

การพัฒนาเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ในงานหล่อเซรามิกสำหรับวิสาหกิจชุมชน ท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียวจังหวัดตราด

DEVELOPMENT OF MOLD SHAKER IN CERAMIC CASTING FOR BAN NAM CHIAO TOURISM COMMUNITY ENTERPRISE, TRAT PROVINCE

กิตติรัตน์ รุ่งรัตนอุบล^{1,*}, ธนัตถ์ เจนสัญญายุทธ², ไชยพัฒน์ ทวีทรัพย์พิทักษ์³,
นฤมล เลิศคำฟู⁴ และ ภัทรา ศรีสุโข⁴

Kittirat Runggrattanaubol^{1,*}, Thanat Jensanyayut², Chaiyapat Thaweesapphithak³,
Narumon Lertcumfu⁴ and Pathra Srisukho⁴

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

² สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

³ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมการออกแบบสร้างสรรค์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

¹ Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

² Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

³ Civil Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

⁴ Creative Design, Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

Received: 6 September 2025

Revised: 26 December 2025

Accepted: 27 December 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์สำหรับกระบวนการหล่อเซรามิกเชิงชุมชน เพื่อยกระดับคุณภาพชิ้นงานและลดฟองอากาศที่ตกค้างในแม่พิมพ์ ผู้วิจัยออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีดรัมน้ำหนักเยื้องศูนย์เพื่อสร้างแรงสั่น จากนั้นทดสอบสมรรถนะเชิงกลโดยวัดค่าความเร่ง (Ap) ความเร็วการสั่น (Vrms) และระยะการกระจัดแบบพิกทูปิก (Dp-p) ในการเขย่า 7 ระดับ พร้อมเปรียบเทียบผลการหล่อชิ้นงานระหว่างการใช้และไม่ใช้เครื่องเขย่า ผลการวัดชี้ว่าระดับการเขย่าช่วงกลางที่ระดับ 3 ให้ค่ามากที่สุดเมื่อเทียบ

* Corresponding author: กิตติรัตน์ รุ่งรัตนอุบล

E-mail: kittirat.r@rbu.ac.th

ทุกระดับการทดสอบคือ $A_p = 38.25 \text{ m/s}^2$, $V_{rms} = 60.58 \text{ mm/s}$ และ $D_{p-p} = 0.789 \text{ mm}$ ทั้งนี้การตรวจชิ้นงานพบว่ากลุ่มที่ผ่านเครื่องเขย่าทุกตำแหน่ง (A-F) ล่อได้สมบูรณ์ ขณะที่กลุ่มควบคุมแบบไม่ใช้เครื่องเขย่า (G) มีช่องว่างจากฟองอากาศที่สันมุม ซึ่งเนื้อปูนไม่สามารถแทนที่ได้ในระหว่างการล่อ เมื่อวางเทียบทุกชิ้นงานยืนยันว่าการเขย่าช่วยลดจำนวน ขนาด ฟองอากาศและเพิ่มความสม่ำเสมอของเนื้อวัสดุอย่างมีนัยสำคัญเชิงสังเกตการณ์ โดยสรุป เครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบที่ตั้งค่าในช่วงระดับกลางโดยเฉพาะระดับ 3-4 เป็นสภาวะปฏิบัติการที่เหมาะสมที่สุดทั้งด้านสมรรถนะทางกลและคุณภาพผิวเนื้อภายในของชิ้นงาน สำหรับบริบทการผลิตของวิสาหกิจชุมชนเป้าหมาย

คำสำคัญ: เครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์, การล่อระดับชุมชน, การสันสะท้อน

Abstract

This research aimed to develop a mold shaker for leveling molds in community-based ceramic casting processes to improve product quality and reduce residual air bubbles in the molds. The researcher designed and constructed a prototype machine using a direct current motor with an eccentric weight to generate vibration. The mechanical performance was evaluated by measuring acceleration (A_p), vibration velocity (V_{rms}), and peak-to-peak displacement (D_{p-p}) at seven vibration levels, together with casting experiments comparing the use and non-use of the vibrating machine. The measurement results indicated that the mid-range vibration at level 3 provided the highest values among all test levels, namely $A_p = 38.25 \text{ m/s}^2$, $V_{rms} = 60.58 \text{ mm/s}$, and $D_{p-p} = 0.789 \text{ mm}$. Examination of the cast samples revealed that the group subjected to vibration at all positions (A-F) achieved complete casting, whereas the control group without vibration (G) showed voids caused by air bubbles at the edges, where plaster could not be replaced during the casting process. When all samples were compared, it was confirmed that

vibration helped reduce the number and size of air bubbles and significantly increased the uniformity of the material as observed. In conclusion, the prototype vibrating mold-leveling machine operated at mid-range settings, particularly at levels 3-4, was identified as the most appropriate operating condition in terms of both mechanical performance and the internal surface quality of the cast products for the context of the target community enterprises.

Keywords: mold shaker, community casting, vibration

บทนำ

บ้านน้ำเขียว อำเภอแหลมทอง จังหวัดตราด เป็นชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่ขึ้นชื่อเรื่อง “สองศาสนา สามวัฒนธรรม” นักท่องเที่ยวสามารถเลือกกิจกรรมได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการล่องเรือชมวิถีประมง ปั่นกระดานเก็บหอย ลงดำน้ำชมหอยปากเป็ดหรือเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างการทำอบใบจากและข้าวเกรียบยาหน้า (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาของประเทศไทย, 2564) ล่าสุดชุมชนได้ต่อยอดขยายเปลือกหอยแมลงภูจากร้านอาหารและครัวเรือนมาเป็นกิจกรรมสาธิต “หอยคราฟต์” ตลอดจนแปรรูปเปลือกหอยเป็นเครื่องประดับดินปั้นและผลิตภัณฑ์เซรามิกชีวภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างอัตลักษณ์ใหม่ให้การท่องเที่ยว

อย่างไรก็ตาม กระบวนการหล่อเซรามิกของกลุ่มอาศัยการผสมผงเปลือกหอยเผากับปูนปลาสเตอร์ตามสูตรแล้วเทลงแม่พิมพ์ ก่อนจะ “เคาะ” ด้วยมือประมาณ 100 ครั้งเพื่อให้ฟองอากาศ ทำให้ชิ้นงานที่ได้ไม่คงที่ บางชิ้นมีรายละเอียดไม่ครบตามแบบแม่พิมพ์ เนื่องจากฟองอากาศที่ยังคงเหลืออยู่ภายใน เบื้องต้นชุมชนได้ใช้เครื่องเขย่าแม่พิมพ์ขนาดเล็กที่เขย่าได้ครั้งละ 1 แม่พิมพ์ เมื่อมีนักท่องเที่ยวเกิน 3 คนหรือมีการอบรมให้ความรู้เป็นรอบใหญ่ ผู้รับการอบรมต้องต่อคิวใช้เครื่องเขย่า ทำให้สารละลายบางส่วนเซตตัวก่อน ส่งผลให้เกิดรูพรุนและได้ชิ้นงานไม่สมบูรณ์ หากทำจำหน่ายก็ต้องคัดทิ้ง ต้นทุนวัตถุดิบที่ได้จากเปลือกหอยเผาใช้เวลาเตรียมนานหลายวันจึงสุญเปล่า อีกทั้งผู้สูงอายุและผู้หญิงซึ่งเป็นแรงหลักของกลุ่ม ไม่สะดวกที่จะเตรียมผงเปลือกหอยเผาบ่อย ๆ จึงอยากใช้วัตถุดิบและเวลาให้คุ้มค่ามากกว่านี้

เหตุผลดังกล่าวจึงนำไปสู่แนวคิดพัฒนา “เครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบ” โดยเลือกใช้ “แรงสั่น” เนื่องจากพบว่ามีงานของ Kanlica et al. (2023) ที่ใช้แรงสั่นระหว่างการหล่อ

Etial 177 อะลูมิเนียมช่วยปรับปรุงการป้อนโลหะ ทำให้โครงสร้างจุลภาคละเอียดขึ้น และลดปริมาณรูพรุน ส่งผลให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ตลอดจนงานของ Buch et al. (2024) ที่ใช้แรงสั่นในการช่วยให้โครงสร้างจุลภาคละเอียดขึ้นและเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นหล่ออย่างชัดเจน จึงคิดว่าแรงสั่นนี้น่าจะสามารถตอบโจทย์บริบทชุมชนได้ โดยเครื่องต้นแบบนี้ต้องสร้างแรงสั่นได้สม่ำเสมอ ปรับระดับแรงสั่นได้ และรองรับแม่พิมพ์พร้อมกันได้หลายชิ้นเพื่อลดเวลารอคิว โครงสร้างมีน้ำหนักเบา ถอดล้างง่ายและเคลื่อนย้ายสะดวกเมื่อต้องออกไปจัดบูทภายนอก การสร้างเครื่องดังกล่าวคาดว่าจะลดต้นทุนฟองอากาศ เพิ่มความสม่ำเสมอของเนื้อวัสดุ และยกระดับกำลังการผลิตให้สอดคล้องกับกิจกรรมท่องเที่ยวที่เติบโตต่อเนื่อง ทั้งยังสอดคล้องยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏในการสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

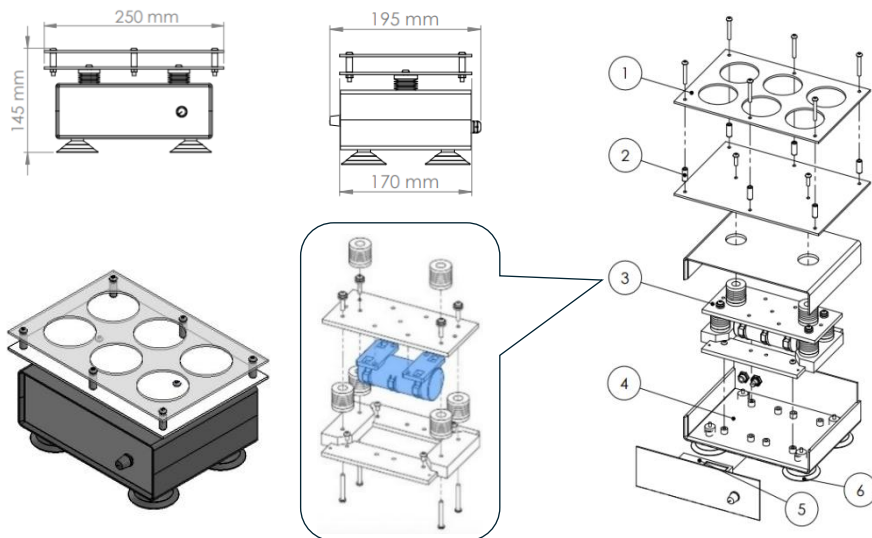
การออกแบบและสร้างเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ในกระบวนการหล่อเซรามิกสำหรับวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียวจังหวัดตราด มีการศึกษาข้อมูลและกำหนดเกณฑ์การออกแบบที่สำคัญดังนี้

1. ศึกษาความต้องการและปริมาณการผลิตของชุมชน ซึ่งคณะผู้วิจัยขอรับการพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และใช้วิธีสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (semi-structured interviews) ที่มีลักษณะคล้ายกับงานของ Wakelin et al. (2024), Archibald et al. (2019) ตลอดจน Just et al. (2024) ที่เน้นเปิดโอกาสให้ผู้ให้ข้อมูลขยายประสบการณ์และข้อจำกัดตามบริบท ขณะยังคงกรอบคำถามหลักไว้เพื่อเปรียบเทียบเชิงข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างเฉพาะเจาะจง 3 คน ประกอบด้วยประธานกลุ่ม 1 คน และสมาชิกผู้รับผิดชอบกิจกรรมหล่อเซรามิก 2 คน ทำการเก็บข้อมูลตามหลักของ Xu (2024) ทั้ง 5 ข้อในประเด็น กระบวนการในกิจกรรมผลิตผลิตภัณฑ์จากเซรามิกและหลักการเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ในงานหล่อเซรามิก เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการและเหมาะสมกับวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว จังหวัดตราด

2. การทดสอบการเคาะแม่พิมพ์ตามหลักการของชุมชน เพื่อเรียนรู้และหาค่าที่เหมาะสมในการออกแบบ โดยทำการจำลองการเคาะแม่พิมพ์กับโต๊ะจำนวน 100 ครั้ง และจับเวลาเพื่อเก็บข้อมูล

3. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ ผู้วิจัยเลือกใช้การเขย่าจากมอเตอร์สั่น ซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีตุ้มน้ำหนักเยื้องศูนย์ ในการสร้างแรงสั่น ที่สอดคล้องกับแนวทาง

ของ Xometry (2023) ที่รายงานไว้ว่า Vibrating Table ช่วยให้ฟองอากาศในชิ้นงานปูนปลาสเตอร์ลอยขึ้นสู่ด้านบนและลดข้อบกพร่องผิว จึงได้ออกแบบร่างเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบให้แผ่นทอปให้มี 6 หลุม (จุดที่ 1) จัดวางในรูปแบบ 2 แถว 3 คอลัมน์ สำหรับวางแม่พิมพ์ในงานกิจกรรมของชุมชน ให้สามารถเขย่าได้ครั้งละ 6 แม่พิมพ์ต่อการเขย่า มีการออกแบบให้ปรับระดับความสูงของหลุมเพื่อรองรับขนาดแม่พิมพ์ของชุมชนได้ โดยใช้แป้นรองน็อตทรงกระบอกขนาด M5 ยาว 30 มิลลิเมตร (จุดที่ 2) ทั้งนี้ผู้วิจัยยังได้ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในกล่อง ทั้งมอเตอร์กระแสตรงที่ติดตัมน้ำหนักเยื้องศูนย์ที่เป็นระบบสั่นสะเทือน (จุดที่ 3 สีฟ้า) รวมถึงระบบปรับแรงดันไฟฟ้าที่ช่วยปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (จุดที่ 5) ไว้ภายในกล่อง (จุดที่ 4) เพื่อความปลอดภัยและเพื่อป้องกันฝุ่นจากส่วนผสมบนแม่พิมพ์ อีกทั้งมีจุกยางสุญญากาศกันลื่น 4 มุม (จุดที่ 6) ทำหน้าที่ยึดอุปกรณ์กับโต๊ะ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องฯ เกิดการเคลื่อนที่จากการเขย่าขณะทดลองใช้งาน ดังภาพที่ 1



รูปที่ 1 แบบร่างเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบต้นแบบ

4. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบในการลดฟองอากาศของชิ้นงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาทั้งในเชิงกลและผลต่อคุณภาพของชิ้นงานที่ได้ โดยแบ่งระดับแรงเขย่าในการทดสอบเป็น 7 ระดับ และได้ทำการทดลองดังนี้ 4.1 การวัดสมรรถนะเชิงกลของเครื่อง และ 4.2 การหล่อทดสอบและการวิเคราะห์ชิ้นงานดังนี้

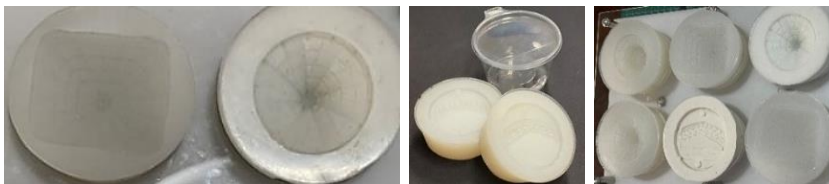
4.1 การวัดสมรรถนะเชิงกลของเครื่องได้แก่ ค่าความเร่ง (A_p), ค่าความเร็ว (V_{rms}) และค่าระยะการกระจัดแบบพิกทูปิก (D_{p-p}) โดยใช้เครื่องมือวัดยี่ห้อ SNDWAY รุ่น SW65A วัดค่าบนแผ่นทื่อของเครื่องเขย่า 4 จุด (กำหนดรหัสเป็น W ถึง Z) ในแนวกลางระหว่างหลุมสำหรับแทนตำแหน่งที่กระจายโดยทั่วของพื้นที่เครื่องที่มีขนาด 250×170 มิลลิเมตร เพื่อประเมินความสม่ำเสมอของแรงเขย่า และเก็บค่าที่ได้จากการวัด ในทุกระดับแรงเขย่า (ระดับ 1-7)

4.2 การหล่อทดสอบและการวิเคราะห์ชิ้นงานการหล่อทดสอบในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องต้นแบบเพื่อการใช้งานจริงในวิสาหกิจชุมชน การประเมินผลจึงเน้นการเปรียบเทียบเชิงคุณภาพที่สังเกตได้ชัดเจน เมื่อดำเนินการประเมินผลของแรงสั่นจากเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ต่อการลดฟองอากาศในชิ้นงาน ได้เตรียมชิ้นงานทดสอบขนาด 1×1×1 เซนติเมตร จำนวน 7 ชิ้น (กำหนดรหัส A-G) ต่อบรรยากาศการทดลอง ใช้แม่พิมพ์ซิลิโคนจำนวน 6 ชิ้น (A-F) วางบนแท่นเขย่าของเครื่องต้นแบบ และอีก 1 ชิ้น (G) เป็นกลุ่มควบคุมที่ไม่ผ่านการเขย่า ผู้วิจัยเลือกใช้ปูนปลาสเตอร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 3 : 2 (50 กรัม : 33.33 กรัม) โดยไม่ผสมผงเปลือกหอยเผา ทั้งนี้เพื่อควบคุมคุณสมบัติของวัสดุหล่อให้คงที่ และแยกผลของแรงสั่นจากเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ออกจากผลของส่วนผสมวัสดุอย่างชัดเจน เนื่องจากผงเปลือกหอยเผามีลักษณะเป็นผงละเอียดและมีความพรุนสูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความหนืด การกักอากาศ และพฤติกรรม การเกิดฟองอากาศของสารหล่อ หากนำมาผสมร่วมในการทดลองอาจทำให้ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพชิ้นงานเกิดจากแรงสั่นหรือจากคุณสมบัติของวัสดุผสม

การเตรียมสารหล่อทำโดยการกวนผสมด้วยไม้พายเป็นเวลา 30 วินาที และเทลงในแม่พิมพ์ภายในเวลา 1 นาที จากนั้นเปิดเครื่องเขย่าเป็นเวลา 2 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่วิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำเขียวได้เคยใช้งานจริง ก่อนปล่อยให้ชิ้นงานแข็งตัวในแม่พิมพ์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำออกจากแม่พิมพ์เพื่อตากให้แห้งสนิท 24 ชั่วโมง การทดลองดำเนินการซ้ำในทุกระดับแรงเขย่า (ระดับ 1-7) โดยควบคุมปัจจัยอื่นให้คงที่ หลังการหล่อชิ้นงานถูกนำมาวิเคราะห์ลักษณะภายนอกด้วยการถ่ายภาพ และทำการตัดขวาง (cross-section) บริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน เพื่อตรวจสอบฟองอากาศภายใน โดยใช้การสังเกตด้วยตาเปล่าและกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของฟองอากาศระหว่างชิ้นงานที่ผ่านแรงสั่นและกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. จากการสัมภาษณ์พบว่าการทำเซรามิกของวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำเขียวเป็นการประยุกต์ผลงานวิจัยของอาจารย์ณมล เลิศคำฟู เรื่องการศึกษาและพัฒนาเครื่องประดับเซรามิกชีวภาพสมัยใหม่โดยใช้เปลือกหอยเหลือใช้จากจังหวัดจันทบุรี ปี 2565 ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมสารไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite) จากเปลือกหอยที่เผาอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียสจนกลายเป็นวัสดุที่อยู่ในกลุ่ม กระดูกเทียม ส่วนในการผสมเพื่อทำเครื่องประดับของชุมชนนั้นเมื่อได้สารไฮดรอกซีอะพาไทต์จากเปลือกหอย ผสมปูนปลาสเตอร์และน้ำให้ได้ตามความหนืดที่ต้องการ จึงนำไปใส่แม่พิมพ์ จากนั้นทำการเคาะประมาณ 100 ครั้งพบว่า ชื้นงานบางชิ้นสมบูรณ์ บางชิ้นงานมีรูพรุนจากฟองอากาศ บางชิ้นหล่อไม่เต็ม ปัจจุบันชุมชนได้หาเครื่องเขย่าเข้ามาช่วยแทนการเคาะ โดยใช้เครื่องเขย่าประมาณ 2 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เซตตัวอีก 24 ชั่วโมง ค่อยแกะออกมาใช้งาน ปริมาณและระยะเวลาในการผลิต ถ้านับช่วงเตรียมวัสดุด้วย จะใช้เวลาหลายวัน สารตั้งต้นนี้จึงมีมูลค่าหากต้องเกิดการเสียหาย ส่วนปริมาณในการผลิตตอนเป็นเครื่องประดับจะขึ้นอยู่กับแบบของแม่พิมพ์ ที่มีลักษณะทรงกรวยเส้นผ่านศูนย์กลางด้านบน 70 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่าง 50 มิลลิเมตร สูง 40 มิลลิเมตร ตามแบบดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบแม่พิมพ์ที่วิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำเขียวใช้งาน

ทั้งนี้หากกลุ่มนักท่องเที่ยวที่เข้ามาทำกิจกรรมมากกว่า 3 คน จะมีปัญหาในการใช้เครื่องเขย่าที่ต้องรอและอาจส่งผลเสียให้ปูนปลาสเตอร์เกิดการเซตตัว ซึ่งปัจจุบันใช้ 1 เครื่องเขย่าต่อ 1 พิมพ์ต่อครั้ง เครื่องเขย่าที่มีเป็นเครื่องเขย่าขนาดเล็กราคาประมาณ 1,200 บาท ซึ่งยังไม่เพียงพอสำหรับทำกิจกรรมในครั้งละมาก ๆ ต้นทุนในการผลิตเครื่องประดับจากเซรามิกของชุมชน ราคาประมาณ 30 บาทต่อชิ้น และเมื่อคิดในเชิงเวลา เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นเตรียมวัตถุดิบ 2-3 วัน และการหล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ทิ้งไว้ 1 วัน ซึ่งหากเกิดการเสียหายนอกจากเสียเงินแล้วยังส่งผลถึงเวลาด้วย ส่วนลักษณะของรูปทรงเครื่องเขย่าที่ชุมชนต้องการ

อยากให้ใส่ได้มากกว่า 1 พิมพ์ต่อเครื่องเขย่า เนื่องจากเวลาที่มีผู้สนใจ เข้ามาทำส่วนใหญ่มาประมาณ 10 คน ถ้าได้ครั้งละ 4 ถึง 5 แม่พิมพ์จะดีมาก เพื่อให้การรอระหว่างใช้เครื่องขณะทำกิจกรรมน้อยลง ส่วนการดูแลรักษาการทำความสะดวก ควรทำได้ง่าย ตลอดจนสามารถยกเคลื่อนย้ายเครื่องได้ด้วยคนเดียว เพื่อเวลาต้องออกบูธหรือทำกิจกรรมภายนอก และต้องมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

2. การทดสอบการเคาะแม่พิมพ์ตามหลักการของชุมชน

ผลการจำลองการเคาะแม่พิมพ์กับโต๊ะจำนวน 100 ครั้ง และลองจับเวลาเพื่อเก็บข้อมูลพบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.26 นาที ค่าที่เร็วที่สุดอยู่ที่ 1.07 นาทีและช้าสุดอยู่ที่ 1.55 นาที ดังแสดงผลในตารางที่ 1 และจากค่าที่ได้ ผู้วิจัยจึงได้นำมากำหนดการทำงานของเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบคือ ความถี่ (f) ในการทำการเขย่าของเครื่องฯ ไม่ควรน้อยกว่า 100 ครั้งต่อ 60 วินาที หรือเร็วกว่านั้นก็ได้ออกเพียงแค่น้ำปูนปลาสเตอร์ไม่กระเด็นออกจากแม่พิมพ์

ตารางที่ 1 เวลา (นาที) ในการเคาะจำนวน 100 ครั้ง

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
คนที่ 1	1.44	1.34	1.47	1.55	1.28	1.22
คนที่ 2	1.35	1.17	1.29	1.32	1.07	1.24
คนที่ 3	1.07	1.27	1.36	1.11	1.03	1.32
	เฉลี่ยรวม					1.26

ส่วนในการจำลองการเขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าของวิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำเขียวที่ใช้เวลาในการเขย่าประมาณ 2 นาที และทำได้ทีละแม่พิมพ์นั้น ส่งผลให้ผู้ที่เป็นปูนปลาสเตอร์พร้อม ๆ กัน มีบางคนต้องรอใช้เครื่องเขย่าและต้องกลับไปใช้วิธีการเคาะเช่นเดิม เพื่อไม่ให้ชิ้นงานที่หล่อเกิดการเสียหาย ซึ่งผู้วิจัยได้ลองจัดลำดับการผสมและเทใส่แม่พิมพ์เป็นรายคน ผลัดหรือสลับกันพบว่า เป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยากเวลาลงปฏิบัติตอนทำกิจกรรมจริง อีกทั้งใช้เวลาอย่างมากในการรอต่อคิวตามลำดับ

3. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในงานวิจัยนี้ ได้ทดลองสร้างตามแบบและชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนบนตัวเครื่องฯ (จุดที่ 1 และจุดที่ 2) เมื่อรวมแม่พิมพ์และวัตถุที่ต้องการเขย่าแล้ว มีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเผื่อน้ำหนักจากที่วัดได้ เพิ่มไปอีก 1 เท่า คิดเป็นน้ำหนักโดยรวมที่วางอยู่บนมอเตอร์ ที่ 2 กิโลกรัม โดยระยะเหวี่ยงของแกนมอเตอร์เยื้องศูนย์กลางที่มีรัศมี 1.7 เซนติเมตร สามารถคำนวณหาแรงบิดและค่ากำลังงาน ได้จากสมการที่ 1-4 ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

$$F = mg \quad (1)$$

$$\tau = F \times r \quad (2)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (3)$$

$$P = \tau\omega \quad (4)$$

เมื่อ F = แรง (N)

m = น้ำหนักโดยรวมบนมอเตอร์ 2 กิโลกรัม (kg)

g = แรงโน้มถ่วง 9.81 (m/s²)

r = ระยะเหวี่ยงของแกนมอเตอร์เยื้องศูนย์ที่รัศมี 0.017 เมตร (m)

f = ความถี่ กำหนดไว้ที่ 100 รอบ ต่อ 60 วินาที = 1.66 เฮิรตซ์ (Hz)

P = กำลังมอเตอร์ (W)

ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

τ = แรงบิด (N.m)

เมื่อคำนวณค่าจากสมการที่ (1)-(4) จึงได้ค่าแรงบิดและค่ากำลังงาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าแรงบิดและค่ากำลังงาน

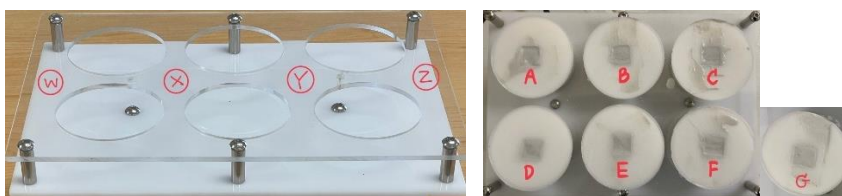
	F (N)	τ (N.m)	ω (rad/s)	P (W)
ค่าที่ได้จากสมการ	19.62	0.33354	10.472	3.512 W

ถ้ามอเตอร์ทำงานที่ 70% จึงเลือกมอเตอร์ที่มีขนาดไม่ต่ำกว่า 5W ในการทำงาน ซึ่งงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้มอเตอร์สันขนาด 6W มาประกอบเข้ากับเครื่องเขย่าเกลี้ยงแม่พิมพ์ ต้นแบบก่อนนำไปทดสอบการทำงาน และเมื่อสร้างตามแบบจึงได้เครื่องต้นแบบ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องเขย่าเกลี้ยงแม่พิมพ์ต้นแบบ

4. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบในการลดฟองอากาศของชิ้นงาน ผู้วิจัยได้ศึกษาทั้งในเชิงกลและผลต่อคุณภาพของชิ้นงานที่ได้ โดยแบ่งระดับแรงเขย่าในการทดสอบเป็น 7 ระดับ และได้ทำการทดลองดังนี้ 4.1 การวัดสมรรถนะเชิงกลของเครื่องเขย่า 4 ตำแหน่ง (W-Z) และ 4.2 การหล่อทดสอบและการวิเคราะห์ชิ้นงานทั้ง 7 ชิ้นงาน (A-G) โดยมีชิ้นงานควบคุม G ที่ไม่ได้วางบนเครื่องเขย่าดังรูปที่ 4 ดังนี้

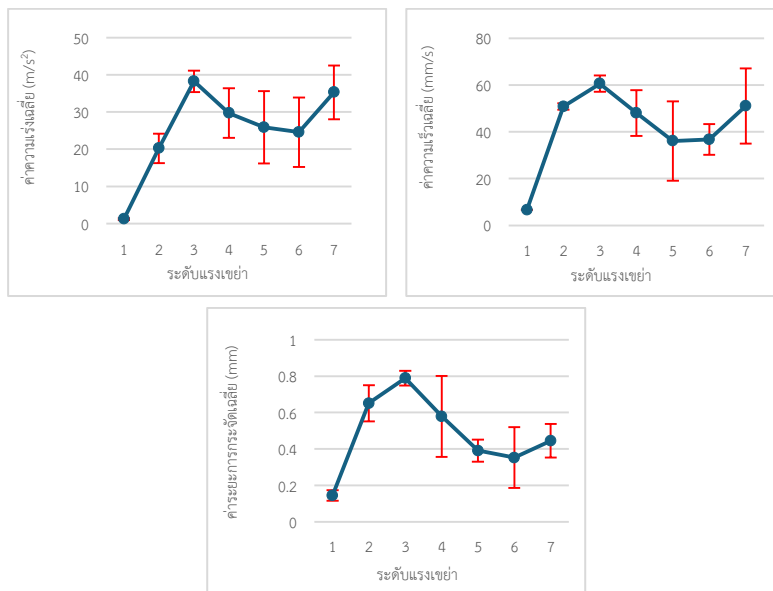


รูปที่ 4 ตำแหน่งวัดสมรรถนะเชิงกล (W-Z) และตำแหน่งชิ้นงาน (A-G)

4.1 ผลการวัดสมรรถนะเชิงกลของเครื่องเขย่าทั้ง 4 ตำแหน่ง (W-Z) ได้ค่าเฉลี่ยความเร่ง (A_p), ความเร็ว (V_{rms}) และระยะการกระจัดแบบพีคทูพีค (D_{p-p}) ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 5

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและค่า S.D. ของการวัดสมรรถนะเชิงกลของเครื่องเขย่าเกลียวแม่พิมพ์ต้นแบบในแต่ละระดับการเขย่า

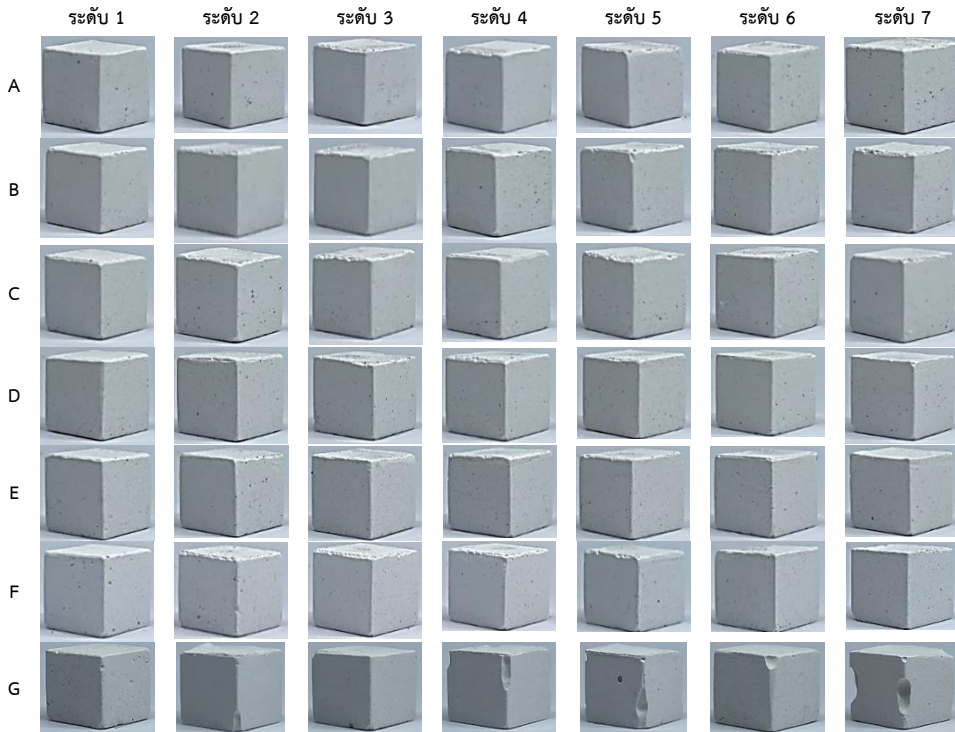
ระดับการ เขย่า	ค่าเฉลี่ยความเร่ง (m/s^2)	ค่าเฉลี่ยความเร็ว (mm/s)	ค่าเฉลี่ยระยะการกระจัด (mm)
ระดับ 1	1.20±0.26	6.63±1.31	0.145±0.029
ระดับ 2	20.23±3.97	50.83±3.50	0.651±0.100
ระดับ 3	38.25±2.88	60.58±9.81	0.789±0.040
ระดับ 4	29.68±6.66	48.05±16.95	0.579±0.223
ระดับ 5	25.88±9.75	36.08±6.55	0.391±0.061
ระดับ 6	24.55±9.37	36.75±16.06	0.352±0.167
ระดับ 7	35.28±7.25	51.05±11.85	0.445±0.092



รูปที่ 5 กราฟผลการวัดสมรรถนะเชิงกลของเครื่องเขย้าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบ

การทดสอบสมรรถนะเชิงกลของเครื่องเขย้าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบทั้ง 7 ระดับการเขย้า พบว่าค่าความเร่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนจากระดับ 1 (1.20 m/s^2) ไปถึงระดับ 3 (38.25 m/s^2) ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด จากนั้นมีการลดลงในระดับ 4-6 และกลับมาสูงขึ้นอีกครั้งในระดับ 7 (35.28 m/s^2) ส่วนค่าความเร็ว เพิ่มขึ้นจากระดับ 1 (6.63 mm/s) ไปสูงสุดที่ระดับ 3 (60.58 mm/s) ก่อนลดลงในระดับ 4-6 และเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยที่ระดับ 7 (51.05 mm/s) ซึ่งรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับค่าความเร่ง และค่าระยะการกระจัด มีค่าสูงสุดที่ระดับ 3 (0.789 mm) แสดงถึงการเคลื่อนที่ของแท่นวางแม่พิมพ์มากที่สุดในระดับนี้ และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเข้าสู่ระดับ 4-7 โดยรวมแล้ว การทดสอบชี้ให้เห็นว่าระดับการเขย้า ช่วงกลาง (ระดับ 3) ให้ค่าความเร่ง ความเร็ว และระยะการกระจัดสูงสุด จึงอาจเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการเกลี่ยเนื้อดินในแม่พิมพ์สูงสุด

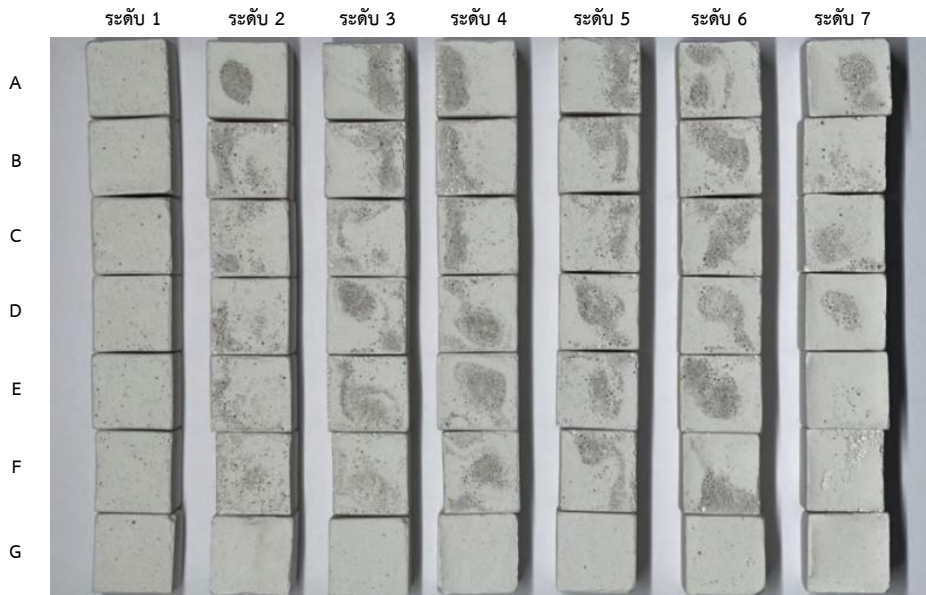
4.2 ผลการหล่อทดสอบแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าแรงสั่นจากเครื่องเขย้าเกลี่ยแม่พิมพ์มีผลต่อคุณภาพชิ้นงานหล่อปูนปลาสเตอร์ โดยชิ้นงานที่ผ่านการเขย้า (A-F) มีความสมบูรณ์ของรูปทรงและลดการเกิดช่องว่างจากฟองอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานควบคุม (G) ที่ไม่ผ่านการเขย้า ซึ่งพบตำหนิบริเวณสันมุมและภายในชิ้นงานจากฟองอากาศที่เนื้อปูนไม่สามารถไหลเข้าไปแทนที่ได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ภาพถ่ายสันมุมของชิ้นงาน ที่ใช้เครื่องเขย่าฯ (A-F)
และชิ้นงานที่ไม่ได้ใช้เครื่องเขย่า (G) ทุกระดับแรงสั่น

เมื่อนำทุกชิ้นงาน A ถึง F ซึ่งวางอยู่บนเครื่องเขย่าและชิ้นงานควบคุม G ซึ่งเป็นแม่พิมพ์ควบคุมที่ไม่ได้รับแรงเขย่า มาวางเปรียบเทียบกับกันดังรูปที่ 6 และ 7 ทำให้เห็นว่าแรงเขย่ามีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานหล่อปูนปลาสเตอร์อย่างชัดเจน โดยในรูปที่ 7 การเขย่าระดับที่ 1 พื้นผิวของชิ้นงานเรียบและสม่ำเสมอมากที่สุด แทบไม่มีร่องรอยการรวมตัวของฟองอากาศ และมีพื้นผิวคล้ายชิ้นงานควบคุม G ที่ไม่ได้เขย่า ส่วนระดับที่ 2 เริ่มปรากฏจุดรวมตัวของฟองอากาศบางตำแหน่ง โดยกระจุกตัวเป็นหย่อม ๆ แต่ยังไม่พบบ่อยกว่าระดับอื่น ๆ ส่วนระดับที่ 3-6 เริ่มปรากฏการไล่ฟองอากาศขึ้นบนพื้นผิว มีความชัดเจนและทั่วถึงมากขึ้น ส่วนในระดับที่ 7 มีการกระจายตัวไม่ทั่วถึง จุดรวมตัวของฟองอากาศมีขนาดใหญ่ เป็นกลุ่มก้อนและกระจายไม่สมดุล จนบางชิ้นงานมองเห็นว่าไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้นบนพื้นผิว จากทั้งหมดที่กล่าวมา สอดคล้องกับแนวคิดว่าการเขย่าช่วย “ไล่อากาศแฝง” ตลอดจนการสั่นน้อยไป ทำให้มีอากาศกักอยู่ภายในไม่ปรากฏออกมาที่พื้นผิว ขณะที่การสั่นมากเกินไป ก่อให้เกิดการแยกชั้นพื้นผิวด้านบน

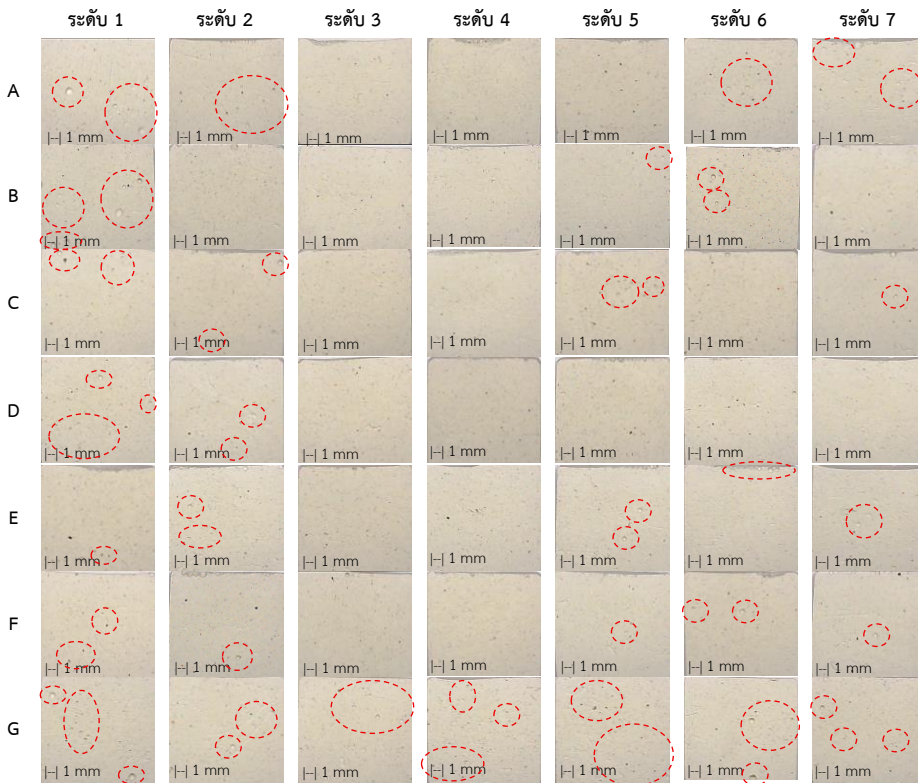
ดูเรียบเนียน ส่วนชั้นที่มีฟองอากาศ ฟองอากาศจะรวมตัวเป็นกลุ่มก้อน เช่นเดียวกับงานของ Li et al. (2022) ที่ได้พบว่า การสันสะท้อนมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพการอัดแน่นและลดช่องว่างอากาศ และการศึกษาของ Fascetti et al. (2024) ที่ยืนยันเชิงจุลภาคว่าพลังงานการสั่นมีผลต่อการกระจายตัวของอากาศและวัสดุภายใน



รูปที่ 7 เปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวด้านบนชิ้นงานที่ใช้เครื่องเขย่า (A-F) และชิ้นงานที่ไม่ได้ใช้เครื่องเขย่า (G) ทุกระดับแรงสั่น

เมื่อพิจารณาผลการตัดขวางกลางชิ้นงานเพื่อตรวจสอบฟองอากาศที่อยู่ภายในดังรูปที่ 8 พบว่าในระดับแรงเขย่าต่ำ (ระดับ 1-2) ยังคงมีฟองอากาศกระจายอยู่ภายในชิ้นงาน แสดงให้เห็นว่าแรงสั่นยังไม่เพียงพอในการไล่อากาศแฝงออกจากสารหล่อ ขณะที่ระดับแรงเขย่าช่วงกลาง (ระดับ 3-4) ให้ผลดีที่สุด โดยไม่พบฟองอากาศที่เด่นชัดทั้งในเชิงภายนอกและภายในชิ้นงาน สะท้อนว่าแรงสั่นในช่วงดังกล่าวเหมาะสมต่อการเพิ่มการไหลตัวและการอัดแน่นของเนื้อวัสดุ ในทางกลับกัน เมื่อเพิ่มระดับแรงเขย่าสูงขึ้น (ระดับ 5-7) พบการกลับมาของฟองอากาศบางส่วน ซึ่งคาดว่าเกิดจากแรงสั่นที่รุนแรงเกินไปจนทำให้เกิดการกระเพื่อมและการกวนตัวของผิวงานหล่อ ส่งผลให้อากาศกลับเข้ามาแทรกในเนื้อวัสดุอีกครั้ง พฤติกรรมดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัย Kisaku et al. (2022) ที่พบว่า การเพิ่มค่าความเร่งจากการสั่นช่วยลด

ปริมาณโพรงอากาศลง และงานของ Chai et al. (2023) ที่พบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตแบบสลีปฟอร์มดีขึ้นเมื่อใช้อะกรีเกต (Aggregate) ขนาดเล็กภายใต้การสั่นความถี่สูง ซึ่งกำลังอัด อัตราการแยกชั้น และค่าความพรุนของคอนกรีตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกแล้วจึงลดลง



รูปที่ 8 ผลการตัดขวางของชิ้นงาน A-F ในทุกระดับแรงเขย่า และชิ้นงานควบคุม G

สุดท้ายหลังจากได้ทดลองจนรู้ประสิทธิภาพของตัวเครื่องเขย่าแล้วว่าเหมาะสมกับการใช้งานในระดับกลางช่วงระดับที่ 3-4 ทำให้ลดฟองอากาศได้ดี จึงนำไปใช้งานโดยถ่ายทอดให้ชุมชนดังรูปที่ 9 โดยเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบนี้ช่วยให้การเกลี่ยเนื้อปูนมีประสิทธิภาพสม่ำเสมอ และลดความเสี่ยงจากชิ้นงานที่หล่อไม่เต็มได้ มีการรองรับแม่พิมพ์พร้อมกันได้หลายชิ้น ตลอดจนโครงสร้างมีน้ำหนักเบา และเคลื่อนย้ายสะดวกเมื่อต้องออกบูทภายนอก สามารถยกระดับกำลังการผลิตให้สอดคล้องกับกิจกรรมท่องเที่ยวที่เติบโตอย่างต่อเนื่องได้



รูปที่ 9 ถ่ายทอดความรู้การใช้เครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบให้วิสาหกิจชุมชนบ้านน้ำเซียว

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหล่อเซรามิกของวิสาหกิจชุมชน ได้ใช้การเขย่าจากมอเตอร์ที่มีตัมน้ำหนักเบื่อง่ายๆ เพื่อให้เกิด “แรงสั่น” ในการลดปริมาณรูพรุน ส่งผลให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งเครื่องเขย่าในงานวิจัยนี้ใช้แม่พิมพ์ของชุมชนในการทดลอง พบว่าแรงเขย่าระดับกลาง ในช่วงระดับที่ 3-4 ทำให้ลดฟองอากาศได้ดี ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานเครื่องนี้ในชุมชนมีความพึงพอใจอย่างมากที่ช่วยลดการสูญเสียชิ้นงานในการหล่อชิ้นงานไม่เต็ม ตลอดจนสามารถทำได้ครั้งละมาก ๆ (6 แม่พิมพ์ต่อครั้ง) จึงช่วยลดเวลาในการรอระหว่างใช้เครื่องขณะทำกิจกรรม สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องได้ด้วยคนเดียวคนเดียวเวลาต้องออกบูธหรือทำกิจกรรมภายนอก อีกทั้งยังดูแลรักษาได้ง่าย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณทางมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่มอบทุนอุดหนุนการวิจัยเงินบกองทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2567 และขอขอบคุณ ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเซียวจังหวัดตราด ที่สนับสนุนข้อมูลการใช้งานและทดลองทดสอบจนพัฒนาเครื่องเขย่าเกลี่ยแม่พิมพ์สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาของประเทศไทย. (2564). *ชุมชนบ้านน้ำเซียว*. สืบค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2568, จาก <https://shorturl.asia/WELZd>.

Archibald, M. M., Ambagtsheer, R. C., Casey, M. G., & Lawless, M. (2019). Using Zoom videoconferencing for qualitative data collection: Perceptions and experiences of researchers and participants. *International Journal of Qualitative Methods*, 18, 1-8. DOI:10.1177/1609406919874596.

- Buch, V., Oza, A. D., Kumar, M., & Gupta, M. (2024). *Effect of vibration casting on the properties and microstructure of aluminium alloy castings. Archives of Foundry Engineering, 24*(1), 33-44.
- Chai, M., Hu, C., & Cheng, M. (2023). *Study on the effect of vibrating process on the compactness of slipform concrete. Applied Sciences, 13*(14), 8421.
- Fascetti, A., Vandenbossche, J. M., Yan, X., & Darnell, M. (2024, April 30). *Three-dimensional micro-mechanical characterization of concrete vibration: Final report* (Report No. IRISE-24-P22-01-01). University of Pittsburgh, Swanson School of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering. https://www.engineering.pitt.edu/contentassets/90f53cc6fd294d10ae8a41d45e28b017/micromechanical_characterization_vibration_final-report_final.pdf.
- Just, D. T., O'Rourke, H. M., Berta, W. B., & Cranley, L. A. (2024). Navigating the virtual landscape: Methodological considerations for qualitative research in long-term care. *International Journal of Qualitative Methods, 23*, 1-12. <https://doi.org/10.1177/160940692412448>.
- Kanlica, M. M., Taş, Z., & Çolak, M. (2023). *The effect of grain refiner and mechanical vibration on feedability in sand and plaster mold casting of Etial 177 aluminum alloy. Eastern Anatolian Journal of Science, 9*(2), 1-9.
- Kisaku, T., Yoshida, Y., Muto, K., Kurosawa, T., Ito, Y., & Fujiyama, C. (2022). *Prediction of effective vibration condition under air void reduction using mortar rheological constant. Engineering Reports, 4*, e12484.
- Li, L., Wu, J., Zhang, Y., Li, K., Liu, Y., Liu, L., & Chen, Y. (2022). *Research progress of concrete vibratory technology. Academic Journal of Science and Technology, 3*(2), 71-77.
- Wakelin, K. J., McAra-Couper, J., & Fleming, T. (2024). Using an Online Platform for Conducting Face-to-Face Interviews. *International Journal of Qualitative Methods, 23*, 1-9. <https://doi.org/10.1177/16094069241234183>.

- Xometry. (2023). *Plaster casting: What it is, how it works, and more*. Xometry. Retrieved June 2, 2024, from https://www.xometry.com/resources/casting/plaster-casting/?utm_source=chatgpt.com.
- Xu, J. (2024). *Conducting semi-structured interviews in social service research: A practical guide*. SSR Research Guide. National University of Singapore, Social Service Research Centre. <https://fass.nus.edu.sg/ssr/wp-content/uploads/sites/8/2024/07/SSR-Research-Guide-2024-Conducting-Semi-Structured-Interviews-in-Social-Service-Research.pdf>.