



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรี

โดยนางพิมพ์วัลค์ วัฒนภาส และคณะ
(ส่วนที่ 2)

ตุลาคม 2545

เอกสารรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรี
ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1

1. หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)
2. บทคัดย่อ
 - 2.1 ภาษาไทย
 - 2.2 ภาษาอังกฤษ
3. เนื้อหางานวิจัย
 - 3.1 การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงเนื้อดินปั้นราชบุรี
 - 3.2 การควบคุมปริมาณเกลือละลายน้ำซัลเฟตในดินราชบุรี
 - 3.3 การวิจัยและพัฒนาเนื้อดินสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่
 - 3.4 การวิจัยและเคลือบสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่
 - 3.5 เคลือบสำหรับผลิตภัณฑ์เชิงอนุรักษ์

ส่วนที่ 2

3. เนื้อหางานวิจัย (ต่อ)
 - 3.6 การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาราชบุรี
 - 3.7 การพัฒนาเล็บบอกเพื่อผลิตภัณฑ์ราชบุรี
 - 3.8 การปรับปรุงกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร
4. ภาคผนวก
 - 4.1 บทความสำหรับการเผยแพร่โครงการ
 - 4.2 ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการมาและผลที่ได้รับตลอดโครงการ
 - 4.3 รายงานสรุปการให้เงินในรอบ 9 เดือน

3.6 การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาราชบุรี

การพัฒนาารูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาราชบุรี

สุมาลี เต็มใจ

1. บทนำ

เครื่องปั้นดินเผา จ.ราชบุรี จัดอยู่ในประเภทผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ เนื้อดินจะมีสีน้ำตาลคล้ำ มีลักษณะดินปนทรายทำให้ผิวหยาบ ไม่เนียน มักจะใช้วิธีการตกแต่งลดความหยาบด้วยเอ็นโกบหรือสีเคลือบ เพื่อปิดสีผิวของเนื้อดิน เทคโนโลยีการผลิตที่ใช้ในโรงงานส่วนใหญ่เป็นแบบสืบทอดมาจากบรรพบุรุษ จากสมัยดั้งเดิมคือการขึ้นรูปด้วยปั้นหมุนที่ใช้กำลังแรงถีบจากคน รูปแบบมักจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง รูปแบบสินค้าที่พบเห็นอยู่เสมอ ๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้แก่โอ่งมังกรสำหรับใส่น้ำ ไหสำหรับหมักน้ำปลาหรือของหมักดอกทุกชนิด กระถาง อ่างบัว และที่ การพัฒนาารูปแบบจึงจำเป็น มากเพื่อสามารถที่จะแข่งขันกับรูปแบบผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดซึ่งมีเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ประกอบกับ ตลาดในยุคปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ ตามภาวะเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ผู้บริโภค ต้องการสิ่งใหม่ ๆ และรสนิยมก็แตกต่างไปจากคนรุ่นเดิม ดังนั้นการพัฒนาารูปแบบผลิตภัณฑ์จึงมี การแข่งขันกันเพื่อชิงความได้เปรียบทางการค้า ซึ่งถ้าโรงงานอุตสาหกรรมใดก็ตามมีรูปแบบผลิตภัณฑ์ ที่ดี มีคุณค่าทางความงามและประโยชน์ใช้สอยอย่างครบถ้วน ก็จะมีรายได้เปรียบมากกว่าโรงงานอื่น ๆ

2. วิธีดำเนินการ

- การพัฒนาารูปแบบจากผลิตภัณฑ์เดิม (ใช้เนื้อดินปั้นโอ่งราชบุรี)
- การสร้างสรรผลิตภัณฑ์ใหม่ (ใช้เนื้อดินผสมราชบุรีสูตรต่าง ๆ)

2.1 การพัฒนาารูปแบบจากผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่แล้ว เช่น โอ่งใส่น้ำ อ่างบัว กระถางปลูก ต้นไม้ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้เมื่อเปลี่ยนกลุ่มผู้บริโภครูปแบบก็จะแตกต่างกันออกไปแต่หน้าที่ใช้สอยยังคงเดิม การออกแบบในลักษณะนี้อาจถือได้ว่าเป็นการพัฒนาารูปแบบ ส่วนใหญ่สร้างความแตกต่างด้านรูปลักษณะภายนอก หรืออาจเพิ่มเติมคุณสมบัติที่ทำให้เกิดความน่าสนใจมากขึ้น การพัฒนา ลักษณะนี้แบ่งออกเป็น

การพัฒนาารูปแบบ

การพัฒนาเทคนิคการตกแต่งและการเคลือบ

2.1.1 การพัฒนาารูปแบบ เมื่อก้าวถึงโอ่งหรือกระถางราชบุรีทุกคนก็จะคิดถึงแต่โอ่งหรือกระถางที่มีลวดลายมังกรพันโดยรอบ มีลักษณะเนื้อดินหยาบ สีค่อนข้างคล้ำ และมักนิยมเคลือบด้วยน้ำยาเคลือบขี้เถ้า ซึ่งเป็นเคลือบที่ใช้ขี้เถ้าไม้มาเป็นส่วนประกอบสำคัญ เนื่องจากขาดการพัฒนาทางด้านต่าง ๆ เช่น วัสดุดิบ น้ำยาเคลือบ และรูปแบบผลิตภัณฑ์มาเป็นเวลานาน ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะต้องทำพร้อมกันไปในทุก ๆ ด้าน จะเป็นปัจจัยสำคัญในการแข่งขันกับตลาดสินค้าที่จะ

ต้องเปลี่ยนระดับขึ้นเป็นระดับกลาง และระดับสูงซึ่งผู้ประกอบการจะเป็นผู้ตัดสินใจว่าจะให้ความสำคัญกับการพัฒนารูปแบบหรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ หรือไม่ การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ราชบุรี อาจจะเป็นการนำรูปทรงของโถ่งน้ำเช่นเดิม แต่ลวดลายมังกรพันโดยรอบอาจจะเปลี่ยนไปเป็นลวดลายอย่างอื่นก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์รูปแบบโถ่งน้ำดูแปลกตาไปจากเดิม หน้าที่ใช้สอยก็ต้องเปลี่ยนแปลงไปด้วย จากที่เคยเป็นภาชนะเก็บน้ำก็จะเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ใช้ตกแต่งอาคารสถานที่ต่าง ๆ ทั้งภายนอกและภายใน เช่น ตามโรงแรม ธนาคาร ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น รูปทรงของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจะต้องมีความสัมพันธ์กับเนื้อดินที่ใช้ เช่น ถ้าใช้เนื้อดินพอร์ซเลนรูปทรงก็ควรจะมี ความหรูหราและเน้นความบางของเนื้อดิน แต่ถ้าใช้เนื้อดินปั้นโถ่งของราชบุรี การออกแบบรูปทรงก็ต้องเป็นไปตามความเหมาะสมคือมีความหนามากกว่าเนื้อดินพอร์ซเลนคือเป็นไปในลักษณะผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์นั้นดูสวยงามและเป็นที่ต้องการของผู้ซื้อผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

2.1.2 การพัฒนาเทคนิคการตกแต่งและการเคลือบ การเลือกใช้สีเคลือบและเทคนิคการตกแต่งลวดลายตามความเหมาะสมกับผิวของดินก็มีส่วนช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์น่าใช้ยิ่งขึ้น การเลือกใช้น้ำยาเคลือบหรือการใส่ลวดลายตกแต่งประกอบควรจะต้องดูสีผิวของเนื้อดิน เช่น เนื้อดินปั้นโถ่งราชบุรี เมื่อนำมาใช้กับเคลือบใส สีของเคลือบก็จะเปลี่ยนไปเพราะเนื้อดินมีสีคล้ำ ถ้าจะให้สีเคลือบดูสดใสเด่นชัด ก็ควรเลือกใช้เทคนิคการตกแต่งด้วยเงินโอบเสียก่อนจะทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีสีล้นที่สดใสตามที่ต้องการ การใช้เทคนิคการตกแต่งและการเคลือบผลิตภัณฑ์เนื้อดินราชบุรีนั้น ทำได้หลายวิธีดังนี้ คือ

- ตกแต่งขณะดินยังเปียก
 - ฉลุลายบนกระดาษหรือแผ่นพลาสติกแล้วป้ายทับด้วยดินสี หรือเงินโอบ
 - ขูดลาย กดลายบนเนื้อดิน
 - ปั้นลายติด ปั้นลายนูน
 - ทำริ้วรอยบนผิวดินหรือผิวเคลือบด้วยวัสดุอื่น เช่น หวี เชือก ปลายผ้ากระสอบ ฯลฯ
 - การใช้ดินสีฝังลาย
 - เขียนลวดลายด้วยน้ำยาเคลือบสี
 - เคลือบน้ำยาสีแล้วขูดลายให้เห็นสีของเนื้อดิน
- ตกแต่งหลังการเผาดิบ
 - ชุบเคลือบ ราวเคลือบ ฟันเคลือบ
 - ชุบเคลือบสีที่ 1 ชุบเคลือบสีที่ 2 หรือ 3, 4
 - เขียนลวดลายด้วยเคลือบ
 - ฟันละอองเคลือบขาวทับเคลือบสีเข้ม
 - เขียนลวดลายด้วยสีเคลือบ

- ตกแต่งหลังการเผาเคลือบ
 - เขียนลึบนเคลือบหรือสีทอง
- เทคนิคผสม 2-3 วิธีในผลิตภัณฑ์เดียวกัน
 - เอ็นโกบลายฉลุแล้วตกแต่งลวดลายด้วยสีเคลือบแล้วจึงพ่นทับด้วยเคลือบใส

2.2 การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้อาจเกิดจาก

- ความคิดริเริ่มของนักออกแบบที่สร้างสรรค์ด้วยการคาดการณ์จากการวิเคราะห์ ความน่าจะเป็นหรือควรจะเป็นเพื่อสร้างทางเลือกหรือผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ให้กับผู้ใช้
- เกิดจากความเปลี่ยนแปลงของสังคม วิถีชีวิต ฯลฯ
- เกิดจากการพัฒนาของวัสดุและเทคโนโลยีการผลิตที่ก้าวหน้า

2.2.1 การผลิตต้นแบบ (Model) การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยเนื้อดินราชบุรี เป็น การทดลองผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินราชบุรีที่ได้นำมาพัฒนาปรับปรุงตามกระบวนการต่าง ๆ โดยการกำหนดรูปแบบและวิธีการขึ้นรูป การใช้น้ำยาเคลือบ และการเลือกใช้เทคนิคการตกแต่งด้วยวิธีต่าง ๆ แล้วจึงดำเนินการทดลองผลิต การออกแบบหรือการพัฒนาในรูปแบบในแต่ละครั้งควรใช้เทคนิคการผลิตที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีต้นทุนสูง ซึ่งผลเหล่านี้จะเกิดขึ้นหลังจากการทดลองผลิตต้นแบบจนเสร็จสมบูรณ์ของการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ในแต่ละครั้ง ดังนั้นจึงควรจะต้องนำมาวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาเหล่านี้โดยทันทีก่อนที่จะนำไปผลิตในขั้นอุตสาหกรรมต่อไป

การเตรียมงานขั้นแรกสำหรับการออกแบบและพัฒนาารูปแบบผลิตภัณฑ์เนื้อดินราชบุรี โดยการ

รวบรวมข้อมูล โดยนำแรงบันดาลใจจากแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นที่รู้จักกันดีทั้งในและต่างประเทศ เช่น ตลาดน้ำ ถ้ำค้างคาว หนังใหญ่วัดขนอน เหล่านี้เป็นต้น

ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ (Specification) เมื่อได้ข้อมูลโดยเรียบร้อยแล้ว จึงกำหนดว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะนำไปใช้ประโยชน์อะไร และทำการออกแบบให้ถูกต้องตามจุดมุ่งหมาย ผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบได้แยกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยคำนึงถึงวิธีการขึ้นรูป การใช้วัสดุดินน้ำยาเคลือบ และการเลือกใช้เทคนิคการตกแต่งดังต่อไปนี้ คือ

2.2.2 วิธีการขึ้นรูป

- การขึ้นรูปแบบอิสระ
- การขึ้นรูปแบบหล่อน้ำดิน
- การขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นแป้นหมุน
- การขึ้นรูปแบบจิกเกอร์

2.2.3 การใช้วัตถุดิบและน้ำยาเคลือบ

วัตถุดิบ	เนื้อดินปั้นโอง โรงงานเครื่องปั้นดินเผา จ.ราชบุรี (2 โรงงาน) เนื้อดินปั้นผลมราชบุรี (ผลงานวิจัยในโครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เครื่องปั้นดินเผา จ.ราชบุรี สูตร RP7) เนื้อดินหล่อ (ผลงานวิจัยในโครงการฯ สูตร RN 3-4) เนื้อดินจิกเกอร์ (ผลงานวิจัยในโครงการฯ สูตร N3)
น้ำยาเคลือบ	เคลือบซีเมนต์ (ผลงานวิจัยในโครงการฯ) เคลือบใส (ผลงานวิจัยในโครงการฯ) เคลือบสีต่าง ๆ (ผลงานวิจัยในโครงการฯ) เอนโกบสี (ผลงานวิจัยในโครงการฯ)

3. ผลการศึกษาวิจัย

3.1 **เนื้อดินปั้นโองราชบุรี** เป็นดินที่มีลักษณะเฉพาะตัวไม่เหมือนดินจากแหล่งอื่น ๆ มีความเหนียวสูง เหมาะกับการขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นหมุน หลังการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เช่น โอง อยุธยา ผิวนอกและบริเวณขอบปากของผลิตภัณฑ์มักจะแห้งเร็วกว่าส่วนอื่นทำให้มีปัญหาการเคลือบบริเวณขอบปากไม่สม่ำเสมอ การเผาจะใช้เวลานาน (อุณหภูมิประมาณ 1200°C. ใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง) ด้วยเตาฟืน เมื่อเผาแล้วจะมีสีค่อนข้างคล้ำ มีสิ่งเจือปนอยู่มาก เช่น กรวดหรือหินปูน อันเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาการแตกร้าว รั่วซึมหรือการหลุดล่อนของน้ำยาเคลือบ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ดี มีรอยตำหนิหรือการแตกเป็นจำนวนมาก การตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ทำได้ยากเพราะผิวผลิตภัณฑ์ค่อนข้างหยาบ ทำให้ขายผลิตภัณฑ์ได้ในราคาที่ค่อนข้างต่ำ

3.2 เนื้อดินหล่อ (สูตร N3-4)

ใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทของที่ระลึกที่มีขนาดเล็กหรือ ขนาดกลางได้ เนื้อดินละเอียด สีน้ำตาลอ่อน สามารถตกแต่งได้หลายวิธี การใช้น้ำยาเคลือบสีต่าง ๆ มีสีที่สดสวย ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทัดเทียมกับของต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์มีมูลค่าสูง

3.3 **เนื้อดินจิกเกอร์ (สูตร N3)** มีความเหนียวสูง เนื้อละเอียด สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ใช้ในครัวเรือน เช่น ถ้วย จาน ชาม หรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับตกแต่งบ้านได้อย่างสวยงาม สามารถใช้เทคนิคการตกแต่งได้มากมาย หลังจากการตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำยาเคลือบ ผลิตภัณฑ์จะมีความมันวาวสดใสยิ่งขึ้น

3.4 **เนื้อดินปั้นผสมราชบุรี** (สูตร RP7) เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1080° C. (เผาดิบ) สีของเนื้อดินจะเป็นสีน้ำตาลออกส้มมีความงามโดยอาจใช้วิธีการตกแต่งที่ไม่ต้องปกปิดสีของเนื้อดิน สามารถใช้เนื้อดิน RP7 นี้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่แทนเนื้อดินปั้นโองราชบุรี ก็จะได้ ผลิตภัณฑ์ที่มีสีผิวของเนื้อดินสวยกว่า เนียนกว่าและตกแต่งลวดลายได้ดี ผลิตภัณฑ์มีโอกาสที่จะพัฒนารูปแบบได้มากมาย จะทำให้มีโอกาสในการจำหน่ายที่ดีขึ้นกว่าเดิม

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีต่าง ๆ

แบบที่	รูปแบบ	การขึ้นรูป	วัตถุดิบ	ผลการทดลอง
1	ชุดน้ำพุ (จัดสวน)	ปั้นแบบหมุน	ดินปั้นโถ่ง รง. เรืองศิลป์	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลเข้ม เผา 1200°ซ. มีสีน้ำตาลคล้ำปนดำ
2	ชุดอ่างบัว (จัดสวน)	ปั้นแบบหมุน	ดินปั้นโถ่ง รง. เรืองศิลป์ รง. สหศิลป์	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลเข้ม เผา 1200°ซ. มีสีน้ำตาลคล้ำปนดำ
3	ชุดกระถาง (จัดสวน)	ปั้นแบบหมุน	ดินปั้นโถ่ง รง. เรืองศิลป์ รง. รัตนโกสินทร์ 4	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลเข้ม เผา 1200°ซ. มีสีน้ำตาลคล้ำปนดำ เนื้อดินหยาบ
4	แจกันทรงต่าง ๆ	ปั้นแบบหมุน	ดินปั้นโถ่ง รง. รัตนโกสินทร์ 4	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลเข้ม เผา 1200°ซ. มีสีน้ำตาลคล้ำปนดำ เนื้อดินมีรูพรุน
5	โคมไฟ	ปั้นอิสระ	ดินปั้นโถ่ง รง. รัตนโกสินทร์ 4	เผา 1200°ซ. มีสีน้ำตาลคล้ำปนดำ เนื้อดินมีรูพรุน
6	ที่เสียบร่ม	ปั้นแบบหมุน	ดินปั้นโถ่ง รง. สหศิลป์	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินหยาบ
7	ชุดจานญี่ปุ่น	ปั้นอิสระ	เนื้อดินทดลอง สูตร RP7	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลอ่อน
8	ชุดถ้วยข้าวต้ม	จิกเกอร์	เนื้อดินทดลอง สูตร N3	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลอ่อน
9	ชุดดนตรีไทย	หล่อน้ำดิน	เนื้อดินทดลอง สูตร RN3-4	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลอ่อน
10	ชุดกระดิ่ง	หล่อน้ำดิน	เนื้อดินทดลอง สูตร RN3-4	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลอ่อน
11	ชุดแก้วน้ำ Mug	หล่อน้ำดิน	เนื้อดินทดลอง สูตร RN3-4	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลอ่อน
12	ชุดอาหารว่าง	ปั้นอิสระ	เนื้อดินทดลอง สูตร RP7	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลเข้ม ผิวของเนื้อดิน จะละเอียด
13	ชุดอาหาร Dinner Set	ปั้นแบบหมุน	เนื้อดินทดลอง สูตร สูตร RP7	เผา 800°ซ. มีสีน้ำตาลเข้ม ผิวของเนื้อดิน จะละเอียด

ตารางที่ 2 ผลการทดลองตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีต่าง ๆ

แบบที่	รูปแบบ	เทคนิคการตกแต่ง	ผลการทดลอง
1	ชุดน้ำพุ (จัดสวน)	เคลือบซีเมนต์	เนื้อดินจะหยาบ และมีหินปูน ทำให้เคลือบล่อนหรือดึงตัว
2	ชุดอ่างบัว (จัดสวน)	แปะลาย เอ็นโกบ เคลือบทึบ/ชุดลาย	เนื้อดินที่สิ่งเจือปน ทำให้การแปะลายหรือชุดลายทำได้ไม่สะดวก เคลือบหรือ เอ็นโกบจะหลุดออกมาได้ง่ายก่อนนำไปเผา
3	ชุดกระถาง (จัดสวน)	เคลือบทึบ/ชุดลาย แปะลาย	เนื้อดินไม่ละเอียด การตกแต่งทำได้ยาก บริเวณขอบปากแห้งเร็ว ทำให้เคลือบ หลุดล่อน
4	แจกันทรงต่าง ๆ	เคลือบทึบสีต่าง ๆ เคลือบใสสีต่าง ๆ	ขนาดเล็กมักจะไม่มีปัญหา ขนาดใหญ่เคลือบจะดึงตัว
5	โคมไฟ	เอ็นโกบ/เคลือบใส	การหดตัวมากทำให้ผลิตภัณฑ์บางรูปแบบแตก ร้าวได้ง่าย
6	ที่เสียบร่ม	เคลือบทึบ/ชุดลาย	บริเวณขอบปากของผลิตภัณฑ์จะแห้งเร็วกว่าส่วน อื่นทำให้เคลือบไม่สม่ำเสมอ
7	ชุดจานญี่ปุ่น	เอ็นโกบ ชุดลาย เคลือบใส	ได้ผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม มีสีเคลือบที่สดใส
8	ชุดถ้วยข้าวต้ม	เคลือบทึบ ตกแต่งลวดลายด้วย สีเคลือบ	ได้ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่สวยงาม
9	ชุดดนตรีไทย	เคลือบใสสีต่าง ๆ ตกแต่งลวดลายด้วย สีทอง	ได้ผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม
10	ชุดกระดิ่ง	เคลือบใสสีต่าง ๆ	ได้ผลดีสามารถใช้เป็นของที่ระลึกได้
11	ชุดแก้วน้ำ Mug	พ่นเคลือบใส 2 สี สลับเคลือบทึบ 2 สี เคลือบทึบ/ชุดลาย	ได้ผลดีแต่มีปัญหาด้านรูปแบบมือจับเพียงเล็กน้อยต้องแก้ไข
12	ชุดอาหารว่าง	เนื้อดิน 2 สี เคลือบใสสีต่าง ๆ	ได้ผลิตภัณฑ์ที่สวยงามใช้ประโยชน์ได้
13	ชุดอาหาร Dinner Set	เคลือบใสสีต่าง ๆ	ได้ผลิตภัณฑ์ที่สดใส ผิวเนียนเรียบ สามารถผลิต จำหน่ายได้

3.5 ตัวอย่างการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เดิม



ภาพที่ 1

แจกันรูปทรงโอ่ง มีลวดลายมังกรพันโดยรอบ ใช้วิธีตักแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำยาเคลือบสีแทนการตกแต่งด้วยเคลือบซีเมนต์



ภาพที่ 2

แจกันรูปทรงโอ่ง พัฒนาลวดลายจากมังกรเป็นลวดลายแบบใหม่ด้วยเอ็นโกบ แล้วจึงเคลือบทับด้วยเคลือบใสสีเขียว



ภาพที่ 3

แจกันรูปทรงโอ่ง ให้เคลือบทับสีขาวพ่นทับสีผิวของเนื้อดิน แล้วจึงตกแต่งลวดลายด้วยเคลือบทับสีต่าง ๆ แล้วพ่นด้วยเคลือบใสอีกครั้ง (เผาครั้งเดียว)



ภาพที่ 4

กระถางบัว ตกแต่งด้วยการเขียนลวดลายด้วยเอ็นโกบสีต่าง ๆ หรือการใช้เคลือบสีเป็นการพัฒนาจากลวดลายมังกรแบบเดิม ๆ

3.6 ตัวอย่างการสร้างสรรผลิตภัณฑ์ใหม่

3.6.1 ผลิตภัณฑ์ประเภทของที่ระลึก (Novelties) เป็นผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก ใช้เป็นของที่ระลึกหรือของฝากสำหรับนักท่องเที่ยว สามารถบรรจุกล่อง (Package) ได้อย่างสวยงาม ราคาไม่สูง รูปแบบจะมีสัญลักษณ์หรือสถานที่ท่องเที่ยว จ.ราชบุรี เช่น ถ้ำค้างคาวหรืออื่นๆ ทั่วไป



ภาพที่ 5

ชุดดนตรีไทย ประกอบด้วย ขลุ่ยวง กลองชาตรี กลองตุ๊ก ระนาดทุ้ม โทนชาตรี ขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน สูตร NWR3 ตกแต่งด้วยวิธีพ่นเคลือบ และเขียนลวดลายด้วยสีบนเคลือบ (สีน้ำทอง)



ภาพที่ 6

ชุดค้างคาว สำหรับใส่ดินสอด่หรือทับกระดาษ ขึ้นรูปโดยวิธีปั้นอิสระและหล่อน้ำดินใช้เนื้อดินปั้นเอง และเนื้อดินหล่อสูตร NWR3



ภาพที่ 7

ชุดกระดิ่ง ใช้เป็นของขวัญในโอกาสพิเศษต่าง ๆ เช่น ครบรอบวันเกิด วันแต่งงาน วันปีใหม่หรือขึ้นบ้านใหม่ ใช้วิธีหล่อน้ำดิน สูตร NWR3 ตกแต่งด้วยเคลือบสีต่าง ๆ



ภาพที่ 8

ชุดโคมไฟผี ใช้ประดับตกแต่งสถานที่ในโอกาสวันพิเศษ เช่น วันฮาโลวีน มักนิยมกันในหมู่วัยรุ่นหรือผู้ที่มีรสนิยมชอบความแปลกไม่เหมือนใคร ขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นอิสระด้วยเนื้อดินปั้นโถ่ง



ภาพที่ 9

ชุดแก้วน้ำ (Mug) ขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน สูตร NWR3 ตกแต่งด้วยเคลือบใส สีต่าง ๆ

3.6.2 ผลิตภัณฑ์ประเภทของประดับตกแต่ง (Decoratives) ได้แก่ผลิตภัณฑ์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ใช้ตกแต่งได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร รูปแบบจะมี 2 ลักษณะ คือเป็นไปได้ทั้งด้านศิลป์ (Ceramic Art) เช่น รูปปั้นจีนเดียวและด้านอุตสาหกรรม (Industrial Ceramic) เช่น โถ่งน้ำอ่างบัว กระถางต้นไม้ แจกัน ฯลฯ ซึ่งในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จ.ราชบุรี จะผลิตสินค้าประเภทนี้อยู่แล้วเนื่องจากจะต้องยึดถือความต้องการของผู้บริโภคเป็นหลักจึงควรพัฒนา

รูปแบบและลวดลายให้มีมากขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้ผู้บริโภคได้มีทางเลือก และเพื่อให้ได้ผลทางด้านการตลาดที่จะไม่หยุดนิ่งอยู่กับที่



ภาพที่ 10

โคมไฟ ขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นอิสระด้วยเนื้อดินปั้นโอ่งราชบุรี ตกแต่งลวดลายด้วยเงินโอบ



ภาพที่ 11

น้ำพุ สำหรับใช้ตกแต่งสถานที่ ขึ้นรูปโดยวิธีปั้นเป็นหมุนด้วยเนื้อดินปั้นโอ่งราชบุรีเคลือบทับด้วยน้ำยาเคลือบที่เก่า



ภาพที่ 12

ชุดแจกันขนาดเล็ก (ภาพที่ 12, 13)

ขึ้นรูปโดยวิธีปั้นเป็นหมุนด้วยเนื้อดิน สูตร N3 ใช้สำหรับจัดดอกไม้ ตกแต่งลวดลายด้วยเคลือบที่พิเศษต่าง ๆ เพื่อปกปิดสีผิวของเนื้อดินและเพิ่มความสดใสให้แก่ผลิตภัณฑ์ให้สวยงามน่าใช้ยิ่งขึ้น



ภาพที่ 13



ภาพที่ 14



ภาพที่ 15

ชุดแจกันขนาดกลาง (ภาพที่ 14, 15)

ขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นแป้นหมุนด้วยเนื้อดินปั้นเอง สามารถจำหน่ายได้ในราคาที่สูงกว่าเดิม

ตกแต่งด้วยเคลือบสีต่าง ๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 16

กระถางปลูกต้นไม้ ขึ้นรูปโดยวิธีปั้นแป้นหมุน ด้วยเนื้อดินปั้นเองเผาแกร่งที่อุณหภูมิ 1230°C. ไม่เคลือบเพื่อโชว์สีผิว



3.6.3 ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องใช้ภายในบ้าน (House ware) จะมีลักษณะที่เน้นไปทางด้านประโยชน์ใช้สอยในชีวิตประจำวันเป็นสิ่งสำคัญ มีการนำเครื่องจักรมาใช้ในการผลิต (Jigging) ได้แก่ชุดอาหาร ถ้วย จาน ชาม รูปทรงของผลิตภัณฑ์ก็จะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน ตกแต่งด้วยเคลือบสีสวยงามมาใช้ ทำความสะอาดได้ง่าย ผลิตตามความนิยมของผู้ใช้ การขึ้นรูปด้วยเนื้อดินราชนบุรี



ภาพที่ 17



ภาพที่ 18



ภาพที่ 19

ชุดจานอาหารญี่ปุ่น (ภาพที่ 17, 18, 19)

ใช้วิธีการขึ้นรูปอิสระด้วยเนื้อดิน สูตร RP7, N3 ตกแต่งด้วยวิธีการเ็นโทบ ชุดลาย และ การใช้เคลือบสี



ภาพที่ 20

ชุดถ้วยชามต้ม

ขึ้นรูปด้วยวิธีจิกเกอร์ ด้วยเนื้อดินสูตร N3 ตกแต่งด้วยเอ็นโกบ ชุดลายและเคลือบสี



ภาพที่ 21



ภาพที่ 22

ชุดอาหารว่าง (ภาพที่ 21, 22)

ขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นอิสระ ด้วยเนื้อดินสูตร RP7, N3 ตกแต่งด้วยวิธีเอ็นโกบแล้วพ่นทับด้วยเคลือบใสสีต่างๆ



ภาพที่ 23



ภาพที่ 24

ชุดอาหาร (ภาพที่ 23, 24)

ขึ้นรูปด้วยวิธีปั้นแป้นหมุน ด้วยเนื้อดินสูตร RP7 ตกแต่งด้วยเคลือบสีต่าง ๆ

4. สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการที่ได้ทำการออกแบบจากแนวคิดจนได้รูปทรงที่หลากหลายและมีประโยชน์ใช้สอยมากขึ้นของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาราชบุรีประเภทต่าง ๆ และทดลองผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ด้วยการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ให้เหมาะกับลักษณะเนื้อดิน และเทคนิคการตกแต่งด้วยเงินโอบ และน้ำยาเคลือบสีของโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาราชบุรี ผลการทดลองมีดังนี้ คือ

- สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้หลายวิธี เช่น หล่อน้ำดิน (Slip Casting) จิกเกอร์ (Jiggering) ปั้นอิสระ (Free Forming) และปั้นบนแป้นหมุน (Throwing)
- เพิ่มรูปแบบผลิตภัณฑ์ได้หลายประเภท เช่น ขອງที่ระลึกของใช้ในครัวเรือน เป็นต้น
- สามารถเพิ่มศักยภาพการผลิตให้แก่โรงงาน
- สร้างความตื่นตัวให้ผู้ประกอบการได้หันมาสนใจพัฒนาสินค้าประเภทอื่น ๆ นอกจากสินค้าที่มีอยู่เดิม
- สร้างรายได้ให้แก่โรงงานเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในแต่ละประเภท จะต้องมีความสัมพันธ์กันกับคุณสมบัติของเนื้อดินที่ใช้ในแต่ละชนิดและความเหมาะสมกับลักษณะการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ด้วย

เนื้อดินปั้นโถงราชบุรีที่ยังไม่ได้พัฒนา มีลักษณะเนื้อดินหยาบ สีค่อนข้างคล้ำ มีรูพรุน ขึ้นรูปยากไม่ควรจะออกแบบสำหรับเป็นเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร

ส่วนเนื้อดินจากผลงานวิจัยในโครงการฯ ซึ่งมีลักษณะที่สามารถขึ้นรูปได้หลายวิธี มีเนื้อเนียนละเอียด สีน้ำตาลอ่อนดูขาวนวล สามารถใช้เทคนิคการตกแต่งได้อย่างสวยงาม การออกแบบรูปแบบและลวดลายผลิตภัณฑ์เพื่อพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์ที่จะส่งถึงผลงานอีกระดับหนึ่งที่มีมูลค่าสูงชันกว่าเดิม

5. เอกสารอ้างอิง

1. ประสพ ลีเหมือดภัย, "องค์ประกอบในงานเครื่องปั้นดินเผา" โดยสำนักพิมพ์ โอเดียน - สไตร์ 2543.
2. สาคร คันทโชติ, "การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์" โดยสำนักพิมพ์โอเดียนสไตร์ 2528.
3. ทวี พรหมพฤกษ์, "เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น" โดยสำนักพิมพ์โอเดียนสไตร์ 2523.
4. Lynn Peters, Surface Decoration for Low-Fire Ceramics, Published by Lark Books, US. 1999.
5. Peterlane, Ceramic Form Design & Decoration, Rizzoli International Publication, Inc., USA. 1988.

3.7 การพัฒนาเอ็บโอบเพื่อผลิตภัณฑัราชบุรี

การพัฒนาเอ็นโกบเพื่อผลิตภัณฑ์ราชบุรี

พิมพ์วัลค์ วัฒนโนภาส

1. บทนำ

“เอ็นโกบ” (Engobe) หมายถึง การใช้ดินธรรมชาติหรือส่วนผสมของดินกับวัตถุพิเศษประเภทอื่น ทำให้เป็นของเหลวหรือเป็นดินเหนียวเพื่อทาเป็นชั้นบาง ๆ บนผลิตภัณฑ์ ชั้นดินนี้จะบังตาหิ ความหยาบและสีของผิวดินที่ไม่ต้องการได้ เพื่อให้เกิดสีที่แตกต่างหรือในบางกรณีเพื่อปรับสภาวะของผิวให้เหมาะสมเพื่อรองรับการเคลือบผิว เช่น อ่างสุขภัณฑ์ขนาดใหญ่บางชนิดทำจากส่วนผสมของกรีกซึ่งทำให้ผิวหยาบ จึงต้องใช้เอ็นโกบเคลือบเพื่อให้ผิวเรียบ และเหมาะแก่การเคลือบด้วยเคลือบสีต่าง ๆ

นอกจากคำว่า เอ็นโกบ ซึ่งนิยมใช้ในแถบอเมริกาเหนือแล้วยังใช้คำว่า “สลิป” (Slip) ที่มีความหมายเหมือนกัน มักใช้กันในยุโรป ส่วนในประเทศไทยมีผู้ใช้คำว่า “ดินติดลาย” ซึ่งแสดงถึงวัตถุประสงค์ของการใช้เพื่อการตกแต่งลวดลายนั่นเอง การใช้เอ็นโกบมีมาแต่โบราณในยุคสมัยต่าง ๆ ของอารยธรรมหลายแห่งของโลก ไม่ว่าจะเป็นในเอเชียตะวันออก อียิปต์ กรีซ

เอ็นโกบต่างจากเคลือบเซรามิกตรงที่เคลือบมีส่วนที่เป็นแก้วมากกว่า โดยทั่วไปแล้วเอ็นโกบมีสีขาว แต่อาจทำเป็นสีอื่น ๆ ได้ โดยการเติมสารให้สีลงในเอ็นโกบสีขาว

เครื่องปั้นดินเผาของจังหวัดราชบุรี ที่เป็นที่รู้จักและนิยมใช้ชนิดหนึ่งคือโอ่งมังกร ทำขึ้นโดยช่างปั้นชาวจีนกลุ่มหนึ่งที่แยกตัวไปจากโรงงานเครื่องปั้นดินเผาในกรุงเทพฯ เมื่อประมาณ 70 ปีที่แล้วมา ดินในพื้นที่จังหวัดราชบุรีเป็นดินเหนียวสีแดง เนื่องจากมีเหล็กออกไซด์ปนอยู่มากถึงร้อยละ 5 เมื่อเผาแล้วดินจะมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแดง จึงเกิดการตกแต่งลวดลายโดยใช้ดินสีขาวนวลปั้นติดลายลงบนผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะลายมังกรจนกลายมาเป็นเอกลักษณ์ของโอ่งราชบุรี เคลือบที่ใช้เป็นเคลือบที่ทำจากซีเมนต์ไม่ผสมกับดินเลนซึ่งเป็นเคลือบใสสีน้ำตาลอ่อนมีความจำกัดไม่สามารถพัฒนาเคลือบสีอื่น ๆ ที่มีความสดใสได้

ปัจจุบันภาชนะพลาสติกถูกนำมาใช้ในการกักเก็บน้ำแทนโอ่ง กับการที่น้ำประปาเข้าไปถึงหมู่บ้านต่าง ๆ มากขึ้น ทำให้ความจำเป็นในการใช้โอ่งลดลง ผู้ผลิตโอ่งในจังหวัดราชบุรีประสบปัญหาเนื่องจากความต้องการใช้โอ่งลดลง ประกอบกับมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เช่น การแตกร้าว การหลุดล่อนของเคลือบและเอ็นโกบ ฯลฯ สมาคมเครื่องเคลือบดินเผาราชบุรี จึงขอความช่วยเหลือมายังกรมวิทยาศาสตร์บริการ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้จัดทำโครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรีขึ้น โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ผู้วิจัยได้เดินทางไปศึกษา สัมภาษณ์ พบปะกับผู้ประกอบการโรงงานในจังหวัดราชบุรี เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เก็บข้อมูลสถานะภาพการผลิต ปัญหาการผลิต แนวคิดการพัฒนาที่ผู้ผลิตต้องการ ฯลฯ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินการ

1.1 ปัญหาของผลิตภัณฑ์ราชบุรี

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมวิทยาศาสตร์บริการ นำปัญหาต่าง ๆ มาสรุปได้ดังนี้

- **ด้านวัตถุดิบ** มีคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอและขาดความรู้ในการทำเหมือง จึงไม่สามารถควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบได้
- **ด้านกระบวนการผลิตเนื้อดินและน้ำเคลือบ** มีการสูญเสียในการผลิตสูง ขาดความรู้ในการพัฒนาเคลือบชนิดใหม่
- **ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่** ขาดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่มีสีสันสวยงาม มีรูปแบบแปลกใหม่ เพราะนับวันการใช้โถ่งน้ำจะลดลง จึงจำเป็นต้องสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีประโยชน์ใช้สอยมากขึ้นใช้วัตถุดิบน้อยลง แต่มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น
- **ด้านบุคลากร** ไม่มีทักษะในการทำผลิตภัณฑ์ใหม่ ต้องการพัฒนาโดยฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้เกิดความรู้ และทักษะเพิ่มขึ้น

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาราชบุรีนั้นต้องทำในหลายด้านไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงเนื้อดิน พัฒนากระบวนการเตรียมเนื้อดิน พัฒนาน้ำเคลือบ พัฒนารูปแบบและการตกแต่งไปพร้อม ๆ กัน ในรายงานนี้จะกล่าวเฉพาะการพัฒนาเอนโกบซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรี ด้วยเหตุผลดังนี้

- การตกแต่งด้วยเอนโกบ เป็นเอกลักษณ์ ของผลิตภัณฑ์ของจังหวัดราชบุรี ควรอนุรักษ์และส่งเสริมให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น
- เอนโกบเป็นการตกแต่งที่ได้ผลเชิงศิลปะในราคาที่ถูกกว่าการตกแต่งด้วยวิธีอื่น
- เอนโกบช่วยบังความหยาบของเนื้อดิน เป็นการรองพื้นเพื่อให้สามารถนำเคลือบสีต่าง ๆ มาใช้กับผลิตภัณฑ์ให้เกิดความหลากหลาย
- เอนโกบช่วยเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ ที่ตกแต่งด้วยเอนโกบ



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งด้วยเอนโกบ

1.2 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ทำเอ็นโกบแบ่งเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้คือ

1.2.1 ดิน

ดินธรรมชาติที่ใช้เป็นเอ็นโกบได้เลยนั้นมีไม่มากนัก แต่สามารถนำมาปรับให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมได้ไม่ยากนัก หลังจากล้างเอาเมล็ดหยาบออกแล้วจึงนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่นต่อไป

การเลือกชนิดและปริมาณดินที่จะใช้ควรคำนึงถึงคุณสมบัติของเอ็นโกบ ดังนี้

- สีที่ต้องการ
- มีความสามารถเคลือบผิวได้ดี
- มีความเข้มข้นพอเหมาะเพื่อให้สารที่ไม่มีความเหนียวสามารถแขวนลอยอยู่ได้นาน ทำให้การเคลือบไม่มีความยุ่งยาก
- คุณสมบัติในการเกาะตัวดี สามารถเกาะผิวผลิตภัณฑ์ได้โดยไม่หลุดล่อนออกมา

ปริมาณและชนิดของดินที่จะใช้ต้องคำนึงถึงการหดตัวให้สอดคล้องกับชิ้นงาน ถ้ามีการหดตัวแตกต่างกันมากจะทำให้เอ็นโกบหลุดล่อนออกมาได้ ใช้ได้ตั้งแต่ 30-60 % โดยคำนึงถึงสภาพของชิ้นงานว่ามีความชื้น การหดตัวมากน้อยเพียงใด สภาพชิ้นงานที่ค่อนข้างชื้นเอ็นโกบจะมีปริมาณดินค่อนข้างมาก สภาพชิ้นงานที่แห้งปริมาณดินในเอ็นโกบจะน้อยกว่า เป็นต้น

โดยทั่วไป ดินที่ใช้ในเอ็นโกบ ได้แก่

- ดินขาว (Kaolin) เป็นส่วนสำคัญของเอ็นโกบเนื่องจากมีความทนไฟและความขาวดี การหดตัวน้อย
- ดินเหนียว (Plastic clay) ช่วยให้เอ็นโกบติดเนื้อดินดี มีการหดตัวมาก จึงควรจำกัดปริมาณการใช้ในเอ็นโกบ

1.2.2 สารช่วยหลอม

ปริมาณสารช่วยหลอมที่ใช้ในเอ็นโกบขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการสุกตัว สำหรับเอ็นโกบอุณหภูมิสูงใช้แร่ฟันม้าเป็นสารช่วยหลอม ส่วนเอ็นโกบที่อุณหภูมิต่ำอาจใช้ฟrit โบรอกซ์ หรือทัลคัมได้ บางครั้งใช้หินปูนเป็นสารช่วยหลอมด้วย

1.2.3 ฟิลเลอร์ (Filler)

ใช้ควอร์ตซ์เป็นฟิลเลอร์จะช่วยลดการหดตัวและให้ความแข็งแรงแก่เอ็นโกบ ช่วยให้เคลือบเข้ากับเนื้อเอ็นโกบได้ดีสามารถใช้ได้ถึง 15-30%

1.2.4 สารเพิ่มความแข็งของเอ็นโกบ

ได้แก่ บอแรกซ์จำนวนเล็กน้อยจะทำให้เอ็นโกบแข็งและเหนียว เหมาะแก่การชูดตแต่งหรือการเคลื่อนย้าย ทั้งนี้เนื่องจากบอแรกซ์ซึ่งละลายในน้ำจะกลับตกผลึกเมื่อแห้ง จึงทำให้เอ็นโกบมีความแข็งดีขึ้น นอกจากบอแรกซ์อาจใช้กาวยหรือน้ำเชื่อมได้ ในบางกรณีใช้โซเดียมคาร์บอเนต

1.2.5 สารเพิ่มความทึบของเอ็นโกบ

ได้แก่ Zirconium oxide ใช้ในกรณีที่ต้องการความทึบสีขาวมาก และสามารถทำให้เอ็นโกบชั้นบาง ๆ มีความทึบดี ส่วนผสมของเอ็นโกบมีความแตกต่างกันมาก บางครั้งการเพิ่มหรือลดปริมาณของส่วนผสมจะไม่ทำให้เกิดผลเสียมากเท่ากับในการทำน้ำยาเคลือบ ข้อสำคัญอยู่ที่เอ็นโกบจะต้องเกาะผิวผลิตภัณฑ์ได้โดยไม่ล่อนหลุดระหว่างการอบแห้ง และเมื่อเผาเคลือบแล้วจะไม่หลุดหรือกระเทาะออก ถ้าเอ็นโกบหลุดจะทำให้เคลือบพลอยหลุดไปด้วย

1.2.6 สารให้สี

สีของเอ็นโกบ นอกจากสีตามธรรมชาติของวัตถุดิบยังอาจจะปรับเปลี่ยนได้ เช่น **ความขาว**

ขึ้นกับปริมาณของดินเหนียวซึ่งไม่น่าจะเกิน 10% บางครั้งใช้ 0.01-0.02% โคบอลท์ออกไซด์ ช่วยให้ดูขาวขึ้น รวมทั้งการใช้ Zirconium oxide ช่วยให้ขาวทึบด้วย

สีต่าง ๆ

เกิดจากการเติมสารให้สีในปริมาณต่าง ๆ ตามต้องการ เช่น

สีน้ำเงิน	โคบอลท์ออกไซด์	2%
สีเขียว	โครเมียมออกไซด์	5%
สีน้ำตาล	แมงกานีสไดออกไซด์	5%
สีแดง	ซมพู ออกไซด์ เหล็กออกไซด์	5%

เป็นต้น

เอ็นโกบที่เตรียมขึ้นมาจะโดยการบดในบอลลมหรือการปั่นในถังก็ดี ควรจะผ่านการกรอง ทั้งนี้ขึ้นกับความละเอียดที่ต้องการ โดยทั่วไปประมาณ 80-100 เมช แล้วนำมาปรับให้มีความหนาแน่นเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน เช่น การพ่น การชุบ การจุ่ม หรือการทา

น้ำยาเคลือบที่ใช้นเอ็นโกบมีความสำคัญต่อสีและคุณภาพของเอ็นโกบ เคลือบที่มีคุณสมบัติเป็นต่างจะช่วยให้เอ็นโกบมีสีสด สำหรับเคลือบกึ่งทึบเมื่อใช้กับเอ็นโกบจะให้ความสวยงามดี โดยเฉพาะเมื่อเป็นเอ็นโกบสีเข้มมักจะซึมผสมกับเคลือบกึ่งทึบทำให้ได้ผิวสัมผัสที่สวยงาม นุ่มนวล

1.3 การใช้เอนโกบ

ก่อนจะใช้เอนโกบควรให้แน่ใจว่าของที่เคลือบปราศจากฝุ่น ความเปรอะเปื้อน จึงต้องทำผิวให้สะอาดเสียก่อนด้วยการขัดด้วยแปรง เป่าด้วยลม เช็ดด้วยฟองน้ำหมาด วิธีใช้โดยทั่วไปในการเอนโกบ คือ

1. การทราดลงบนผลิตภัณฑ์ การจุ่ม
2. การทาด้วยแปรง
3. การพ่น

1.4 ตำหนิจากเอนโกบ

1.4.1 การหลุดล่อน (Peeling) หมายถึงการหลุดล่อนของเอนโกบจากเนื้อดิน โดยไม่มีการแตกของเนื้อดิน เกิดจากหลายสาเหตุดังตัวอย่าง

- ผิวของผลิตภัณฑ์สกปรก
- เกลือซึ่งเกาะอยู่ที่ผิวผลิตภัณฑ์ทำให้เอนโกบกับเนื้อดินไม่สามารถเกาะติดกันได้ดี (การเติม 0.2% $BaCO_3$ ลงในเนื้อดินมักช่วยลดปริมาณเกลือที่ละลายน้ำให้น้อยลงได้)

การแก้ไข คือ การเพิ่มสารช่วยการเกาะติด ได้แก่ borax, sodium carbonate, ปูนพลาสติก, magnesium sulfate หรือ boric acid

- การหลุดร่อนจากการพ่น ทาทับบหลาย ๆ ชั้น
- การหดตัวของเอนโกบและเนื้อดินถ้าไปกันได้ ปัญหาการหลุดร่อนจะน้อย ปัญหามักขึ้นกับเนื้อดินซึ่งอยู่ในลักษณะเป็นบีสกิตค่อนข้างหยาบ แห้งผาก หรือเป็นลักษณะยึดหยุ่น (ดินปั้น) บีสกิตไม่มีการหดตัวเลย ในขณะที่ดินปั้นยังมีการหดตัวมาก จึงต้องให้สัดส่วนของวัตถุดิบพอเหมาะกรณีของดิน ดินขาว เคโอลิน มีการหดตัวน้อยกว่าดินเหนียว ดินเหนียวแต่ละชนิดหรือแต่ละแหล่งก็ยังมี การหดตัวที่แตกต่างกันด้วย เป็นต้น
- การทาเอนโกบหนาเกินไป
- การสุ่มหรือรุ่มไฟผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นมาก ทำให้เกิดไอน้ำ เป็นสาเหตุของการหลุดร่อนได้

1.4.2 การแตก (cracking)

- มีดินมากเกินไป
- ชั้นเอนโกบหนาไป
- เอนโกบถูกบดละเอียดเกินไป ของที่ละเอียดมาก ๆ จะอุ้มน้ำไว้มากทำให้หดตัวมากและยังทำให้มีการละลายของต่างมากขึ้นส่งผลต่อการหดตัวที่มากขึ้น ดังนั้นการเตรียมเอนโกบโดยการกวนจึงเป็นที่ปฏิบัติมากกว่าการบดในหม้อบด

2. วิธีดำเนินการ

การดำเนินการเพื่อพัฒนาการใช้เ็นโกบในผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาราชบุรี แบ่งเป็น 2 แนวทางคือ

- เ็นโกบสำหรับผลิตภัณฑ์เชิงอนุรักษ์
- เ็นโกบสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่

2.1 พัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงอนุรักษ์ด้วยเ็นโกบ

ผลิตภัณฑ์เชิงอนุรักษ์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นจาก เนื้อดินที่ใช้อยู่ในโรงงานในสายการผลิต เดิม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เช่น โอ่ง กระถาง โดยใช้ ดินราชบุรีเป็นส่วนผสมหลักร้อยละ 90 ทรายละเอียด ร้อยละ 10 ขึ้นรูปด้วยการปั้นบนแป้นหมุนและเผาครั้งเดียว (one-firing) ในเตามังกร อุณหภูมิประมาณ 1200 องศาเซลเซียส เ็นโกบที่โรงงานใช้สำหรับติดลายมังกรนั้นเป็นส่วนผสมของดินราชบุรี ประมาณร้อยละ 40-50 ดินขาว ะนองประมาณร้อยละ 50-60 มีความเหนียวดี สีคล้ำ ซึ่งเกิดจากปริมาณเหล็กออกไซด์ในดินราชบุรีมีมาก พบปัญหา การหลุดล่อนของเ็นโกบ

เ็นโกบโรงงาน	เ็นโกบ (J3)	เ็นโกบ (J-4)
ดินราชบุรี, ร้อยละ40-50	ดินราชบุรี 11.5	ดินราชบุรี, ร้อยละ 100
ดินขาวระนอง, ร้อยละ 50-60	ดินขาวระนอง 34.5	
	ดินดำพรุฬห์ 46.0	
	หินปูน 5.7	
	บอแรกซ์ 2.3	

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของเ็นโกบชนิดต่าง ๆ

โครงการฯ ได้พัฒนาเ็นโกบ (J3) ใช้ผลการทดลองและประสบการณ์ของผู้วิจัยจากการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาเครื่องปั้นดินเผาบ้านเชียง โดยใช้ดินเหนียวราชบุรี ดินเหนียวพรุฬห์ และดินขาวระนอง เป็นส่วนประกอบหลัก ดังสูตรใน ตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณดินราชบุรีมีเพียงร้อยละ 11.5 จะทำให้เ็นโกบมีสีขาวนวล ไม่คล้ำ หินปูนช่วยลดการหดตัวของเ็นโกบ เพิ่มความขาวของเ็นโกบ

นอกจากนี้ยังเพิ่มบอแรกซ์ ประมาณร้อยละ 2 เพื่อให้การยึดติดกันระหว่างเอ็นโกบและผิวของผลิตภัณฑ์ใน ระยะแห้งตัวดีขึ้น เนื่องจากบอแรกซ์จะตกผลึกเกิดเป็นตัวเชื่อมระหว่างผิวดินกับเอ็นโกบ

เทหรือราดเอ็นโกบลงบนโองที่ได้บ่มพักไว้จนมีความชื้นพอเหมาะ (ไม่ควรเกินร้อยละ 14-18) แล้วชูดลาย ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ให้สวยงาม เคลือบทับด้วยเคลือบซีเมนต์หรือเคลือบใส LZ 17

เอ็นโกบ J 3 เมื่อเผาแล้วมีสีเนื้อ การเติมสีจะทำให้หน้าออกแบบตลกต่าง มีสีเลือกใช้ตามจินตนาการได้มากขึ้น จึงทำการทดลองต่อ โดยเติมสีผงของบริษัทเซอราคัลเลอร์จำกัดลงในเอ็นโกบ ในอัตราส่วน เอ็นโกบแห้ง : สีผง เท่ากับ 100 : 6 ส่วนโดยน้ำหนัก

หมายเลข	สีผงหมายเลข
J 3	-
J31	2 3 5 3 5 3
J32	2 7 0 6 6
J33	2 5 0 5 2
J34	2 3 5 0 8
J35	M 7 9 9
J36	2 2 4 8 2
J37	2 7 3 7 7
J38	2 2 4 8 2 (1.2%)
	2 3 5 3 3 (4.8%)
J39	2 2 4 8 2 (5%)
	2 3 5 3 3 (1%)

ตารางที่ 2 ปริมาณสีในเอ็นโกบสีต่าง ๆ

นำดินปั้นราชบุรีมาคั่งให้หนาประมาณ 4 มิลลิเมตร ตัดเป็นแผ่นสแลป (Slap) รูปร่างต่าง ๆ แล้วนำสแลป มาชุบเอ็นโกบ 1 ชูต ส่วนอีก 1 ชูต เมื่อชุบเอ็นโกบเสร็จแล้วชุบเคลือบ LZ 17 ซึ่งเป็นเคลือบใสทับอีกชั้นหนึ่ง ผลที่ได้ คือแผ่นสแลป ชูตที่มีเคลือบทับจะมีสีสดใสมากกว่าชูตที่ไม่มีเคลือบ ดังแสดงในภาพที่ 4 ส่วนผลผสมของ LZ 17 แสดงใน ตารางที่ 3

วัตถุดิบ	น้ำหนัก %
แร่ฟันม้า	41.11
หินปูน	18.48
ซิงค์ออกไซด์	9.02
ดินขาว	4.77
ควอตซ์	26.63
เบนโทไนท์	5.00

ตารางที่ 3 แสดงส่วนผสมของเคลือบ LZ 17

การศึกษาเอนิโบทสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกซ์นี้ ยังได้นำดินราชบุรีมาบดให้ละเอียดในหม้อบดบอลมิล (ball mill) ความละเอียดผ่าน 140 เมช เมื่อฟันหรือซุบเอนิโบทนี้ลงบนผลิตภัณฑ์แล้วจะช่วยให้ผิวผลิตภัณฑ์เนียน ลดตำหนิชนิดรูเข็ม ซึ่งเกิดจากความหยาบของเนื้อดินลงได้มาก และทำให้เคลือบมีการสุกตัวดียิ่งขึ้น

2.2 พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยเอนิโบท

ผลิตภัณฑ์ใหม่หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นจากเนื้อดินที่ได้รับการปรับปรุงขึ้นใหม่ โดยทดแทนดินราชบุรีบางส่วนด้วยวัตถุดิบคุณภาพดีกว่า เช่น ดินขาวลำปาง ดินขาวปราจีนบุรี ผ่านการบดให้เนื้อละเอียด ขึ้นรูปโดยการปั้นด้วยเครื่องปั้นจิกเกอร์หรือการหล่อ การเผาอาจเป็นการเผาแบบครั้งเดียวหรือแบบสองครั้ง คือ เผาดิบที่อุณหภูมิตำราวดาว 700-800° เซลเซียส แล้วเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1180° เซลเซียส

การพัฒนาเนื้อดินสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นการเสนอทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้ประกอบการในจังหวัดราชบุรี เนื่องจากในอนาคตการผลิตแบบเดิมที่ทำกันอยู่ซึ่งใช้ฟันเป็นเชื้อเพลิงในการเผาอาจมีปัญหาการขาดแคลนฟันหรือปัญหาด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ อาจต้องเปลี่ยนการผลิตมาเป็นระบบเตาแก๊ส ซึ่งปัจจุบันจังหวัดราชบุรีมีโอกาสดีกว่าที่อื่น ๆ ในการนำแก๊สธรรมชาติมาใช้

ข้อดีอีกประการหนึ่งของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ก็คือ เป็นผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับโอง่งทำให้ใช้เนื้อดินน้อยลง แต่สามารถผลิตสินค้าที่มีมูลค่าเพิ่มสูงกว่าการผลิตโอง่ง เช่น ชุดถ้วยชามใส่อาหารของชำร่วย ของที่ระลึก

2.2.1 เอนิโบท

เอนิโบทที่ใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์คือ J3

2.2.2 เคลือบ

เคลือบที่มีการสุกตัวอยู่ในระดับอุณหภูมิ 1180° เซลเซียส ได้พัฒนามาจากเคลือบ Bristol glaze (Br) ที่มีสูตร

แร่ฟันม้า (ไซดาสปาร์)	ร้อยละ 52.4
หินปูน	ร้อยละ 14.8
ซิงค์ออกไซด์	ร้อยละ 10.3
ดินขาว	ร้อยละ 3.1
ควอตซ์	ร้อยละ 19.5
ฟrit*	ร้อยละ 10.0

*ฟrit XM-133 ของบริษัทเซอรอนิคจำกัด เป็นฟritที่ไม่มีตะกั่ว

นำเคลือบ Br มาพัฒนาเป็นเคลือบสีต่าง ๆ โดยการเติมด้วยออกไซด์ให้สี เช่น เหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ และสีสำเร็จรูป เช่น สีฟ้า 22482 เป็นต้น

ขึ้นตัวอย่างเมื่อชุบด้วยเอนโกบแล้วเคลือบทับด้วยเคลือบ Br สีต่าง ๆ จะสามารถปิดบังสีของดินซึ่งมีสีน้ำตาล ทำให้เคลือบเหล่านี้มีสีสดใส ถึงแม้จะเคลือบอยู่บนผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อดินสีน้ำตาล

3. ผลการศึกษาวิจัย

3.1 เอ็นโกบสี J3

ผลการศึกษาวิจัยทำเอ็นโกบสี ได้เอ็นโกบสีต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 4

หมายเลข	ผลการทดลอง
J3	สีชาวนวล
J31	สีเหลือง
J32	สีชมพูอมน้ำตาล
J33	สีเขียวอมเทา
J34	สีชมพูออกส้ม
J35	สีเทา
J36	สีเขียวอมฟ้า
J37	สีชมพู
J38	สีเขียวตอง
J39	สีเขียวฟ้า

ตารางที่ 4 ผลการเกิดสีในเอ็นโกบ



ภาพที่ 4 เอ็นโกบสีต่าง ๆ

3.2 เ็นโกบ J4

ผลการศึกษาวิจัยเ็นโกบจากดินราชบุรีบดละเอียดแสดงในภาพที่ 5 เ็นโกบที่
ใช้เ็นโกบ J 4 (ขวา) และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้เ็นโกบ J 4 (ซ้าย) เ็นโกบ J4 ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความเนียน ลดตำหนิ
รูเข็มและทำให้เคลือบมีการสุกตัวดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 5 ผลการใช้เ็นโกบ J 4

3.3 การใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เชิงอนุรักษ์

ใช้เ็นโกบสีต่าง ๆ ตกแต่งโถง กระถาง เพื่อให้มีสีใหม่ ๆ เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ โดยนำไป
ทดลองใช้ที่โรงงานสหศิลป์ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ดังแสดงในภาพที่ 6 และภาพที่ 7



ภาพที่ 6 โถงราชบุรีที่ใช้เ็นโกบ J 3



ภาพที่ 7 โถ่งราชบุรีประดับตกแต่งด้วยเส้นโกบสีต่างๆ

3.4 การใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ใหม่

ทำผลิตภัณฑ์ชุดภาชนะใส่อาหาร โคมไฟ ฯลฯ โดยใช้เทคนิคเส้นโกบตกแต่ง สร้างคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลิตภัณฑ์ใหม่ตกแต่งด้วยเงินโอบ

3.5 เคลือบ Br สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่

จากการทดลองในข้อ 2.3 ได้ผลเป็นเคลือบที่มีสีสดใสมากมาย ดังแสดงในภาพที่ 9-14 เหมาะสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ

เหลือง 23533 10 %



น้ำตาล 26487 5%

ส้ม 23508 10%

ภาพที่ 9 เคลือบสีจากการทดลอง

เหลือง 23533 10%



น้ำตาล 26028 5%

ส้ม 23508 10%

ภาพที่ 10 เคลือบสีจากการทดลอง

เหลือง 23533 10%



Clear

ฟ้า 22482 2%

ภาพที่ 11 เคลือบสีจากการทดลอง

CuCo_3 6%



Clear

Fe_2O_3 2%

ภาพที่ 12 เคลือบสีจากการทดลอง

MnO₂ 2%



Clear

NiO 2%

ภาพที่ 13 เคลือบสีจากการทดลอง

CuO 4%



Clear

Cr₂O₃ 4%

ภาพที่ 14 เคลือบสีจากการทดลอง

4. สรุปผลการศึกษาวิจัย

4.1 สรุปผล

การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาเอ็นโกบสำหรับผลิตภัณฑ์ราชบุรี ได้ผลดีทั้งเอ็นโกบสีขาวและสีต่าง ๆ เอ็นโกบเข้ากับเนื้อดินไม่หลุดล่อน ลดปัญหาเคลือบหลุดล่อน อันเนื่องมาจากเอ็นโกบหลุดล่อนได้ ทำให้ผู้ประกอบการมีแนวทางในการพัฒนาการตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยเอ็นโกบ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ด้วยสีสรรใหม่ ๆ มีผิวสัมผัส (Texture) ที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิม ๆ นับเป็นมิติใหม่ของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรี

กระบวนการเตรียมและวิธีการใช้เอ็นโกบไม่มีความยุ่งยาก สามารถใช้กับกระบวนการผลิตของโรงงานที่ดำเนินการอยู่แล้ว และเผาในเตามังกร ในอุณหภูมิการเผาเช่นเดียวกับการเผาโถ่งมังกร

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 เนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของจังหวัดราชบุรีมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักจากการติดลายมังกรลงบนผลิตภัณฑ์จนเป็นเอกลักษณ์ ควรแก่การอนุรักษ์และพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น ผู้ประกอบการควรให้ความสนใจในการใช้ประโยชน์ของเอ็นโกบให้มาก

4.2.2 เพิ่มบุคลากรทางด้าน การออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้มีผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบทันสมัย มีประโยชน์ใช้สอย ถูกใจผู้ซื้อ เช่น เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ของประดับตกแต่งต่าง ๆ

4.2.3 จัดทำแคตตาล็อกสินค้า หรือทำเว็บไซต์เพื่อเผยแพร่สินค้า

4.2.4 ร่วมงานแสดงสินค้า ซึ่งมีทั้งในและต่างประเทศ เพื่อเพิ่มโอกาสการขายและเพิ่มพูนความรู้ ทั้งด้านเทคโนโลยีและแนวโน้มความนิยมสินค้าของตลาด

5. เอกสารอ้างอิง

1. Parmelee, C.W., *Ceramic Glazes*, Massachusetts, CBI Publishing Company Inc., 1975.
2. Daniel Rhodes, *Clay and Glazes for the Potter*, Chilton Book Company, 1973.
3. พิมพ์วัลค์ วิฒโนภาส, *การศึกษาเครื่องปั้นดินเผาบ้านเชียง*, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2540
4. กลุ่มวิจัยแร่อุตสาหกรรม, *เนื้อดินปั้นจากโรงงานโถ่งมังกรราชบุรี*, กองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2540.
5. พิมพ์วัลค์ วิฒโนภาส, *เอ็นโกบ*, เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง เครื่องปั้นดินเผาราชบุรี ปี 2000 กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2542.
6. เทพีวรรณ จิตรวัชรโกมล, *เนื้อดินผสมราชบุรี*, เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง เครื่องปั้นดินเผาราชบุรี ปี 2000, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2542.
7. วรรณดา ต.แสงจันทร์, *การหล่อดินราชบุรี*, เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง เครื่องปั้นดินเผาราชบุรี ปี 2000, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2542.
8. Richard R.Eppler and Douglas R.Eppler, *Glazes and Glass Coating*, Ohio, The American Ceramic Society, 1998.

3.8 การปรับปรุงกระบวนการเผา ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จังหวัดราชบุรี

โครงการย่อยที่ 2

การปรับปรุงกระบวนการเผา
ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร

โดย

นาย ปฐมยศ วัลลิกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2544

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จังหวัดราชบุรี

โครงการย่อยที่ 2

การปรับปรุงกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร

ผู้วิจัย

นาย ปุณยศ วัลลิกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสมนึก ชินภาณวัฒน์ เจ้าของโรงโอบีเรื่องศิลป์ 2 ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต พึ่งธรรมสาร ที่ให้คำปรึกษาแนะนำที่ดี มาโดยตลอดการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยนายณัฐวุฒิ หนูเกื้อ ที่ได้ทำงานหนัก เพื่อให้ผลงานวิจัยนี้มีผลออกมาเป็นที่น่าพอใจยิ่ง ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและ คณะวิศวกรรมศาสตร์ในการใช้โปรแกรม Matlab เพื่อการการคำนวณเชิงตัวเลข ขอขอบคุณ คุณพิมพ์วัลย์ วัฒนภาส กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้จะสำเร็จมิได้ถ้าไม่มีหน่วยงานสนับสนุนการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และขอบคุณงานส่งเสริมวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนืออำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆมา ณ โอกาสนี้ ด้วย

บทคัดย่อ

สัญญาเลขที่ : RDG/0017/2542

ชื่อโครงการ : การปรับปรุงกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร

ผู้วิจัย : นายปุมยศ วัลลิกุล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Email Address : pyy@kmitnb.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 1 ปี

วัตถุประสงค์ของโครงการ : เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจขั้นมูลฐานในกระบวนการทางความร้อนที่สัมพันธ์กับการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกรและลดความสูญเสียในกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร

วิธีการวิจัย : เก็บข้อมูลภาคสนามของความเสียหายของผลิตภัณฑ์พร้อมกับพฤติกรรมเชิงความร้อนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของผลิตภัณฑ์กับพฤติกรรมเชิงความร้อนของเตา เสนอแนวทางการแก้ไขกระบวนการเผาเพื่อลดความเสียหาย

ผลการวิจัย: เตามังกรเป็นเตาที่มีลักษณะเฉพาะของจังหวัดราชบุรีมีขนาดความจุภายในเตา 285 ลูกบาศก์เมตร ตัวเตาพัฒนาขยายขนาดมาจากเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาแบบดั้งเดิม หนึ่งรอบการทำงานของเตามังกรใช้เวลาทั้งสิ้น 72 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาจำแนกได้เป็นสามประเภทคือ เกรตหนึ่ง, เกรตสอง (หลังจากซ่อมแซมแล้วสามารถนำไปจำหน่ายได้) และผลิตภัณฑ์แตกหัก สำหรับงานวิจัยนี้ถือว่าผลิตภัณฑ์เสียหายคือผลิตภัณฑ์เกรตสองและผลิตภัณฑ์แตกหักรวมกัน ความเสียหายของผลิตภัณฑ์มีมากที่สุดบริเวณด้านหน้าเตาซึ่งคิดเป็น 30% ของผลิตภัณฑ์ ณ.บริเวณนั้น เชื้อเพลิงที่ใช้ในเตามังกรเป็นไม้ฟืนซึ่งมีค่าความร้อนโดยเฉลี่ย 18,014 kJ/kg ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการสุ่มไฟที่หัวเตาทั้งสิ้น 2,243 kg และใช้ในการเดินไฟไปท้ายเตา 5,682 kg อุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการเผาคือ 1,274 °C จากการบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆแล้วนำมาประมวลพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามเวลามีขนาดสูงมากบริเวณด้านหน้าเตา ในขณะที่บริเวณถัดมาอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และจะสูงอย่างรวดเร็วขึ้นเมื่อเดินไฟมาถึงบริเวณนั้น

สรุปผลการวิจัย : จากการวิเคราะห์ผลการวัดประเมินได้ว่าสาเหตุของความเสียหายเกิดจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขึ้น-ลงมีสูงมากในบริเวณด้านหน้าเตา ซึ่งจะทำความร้อนถ่ายเทให้กับผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ สถานการณ์ดังกล่าวสามารถปรับลดได้โดยการใส่อุปกรณ์สะสมความร้อนไว้ระหว่างกะโหลกเตากับห้องเผาผลิตภัณฑ์ห้องที่หนึ่ง การคำนวณเชิงตัวเลขขั้นต้นเพื่อแสดงการหน่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของก๊าซร้อน โดยการใส่อุปกรณ์สะสมความร้อนจำลองแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแนวทางดังกล่าวในการแก้ปัญหา

งานที่จะทำในอนาคต : คำนวณออกแบบอุปกรณ์สะสมความร้อนสำหรับการใช้งานในเตาจริงเพื่อหน่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะด้านหน้าเตา และทำการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงการสันดาป

Abstract

Project Code : RDG/0017/2542

Project Title : Improvement of firing process of ceramic ware in a dragon kiln

Investigator : Pumyos Vallikul, Departmet of Mechanical Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok.

Email Address : pyy@kmitnb.ac.th

Project Period : 1 year

Objectives : To study the fundamental thermal process related to the firing of ceramic wares in a "dragon kiln" and to explore possibilities for the reduction of ware damage.

Research Methodology: Data on quantity of ceramic wares damaged, firing load and temperature distribution within the dragon kiln is collected. The relationship between the firing rate and the product damaged is analyzed. Methods for improving the firing process are then determined.

Results: Dragon kiln, a typical type of ceramic furnace in Ratchaburi province, is a large kiln of 285 cubicmeters in volume. It has been developed and its size enlarged from the conventional ceramic kiln used in Thailand. One firing cycle lasts 72 hours, and the quality of the fired products are classified as the first grade, the second grade (minor repair is needed) and the totally damaged products. The last two classes are considered as the damaged products in our study. Most of the damaged products are found at the front part of the kiln and are about 30% at that location. The kiln is fired with wood: 2,243 kg of which is brunt during the preheating process and 5,682 kg during the stroking process along the length of the kiln. The average heating value of the wood is 18,014 kJ/kg. The maximum firing temperature is 1,274 °C. The rate of change of temperature with time along the kiln is found to fluctuate wildly especially in the front chamber of the kiln. The temperature along other parts of the kiln however increases steadily and reaches a maximum, before declining, at the end of stoking.

Conclusion : Analyses of the experimental data shows that the front region where the majority of products damage occurs corresponds to the region where the magnitude and frequency of fluctuation of the rate of change of temperature is highest. The fluctuation can be damped by installing a heat storage box next to the firing box. Numerical simulation of the damping effect on temperature changes resulting from the installation of a pseudo one-dimensional heat storage box is demonstrated in the appendix of this report. This result points to the potential of using a heat storage device (such as bricks) to reduce the product damage.

Future research: Detailed calculation and design of an actual heat storage box for damping the hot gas temperature fluctuation and combustion analysis within the kiln will be advanced.

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)
ทุนวิจัยฝ่ายสนับสนุนการวิจัยในภาคอุตสาหกรรม

- ชื่อโครงการ
การปรับปรุงกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร
Improvement of firing process of ceramic ware in a dragon kiln
- ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานที่สังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
ชื่อ-สกุล นายปุมยศ วัลลิกุล
Mr. Pumyos Vallikul
หน่วยงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่อยู่ 1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800
โทรศัพท์ 02 9132500 ต่อ 8321 หรือ 8315
โทรสาร 02 5870026 ต่อ 111
E-mail pyy@kmitnb.ac.th
- สาขาที่ทำการวิจัย สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
- งบประมาณทั้งโครงการ 249,300 บาท
- ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี
- ได้เสนอโครงการนี้หรือโครงการที่มีส่วนเหมือนกับเรื่องนี้บางส่วนเพื่อขอทุนต่อแหล่งทุนอื่น
ที่ได้บ้าง
 ไม่ได้เสนอต่อแหล่งทุนอื่น
 เสนอต่อ.....สำนักงานงบประมาณ
หมวดเงินสนับสนุนวิจัย
งบประมาณประจำปีงบประมาณ 2541
- ปัญหาที่ทำการวิจัย และความสำคัญของปัญหา
หลังจากเผาผลิตภัณฑ์ดิบในเตามังกรแล้วจะพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เสียหายประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด และความเสียหายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นบริเวณด้านหน้าเตา โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่มีเสียหายเกือบทั้งหมด จากการที่บริเวณดังกล่าวอยู่ใกล้กับกระโหลกเตาที่เป็นห้องเผาไหม้หลักและความร้อนถ่ายเทสู่ผลิตภัณฑ์โดยตรง กระบวนการทางความร้อนของการเผาผลิตภัณฑ์บริเวณนี้เทียบกับบริเวณอื่นๆของเตาจึงมีความสำคัญและอาจเป็นสาเหตุหลักของความเสียหาย

8. วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจขั้นมูลฐานในกระบวนการทางความร้อนที่สัมพันธ์กับการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกรและลดความสูญเสียในกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร

9. ระเบียบวิธีวิจัย

เก็บข้อมูลภาคสนามของความเสียหายของผลิตภัณฑ์พร้อมกับพฤติกรรมเชิงความร้อนและการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายกับพฤติกรรมเชิงความร้อนของเตา เสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการเผา

10. สรุปผลการวิจัย

สาเหตุของการเสียหายเกิดเนื่องจากอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขึ้น-ลงมีสูงมาก ในบริเวณห้องที่หนึ่งและสองทำให้ผลิตภัณฑ์ตกอยู่ในสภาวะการถ่ายเทความร้อนแบบไม่สม่ำเสมอเป็นช่วง สถานการณ์ดังกล่าวสามารถปรับให้เป็นแบบมีการถ่ายเทความร้อนอย่างสม่ำเสมอโดยการเพิ่มอุปกรณ์สะสมความร้อนไว้ระหว่างกะโหลกเตาและผลิตภัณฑ์ห้องที่หนึ่ง การคำนวณเชิงตัวเลขขั้นต้นเพื่อแสดงการหน่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของก๊าซร้อนด้วยการใส่อุปกรณ์สะสมความร้อนจำลอง แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแนวทางดังกล่าวในการแก้ปัญหา

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
หน้าสรุปโครงการ	จ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขต	2
วิธีการดำเนินการ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ลักษณะและการทำงานของเตา	4
ส่วนประกอบของเตา	4
ขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ์	10
3. ผลิตภัณฑ์และความเสียหาย	17
ผลิตภัณฑ์ที่เผาในเตามังกร	17
การสำรวจลักษณะความเสียหาย	21
4. พฤติกรรมเชิงความร้อนของเตา	28
การใช้เชื้อเพลิงที่กระโหลกเตา	28
การใช้เชื้อเพลิงช่วงเดินไฟไปท้ายเตา	33
ผลการวัดอุณหภูมิในเตา	37
5. อุปกรณ์กักเก็บพลังงานความร้อน	43
อุปกรณ์กักเก็บพลังงานความร้อนจำลอง	43
สมการครอบคลุม	43
การแก้ปัญหาด้วยวิธีเชิงตัวเลข	46
ผลการคำนวณ	48
6. สรุปผลการทดลอง	51
ข้อเสนอแนะ	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	54
บทความ การศึกษาเบื้องต้นของเตามังกร: รูปร่างการทำงานและสัดส่วน ความเสียหายของผลิตภัณฑ์จากการเผา	55
บทความ การศึกษากระบวนการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร	61

คำอธิบายสัญลักษณ์

อักษรอารบิก

A	พื้นที่ผิวที่ถ่ายเทความร้อน
c	ความจุความร้อนจำเพาะ
e	ขอบของไฟไนต์โวลุ่มทางทิศตะวันออก
E	จุดกึ่งกลางของไฟไนต์โวลุ่มที่ติดกันทางทิศตะวันออก
h	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน
L	ความยาวของอุปกรณ์กักเก็บพลังงานความร้อน
m	อัตราการไหลเชิงมวล
P	จุดกึ่งกลางของไฟไนต์โวลุ่ม
S	พื้นที่หน้าตัด
t	อุณหภูมิ
T	อุณหภูมิไร้มิติ
v	ปริมาตร
x	ระยะทางตามแนวแกน x
w	ขอบของไฟไนต์โวลุ่มทางทิศตะวันตก
W	จุดกึ่งกลางของไฟไนต์โวลุ่มที่ติดกันทางทิศตะวันตก
y	ระยะทางตามแนวแกน y

อักษรกรีก

ρ	ความหนาแน่น
ξ	ระยะทางไร้มิติ
λ	ความยาวไร้มิติ
η	เวลาไร้มิติ
τ	เวลา
ϕ	เส้นผ่านศูนย์กลาง

ตัวห้อย

0	จุดเริ่มต้น
e	ขอบของไฟไนต์โวลุ่มทางทิศตะวันออก
E	จุดกึ่งกลางของไฟไนต์โวลุ่มที่ติดกันทางทิศตะวันออก

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

ตัวห้อย (ต่อ)

f	ก๊าซร้อน
m	วัสดุที่กักเก็บพลังงานความร้อน
P	จุดกึ่งกลางของไฟไนต์โวลุ่ม
w	ขอบของไฟไนต์โวลุ่มทางทิศตะวันตก
W	จุดกึ่งกลางของไฟไนต์โวลุ่มที่ติดกันทางทิศตะวันตก
l_x	ที่ทางเข้าของอิเลิเมนต์
$l_{x+\Delta x}$	ที่ทางออกของอิเลิเมนต์

บทที่ 1

บทนำ

เตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรีหรือภาษาพื้นบ้านเรียกว่าเตามังกรเป็นเตาเผาที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์โถ่งมังกรที่พบเห็นกันทั่วไป เตามังกรพัฒนารูปแบบจากเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาจากประเทศจีน [1]

เตาเผาเครื่องปั้นดินเผาชนิดนี้เป็นเตาเผาแบบดราฟต์แนวนอน (Horizontal draft kiln) มีการเคลื่อนที่ของเปลวไฟจากทางเข้าก๊าซร้อนด้านหน้าเตาไปยังด้านหลังเตาตามแนวตั้งฉากกับผลิตภัณฑ์ เตาเผาแบบดราฟต์แนวนอนสันนิษฐานว่าเกิดที่ประเทศเกาหลี จีน และญี่ปุ่นพร้อมๆ กัน [2] เตาเผายุคแรกเกิดขึ้นโดยการเจาะเนินดินให้เป็นรูใหญ่พอที่จะให้คนคลานเข้าไปวางผลิตภัณฑ์ดิบได้ และช่วงท้ายของเตาทำเป็นปล่องไฟสู่บรรยากาศ เมื่อสร้างโพรงแล้วจึงสร้างห้องไฟ (Fire box) แล้วจึงปล่อยให้ส่วนต่างๆแห้ง ทำการเผาเตาเพื่อให้เตาเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเตาที่มีลักษณะแข็ง เพื่อที่จะพัฒนาเตาให้ดีขึ้นและสะดวกในการทำงานจึงเปลี่ยนจากเตาที่เจาะอุโมงค์ดินมาเป็นเตาที่สร้างโดยอิฐแทน แบ่งเตาเผาแบบดราฟต์แนวนอนสามารถแบ่งได้เป็นสามชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ เตาเผาแบบห้องเดียว เตาเผาแบบหลายห้อง เตาเผาแบบท่อ โดยเตามังกรสามารถจัดอยู่ในชนิดสุดท้าย

จากประวัติจากผลการสำรวจการอุตสาหกรรมและการพาณิชย์กรรมแห่งประเทศไทย [1] พบว่า โรงงานเครื่องปั้นดินเผาเก่าแห่งนี้เป็นแห่งแรกที่ราชบุรีตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำแม่กลองโดยมีนายช่างทำเครื่องปั้นดินเผาชาวจีนแต่จี๋ชื่อ จือเหม็ง แซ่ฮึง เป็นผู้ก่อตั้งโดยทำเป็นเตาแบบดราฟต์แนวนอนแบบท่อซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเตาเผาที่ใช้ในปัจจุบัน มีหลักฐานปรากฏใน [1] ว่านายช่างสนั่น โรงโถ่งรุ่งศิลป์เป็นผู้เริ่มขยายเตาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อประมาณพ.ศ. 2531 และมีโรงโถ่งอื่นๆทำตามกันมา ในปัจจุบันโรงงานทำโถ่งของราชบุรีมีประมาณ 50 โรง เกือบทั้งหมดอยู่ในอำเภอเมืองตั้งติดกันคล้ายโรงงานในนิคมอุตสาหกรรม โดยเตามังกรใช้ผลิตโถ่งและกระถางขนาดต่างๆจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ตลาดต่างประเทศที่สำคัญได้แก่ประเทศญี่ปุ่น ออสเตรเลีย ยุโรปและอเมริกาเหนือ อย่างไรก็ตามในระยะหลังการส่งออกไปยังตลาดเหล่านี้ได้ลดลงอย่างมากเนื่องจากการแข่งขันจากประเทศเพื่อนบ้านโดยเฉพาะประเทศเวียดนามซึ่งได้เปรียบทั้งค่าแรงและค่าต้นทุนวัสดุที่ต่ำกว่าจึงจำเป็นต้องลดค่าใช้จ่ายในการผลิตพร้อมทั้งยกมาตรฐานในการผลิตด้วย

เตามังกรเป็นเตาขนาดใหญ่มีปริมาตรภายในเตาโดยรวมประมาณ 285 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาตรดังกล่าวทำให้เตาชนิดนี้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้ครั้งละจำนวนมาก

แม้ว่าเตามังกรได้ถูกใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาเป็นเวลานานแต่ยังคงรูปแบบดั้งเดิมที่สืบทอดกันมาไม่ว่าจะเป็นในด้านรูปร่างของเตา หรือในด้านกระบวนการเผาให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ซึ่งยังคงใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากจำนวนผลิตภัณฑ์ต่อเตาที่สูงในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการผลิตไม่สูงมากเตามังกรจึงยังคงเป็นเตาเผาที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เตามังกรไม่ได้ผ่านการพัฒนาเชิงวิศวกรรมมากนักตลอดช่วงเวลาที่ผ่านมา ตัวเลขประสิทธิภาพเชิงปริมาตรการผลิตต่อเตาจึงต่ำ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์มีการแตกร้าวเสียหายประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ต่อเตา ซึ่งความเสียหายส่วนใหญ่จะอยู่ที่บริเวณด้านหน้าเตาซึ่งเสียหายกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ที่อยู่บริเวณด้านหน้าเตาเสียหาย 80 เปอร์เซ็นต์ ตัวเลขแสดงความเสียหายดังกล่าวเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการนำเตามังกรไปใช้เผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่มีมูลค่าสูง โครงการนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาและทำความเข้าใจขั้นมูลฐานในกระบวนการทางความร้อนที่สัมพันธ์กับการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกรเพื่อลดการสูญเสียของผลผลิต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจขั้นมูลฐานในกระบวนการทางความร้อนที่สัมพันธ์กับการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร
2. เพื่อหาแนวทางการลดการสูญเสียของผลผลิตในกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในเตามังกร

ขอบเขต

1. เตาที่ใช้เป็นเตามังกรที่ตั้งอยู่ในโรงงานเรืองศิลป์ 2 ของคุณสมนึก ชินภาณวัฒน์ มีความยาว 62 เมตร กว้าง 3 เมตร สูง 2 เมตร
2. ผลิตภัณฑ์หลังการเผาแบ่งออกเป็นสามประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เกรดหนึ่ง ผลิตภัณฑ์เกรดสองและผลิตภัณฑ์แตกหัก ในการวิเคราะห์ความเสียหายใช้ผลิตภัณฑ์เกรดสองกับผลิตภัณฑ์แตกหักรวมกัน
3. เชื้อเพลิงที่ใช้ในเผาผลิตภัณฑ์ใช้เฉพาะไม้ยางพาราและไม้เบญจพรรณ
4. อุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ใช้อุณหภูมิบันทึกค่าจากกึ่งกลางของหลังคาเตา
5. ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมความเสียหายกับพฤติกรรมเชิงความร้อนโดยใช้การวิเคราะห์อุณหภูมิและอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่บันทึกจากหลังคา

วิธีการดำเนินการ

1. ตรวจสอบลักษณะความเสียหายของผลิตภัณฑ์โดยแบ่งเตาออกเป็นห้าส่วนโดยใช้ประตูเตาเป็นตัวแบ่ง

2. บันทึกพฤติกรรมการใช้เชื้อเพลิงภายในเตา เชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาแบ่งเป็นหลักๆได้สองส่วนหลักคือเชื้อเพลิงช่วงสุ่มไฟที่กะโหลกเตากับเชื้อเพลิงช่วงเดินไฟไปท้ายเตา โดยบันทึกน้ำหนักของเชื้อเพลิงและเวลาที่ใช้ในขณะนั้น
3. บันทึกอุณหภูมิภายในเตาโดยเจาะรูที่หลังคาเตาแล้วใส่เทอร์โมคัปเบิลลงไป บันทึกอุณหภูมิตัวอุปกรณ์เก็บสัญญาณ
4. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของความเสียหายกับพฤติกรรมเชิงความร้อน
5. ใช้ผลวิเคราะห์ข้อ 4 เพื่อเสนอวิธีลดความเสียหายอันเนื่องมาจากพฤติกรรมเชิงความร้อน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบพฤติกรรมเชิงความร้อนของเตามังกร
2. แนวทางลดความสูญเสียในเตามังกร

บทที่ 2

ลักษณะและการทำงานของเตา

ข้อมูลในบทนี้ได้มาจากการปฏิบัติการบันทึกข้อมูลจากโรงงานเรืองศิลป์ 2 ซึ่งอยู่ที่ 34/1 ถนนเพชรเกษม ต.เจดีย์หัก อ.เมือง จ.ราชบุรี ประกอบด้วยลักษณะและส่วนประกอบของเตา ตั้งแต่กะโหลกเตาจนถึงปล่องไฟ ตลอดจนถึงขั้นตอนในการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาตั้งแต่เรียงผลิตภัณฑ์จนถึงเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ออกจากเตา

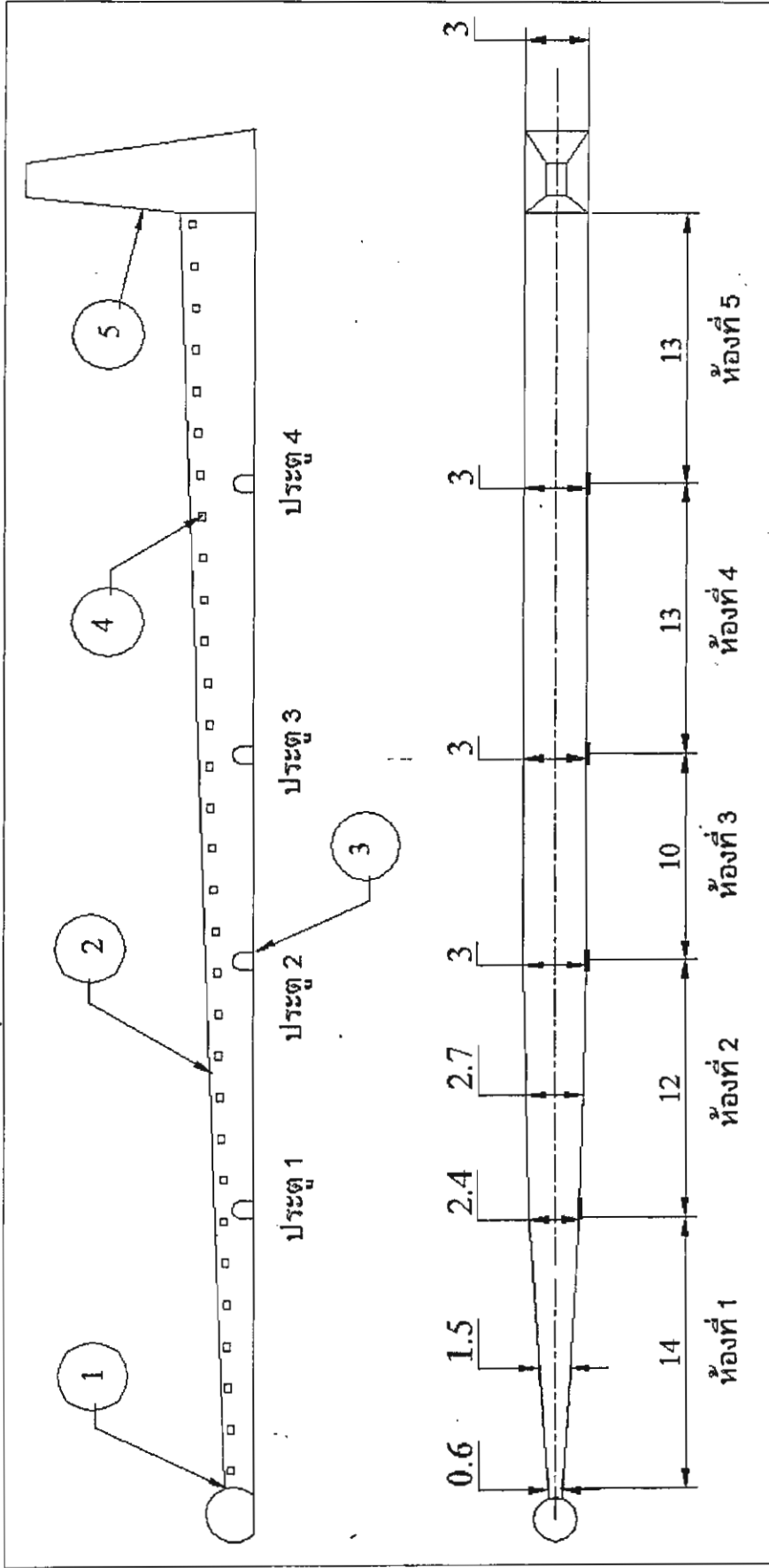
ส่วนประกอบของเตา

เตาเผาเครื่องปั้นดินเผาจังหวัดราชบุรี (เตามังกร) เป็นเตาเผาขนาดใหญ่มีความจุประมาณ 285 ลูกบาศก์เมตร ยาว 62 เมตร ความกว้างภายในใกล้กะโหลกเตากว้าง 0.6 เมตร ขนาดความกว้างขยายขึ้นจนถึงขนาด 3 เมตรที่บริเวณกลางเตาและขนาดคงที่ที่ 3 เมตรจนถึงท้ายเตา ความสูงภายในเตาเพิ่มขึ้นจาก 1.25 เมตรใกล้กะโหลกเตาเป็น 2 เมตรเมื่ออยู่ตรงกลางเตาและคงที่ที่ 2 เมตรไปจนถึงท้ายเตาดังภาพที่ 1 เตามังกรในแต่ละโรงงานมีขนาดไม่เท่ากัน แต่มีลักษณะและส่วนประกอบหลักที่เหมือนกัน

จากภาพที่ 1 เตามังกรสามารถแบ่งได้เป็นส่วนต่างๆคือ 1)กะโหลกเตา, 2)ตัวเตา, 3)ประตูขนถ่ายผลิตภัณฑ์, 4)ตาไฟ, 5)ผนังช่องไฟออก และ 6)ปล่องไฟตามลำดับ แต่ละส่วนมีการใช้งานดังนี้ กะโหลกเตาทำหน้าที่เป็นห้องเผาไหม้เพื่อให้ได้ก๊าซร้อน ซึ่งก๊าซร้อนถูกดูดโดยอาศัยความดันลดด้วยdraftธรรมชาติ (Natural draft) ผ่านเข้าสู่ตัวเตาซึ่งมีผลิตภัณฑ์จัดเรียงอยู่ เมื่อก๊าซร้อนไหลผ่านผลิตภัณฑ์จะถ่ายเทความร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ และขณะเดียวกันพาความชื้นออกจากเตาผ่านผนังช่องไฟออกที่อยู่ท้ายเตา และออกสู่บรรยากาศผ่านปล่องไฟตามลำดับ ลักษณะโดยละเอียดของส่วนต่างๆของเตาสามารถบรรยายได้ดังต่อไปนี้

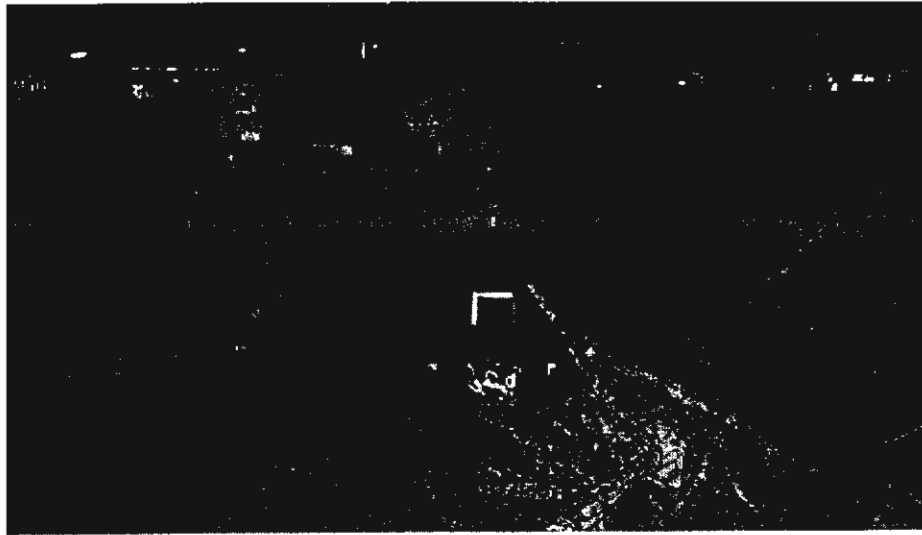
กะโหลกเตา

กะโหลกเตาอยู่ด้านหน้าสุดของเตาทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนขั้นเริ่มต้นภายในเตาซึ่งเป็นจุดที่ได้รับความร้อนนานที่สุด กะโหลกเตาก่อด้วยอิฐซึ่งมีความหนากว่าส่วนอื่นมาก เพราะต้องเป็นฉนวนป้องกันไม่ให้เกิดความสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม กะโหลกเตาใช้งานในขั้นตอนสุ่มไฟที่กะโหลกเตา (ดูหัวข้อถัดไป) ลักษณะของกะโหลกเตาเมื่อมองจากด้านนอกเห็นเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมและด้านบนเป็นโดม ด้านหน้ามีช่องใส่ฟืนสองช่องดังภาพที่ 2 ช่องล่างใช้ใส่ฟืนในช่วงแรกที่เริ่มต้นให้ความร้อนกับเตาขณะเดียวกันช่องบนมีแผ่นอิฐปิดไว้ หลังจากได้อุ่นเตาแล้วประมาณ 8 ชั่วโมงจะใส่ฟืนที่ช่องบนซึ่งสามารถใส่ฟืนในปริมาณมาก

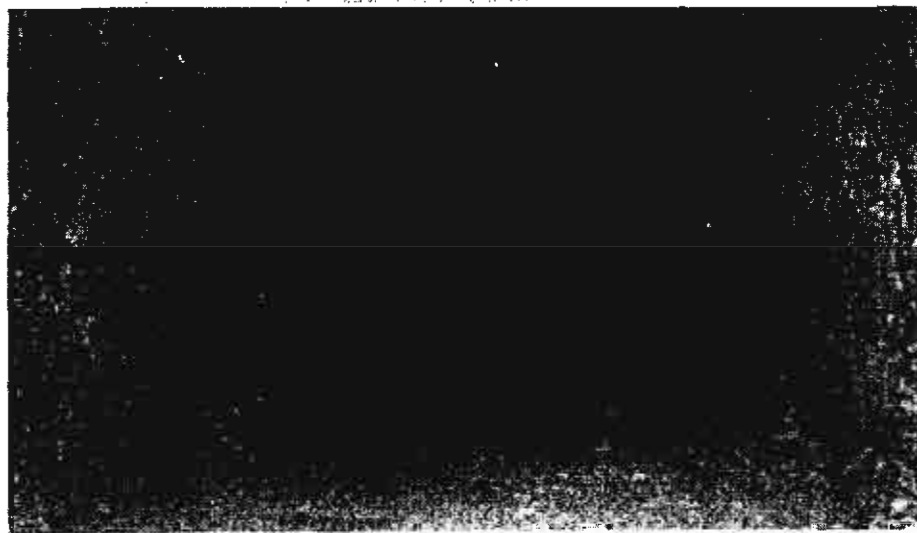


ภาพที่ 1 เตามังกร (1) กะโหลกเตา (2) ตัวเตา (3) ประตูเตา (4) ดาไฟ (5) ผนังไฟออก (6) ปล่องไฟ

การใส่ฟืนในช่องบนซึ่งภาษาคนเตาเรียกว่าการให้ไฟใหญ่ทำโดยนำแผ่นอิฐที่อยู่ในช่องบนออกแล้วใส่ฟืนในช่องบน ฟืนที่ใส่สามารถเข้าไปในเตาได้ลึกกว่าและทำให้อุณหภูมิของก๊าซร้อนที่เข้าเตาสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ (1,250 องศาเซลเซียส) ด้านหน้าของกะโหลกเตามีลักษณะเหมือนบ่อที่ต่ำลงไปเพื่อใช้เป็นพื้นที่รองรับฟืนที่ใส่เข้าไป ฟืนที่ใช้ในการสุมไฟที่กะโหลกเตาจะวางไว้ข้างๆเตาเพื่อให้ความร้อนจากเตาไล่ความชื้นของฟืนด้วย ภาพที่ 3 แสดงภาพถ่ายด้านในของกะโหลกเตาซึ่งแสดงให้เห็นช่วงการขยายความกว้างของลำตัวเตาและซี่เก้าอี้ที่หนี้ออกจากการสุมไฟที่กะโหลกเตา



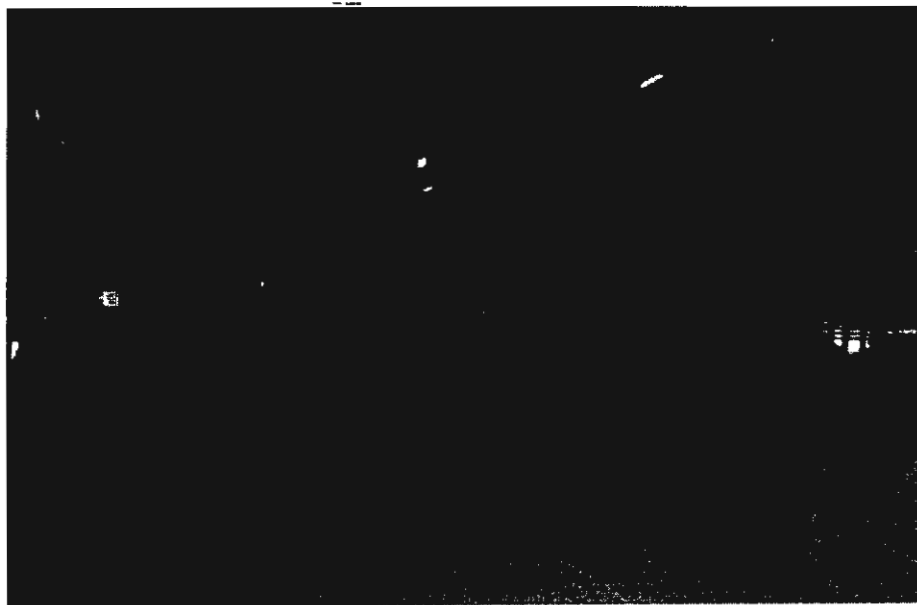
ภาพที่ 2 ด้านนอกของกะโหลกเตา



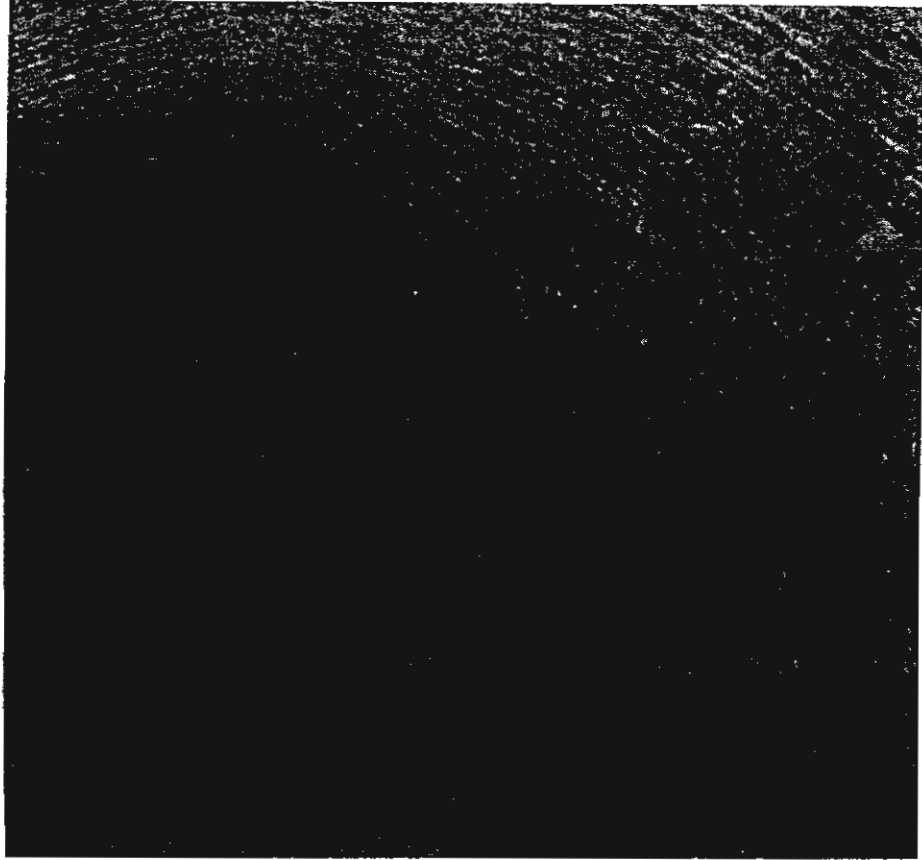
ภาพที่ 3 ด้านในของกะโหลกเตา

ลำตัวเตา

ลำตัวเตาเป็นส่วนที่ยาวที่สุดของเตาใช้บรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีความยาว 62 เมตร มีความจุประมาณ 285 ลูกบาศก์เมตร ด้านหน้าของเตา (ที่ติดกับกะโหลกของเตา) มีความกว้างน้อยกว่าด้านหลังของเตา (ติดกับปล่องไฟ) ลำตัวเตาก่อด้วยอิฐมีความหนาแน่นกว่ากะโหลกเตา หลังคาและพื้นเตามีความเอียงโดยท้ายเตามีความสูงกว่าด้านหน้าตามไหล่ของก๊าซร้อน พื้นของเตาเป็นทรายผสมกับซีเมนต์เพื่อให้วางขาตั้งสำหรับรองรับผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น ถ้าพื้นเตาเป็นอิฐแล้วเตามีความเอียงอย่างที่เป็นอยู่ทำให้การเรียงผลิตภัณฑ์เป็นด้วยความลำบาก ดังนั้นพื้นเตาจึงทำด้วยทรายและซีเมนต์ (ซึ่งเกิดจากเผาไหม้ของฟืน) อิฐก่อขึ้นเป็นรูปทรงของอุโมงค์ ด้านบนของเตาเป็นส่วนโค้งซึ่งรับน้ำหนักได้ดี ด้านบนของเตาจัดทำเป็นที่วางฟืนเพื่อสะดวกในเตานำฟืนมาเป็นเชื้อเพลิงและเพื่อให้ความร้อนจากเตาไล่ความชื้นจากฟืนเพื่อให้ฟืนแห้งดังภาพที่ 4 ด้านข้างของลำตัวเตาด้านหนึ่งเทถนนเพื่อสะดวกในการขนฟืนมาวางบนหลังเตา คนเตานำเครื่องปั้นดินเผาที่พร้อมที่ทำการเผาเข้าไปเรียงในเตาโดยใช้ประตูขนถ่ายผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่ด้านตรงข้ามของถนน (อีกด้านหนึ่งของตัวเตา) ด้านในของเตามีลักษณะคล้ายอุโมงค์ดังภาพที่ 5 ผนังด้านในของเตาที่ถูกไฟเผามีความเขม่าและรอยไหม้ที่เกิดจากยางของฟืน



ภาพที่ 4 ด้านนอกของลำตัวเตา



ภาพที่ 5 ด้านในของลำตัวเตา

ประตูขนถ่ายผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ก่อนเผาที่นำไปเรียงเพื่อเผาและผลิตภัณฑ์ที่เผาเสร็จแล้วลำเลียงออกผ่านประตูขนถ่ายผลิตภัณฑ์ซึ่งมีอยู่ 4 ประตู ประตูของเตาตั้งอยู่อยู่ด้านเดียวของลำตัวเตา เมื่อมองเข้าไปทางกะโหลกเตาประตูอยู่ด้านขวามือ ประตูอยู่สูงจากพื้นของโรงงานประมาณ 50 เซนติเมตร ประตูของเตาเปิดปิดด้วยการก้ออิฐและใช้อิฐแทนบานประตู ตำแหน่งของประตูทั้งสี่ประตูแสดงอยู่ที่ภาพที่ 1 และภาพที่ 6 แสดงถ่ายประตูขนถ่ายผลิตภัณฑ์ที่เปิดอยู่ขณะลำเลียงผลิตภัณฑ์เข้า/ออกจากเตา

ตาไฟ

ตาไฟเป็นช่องขนาดประมาณ 20 x 30 ตารางเซนติเมตรอยู่บนลำตัวเตามีข้างละ 49 ตา และมีตำแหน่งตรงกันดังภาพที่ 7 ตาไฟมีตำแหน่งต่ำกว่าหลังคาประมาณ 50 เซนติเมตร ตาไฟมีไว้เพื่อสอดดฟันเข้าไปเผาผลิตภัณฑ์ ตอนเริ่มต้นสุ่มไฟที่กะโหลกเตาตาไฟจะปิดอยู่ด้วยอิฐที่มีดินยาไว้เพื่อไม่ให้อากาศไหลเข้าเตา จะไล่เปิดตาไฟครั้งละสามถึงสี่ตาเพื่อไล่ฟันเผาผลิตภัณฑ์ บริเวณนั้นขณะเดียวกันใช้ตาไฟที่ไม่ได้ใส่ฟันเพื่อเป็นช่องดูสีของผลิตภัณฑ์ว่าสุกได้ที่หรือไม่

และปิดตาอีกครั้งเมื่อเผาผลิตภัณฑ์ผ่านบริเวณนั้นไปแล้ว จะทำการเปิดตาไฟทั้งหมดอีกครั้งเมื่อต้องการลดอุณหภูมิของเตาก่อนจะลำเลียงผลิตภัณฑ์ออกจากเตา



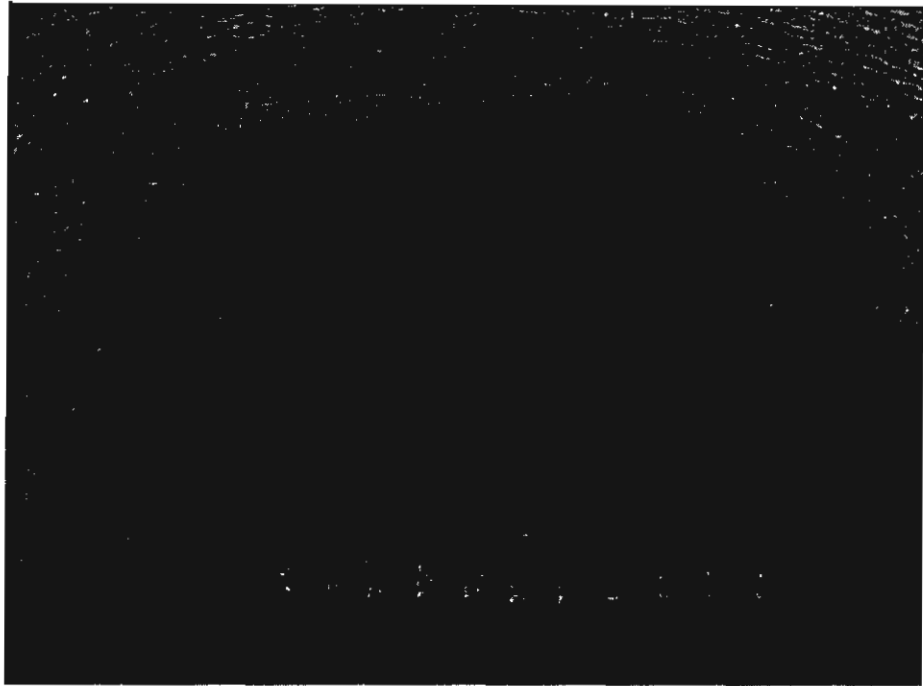
ภาพที่ 6 ประตุนถ่ายผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 7 ตาไฟ

ผนังช่องไฟออก

ผนังช่องไฟออกมีลักษณะเป็นกำแพงที่มีรูเจาะเป็นสี่เหลี่ยมมีไว้สำหรับป้องกันไม่ให้ก๊าซเสียไหลออกไปอย่างรวดเร็ว ผนังช่องไฟออกอยู่ท้ายเตาก่อนถึงปล่องไฟขนาดความกว้างและความสูงเท่ากันกับความกว้างและความสูงของเตาในตำแหน่งนั้น สูงประมาณ 2 เมตร กว้างประมาณ 3 เมตรดังแสดงในภาพที่ 8 และภาพที่ 10



ภาพที่ 8 ผนังช่องไฟออก

ปล่องไฟ

ปล่องไฟมีหน้าที่ปล่อยก๊าซเสียสู่บรรยากาศ ความสูงของของปล่องมีผลต่อความเร็วในความเร็วก๊าซเสีย ด้านในปล่องมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังภาพที่ 9

ขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ

การใช้งานของเตาในการเผาผลิตภัณฑหนึ่งๆนับตั้งแต่ขนถ่ายผลิตภัณฑเข้าเตาจนถึงการนำผลิตภัณฑที่สำเร็จแล้วออกจากเตาใช้เวลาทั้งสิ้น 48 ชั่วโมง (สองวันเตา) หรือ 72 ชั่วโมง (สามวันเตา) การใช้เวลาในการทำงานของเตาเป็น 48 หรือ 72 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการผลิตภัณฑในขณะนั้นและเวลาการทำงานที่เหมาะสมกับวันหยุดของคนงาน ในการทำงาน 72 ชั่วโมงโดยแบ่งเป็นกิจกรรมต่างๆคือ เรียงผลิตภัณฑเข้าเตา 4 ชั่วโมง จากนั้นก่ออิฐปิดประตูที่ใช้ขนถ่ายผลิตภัณฑ