้ำตะแกรงร่อน

ตัวอย่างดิน	มวลของกากที่ค้ำตะแกรง (%)				รวมกากค้ำตะแกรง (%)	มวลที่ผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช (%)
	# 60	# 120	# 200	# 325		
M1	8.6	9.3	7.1	7.3	32.3	67.7
M2	10.1	7.5	6.1	5.0	28.7	71.2
M3	0.7	3.6	10.2	5.7	20.3	79.7
M4	0.7	4.2	10.8	6.5	22.2	77.8
M5	5.9	6.3	9.0	11.0	32.1	67.9
M6	7.6	4.0	7.5	4.9	24.0	76.0

ตารางที่ 2 ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของตัวอย่างดินที่ผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช

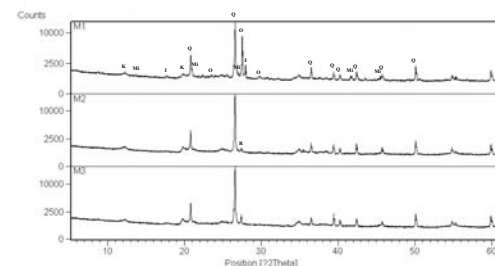
ตัวอย่างดิน	M1	M2	M3	M4	M5	M6
ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (μm)	8.7	6.6	4.7	6.3	12.7	6.5

องค์ประกอบทางเคมี

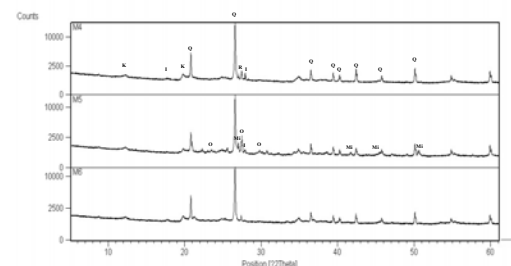
ตารางที่ 3 ร้อยละโดยน้ำหนักของออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบในดินซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDXRF

ตัวอย่างดิน	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Mn ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
M1	1.35	20.06	68.81	3.16	0.78	0.91	0.19	4.65
M2	0.71	21.25	70.07	1.90	0.27	0.88	0.11	4.75
M3	1.25	21.74	69.25	2.21	0.32	1.10	0.00	4.07
M4	1.10	20.83	70.29	2.13	0.31	1.10	0.03	4.14
M5	1.28	20.19	69.13	3.94	0.69	0.87	0.13	3.61
M6	1.12	21.62	66.08	2.20	0.31	1.04	0.04	7.54

องค์ประกอบทางแร่



ภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ของดิน M1, M2 และ M3



ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ของดิน M4, M5 และ M6

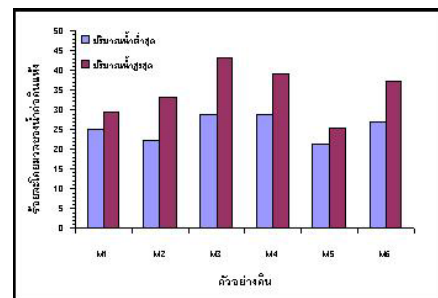
Q = Quartz K = Kaolinite O = Orthoclase

I = Illite R = Rutile Mi = Microcline

สภาพพลาสติก

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำสูงสุดและต่ำสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก

ตัวอย่างดิน	ร้อยละของการใช้น้ำ		
	สูงสุด	ต่ำสุด	ผลต่าง
M1	29.3	25.1	4.2
M2	33.0	22.2	10.8
M3	43.2	28.8	14.4
M4	38.9	28.8	10.1
M5	25.5	21.2	4.3
M6	37.3	27.1	10.2



ภาพที่ 3 ร้อยละของน้ำสูงสุดและต่ำสุดที่ทำให้ดินเกิดความเหนียว

การหดตัว

ตารางที่ 5 การหดตัวของเนื้อดินหลังอบแห้งและหลังเผา

ตัวอย่างดิน	ร้อยละการหดตัว					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6
*หลังอบแห้ง 110°C	5.10	3.34	5.25	4.94	4.31	5.78
**หลังเผาที่ 800°C	0.66	1.03	0.79	0.53	0.52	0.66
**หลังเผาที่ 1000°C	1.32	1.92	2.77	2.11	1.04	1.99
รวม	6.42	5.26	8.02	7.05	5.35	7.77

* เทียบกับความยาวชื้นทดสอบก่อนอบแห้ง

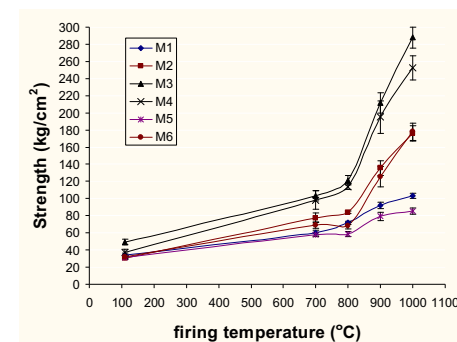
** เทียบกับความยาวชื้นทดสอบหลังอบแห้ง

การดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 6 ร้อยละของการดูดซึมน้ำของตัวอย่างดินหลังเผาที่ 800 และ 1000°C

ตัวอย่างดิน	ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำหลังเผา	
	800°C	1000°C
M1	16.05	16.08
M2	15.32	14.55
M3	17.06	15.06
M4	17.12	15.71
M5	15.69	15.89
M6	18.56	16.47

ความแข็งแรง



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงของเนื้อดินตัวอย่าง กับอุณหภูมิในการเผา

สรุปผลการทดลอง

การจำแนกกลุ่มของดินตัวอย่าง

จากผลการทดลอง สามารถจัดกลุ่มตัวอย่างดินโดยใช้สมบัติทางกายภาพเป็นเกณฑ์ตัดดินออกได้เป็นสามกลุ่ม กลุ่มแรกได้แก่ตัวอย่างดิน M1 และ M5 เป็นกลุ่มตัวอย่างดินที่มี ความเหนียวต่ำ ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมดินให้มีความเหนียวมีค่าเพียงร้อยละ 21-29 ซึ่งต่ำกว่าและเป็นช่วงที่แคบกว่าค่าการใช้น้ำของตัวอย่างดินอื่น ๆ ตัวอย่างดินในกลุ่มนี้มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย

ที่สูงกว่า (8.7-12.7 ไมครอน) และปริมาณกากค้ำตะแกรงรวม (ร้อยละ 32) ที่มากกว่าตัวอย่างดินอื่น ๆ นอกจากนี้เมื่อเผาขึ้นทดสอบที่เตรียมจากตัวอย่างดิน M1 และ M5 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการเผาเพิ่มจาก 800°C เป็น 1000°C ตัวอย่างดินในกลุ่มนี้มีการหดตัวเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย (ประมาณร้อยละ 0.5) และการค่าดูดซึมน้ำก็เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเช่นกัน แสดงถึงความทนไฟที่ดีของตัวอย่างดินทั้งสองตัวอย่าง

กลุ่มที่สอง ได้แก่ตัวอย่างดิน M3 M4 และ M6 ซึ่งเป็นตัวอย่างดินที่มีสมบัติทางกายภาพต่างจากกลุ่มแรกมากที่สุด คือมี "ความเหนียว" มาก ต้องใช้น้ำในการเตรียมในมีสภาพพลาสติกมากถึงร้อยละ 27-43 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่ต่ำ (4.7-6.5 ไมครอน) โดยเฉพาะ M3 และมีปริมาณกากค้ำตะแกรงรวมต่ำที่สุด (ร้อยละ 20- 24) มีการหดตัวหลังอบแห้งสูงกว่าร้อยละ 5 และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาจาก 800°C เป็น 1000°C มีการหดตัวเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 2 (จากร้อยละ 6 เป็นร้อยละ 8) มีค่าการดูดซึมน้ำลดลงประมาณร้อยละ 2 (จากร้อยละ 18 เป็นร้อยละ 16) แสดงถึงการที่อนุภาคดินในตัวอย่างดินดังกล่าวมีขนาดเล็ก หรือมีสัดส่วนอนุภาคที่มีขนาดเล็กจำพวกแร่ เคลอิโนต์ในสัดส่วนที่มากกว่าดินอื่น ๆ

กลุ่มที่สาม ได้แก่ตัวอย่างดิน M2 ซึ่งเป็นดินที่มีสมบัติทางกายภาพอยู่ระหว่างกลุ่มที่หนึ่งและสอง กล่าวคือ ต้องใช้น้ำในการเตรียมในมีสภาพพลาสติกปานกลาง ระหว่างร้อยละ 22-33 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยปานกลาง (6.6 ไมครอน) และมีปริมาณกากค้ำตะแกรงรวมประมาณร้อยละ 29 ซึ่งอยู่ระหว่างกลุ่มที่ 1 และ 2 หลังอบแห้งดินตัวอย่างดิน M2 มีการหดตัวค่อนข้างต่ำเพียงร้อยละ 3.4 หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1000°C ดิน M2 มีการหดตัวเพิ่มขึ้นจากเมื่อเผาที่ 800°C อีกประมาณร้อยละ 1-1.5 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ระหว่างตัวอย่างดินในสองกลุ่มแรกอีกเช่นกัน

สมบัติทางกายภาพ และเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพดินปั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพทั้งก่อนและหลังเผาเช่น สภาพพลาสติก ค่าการหดตัว ค่าการดูดซึมน้ำ มีแนวโน้มที่สัมพันธ์กับขนาดอนุภาคของดินอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การหาปริมาณกากค้ำตะแกรงร้อนอาจเป็นวิธีอย่างง่ายวิธีหนึ่งในการประเมินคุณภาพของเนื้อ

ดินปั้นพื้นบ้านที่ให้ผลค่อนข้างเร็วและแม่นยำ ในเบื้องต้นอาจกำหนดไว้ว่า ดินที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ควรมีค่ากากค้ำตะแกรงรวมในช่วงร้อยละ 30 – 34

วิธีทดสอบสมบัติประเมินคุณภาพดินปั้นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถปฏิบัติได้ง่ายและรวดเร็ว คือ การทดสอบหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก จากผลการทดลอง พบว่าช่วงที่เหมาะสมสำหรับดินปั้น คือร้อยละ 25 – 35 และดินนั้นๆ ควรมีค่าปริมาณน้ำต่ำสุดและปริมาณน้ำสูงสุดสำหรับการทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติกต่างกันที่ประมาณร้อยละ 4 – 5

นอกจากนี้ การวัดค่าการหดตัว ทั้งการหดตัวหลังอบแห้งและการหดตัวหลังเผาที่ 1000°C อาจเป็นอีกวิธีหนึ่งในการประเมินคุณภาพเนื้อดินปั้น ในเบื้องต้นหากอ้างอิงจากค่าซึ่งวัดจากตัวอย่างดินที่ช่างปั้นยอมรับว่ามีคุณสมบัติที่เหมาะสม (เช่นตัวอย่างดิน M5) อาจกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน คือ ค่าการหดตัวรวมของดินหลังผ่านการอบแห้งและเผาที่ 1000°C ต้องมีค่าในช่วงร้อยละ 5.5 – 6.5

อนึ่ง หากดินที่ต้องการนำมาใช้มีความเหนียวดี แต่มีการหดตัว หรือค่าปริมาณน้ำสำหรับทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติกที่สูงเกินเกณฑ์ที่กำหนด ก็อาจใช้วิธีการเติมทรายละเอียดที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช ครึ่งละประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อปรับลดค่าดังกล่าวให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ส่วนกรณีของดินตัวอย่าง M2 ที่จากการสอบถามพบว่ามักจะพบปัญหาการกะเทาะของผิวจากแคลเซียมออกไซด์ และเนื้อดินมีการเปลี่ยนเป็นสีคล้ำขึ้นเมื่อผึ่งไว้ให้แห้งเป็นระยะเวลานาน แต่จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF พบว่าปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างดิน M2 ไม่ได้แตกต่างจากในตัวอย่างดินอื่น มีเฉพาะในตัวอย่างดิน M1 เท่านั้นที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสูงกว่าในตัวอย่างดินอื่น ๆ ประมาณหนึ่งเท่าตัว เพื่อทดสอบการเกิดตำหนิประเภทนี้ ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างดิน M2 มาร้อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช เพื่อทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบจาก แล้วเผาที่อุณหภูมิ 800 และ 1000°C และปล่อยให้เป็นเวลาประมาณ 6 เดือน แต่ไม่พบตำหนิแบบกะเทาะตามที่ผู้ประกอบการได้ระบุ

จากเงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ ตั้งแต่ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินและความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในการใช้งานของดินแต่ละแหล่งตั้งแต่เริ่มต้นเนื่องจากผู้ประกอบการไม่ได้มีการจัดเก็บดินจากแต่ละแหล่งให้แยกออกจากกันอย่างชัดเจน เพียงแต่กองไว้ในบริเวณใกล้กัน เมื่อมีการสั่งซื้อดินใหม่เข้ามาใช้ก็จะเทกองทับด้านบน ทำให้ในการจำแนกตัวอย่างดินจากแต่ละแหล่งที่ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ประกอบการจึงมีโอกาสผิดพลาดได้ อีกทั้งปัญหาที่ตัวอย่างดินจากบางแหล่งมีเหลืออยู่น้อยเกินไป จึงอาจไม่ใช่ตัวแทนที่ดีได้ ด้วยเงื่อนไขเหล่านี้ อาจส่งผลให้เกิดปัญหาในการประเมินที่กำหนดขึ้นมีความคลาดเคลื่อนได้ ในอนาคตจึงควรมีการขยายผลโดยทำการศึกษากับตัวอย่างดินที่ทราบปัญหาชัดเจนและมีปริมาณมาก และควรมีการใช้กระบวนการทางสถิติในการวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเต็มรูปแบบเพื่อให้ได้เกณฑ์ประเมินที่มีความถูกต้องแม่นยำเพิ่มมากขึ้นต่อไป

การพัฒนาเครื่องมือทดสอบเนื้อดินปั้นอย่างง่าย

สำหรับการประเมินสมบัติของดินปั้นพื้นบ้านในภาคสนามซึ่งต้องปฏิบัติโดยกลุ่มชาวบ้านเองนั้น ต้องมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทดสอบ กล่าวคือ ต้องสามารถใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน แต่ให้ผลการทดสอบที่แม่นยำพอสมควร ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่เรียกว่า “ชุดทดสอบสมบัติของเนื้อดินปั้นอย่างง่าย” ขึ้นโดยสามารถใช้ในการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดิน หาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก ใช้เตรียมแท่งทดสอบสำหรับวัดค่าปริมาณน้ำต่ำสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก การวัดค่าการหดตัว และการวัดความแข็งแรงของดินทั้งก่อนและหลังเผาได้ ดังต่อไปนี้

ชุดตะแกรงร่อนสำหรับหาปริมาณกากค่างตะแกรง

ใช้ในการหำร้อยละของกากค่างตะแกรง ตัวถาดทำจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ส่วนตะแกรงใช้เป็นสเตนเลส ยึดให้แน่นแล้วอุดบริเวณรอยต่อด้วยกาวยิลโคน โดยหนึ่งชุดประกอบด้วยตะแกรงที่มีความละเอียด 4 ระดับ คือ จากระดับที่มีช่องขนาดใหญ่ที่สุด 60 เมช, 120 เมช, 200 เมช และละเอียดที่สุด คือ 325 เมช ดังแสดงในภาพที่ 5 ชุดตะแกรงร่อนนี้ เหมาะสำหรับใช้วิเคราะห์กากค่างตะแกรงโดยใช้ผงดินแห้งเริ่มต้นในปริมาณ 100 กรัม



ภาพที่ 5 ชุดตะแกรงร่อนสำหรับหาปริมาณกากค่างตะแกรง

แผ่นปูนปลาสเตอร์ สำหรับหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก

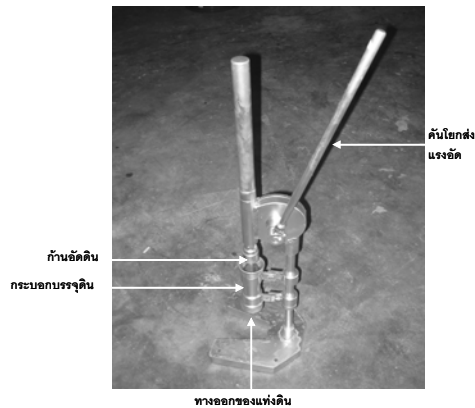
การทดลองหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติกนั้น ใช้แผ่นปูนปลาสเตอร์ที่หนาประมาณ เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 6 เพื่อช่วยในการดูดซับน้ำออกจากเนื้อดิน ในการเตรียมปูนปลาสเตอร์ใช้อัตราส่วนในการผสมระหว่างผงปูนและน้ำเป็น 100:70



ภาพที่ 6 แผ่นปูนปลาสเตอร์ สำหรับหาปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้เนื้อดินเกิดสภาพพลาสติก

เครื่องรีดดินสำหรับการขึ้นรูปแท่งทดสอบ

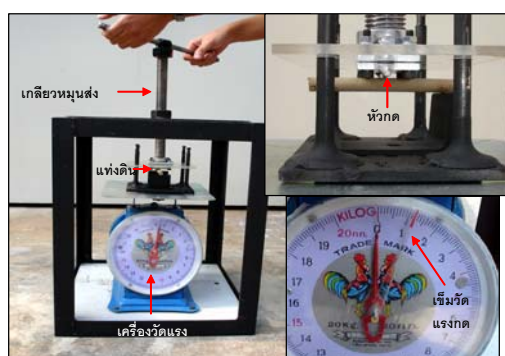
เครื่องรีดดินในภาพที่ 7 ใช้สำหรับเตรียมแท่งดินทรงกระบอกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.0 เซนติเมตร ซึ่งช่วยให้ผู้ทดสอบสามารถเตรียมชิ้นทดสอบที่มีขนาดสม่ำเสมอ ในการใช้งานต้องพยายามอย่าให้เส้นดินที่รีดออกมาโค้งงอ อาจใช้แผ่นไม้ยาวๆ รองรับเส้นดินที่ถูกรีดออกมา



ภาพที่ 7 เครื่องรีดดิน

ชุดทดสอบความแข็งแรงของแท่งดินแบบกดสามจุด

การทดสอบความแข็งแรงของดินทั้งก่อนและหลังเผาด้วยชุดทดสอบความแข็งแรงอย่างง่าย ดังภาพที่ 8 สามารถใช้แท่งดินเดียวกันกับที่ใช้วัดค่าการหดตัวของดิน และในการทดลองแต่ละครั้งควรทำการทดสอบกับชิ้นทดสอบอย่างน้อย 5 ชิ้นเพื่อหาค่าเฉลี่ย ในการเพิ่มแรงกดควรหมุนอย่างช้าๆ แต่ต่อเนื่อง จนเมื่อชิ้นงานทดสอบแต่ละชิ้นหัก ผู้ทดสอบสามารถอ่านค่าน้ำหนักสูงสุดจากเข็มสีแดงของเครื่องชั่งซึ่งค้างอยู่ ณ ค่าน้ำหนักสูงสุด อ่านค่าให้ละเอียดถึง 100 กรัม (0.1 กิโลกรัม) หลังจากได้ค่าเฉลี่ยจาก 5 ครั้งแล้ว เทียบหาค่าความแข็งแรงได้จากตารางเทียบค่าที่จัดเตรียมไว้



ภาพที่ 8 ชุดทดสอบความแข็งแรงของแท่งดินแบบกดสามจุด

อุปกรณ์อื่นๆ

อุปกรณ์อื่นๆ ที่ผู้วิจัยได้จัดหาสำหรับการใช้ทดสอบเนื้อดินภาคสนาม ได้แก่ เตาเผาแบบใช้แก๊ส ขนาด 1 แผ่น สำหรับการเผาขึ้นทดสอบ สามารถเผาได้สูงสุดถึง 1300°C (ภาพที่ 9) และเครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับการชั่งน้ำหนักดินเพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้นในเนื้อดินสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 9 เตาเผาแบบใช้แก๊สสำหรับการเผาและการอบแห้งขึ้นทดสอบ



ภาพที่ 10 เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับการชั่งน้ำหนักดินเพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้น

เอกสารอ้างอิง

1. อรพิน สมมิตร. การปรับปรุงองค์ประกอบของดินแดงบ้านสันจกปักษ์จังหวัดพะเยาเพื่อพัฒนา คุณภาพเครื่องปั้นดินเผา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2538
2. ไพจิตร อังศิริวัฒน์. เนื้อดินเซรามิก สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ พ.ศ. 2541

3. พิมพวัลค์ วัฒนโนภาส และสุมาลี ลิขิตวนิชกุล. (ม.ป.ป.)
การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงเนื้อดินปั้นราชบุรี.
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรม
วิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ
4. สุธี วัฒนศิริเวช, ดรุณี วัฒนศิริเวช และศรัณย์ ไปษยะ
จินดา. **รายงานการวิจัยเรื่อง การสำรวจด้านการ
จัดการและตำหนิในผลิตภัณฑ์ของโรงงานเซรามิกใน
จังหวัดลำปางและเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง**
พ.ศ. 2543
5. J. Dickerson (1974) อ้างถึงใน आयुวัฒน์ สว่างผล
วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์ สำนักพิมพ์โอ
เดียนสไตร์ กรุงเทพฯ พ.ศ. 2543
6. W. M. Carty and C. Lee, **Science of Whitewares**,
p.89 –101, The American Ceramic Society, USA,
1996.
7. W.G. Lawrence, **Ceramic Science for Potter**,
Chilton Book, USA, 1972.
8. M.N. Rahaman, **Ceramic Processing and Sintering**
2nd ed., Marcel Dekker, Inc., USA, 2003.