



Process Techniques to Increase Production Potential for Small Ceramic Factories in Lampang Province.

^{1*}Tamonwat Hirunchart-a-nan, ¹Thitima Khunyotying, ¹Jakkit Hunyala, ¹Anurak Artitkawin

¹Sorawich Muinta, ¹Patompong Prommaboon, ¹Suphawut Paka, ¹Siwat Lawanwadeekul

& ¹Somporn Tipkad

¹Lampang Rajabhat University

*Corresponding author: e-mail Tamonwat@g.lpru.ac.th

Received
01/01/2025

Reviewed
13/02/2025

Revised
11/03/2025

Accepted
31/03/2024

Abstract

This research aims to increase production potential and find solutions to problems that occur in the production process in a small ceramic factory. The research began by defining the target group of small ceramic factories with 3-7 workers in Muang District and Mae Tha District, Lampang Province. Then designing data collection tools and field observations, followed by the process of going to the field to collect data and analyze the data, the following problems were found: The thickness of the products after casting and removing from the mold is uneven. The factory's slip casting has a flow rate that is too slow. Using 1 ton of clay to cast only a small number of products results in clay dripping points at the bottom of the product. The products after firing are abnormally damaged, such as breaking into pieces and cracking in long lines. There are many pinhole defects on the products after firing. When this information was known, a qualitative analysis was performed to identify factors affecting production efficiency and find solutions to the problems, leading to the design of techniques or guidelines for improving the development of production process techniques from the issues found. A plan for trial use of the improved techniques was developed, including: 1. Experimental planning activities with a sample group of factories with problems with slip casting water, and 2. Experimental planning activities with a sample group of factories with problems with kilns and firing. The entrepreneurs were given 3 months to develop themselves.



The experimental results showed that the factory was able to cast quality products with reduced thickness and seams. The factory's original product thickness of 6.56 mm was reduced to 4.45 mm or 32.17 percent. As a result, 1 ton of clay increased the production of products by 30 percent. It reduced waste after firing caused by cracking by 30 percent of all products in the kiln, which is worth 33,750 baht per time. It reduced waste from defective spots after firing by 35 percent of all products in the kiln, which is worth 105,000 baht per time.

Keywords: Production process; Potential; Ceramic factory; Production; Lampang



เทคนิคเชิงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต

แก๊วโรงงานเซรามิกขนาดเล็กในจังหวัดลำปาง

^{1*}ธมลวัฒน์ หิรัญชาติอนันต์, ¹ธิติมา คุณยศยิ่ง, ¹จักรกฤษณ์ อ้นยะลา, ¹อนุรักษ์ อาทิตย์กวิน,

¹สรวิศ มูลอินตะ, ¹ปฐมพงศ์ พรหมมาบุญ, ¹ศุภาภูมิ ผากา, ¹ศิวัช ลาวัลย์ดีกุล และ ¹สมพร ดีบซัด

¹มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

*ผู้รับผิดชอบหลัก: อีเมลล์ Tamonwat@g.lpru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตและหาแนวทางการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตในโรงงานเซรามิกขนาดเล็ก กระบวนการวิจัยเริ่มจากการกำหนดขอบเขตกลุ่มเป้าหมาย โรงงานเซรามิกขนาดเล็กที่มีแรงงาน 3 – 7 คน พื้นที่ อำเภอเมือง และอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง จากนั้นออกแบบเครื่องมือเก็บข้อมูล และการสังเกตภาคสนาม ต่อด้วยกระบวนการลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลทำให้พบปัญหาคือ ผลิตภัณฑ์หลังการหล่อและถอดออกจากแบบพิมพ์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ น้ำดินหล่อของโรงงานมีอัตราการไหลตัวช้าเกินไป การนำน้ำดินปริมาณ 1 ตัน หล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้จำนวนน้อยขึ้น เกิดจุดหยดน้ำดินที่ก้นผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์หลังการเผาเสียหายผิดปกติ เช่น แตกเป็นชิ้นและการร้าวเป็นแนวยาว เกิดตำหนิชนิดตามดบนผลิตภัณฑ์หลังการเผาจำนวนมาก เมื่อทราบข้อมูลดังกล่าวจึงทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพเพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต พร้อมทั้งหาแนวทางแก้ไขปัญห ซึ่งนำไปสู่ขั้นตอนออกแบบเทคนิคหรือแนวทางการปรับปรุงการพัฒนาเกี่ยวกับเทคนิคเชิงกระบวนการผลิตจากประเด็นหาที่พบ เริ่มจัดทำแผนการนำเทคนิคที่ปรับปรุงไปทดลองใช้ได้แก่ 1. กิจกรรมวางแผนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโรงงานที่มีปัญหาด้านน้ำดินหล่อ และ 2. กิจกรรมวางแผนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโรงงานที่มีปัญหาด้านเตาและการเผา การให้ระยะเวลาการพัฒนาตนเองของผู้ประกอบการ 3 เดือน ผลการทดลองพบว่าโรงงานสามารถหล่อผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพมีความหนาและรอยตะเข็บลดลง จากความหนาผลิตภัณฑ์เดิมของโรงงานคือ 6.56 มม. มีความหนาลดลงเหลือ 4.45 มม. คิดเป็นร้อยละ 32.17 ส่งผลให้ดินน้ำหนัก 1 ตัน ผลิตสินค้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ช่วยลดของเสียหลังจากการเผาที่เกิดขึ้นจากการแตกร้าวร้อยละ 30 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดภายในเตา คิดเป็นมูลค่า 33,750 บาทต่อครั้ง ลดของเสียจากตำหนิชนิดตามดหลังจากการเผาคิดเป็นร้อยละ 35 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดภายในเตา คิดเป็นค่า 105,000 บาทต่อครั้ง

คำสำคัญ: กระบวนการผลิต; ศักยภาพ; โรงงานเซรามิก; การผลิต; ลำปาง



บทนำ

การเพิ่มศักยภาพการผลิตในอุตสาหกรรมเซรามิกขนาดเล็กเป็นประเด็นที่ควรความสนใจในระดับชาติ เนื่องจากเป็นกุญแจสำคัญในการยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์และการแข่งขันในตลาดโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นศูนย์กลางการผลิตเซรามิกของประเทศไทย ปัจจุบันการผลิตเซรามิกเผชิญกับความท้าทายหลายประการ เช่น การแข่งขันที่รุนแรงในตลาดโลก ความผันผวนของต้นทุนวัตถุดิบและพลังงาน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและแนวโน้มผู้บริโภค

การสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายและตอบสนองต่อความต้องการของตลาด เช่น ผลิตภัณฑ์เซรามิกสำหรับตกแต่ง เครื่องใช้ในครัวเรือน และงานศิลปะร่วมสมัย โดยมีการนำเทคนิคการออกแบบใหม่ๆ และการนำเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมท้องถิ่นมาใช้ (Kunyotying et al., 2022) เพื่อเพิ่มมูลค่าและความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ การวิจัยยังเน้นการพัฒนาความรู้และทักษะของผู้ประกอบการเซรามิกขนาดเล็กในจังหวัดลำปาง ผ่านการอบรมและถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดสากล รวมถึงหาแนวทางที่เป็นรูปธรรมในการช่วยเหลือผู้ประกอบการในการปรับตัวกับความเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมทางธุรกิจ (Traitant & Ngampraphasom, 2014) คณะวิจัยจึงเน้นการวิเคราะห์และพัฒนาระบบการผลิตเซรามิกในทุกมิติ ตั้งแต่การคัดเลือกและปรับปรุงวัตถุดิบ เช่น ดินขาว วัสดุรีไซเคิล และเคลือบชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การจัดการกระบวนการเผาด้วยเตาที่ลดการใช้พลังงานและลดมลพิษ ไปจนถึงการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น การจำลองกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพด้วยระบบอัตโนมัติ นอกจากนี้ ยังเน้นการศึกษาปัญหาต่างๆ ที่โรงงานเซรามิกขนาดเล็กต้องเผชิญ เช่น การสูญเสียในกระบวนการผลิตหรือข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี พร้อมเสนอแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ (Chantana & Trapsongwanboon, 2020)

ด้วยเหตุนี้ การวิจัยนี้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคนิคเชิงกระบวนการผลิตที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตในโรงงานเซรามิกขนาดเล็กและหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตด้วยเป้าหมายในการพัฒนาประสิทธิภาพการดำเนินงานและลดต้นทุนการผลิตอย่างยั่งยืน โดยการนำเครื่องมือ Seven QC Tools เครื่องมือที่ 6. แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) และ 7. แผนภาพการกระจาย (Stratification) มาใช้แก้ไขปัญหา อีกทั้งยังเป็นการนำเสนอแนวทางที่เป็นรูปธรรมสำหรับการพัฒนาระบบการผลิตและการแก้ไขปัญหาในอุตสาหกรรมเซรามิกขนาดเล็ก ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยเสริมสร้างเศรษฐกิจในระดับท้องถิ่น แต่ยังสามารถสร้างผลกระทบในเชิงบวกต่อเศรษฐกิจระดับชาติและการยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชนในพื้นที่ ทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนในระดับสากล ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาในยุคปัจจุบัน

วิธีการวิจัย

1. กำหนดขอบเขตการวิจัย

- 1.1 ระบุกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ โรงงานเซรามิกขนาดเล็กหรือโรงงานเซรามิกครัวเรือนที่มีแรงงาน 3 – 7 คน
- 1.2 กำหนดพื้นที่ศึกษาใน อำเภอเมือง อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

2. ออกแบบเครื่องมือ

2.1 ออกแบบเครื่องมือในการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลโครงสร้างพื้นฐาน สภาพปัญหาปัจจุบัน

2.2 ใช้เครื่องมือ Seven QC Tools เครื่องมือที่ 6. แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) และ 7. แผนภาพการกระจาย (Stratification) เพื่อการเก็บข้อมูล

2.3 การสังเกตภาคสนาม เพื่อลงพื้นที่สำรวจสภาพปัญหาที่แท้จริง รวมทั้งหาแนวทางการแก้ไขปัญหาร่วมกับผู้ประกอบการเซรามิกขนาดเล็กหรือเซรามิกครัวเรือน

3. ลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 สำรวจและสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเซรามิกขนาดเล็กหรือเซรามิกครัวเรือนเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและปัญหาที่พบ (Figure 1)

3.2 บันทึกข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการผลิต ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการผลิต ปัญหาที่เกิดขึ้นหลังการเผาผลิตภัณฑ์



Figure 1. Field data collection activities of the research team

4. วิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามและการลงพื้นที่โดยใช้ Seven QC Tools การใช้เครื่องมือที่ 6. แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) ใช้บันทึกข้อมูลของเสียในแต่ละประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์หลังการหล่อและถอดออกจากแบบพิมพ์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ อัตราการไหลตัวช้าเกินไป จุดหยดน้ำ



ดินที่กั้นผลิตภัณฑ์ การเผาเสียหายผิดปกติ จำนวนรอยแตกร้าว และตำหนิชนิดตามดบนผลิตภัณฑ์ โดยการออกแบบตารางบันทึกข้อมูลตามประเภทของเสียที่พบ ได้รับข้อมูลและสภาพปัญหาดังนี้

- 4.1.1 ผลิตภัณฑ์หลังการหล่อและถอดออกจากแบบพิมพ์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ
- 4.1.2 น้ำดินหล่อของโรงงานมีอัตราการไหลตัวช้าเกินไป
- 4.1.3 การนำน้ำดินปริมาณ 1 ตัน หล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้จำนวนน้อยขึ้น
- 4.1.4 เกิดจุดหยดน้ำดินที่กั้นผลิตภัณฑ์
- 4.1.5 ผลิตภัณฑ์หลังการเผาเสียหายผิดปกติ เช่น แตกเป็นชิ้นและการร้าวเป็นแนวยาว
- 4.1.6 เกิดตำหนิชนิดตามดบนผลิตภัณฑ์หลังการเผาจำนวนมาก

4.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพเพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตโดยการใช้ Seven QC Tools การใช้เครื่องมือที่ 7. แผนภาพการกระจาย (Stratification) ใช้แยกกลุ่มข้อมูลเพื่อวิเคราะห์แหล่งที่มาของปัญหา วิเคราะห์ตามตัวแปรที่ทำให้เกิดปัญหา และหาแนวทางในการแก้ไข

- 4.2.1 ผลิตภัณฑ์หลังการหล่อและถอดออกจากแบบพิมพ์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ

การวิเคราะห์ปัญหา

จากการตรวจสอบและการลงพื้นที่โรงงาน พบว่า ผู้ประกอบการจัดเตรียมน้ำดินหล่อให้อยู่ในสถานะที่ไม่เหมาะกับการนำไปใช้งาน เช่น น้ำดินหล่อมีสภาพความเป็นวุ้นสูง หรือเกิดจากการหล่อโดยใช้ประสบการณ์มากกว่าการใช้วิทยาศาสตร์ เช่น การจับเวลาให้น้ำดินอยู่ในแม่พิมพ์เท่าๆ กันแล้วเทออก

- 4.2.2 น้ำดินหล่อของโรงงานมีอัตราการไหลตัวช้าเกินไป

การวิเคราะห์ปัญหา

จากการตรวจสอบและการลงพื้นที่โรงงาน พบว่า ผู้ประกอบการจัดเตรียมน้ำดินหล่อให้อยู่ในสถานะที่ไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานจากการเติมสารช่วยกระจายลอยตัวเพิ่ม โดยในเบื้องต้นโรงงานผลิตดินเพื่อการจำหน่ายจะมีการเติมสารช่วยการกระจายลอยตัวผสมมาด้วยแล้ว ดังนั้นการที่ผู้ประกอบการเติมสารช่วยกระจายลอยตัวชนิดโซเดียมซิลิเกตเข้าไปเพิ่ม ส่งผลให้สภาพดินมีความเป็นวุ้นสูงตาม (Figure 2)



Figure 2. Condition of the tank and surrounding area of the slip-casting preparation area.

4.2.3 การนำน้ำดินปริมาณ 1 ตัน หล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้จำนวนน้อยขึ้น

การวิเคราะห์ปัญหา

สืบเนื่องจากข้อ 4.2.2 สภาพดินมีความเป็นวัณสูง เมื่อหล่อในแม่พิมพ์ และใช้ประสบการณ์ในการคาดคะเนในการเท ทำให้แม่พิมพ์ตูดเนื้อดินติดกับผิวแม่พิมพ์มากเกินไป ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนา ตะเข็บหนา (Figure 3) และเทน้ำดินออกจากแม่พิมพ์ยาก เกิดการสูญเสียน้ำดินหล่อ



Figure 3. Products after molding with slip casting in the factory.

4.2.4 เกิดจุดหยดน้ำดินที่ก้นผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ปัญหา

สืบเนื่องจากข้อ 4.2.2 สภาพดินมีความเป็นวัณสูง ส่งผลให้เทน้ำดินออกจากแม่พิมพ์ยาก น้ำดินไม่ไหลตัวเป็นเส้น จึงทิ้งหยดน้ำดินไว้ที่ก้นผลิตภัณฑ์ (Figure 4)



Figure 4. Characteristics of the soil drop point at the bottom of the product.

4.2.5 ผลิตรภัณฑ์หลังการเผาเสียหายผิดปกติ เช่น แตกเป็นชิ้นและการร้าวเป็นแนวยาว (Figure 5)

การวิเคราะห์ปัญหา

จากการสอบถามพบว่า ผู้ประกอบการใช้ประสบการณ์ในการเผาคาดคะเนระยะเวลาการเผากับอุณหภูมิที่ใช้เผา โดยไม่มีการกำหนดระยะเวลาการขึ้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเผาแต่ละช่วง ใช้ประสบการณ์การปรับแรงดันแก๊สให้ตรงตามระยะเวลาที่กำหนดคือ 12 ชั่วโมง



Figure 5. Characteristics of products with longitudinal cracks.

4.2.6 เกิดตำหนิชนิดตามดบนผลิตรภัณฑ์หลังการเผาจำนวนมาก (Figure 6)

การวิเคราะห์ปัญหา

จากการตรวจสอบและการลงพื้นที่โรงงาน พบว่าปัญหาที่พบเกิดจากผลิตรภัณฑ์ที่ป็นขึ้นรูปด้วยเครื่องโลเลอร์เฮดเพียงอย่างเดียว ส่วนผลิตรภัณฑ์ประเภทงานหล่อไม่ปรากฏตำหนิดังกล่าว จึงได้

ทำการตรวจสอบผิวผลิตภัณฑ์ที่ปั่นด้วยเครื่องโกลเลอร์เฮดโดยการใช้ฟองน้ำชุบน้ำและปาดลงบนผิวผลิตภัณฑ์ ปรากฏเกิดเป็นรูขนาดเล็กจำนวนมากขึ้นอยู่ที่ผิวผลิตภัณฑ์



Figure 6. Characteristics of the occurrence of Pin hole defects on products formed by roller head machines.

5. ออกแบบเทคนิคหรือแนวทางการปรับปรุง

5.1 พัฒนาเกี่ยวกับเทคนิคเชิงกระบวนการผลิตจากประเด็นหาที่พบ

5.1.1 ผลิตภัณฑ์หลังการหล่อและถอดออกจากแบบพิมพ์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ

แนวทางพัฒนาเกี่ยวกับเทคนิคเชิงกระบวนการผลิต

จากสภาพน้ำดินหล่อมีสภาพความเป็นวันสูง ทีมวิจัยได้นำตัวอย่างน้ำดินหล่อจากโรงงานมาทำการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและอัตราการไหลตัวได้ผลดังนี้ คือ ค่าความถ่วงจำเพาะ 1.55 การไหลตัว 1 นาที 30 วินาที

ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้ทำการทดลองปรับปรุงคุณภาพน้ำดินหล่อ โดยการสารช่วยกระจายลอยด้วยอีกประเภทหนึ่ง มีชื่อทางการตลาดว่า “ดีฟ็อก” แทนโซเดียมซิลิเกต และทำการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและอัตราการไหลตัว ได้ผลตามตารางที่ 1

Table 1. Results of the experiment on the flowability of the slip casting.

Times	Amount of Defox per 100 ml of slip casting	Specific gravity	Flow rate (S)
	Factory Value	1.55	90
1	1 ml	1.55	60
2	2 ml	1.55	55
3	3 ml	1.60	40
4	4 ml	1.60	30
5	5 ml	1.60	20

***อัตราการไหลตัววัดโดยวิธีการใช้เครื่องมือวัดค่าการไหลตัว ใช้วิธีการเติมน้ำดินหล่อในกระบอกบรรจุ น้ำดินปริมาตร 500 มิลลิลิตร จากนั้นปล่อยน้ำดินไหลตัวพร้อมจับเวลาจนกระทั่งน้ำดินลดลงถึงขีดที่กำหนด ทำการหยุดเวลา และบันทึกอัตราการไหลตัว

5.1.2 น้ำดินหล่อของโรงงานมีอัตราการไหลตัวช้าเกินไป

แนวทางพัฒนาเกี่ยวกับเทคนิคเชิงกระบวนการผลิต

แนวทางการแก้ไขจากข้อที่ 5.1.1 จากการเดิมสารดีฟ็อกลงไปในน้ำดินหล่อ 5 มิลลิลิตร ต่อน้ำดินหล่อ 100 มิลลิลิตร ทำให้การไหลตัวลดลงจาก 90 วินาทีเหลือเพียง 20 วินาที

5.1.3 การนำน้ำดินปริมาณ 1 ตัน หล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้จำนวนน้อยขึ้น

แนวทางพัฒนาเกี่ยวกับเทคนิคเชิงกระบวนการผลิต

ได้แนวทางการแก้ไขจากข้อที่ 5.1.1 และทดลองจับเวลาให้น้ำดินอยู่ในแม่พิมพ์ในระยะเวลาต่างๆ แล้วเทออก พบว่า แม่พิมพ์ของโรงงานอยู่ในสภาพชำรุดและใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน(Figure 7) จึงมีระยะเวลาการที่น้ำดินอยู่ระหว่าง 5-10 นาที ทั้งนี้ได้ทำการคัดแยกแม่พิมพ์ที่สภาพดี และเสื่อมสภาพออกจากกัน และทำการเทน้ำดินในระยะเวลาต่างกัน สามารถควบคุมความหนาของชิ้นงานได้



Figure 7. Characteristics of deteriorated molds that are still in daily use at the factory.

5.1.4 เกิดจุดหยดน้ำดินที่ก้นผลิตภัณฑ์

แนวทางพัฒนาเกี่ยวกับเทคนิคเชิงกระบวนการผลิต

แนวทางการแก้ไขจากข้อที่ 5.1.1 จากการเดิมสารดีฟ็อกลงไปในน้ำดินหล่อ 5 มิลลิลิตร ต่อน้ำดินหล่อ 100 มิลลิลิตร ทำให้การไหลตัวลดลงจาก 90 วินาทีเหลือเพียง 20 วินาที นั้นสามารถแสดงให้เห็นว่าน้ำดินหล่อไม่เกิดสภาพความเป็นวุ้นสูงเหมือนเดิม ดังนั้นการเทน้ำดินหล่อออกจากแม่พิมพ์จะทำได้ง่าย เทได้รวดเร็ว ไม่ทั้งคราบและหยดน้ำดิน

5.1.5 ผลิตภัณฑ์หลังการเผาเสียหายผิดปกติ เช่น แตกเป็นชิ้นและการร้าวเป็นแนวยาว

แนวทางพัฒนาเกี่ยวกับเทคนิคเชิงกระบวนการผลิต

คณะที่มวิจัยได้นำผลการจัดบันทึกการเผาเตาของโรงงานมาวิเคราะห์อัตราการเผาในแต่ละช่วงอุณหภูมิเพื่อหาสาเหตุ พบว่า ผู้ประกอบการไม่ได้ควบคุมการเผาให้เหมาะสมในแต่ละช่วง



ทำเพียงการปรับแรงดันแก๊สให้อุณหภูมิสูงขึ้นตามเวลาที่กำหนดเท่านั้น โดยได้ผลการวิเคราะห์การเผาของโรงงานดังนี้

Table 2. The factory's kiln combustion at each temperature range.

Times	Gas pressure	Temperature (degrees Celsius)
11.30	1	50
12.30	2	230
01.30	5	560
02.30	7	755
03.30	8	950
04.30	8	1060
05.30	8	1150

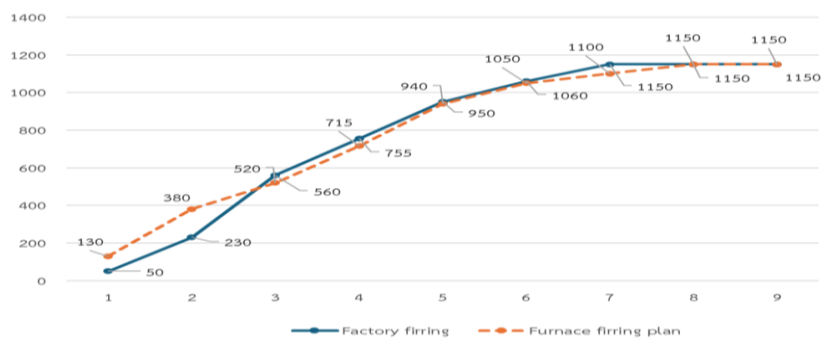
Table 3. Analysis results of the factory's kiln combustion at each temperature range.

Times	Gas pressure	Temperature (degrees Celsius)	Burning time (S)	Temperature difference	Temperature rise rate (°C/ minute)
11.30	1	50	-	-	-
12.30	2	230	60	180	3.00
01.30	5	560	60	330	5.50
02.30	7	755	60	195	3.25
03.30	8	950	60	195	3.25
04.30	8	1060	60	110	1.84
05.30	8	1150	60	90	1.50

จากตารางที่ 3 จะพบว่าอัตราการเผาเตามีการเร่งเผาในช่วงอุณหภูมิ 230 – 560 องศาเซลเซียส (Figure 8) ซึ่งช่วงอุณหภูมิดังกล่าวจะเกิดการสูญเสียน้ำออกจากโครงสร้างดิน อาจส่งผลให้เกิดรอยร้าวในเนื้อผลิตภัณฑ์ ทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์ขยายตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการแตกร้าว ดังนั้นคณะวิจัยจึงเขียนแผนการเผาใหม่เพื่อให้ผู้ประกอบการได้ทดลองนำไปใช้เผาจริง ดังตารางที่ 4

**Table 4.** Furnace firing plan after improvement to suit the burning temperature range.

Times	Gas pressure	Temperature (degrees Celsius)	Burning time (S)	Temperature difference	Temperature rise rate (°C/ minute)
1	1.5	130	-	-	-
2	2	380	60	250	4.17
3	3	520	60	140	2.34
4	5	715	60	195	3.25
5	8	940	60	225	3.75
6	8	1050	60	110	1.84
7	8	1100	60	50	0.84
8	8	1150	60	50	0.84
9	Soak	1150	20-30	-	-

Temperature (degrees Celsius)**Hour****Figure 8.** Compare plant fire rates and improved fire plans.

5.1.6 เกิดตำหนิตามดบนผลิตภัณฑ์หลังการเผาจำนวนมาก

แนวทางพัฒนาเกี่ยวกับเทคนิคเชิงกระบวนการผลิต

คณะที่มวิจัยได้นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิ ส่งด้วยกล้องกำลังขยาย 100 เท่า (Figure 9) พบว่า ตำแหน่งที่เกิดตามดหากส่องลึกลงไปในหลุมจะพบว่าผิวดินแตกเป็นริ้วๆ คล้ายเนื้อดินไม่ถูกอัดตัวให้แน่น หรือพูดได้ว่าการขึ้นรูปด้วยโลเลอร์เฮดนั้น เนื้อดินไม่ได้รับแรงกดอัดและบีบอัดให้

เนื้อดินเรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน จึงสันนิษฐานไว้ว่า 1. ดินอาจมีความแข็งมากเกินไป 2. เครื่องโลเลอร์เฮดอาจมีปัญหาจุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งแนวทางแก้ไขเพิ่มเติมไว้ 2 แนวทาง คือ 1. ปรับเนื้อดินให้มีความอ่อนตัวลง 2. ตรวจสอบเช็คสภาพเครื่องโลเลอร์เฮด เช่น สายพาน เพราะมีผลต่อความเร็วรอบและแรงเหวี่ยงในการหมุนต่อการกดอัด

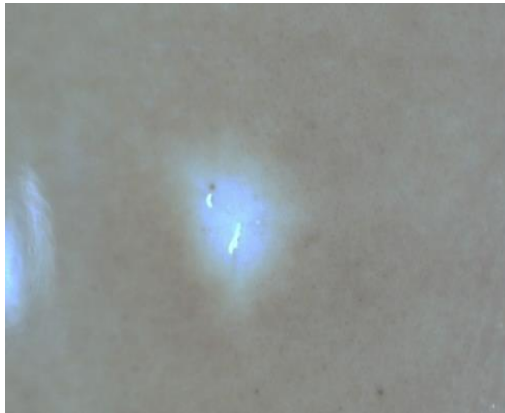


Figure 9. The product surface has cracks in stripes, similar to uncompressed clay.

5.2 จัดทำแผนการนำเทคนิคที่ปรับปรุงไปทดลองใช้

คณะวิจัยได้วางแผนการทำงานออกเป็น 2 กิจกรรม ได้แก่ 1. กิจกรรมวางแผนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโรงงานที่มีปัญหาด้านน้ำดินหล่อ โดยจะเข้าไปปรับปรุงเรื่อง ผลิตภัณฑ์หลังการหล่อและถอดออกจากแบบพิมพ์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ, น้ำดินหล่อของโรงงานมีอัตราการไหลตัวช้าเกินไป, การนำน้ำดินปริมาณ 1 ตัน หล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้จำนวนน้อยขึ้น และการเกิดจุดหยดน้ำดินที่กั้นผลิตภัณฑ์ และ 2. กิจกรรมวางแผนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโรงงานที่มีปัญหาด้านเตาและการเผา โดยจะเข้าไปปรับปรุงเรื่อง ผลิตภัณฑ์หลังการเผาเสียหายผิดปกติ เช่น แตกเป็นชิ้นและการร้าวเป็นแนวยาว และการเกิดตำหนิชนิดตามคบนผลิตภัณฑ์หลังการเผาจำนวนมาก ใช้ระยะเวลาการลงพื้นที่ตามกลุ่มโรงงานเป้าหมายดังนี้

5.2.1 ลงพื้นที่เพื่อทดลองทำเทคนิคเชิงกระบวนการผลิตเป็นเวลา 2 เดือน

5.2.2 ให้โรงงานเป้าหมายทดลองทำตามกิจกรรมเทคนิคเชิงกระบวนการผลิตด้วยตนเอง หากมีปัญหาไม่เข้าใจให้โทรสอบถาม หรือให้เข้าไปแก้ไขปัญหากที่โรงงานเป็นเวลา 3 เดือน

5.2.3 ติดตามผลหลังโรงงานเป้าหมายทดลองทำตามกิจกรรมเทคนิคเชิงกระบวนการผลิตด้วยตนเองเป็นเวลา 1 เดือน

6. ทดลองและประเมินผล

นำเทคนิคที่พัฒนาขึ้นไปทดลองในโรงงานตัวอย่าง

6.1 กิจกรรมวางแผนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโรงงานที่มีปัญหาด้านน้ำดินหล่อ

คณะวิจัยได้ลงพื้นที่ร่วมทำกิจกรรมการทดลอง

6.1.1 ปรับปรุงคุณภาพน้ำดินหล่อ โดยการสารช่วยกระจายลอย “ดีฟ็อก” แทนโซเดียม ซิไลเกต และทำการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและอัตราการไหลตัว (Figure 10)

6.1.2 ปรับปรุงคุณภาพการไหลตัวของน้ำดินให้น้ำดินให้ไหลตัวดีขึ้น การไหลตัวลดลงจาก 90 วินาที เหลือเพียง 20 วินาที

6.1.3 ใช้การจับเวลาให้น้ำดินอยู่ในแม่พิมพ์แทนการคาดคะเน และคัดแยกแม่พิมพ์ที่สภาพดี และเสื่อมสภาพออกจากกัน



Figure 10. Fieldwork to conduct experimental activities with target factories that have problems with slip casting.

6.2 กิจกรรมวางแผนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโรงงานที่มีปัญหาด้านเตาและการเผา

คณะวิจัยได้ลงพื้นที่ร่วมทำกิจกรรมการทดลอง

6.2.1 กำหนดแผนการเผาใหม่เพื่อให้ผู้ประกอบการได้ทดลองนำไปใช้เผา และทดลองควบคุมการเผาไปพร้อมกับผู้ประกอบการ (Figure 11)

6.2.2 จากการสนทนาร่วมกันเรื่องตำหนิชนิดตามเตาเกิดจาก 1. ดินอาจมีความแข็งมากเกินไป 2. เครื่องโหลอร์เฮตอาจมีปัญหาจุดใดจุดหนึ่ง เมื่อลงพื้นที่และแก้ไขร่วมกับผู้ประกอบการพบว่า ปัญหาเกิดที่เครื่องโหลอร์เฮต ตรวจพบสายพานมีความหย่อน สามารถจับโมเลตัวล่างให้หยุดหมุนได้เลย จึงเป็นสาเหตุให้มีผลต่อความเร็วรอบและแรงเหวี่ยงในการหมุนขณะการกดอัด จึงทดลองเปลี่ยนสายพานชุดใหม่ และเริ่มขึ้นรูปถ้วยที่มีปัญหาและทดสอบเผา



Figure 11. Fieldwork to conduct experimental activities with target factories that have problems with Kiln and firing.

ประเมินผลของคณะวิจัย

หลังจากลงพื้นที่ทำกิจกรรมทดลองเชิงกระบวนการผลิตร่วมกับโรงงานเป้าหมายแล้ว คณะวิจัยจะให้โรงงานทดลองทำตามกิจกรรมเทคนิคเชิงกระบวนการผลิตด้วยตนเองเป็นเวลา 3 เดือนหลังจากนั้นจะเข้าไปติดตามผลความสำเร็จ สิ่งที่เกิดขึ้น ผลการเปลี่ยนแปลง กำลังการผลิต ในประเด็นการแก้ไขปัญหาด้านน้ำดินหล่อ และด้านเตาและการเผา

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย

Table 4. Experimental results with a sample group of factories with problems with slip casting.

สถานการณ์ปัญหา	วิธีแก้ปัญหาด้วยเทคนิคเชิงกระบวนการผลิต	ผลลัพธ์
1. ผลิตภัณฑ์หลังการหล่อและถอดออกจากแม่พิมพ์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ	1. ปรับปรุงคุณภาพของน้ำหล่อโดยใช้สารกระจายตัว “ดีฟอกซ์” แทนโซเดียมซิลิเกตและวัดค่าความถ่วงจำเพาะและอัตราการไหล	1. โรงงานสามารถหล่อผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น โดยสังเกตได้จากความหนาและรอยตะเข็บก่อนและหลังการใช้เทคนิคเชิงกระบวนการผลิตที่ลดลง(Figure 12)
2. น้ำดินหล่อของโรงงานมีอัตราการไหลที่ช้าเกินไป	2. ปรับปรุงคุณภาพการไหลของน้ำในดินให้ไหลได้ดีขึ้น ลดเวลาการไหลจาก 90 วินาที เหลือเพียง 20 วินาที ส่งผลให้	2. ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจากโรงงานมีความหนาเริ่มต้น 6.56 มม. หลังจากแก้ไขด้วยเทคนิคกระบวนการผลิตลดลงเหลือ
3. การใช้ดินเหนียว 1 ตันสามารถผลิตผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยได้	ปัญหาจุดหยดน้ำในดินที่ด้านล่างของผลิตภัณฑ์หายไป	4.45 มม. ซึ่งความหนาลดลงร้อยละ 32.17(Figure 13)
4. มีหยดดินเกิดขึ้นที่ก้นผลิตภัณฑ์	3. ใช้การจับเวลาเพื่อให้ดินอยู่ในแม่พิมพ์แทนการคาดคะเนและแยกแม่พิมพ์ที่อยู่ในสภาพดีและที่เสื่อมสภาพออกจากกัน	3. ดินปั้น 1 ตันสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นร้อยละ 30(Figure 14)



Figure 12. (a) Products cast from factory clay, (b) Products cast from factory clay with improved quality

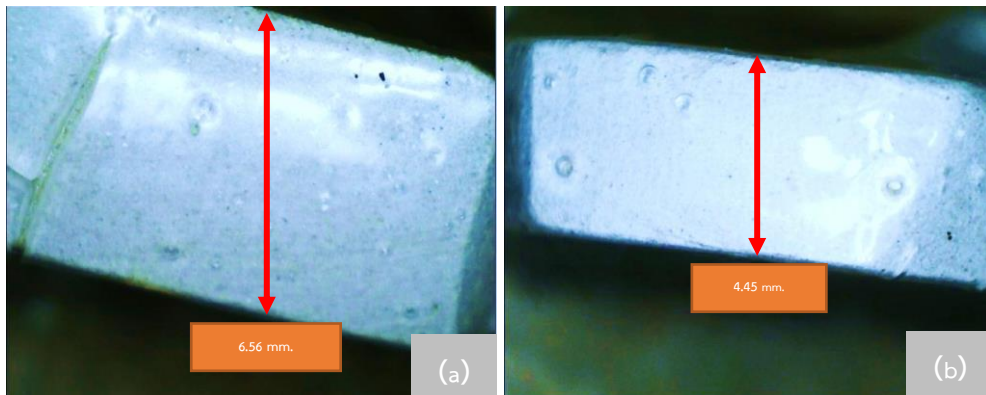
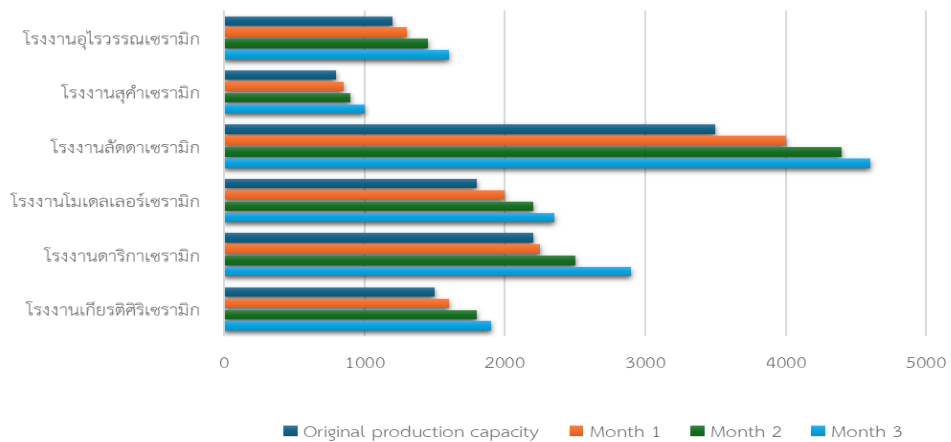


Figure 13. (a) Thickness of original product from factory clay, (b) Thickness of products cast from improved clay



Number of pieces

Figure 14. Comparison of soil usage of 1 ton per product production capacity of the factory after testing the technical production process activities.



Table 5. Experimental results with a sample group of factories with problems with Kiln and firing.

สถานการณ์ปัญหา	วิธีแก้ปัญหาด้วยเทคนิคเชิงกระบวนการผลิต	ผลลัพธ์
ความเสียหายที่ผิดปกติ ต่อผลิตภัณฑ์หลังการเผา เช่น การแตกเป็นเส้นและการแตกร้าวตามยาว	กำหนดแผนการเผาใหม่ให้ ผู้ปฏิบัติงาน ทดลองใช้ในการเผา และทดสอบควบคุมการเผาร่วมกับผู้ประกอบการ	ผู้ประกอบการเผาเตาสัปดาห์ละครั้ง หลังจากปรับปรุงเทคนิคการเผา อัตราการแตกร้าวก็ลดลงเหลือเพียง ร้อยละ 10 ใน 2 สัปดาห์แรก และไม่มีรอยแตกร้าวอีกเลย หลังจากพัฒนาทักษะการควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 3 เดือน(Figure 15)
ผลิตภัณฑ์หลังการเผาจะมีตำหนิชนิดรูเข็มจำนวนมาก	ปัญหาเกิดขึ้นกับเครื่องโลเลอร์เฮด พบว่าสายพานหลวม ทำให้แรงหมุนที่แม่พิมพ์ส่วนล่างไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้ความเร็วในการหมุนและแรงเหวี่ยงระหว่างกระบวนการอัดได้รับผลกระทบ ทดลองเปลี่ยนสายพานเพื่อขึ้นรูปถ้วยที่มีปัญหา และทดลองเผา	หลังจากเปลี่ยนสายพานใหม่ ยังคงพบปัญหาตำหนิชนิดรูเข็ม ผู้ผลิตยอมรับว่ายังคงใช้ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยสายพานชุดเดิมปะปนกับการเปลี่ยนสายพานชุดใหม่ ได้แนะนำให้แยกผลิตภัณฑ์เก่าออกจากกัน และทดสอบการผลิตด้วยผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปใหม่ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าไม่มีตำหนิชนิดรูเข็มในถ้วยสีน้ำตาล(Figure 16)

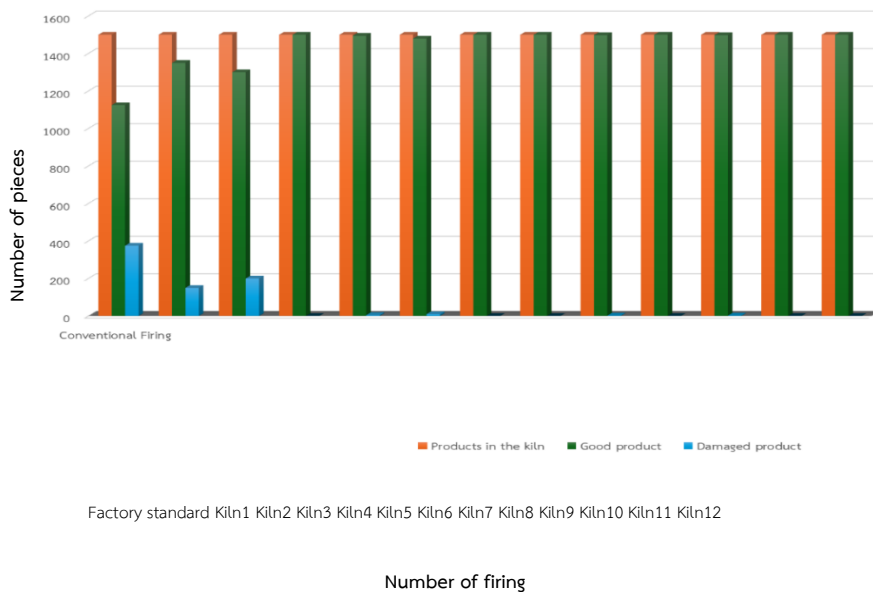


Figure 15. The waste graph that occurs before-after the technical production process changes, Darika Ceramic Factory.

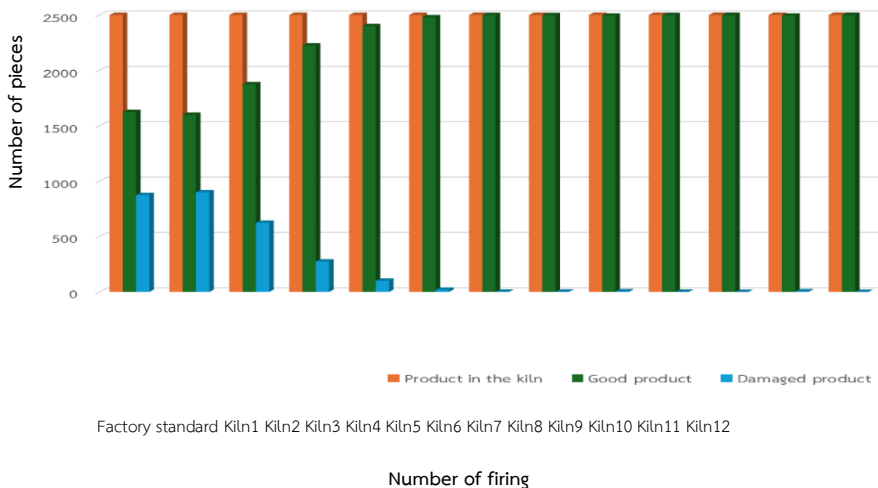


Figure 16. Information graph of the type of defects that pinhole before-after the technical production process changes, Ceramic modeler factory.



อภิปรายผลการทดลอง

การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโรงงานที่มีปัญหาด้านน้ำดินหล่อ

ผลจากโรงงานสามารถหล่อผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพมีความหนาและรอยตะเข็บลดลง จากความหนาผลิตภัณฑ์เดิมของโรงงานคือ 6.56 มม. มีความหนาลดลงเหลือ 4.45 มม. คิดเป็นร้อยละ 32.17 ส่งผลให้ดินน้ำหนัก 1 ตัน ผลิตสินค้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 หลังการใช้เทคนิคเชิงกระบวนการผลิต เพราะก่อนที่คณะวิจัยจะลงพื้นที่ น้ำดินจากโรงงานไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน และอยู่ในสภาพความเป็นวันสูง เมื่อนำมาใช้งานการหล่อแบบเทออก(Drain Casting) จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีคุณภาพดังที่กล่าวมาในข้างต้น อีกทั้งผู้ประกอบการมีความเข้าใจผิดเรื่องการเพิ่มการไหลตัวของน้ำดินหล่อโดยการเพิ่มหรือเติมปริมาณโซเดียมซิลิเกตลงไปเหนือนดิน เหตุผลเพราะการรวมตัวกันของผงดินเพื่อผลิตเป็นน้ำดินหล่อจะเกิดผลของแรงดูดและแรงผลักหรือค่าพลังงานศักย์ระหว่างอนุภาค โดยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างขั้วคู่ชนิดถาวรและขั้วคู่ชนิดเหนียวน้ำที่อยู่บนพื้นผิวของอนุภาคที่เรียกว่า แรงดูดชนิดแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals) จะเกิดการดึงดูดอนุภาคดินเข้าหากัน ทำให้ดินเกิดเกาะตัวกัน ยิ่งเหนือนดินที่มีส่วนผสมของดินดำจะทำให้เกิดการดูดซับน้ำได้มากขึ้น (Phimkhakham, 2004) ด้วยเหตุนี้การเติมโซเดียมซิลิเกตลงไปจะก่อให้เกิดแรงผลักทางไฟฟ้า (Electrostatic Force) ซึ่งเป็นแรงผลักระหว่างอนุภาคที่พื้นผิวมีประจุชนิดเดียวกัน จากผงดินกระจายอยู่ในน้ำที่มีโซเดียมซิลิเกตเป็นส่วนผสม ทำให้ของเหลวมีค่า Dielectric Constant (สารละลายที่มีประจุบวก) สูงขึ้น จากการที่ Na^+ หลุดออกจากโครงสร้างผสมอยู่ในน้ำ และเกาะที่ผิวอนุภาคดิน หากในสถานะที่มีค่า Dielectric Constant ที่เหมาะสม น้ำดินหล่อจะเกิดการไหลตัวที่เหมาะสมเช่นกัน แต่ด้วยทางผู้ประกอบการมีการเติมปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่มากเกินไป ทำให้สถานะของน้ำดินที่มีค่า Dielectric Constant สูงเกินไป เกิดปรากฏการณ์น้ำดินหล่อมีสภาพเป็นวันสูง และจากการสอบถามผู้ประกอบการยังพบว่า การแก้ไขปัญหาดังกล่าวยังคงมีความเชื่อว่าจะต้องเพิ่มปริมาณการเติมโซเดียมซิลิเกตลงไปเพื่อเพิ่มการไหลตัว นั้นจึงส่งผลให้เกิดปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข การแก้ไขด้วยการเติมสารช่วยกระจายล้อยตัวออร์แกนิกหนึ่งที่ตั้งสร้างแรงผลักระหว่างกัน แต่เป็นแรงผลักระหว่าง Steric Force เป็นแรงผลักระหว่างสายระยางของโพลิเมอร์ที่เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคแรงผลักระหว่างกันเมื่ออนุภาคเข้าหากันมากจนกระทั่งสายระยางของโพลิเมอร์ซ้อนทับกัน (Xiangjun, G., Zhaohui W. and To N., 2014) แสดงดังภาพ Figure 17 ดังนั้นการเปลี่ยนสารช่วยกระจายล้อยตัวจากโซเดียมซิลิเกต (แรงผลักทางไฟฟ้า) เป็นดีฟ็อก (แรงผลักระหว่างสายระยางของโพลิเมอร์) จึงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มค่า Dielectric Constant ให้ผิดปกติและยังเป็นการปรับสภาพน้ำดินหล่อให้มีค่า Dielectric Constant ที่ผิดปกติให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม เมื่อผู้ประกอบการทดลองนำไปใช้งานและได้ปฏิบัติตามทดลองทำด้วยตัวเองด้วยวิธีการเชิงเทคนิคตลอดระยะเวลา 3 เดือน จึงเกิดสัณยภาพที่มีตัวชี้วัดที่เป็น "รูปธรรม" คือ สร้างการ

เปลี่ยนแปลงเพื่อยกระดับทุกสิ่งทุกอย่างในองค์กรอย่างไม่หยุดยั้ง (Saetang, 2024) อีกทั้งด้วยความพยายามของผู้ประกอบการที่มองว่าการประกอบการเชรามิกของตนเป็นธุรกิจที่มีการซื้อขาย (Puchaniyapongkorn, 2024) เป้าหมายของผู้ประกอบการที่ดำเนินธุรกิจ คือ ผลกำไร การพัฒนา แรงกายและความรู้ความสามารถจะส่งผลกำไรนั้นจึงเป็นสิ่งจูงใจให้ดำเนินกิจกรรม จึงส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมารเตรียมน้ำดินที่มีคุณภาพดีขึ้น การหล่อแบบเทออก(Drain Casting) มีคุณภาพขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการหล่อดีขึ้น ความหนาสม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลให้การสั่งซื้อดิน 1 ตัน ผลิตสินค้าได้จำนวนมากขึ้นเฉลี่ย 558 ชิ้น คิดเป็นมูลค่าใบละเฉลี่ย 80 บาท เป็นเงินเฉลี่ย 44,640 บาท ต่อโรงงาน

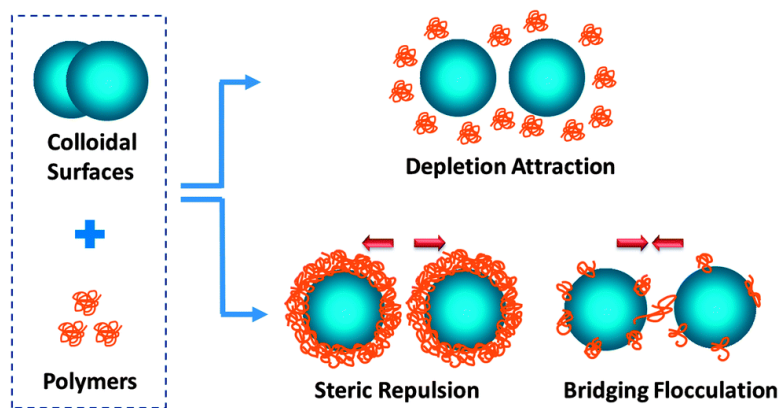


Figure 17. The driving force related to the polymers of the polymers on the surface of the particles.

ที่มา: (Xiangjun, G., Zhaohui W. and To N., 2014)

การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโรงงานที่มีปัญหาด้านเตาและการเผา

ผู้ประกอบการโรงงานดริกาเชรามิกมีของเสียหลังจากการเผาคิดเป็นร้อยละ 30 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดภายในเตา คิดเป็นของเสียมูลค่า 33,750 บาทต่อครั้ง หลังจากคณะวิจัยได้ลงพื้นที่และปรับแผนการเผาเตารวมทั้งร่วมทดลองเผาไปกับผู้ประกอบการ จากนั้นให้ผู้ประกอบการทดลองเผาด้วยตนเอง ใน 2 สัปดาห์แรกยังมีของเสียเกิดขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 10 และหลังจากสัปดาห์ที่ 3 จนถึงสัปดาห์ที่ 12 แทบจะไม่พบรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นของเสียอีกเลย ทั้งนี้เนื่องจากแผนการเผาเดิมของผู้ประกอบการมีการเร่งการเผาในช่วงอุณหภูมิ 230-560 °C อัตราการเผา 5.50 °C/นาที ซึ่งช่วงอุณหภูมิดังกล่าวผลึก

ควอตซ์จะเปลี่ยนโครงสร้างหลายขั้นตอน การที่ดินมีควอตซ์เป็นส่วนผสมทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนสูง เพราะควอตซ์มีการเปลี่ยนสัณฐานหลายครั้งในระหว่างการเผาโดยการเปลี่ยนสัณฐานจะมีการขยายตัวร่วมด้วย ที่อุณหภูมิห้องควอตซ์จะมีโครงสร้างแบบแอลฟา ซึ่งเมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 573 °C จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นบีตาควอตซ์ (Wattanasiriwet, D. 2009) โดยสังเกตความชันจากกราฟการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแร่ควอตซ์ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ จะเห็นว่า ณ อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 573 °C กราฟจะมีความชันมากที่สุด (Figure 18) แสดงให้เห็นว่าเกิดเนื้อดินเกิดการขยายตัวในช่วงนี้มากที่สุด นั่นจึงเป็นสาเหตุที่ผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการเกิดการแตกร้าว แต่เมื่อคณะวิจัยได้ปรับช่วงอุณหภูมิ 380-520 °C อัตราการเผา 2.34 °C/นาที่ การแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการจึงค่อยๆ ลดลงและหายไป

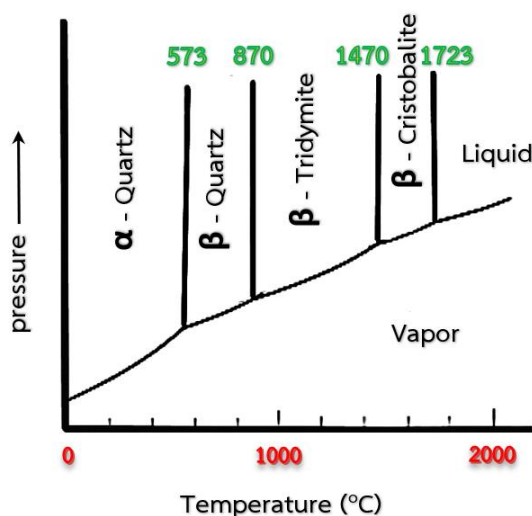


Figure 18. Changes in the structure of quartz minerals in each temperature range.

ที่มา: (Hirankathananon, T. 2021)

ผู้ประกอบการโรงงานโมเดลเลอร์เซรามิกมีของเสียหลังจากการเผาคิดเป็นร้อยละ 35 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดภายในเตา คิดเป็นของเสียมูลค่า 105,000 บาทต่อครั้ง หลังจากคณะวิจัยได้ลงพื้นที่สอบถาม วิเคราะห์ปัญหาร่วมกับผู้ประกอบการ พบว่า ปัญหาเกิดจากสภาพสายพานตัวล่างที่หมุนโมลตัวล่างชำรุด ทำให้เมื่อใช้งานไม่สามารถสร้างแรงเหวี่ยงเพิ่มแรงกดให้กับการกดขึ้นรูป ส่งผลให้เนื้อดินไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันขณะถูกอัดขึ้นรูป สอดคล้องกับหลักการของ Reed (Reed J.S., 1994) ได้กล่าวว่า รูปทรงในวัตถุดิบจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเกิดการเสียรูปได้ง่ายเมื่อถูกแรงอัดขณะขึ้นรูป ทำให้ตัวอย่างมีความ

หนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ตัวอย่างมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตาม (Figure 19) เมื่อสามารถสร้างแรงเหวี่ยงและแรงกดให้กับการขึ้นรูปแบบโลเลอร์เฮด ต่ำหนืดตามดจึงไม่ปรากฏขึ้นอีก

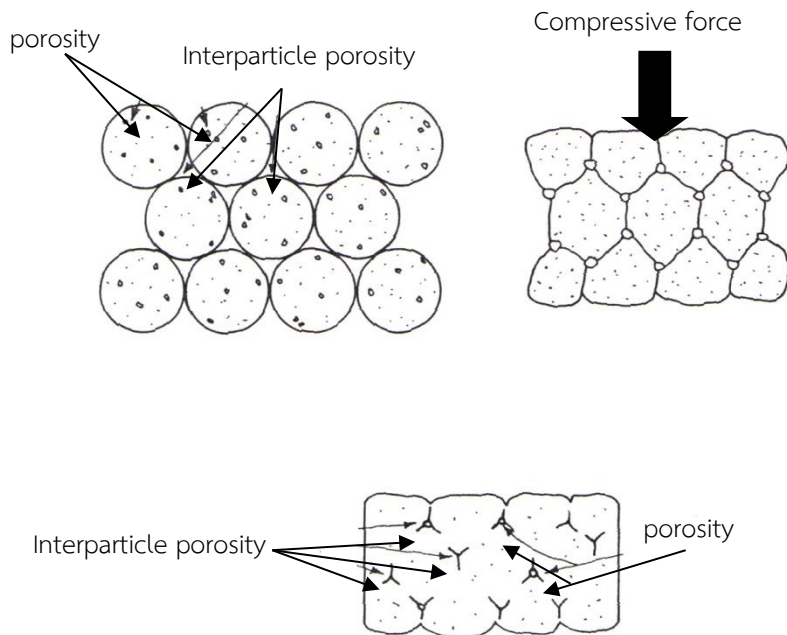


Figure 19. Porosity and particle shape after compression molding.

ที่มา: (Reed J.S., 1994)

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถเพิ่มศักยภาพการผลิตของโรงงานเซรามิกขนาดเล็กได้ โดยมุ่งเน้นการปรับปรุง 2 กระบวนการหลัก ได้แก่ กระบวนการน้ำดินหล่อ และ กระบวนการเผา ซึ่งช่วยลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

1. การปรับปรุงกระบวนการน้ำดินหล่อ

- การใช้สารช่วยกระจายลอยตัว "ดีฟ็อก" แทนโซเดียมซิลิเกต สามารถลดความเป็นร่วนของน้ำดิน ทำให้ไหลตัวดีขึ้น



- เทคนิค Drain Casting ช่วยควบคุมความหนาของผลิตภัณฑ์ได้แม่นยำขึ้นกว่าการ
คาดคะเน

- หลังจากปรับปรุงและปฏิบัติตามกระบวนการที่พัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3 เดือน
ผู้ประกอบการสามารถพัฒนากระบวนการผลิตได้อย่างเป็นรูปธรรม

2. การปรับปรุงกระบวนการเผา

- การลดอัตราการเพิ่มอุณหภูมิในช่วง 380-520°C ให้ต่ำกว่า 3.00°C/นาที ช่วยลดการ
แตกร้าวของผลิตภัณฑ์

- การแก้ไขเครื่องขึ้นรูป โลเลอร์เฮด โดยเพิ่มแรงเหวี่ยงของโมลตัวล่างให้สอดคล้องกับแรงกด
ของโมลตัวบน ช่วยลดตำหนิจากการขึ้นรูป

ข้อค้นพบสำคัญ

- การปรับแต่งกระบวนการผลิตทั้งในด้าน การเตรียมน้ำดินและการเผา ช่วยลดของเสียและเพิ่ม
ผลผลิตได้

- แนวทางแก้ปัญหาที่นำเสนอสามารถ นำไปปฏิบัติจริง และช่วยให้ผู้ประกอบการพัฒนา
กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนภายใต้โครงการพี่เลี้ยงน้อง สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดลำปาง
ขอขอบคุณผู้ประกอบการโรงงานดารีกาเซรามิก
ขอขอบคุณผู้ประกอบการโรงงานโมเดลเลอร์เซรามิก
ขอขอบคุณผู้ประกอบการโรงงานอุไรวรรณเซรามิก
ขอขอบคุณผู้ประกอบการโรงงานสุคำเซรามิก
ขอขอบคุณผู้ประกอบการโรงงานลัดดาเซรามิก
ขอขอบคุณผู้ประกอบการโรงงานเกียรติศิริเซรามิก



References

- Chantana, W. & Trapsongwanboon, W. (2020). Improving the efficiency of ceramic production processes: A case study of factories in Samut Prakan Province. *Journal of Management Science*, 37(2), 58-83.
- Hirunchatanan, T. (2021). *Raw materials that are sources of ceramic industry*. Bangkok: Odeon Advertising Company.
- Kunyotying, T. et al. (2022). *Local cultural capital management project to preserve value to enhance economic value of ceramics, Lampang Province (Research report)*. Lampang: Lampang Rajabhat University.
- Phimkhaokham, P. (2004). *Ceramics*. (5th ed). Bangkok: Chulalongkorn University.
- Reed J.S. (1994). *Principles of Ceramics Processing*. (2nd ed). New York: A Wiley Interscience.
- Saitan, A. & Ngampraphasom, P. (2014). Potential and management strategies of small ceramic factories to prepare for sustainable existence: A case study of Lampang Province. *Research for Area Development*, 6(3), 23-39.
- Wattanasiriwet, D. & Wattanasiriwet, S. (2009). *Analysis of minerals, glazes and defects in ceramic products*. Bangkok: Chulalongkorn University.

