

การออกแบบและพัฒนาเตาเผาพร้อมระหว่างไฟฟ้าและคลื่นไมโครเวฟสำหรับผลิตภัณฑ์ เครื่องปั้นดินเผาขนาดเล็ก

ชุมพล ปทุมมาเกษร^{1*} กฤตยชญ์ คำมิ่ง¹ วิวัฒน์ คลังวิจิตร¹ โยชิตา เจริญศิริ¹ จิรญญา โชตยะกุล¹
เทิดศักดิ์ อินทโชติ¹ ดลหทัย ชูเมฆา²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์สำหรับงานขนาดเล็กโดยใช้เตาเผาพร้อมระหว่างไฟฟ้าและไมโครเวฟ จากนั้นวัดประสิทธิภาพการใช้งานของเตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์ ส่วนประกอบสำหรับเตาเผา สามารถจำแนกออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกคือ ส่วนกำเนิดพลังงานที่ออกแบบให้สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับไมโครเวฟได้ ส่วนที่สองคือ ระบบควบคุมเวลาและอุณหภูมิซึ่งสามารถควบคุมตามเวลาและอุณหภูมิได้ถูกต้อง และส่วนที่สามคือ โครงสร้างของตัวเครื่องที่ออกแบบให้มีขนาดเล็กกะทัดรัด ผลการทดสอบการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ใช้เวลาอบ 1 นาที พบว่าชิ้นงานทุกชิ้นไม่มีการแตกเสียหาย ค่าความชื้นของชิ้นงานเฉลี่ยน้ำหนักที่หายไป 1.6 กรัม จากนั้นเมื่อทำการเผาเคลือบด้วยเตาไฟฟ้าในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน (Oxidation Firing) เเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผา 5 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า สีเคลือบลักษณะโดยรวม จะมีความมันวาว ในส่วนที่มีความหนาของเคลือบจะมีลึกลงสีเกิดขึ้น ในส่วนของเคลือบที่บางยังคงมีความมันวาว ใส ไม่มีรอยแตกไม่เกิดรูเข็มบนเคลือบ เตาเผาใช้กระแสไฟฟ้าร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ โดยใช้แคลมป์มิเตอร์วัด โดยกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดไฟฟ้า มีปริมาณ 15 แอมป์ และจ่ายให้หลอดแมกนีตรอน เพื่อปล่อยคลื่นไมโครเวฟ มีปริมาณ 5.9 แอมป์ รวมปริมาณการจ่ายกระแสทั้งหมด 20.9 แอมป์ การพัฒนาเตาเผาชนิดใช้ไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับพลังงานคลื่นไมโครเวฟเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อการประหยัดพลังงานและลดเวลาในการเผา โครงสร้างเตาเผาที่มีขนาดเล็ก เหมาะสำหรับงานเครื่องปั้นดินเผาที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก ทำให้พัฒนาผลิตภัณฑ์ได้สะดวกและง่ายขึ้น

คำสำคัญ : การเผาแบบออกซิเดชัน เครื่องปั้นดินเผา หลอดแมกนีตรอน

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

² สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: toy161@hotmail.com

DESIGN AND DEVELOPMENT OF SMALL POTTERY KILNS WITH COMBINED ELECTRIC AND MICROWAVE

Chumpon Patummakason ^{1*} Kridtayot Comming ¹ Wiwat Klungwijit ¹
Yosita Chareonsiri ¹ Chiranya Chotyakul ¹ Terdsak Intachot ¹ Dolhathai Rajanukroh ²

Abstract

This research aims to design and develop products kiln pottery or ceramics for small pottery, using electric oven with microwave, then measuring the efficiency of the oven from pottery or ceramics products. The components of oven can be classified into three parts; the first part is the energy source that is designed to be used in combination with microwave energy, the second part is time and temperature control system which can be controlled by time and temperature accuracy, and the third part is the structure of the machine that is designed to be compact. The results using a microwave oven for one minute finds that all pieces of products are not damaged, the average moisture of products lost weight is 1.6 grams. Then, when firing with an electric oven in the atmosphere of oxidation firing at a temperature 1,200 degree Celsius for 5 hours, the results showed that the overall color pieces of products are coated with gloss. In a thick coating, black crystals are formed, and in a thin coating, there is still clear gloss on the coating, no cracks and pitting. The oven used is combined with electric and microwave which measured the electric current using clamp meter, by which the electric current is supplied to the electric coil at volume 15 amps and to the magnetron tube to release microwave at volume 5.9 amps. The total volume of current is 20.9 amps. The development of pottery kiln-fired electric oven and microwave is one of the alternatives to saving energy and reducing time to fire. The oven is small, suitable for not very large pottery products, which making product development more convenient and easier.

Keywords : Oxidation Firing, Kiln pottery, Magnetron

¹ Faculty of Industrial Technology , Valaya Alongkorn Rajabhat University Under
The Royal Patronage, e-mail: vrurdijournal@hotmail.com

² Department of Agricultural Machinery Engineering , Faculty of Engineering , Rajamangala University of
Technology Thanyaburi, Pathumthani e-mail: kr_printting@hotmail.com

* Corresponding author, email: toy161@hotmail.com

บทนำ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้คัดเลือกหมู่บ้านเชรามิกส์ หมู่ที่ 2 บ้านหาดส้มแป้น ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอมือง จังหวัดระนอง ให้เป็นหมู่บ้านวิทยาศาสตร์และหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียง (ชลัย ศรีสุข, 2560) เพื่อให้เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและส่งเสริมการประกอบวิชาชีพของชุมชน และเยาวชนในพื้นที่จังหวัดระนอง รัฐบาลได้ให้การสนับสนุนและส่งเสริมให้ชุมชนมีการผลิต และแปรรูปสินค้าภายในชุมชน เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับคนในชุมชน ทำให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและมีภูมิคุ้มกันไม่อาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจอย่างไรก็ตาม กลุ่มบ้านหาดส้มแป้น ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอมือง จังหวัดระนอง มีความต้องการนักวิชาการและนักวิจัยเข้ามาร่วมพัฒนาศักยภาพทางการผลิตของชุมชน เพื่อให้สามารถแข่งขันกับตลาดผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์ทั้งในและต่างประเทศได้ การศึกษาวิจัยและพัฒนาเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาขนาดเล็ก โดยใช้เตาเผาชนิดใช้ไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับพลังงานคลื่นไมโครเวฟ โดยทั่วไปขั้นตอนแรกของการเผาชิ้นงานต้องนำชิ้นงานมาทำการพักไว้ที่ห้องโถงเพื่อไล่ความชื้นออกซึ่งใช้เวลา 1-2 วัน จากนั้นทำการเผาเคลือบด้วยพลังงานไฟฟ้า ทำให้เสียเวลามาก ดังนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบเตาเผาให้สามารถใช้พลังงานไมโครเวฟไล่ความชื้นงานก่อนซึ่งสามารถช่วยลดเวลาได้มาก จากนั้นก็สามารถทำการเผาเคลือบชิ้นงานด้วยพลังงานไฟฟ้าตามปกติ ทำให้ช่วยประหยัดเวลาในการนำชิ้นงานมาทำการพักไว้ที่ห้องโถงเพื่อไล่ความชื้น และขนาดเตาเผาที่มีขนาดเล็กเหมาะสำหรับงานเครื่องปั้นดินเผา ที่เป็นของตกแต่ง ของชำร่วย ที่มีขนาดไม่ใหญ่ไม่มากนัก

ดังนั้นคณะผู้วิจัยทำการออกแบบและพัฒนาเตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์ สำหรับงานขนาดเล็กโดยใช้เตาเผาร่วมระหว่างไฟฟ้าและไมโครเวฟ สามารถนำไปใช้เผาชิ้นงานผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผากลุ่มชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เตาเผาที่มีขนาดเล็กช่วยลดการนำเข้าอุปกรณ์และเทคโนโลยีเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาจากต่างประเทศ อันจะเป็นการช่วยยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจ สังคม ความเป็นอยู่ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเตาเผาร่วมระหว่างไฟฟ้าและไมโครเวฟสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาขนาดเล็ก
2. เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพในการใช้งานของเตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์

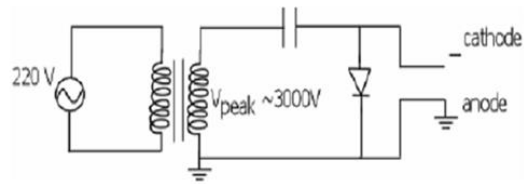
วิธีดำเนินการวิจัย

เตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์ สำหรับงานขนาดเล็กโดยใช้เตาเผาร่วมระหว่างไฟฟ้าและไมโครเวฟ มีขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยโดยทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องโดยมีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ ส่วนกำเนิดพลังงาน ส่วนระบบควบคุมเวลาและอุณหภูมิ และส่วนโครงสร้างของตัวเครื่อง

1. ส่วนกำเนิดพลังงาน เตาเผาสำหรับงานวิจัยนี้ใช้พลังงานความร้อนร่วมระหว่างไฟฟ้าและคลื่นไมโครเวฟ ดังแสดงภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 ภาพแสดงส่วนกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ (ก) หลอดแมกนีตรอน (ข) วงจรจ่ายไฟให้กับหลอดแมกนีตรอน
ที่มา : (ฐิติพงษ์ นาคประเสริฐ และคณะ. 2549)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ภาพแสดงส่วนกำเนิดความร้อนไฟฟ้า (ก) ขดลวดไฟฟ้า (ข) ลวดทนความร้อนภายในเตา
ที่มา : (บริษัทเซล่าวัลซ์บพลายจำกัด. 2559)

2. ส่วนระบบควบคุมเวลาและอุณหภูมิ เป็นอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ร่วมกันต้านอิเล็กทรอนิกส์และต้านไฟฟ้ากำลังแรงต่ำ ซึ่งสามารถใช้ในการควบคุมการเผาไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ โดยสามารถแสดงอุณหภูมิตั้งแต่ 0-1200 องศาเซลเซียส มีสวิทช์และหลอดไฟแสดงการทำงาน สามารถตั้งค่าแสดงอุณหภูมิการเผาเป็นตัวเลขดิจิทัล เมื่ออุณหภูมิถึงที่ตั้งไว้ระบบจะตัดอัตโนมัติ และจะทำงานอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่าค่าที่กำหนด มีขนาดของแท่งวัดอุณหภูมิขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ความยาว 180 มิลลิเมตร ย่านการวัดอุณหภูมิไม่เกิน 1,200 องศาเซลเซียส ใช้กระแส 15 แอมป์



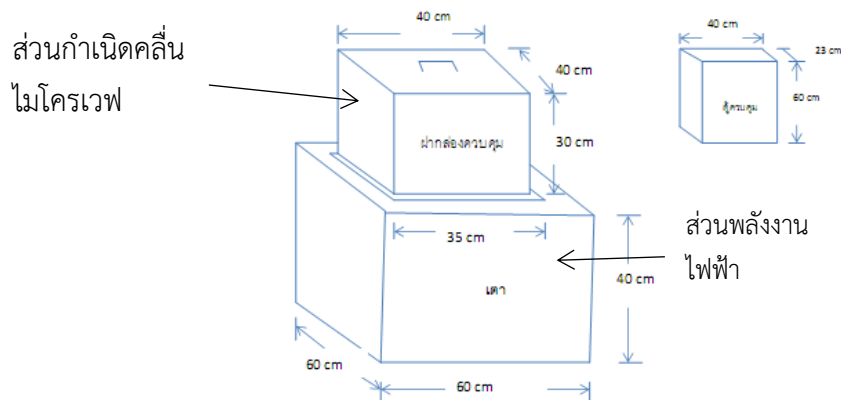
(ก)



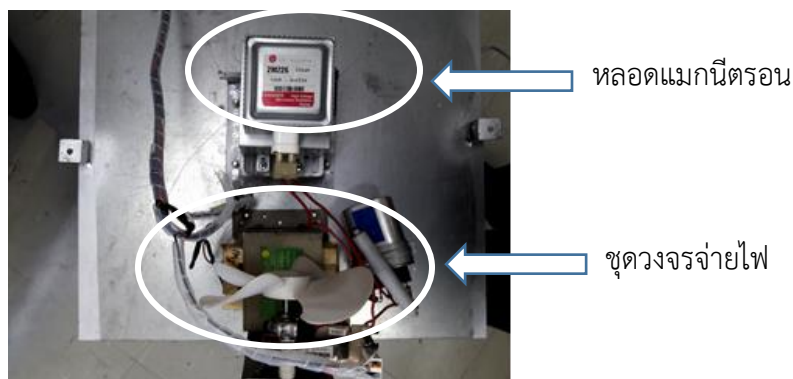
(ข)

ภาพที่ 3 ระบบควบคุมเวลาและอุณหภูมิ (ก) อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ รุ่น FY 900 (ข) ตัวควบคุมเตาเผา

3. ส่วนโครงสร้างของตัวเครื่อง พัฒนาปรับโครงสร้างเตาไฟฟ้าให้ใช้พลังงานร่วมกับคลื่นไมโครเวฟได้ในเตาเดียวกัน



ภาพที่ 4 โครงสร้างขนาดของเตาเผาสร้างเตาเผาผลิตภัณท์เครื่องปั้นดินเผา



(ก)



(ข)



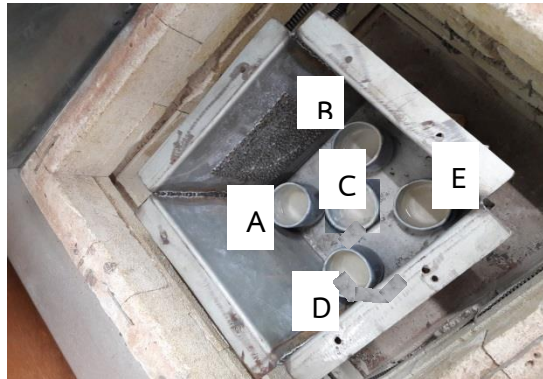
(ค)

ภาพที่ 5 ลักษณะโครงสร้างเตาเผาที่เสร็จสมบูรณ์ (ก) ส่วนของชุดวงจรจ่ายไฟและหลอดแมกนีตรอน (ข) ภายในเตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (ค) ภายนอกเตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองผลการวิจัยจะแบ่งการทดลอง ออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกการทดลองวัดอุณหภูมิภายในเตาเผา ส่วนที่สองการทดลองโดยการอบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ส่วนที่สามทดลองวัดกระแสที่ใช้ในการทำงานของเตาเผา

1. ทดลองวัดอุณหภูมิภายในเตาเผา แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ วัดอุณหภูมิภายในเตาเผาใช้พลังงานคลื่นไมโครเวฟ และวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับการวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาใช้พลังงานคลื่นไมโครเวฟ นำน้ำใส่ในภาชนะที่ทนต่อคลื่นไมโครเวฟ และทนอุณหภูมิที่สูง โดยมีปริมาณน้ำคือ 80 CC. จากนั้นวางภาชนะเหล่านั้นไว้ตามจุดกลางของเตาเผา ดังภาพ 1.6 จากการทดสอบการวัดอุณหภูมิจะเห็นได้ว่าที่ตำแหน่ง C เป็นจุดที่มีการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำสูงที่สุดและเดือดที่ 98 องศาเซลเซียส ส่วนที่ตำแหน่ง A B D และ E อุณหภูมิเพิ่มได้ต่ำกว่าจุด C และเนื่องจากน้ำที่นำมาทดสอบไม่บริสุทธิ์จึงทำให้ได้น้ำเดือดไม่ถึง 100 องศาเซลเซียสแสดงค่าอุณหภูมิดังตารางที่ 1.1



ภาพที่ 6 แสดงตำแหน่งวางภาชนะทดสอบเพื่อทดสอบอุณหภูมิตำแหน่ง

ตารางที่ 1 ตารางการทดลองวัดอุณหภูมิ

เวลา(นาท)	1	2	3	4	5-10
อุณหภูมิตำแหน่ง A	35	54	66	81	86
อุณหภูมิตำแหน่ง B	47	57	65	83	87
อุณหภูมิตำแหน่ง C	54	61	71	88	90
อุณหภูมิตำแหน่ง D	42	59	70	87	89
อุณหภูมิตำแหน่ง E	55	63	73	82	98

การวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาใช้พลังงานไฟฟ้า ใช้ตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิภายในเตาไฟฟ้าเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ดังแสดงภาพที่ 1.7 และผลการวัดอุณหภูมิใช้เวลา 5 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด 1200 องศาเซลเซียส ดังแสดงภาพที่ 8

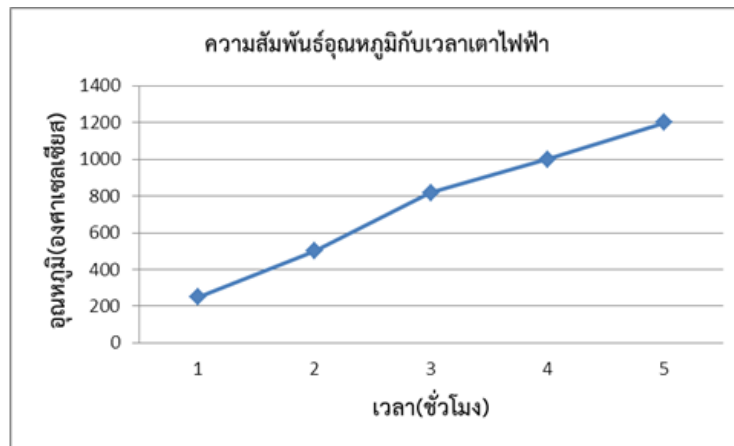


(ก)



(ข)

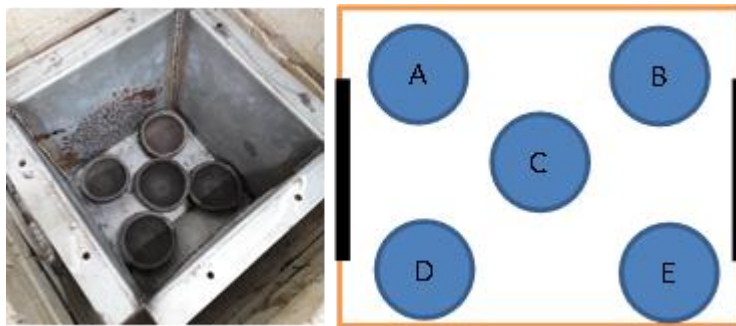
ภาพที่ 7 การวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาใช้พลังงานไฟฟ้า (ก) เทอร์โมคัปเปิล (ข) ตัวควบคุมเตาไฟฟ้า



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเทียบกับเวลา

2. ทดลองโดยการอบชิ้นงานผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

2.1 การทดสอบการอบชิ้นงานทดสอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ



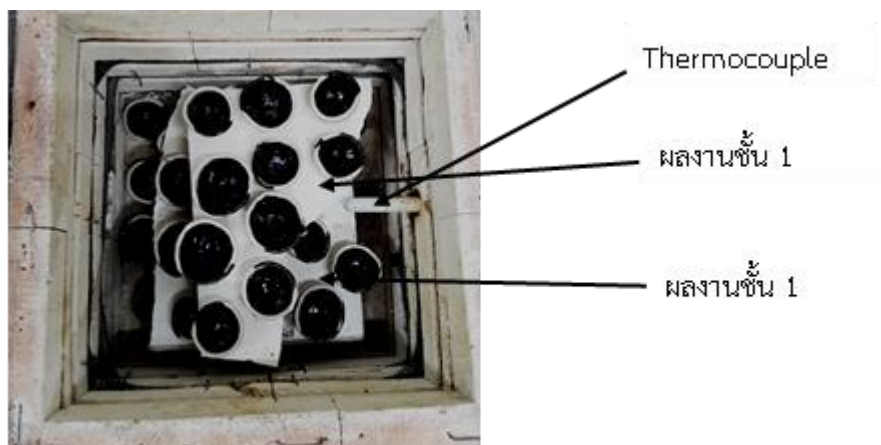
ภาพที่ 9 ชิ้นงานทดสอบก่อนอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ผลการทดสอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ใช้เวลาอบ 1 นาที ชิ้นงาน A B C D ชิ้นงานไม่แตก ผลการทดสอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ใช้เวลาอบ 1.30 นาที ชิ้นงาน C D ชิ้นงานไม่แตก แต่ชิ้นงาน A B แตกร้าว

2.2 การเผาเคลือบชิ้นงานด้วยเตาไฟฟ้า

การเผาเคลือบด้วยเตาไฟฟ้าในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน (Oxidation Firing) เเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผา 5 ชั่วโมง (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523)

2.2.1 ลักษณะการจัดวางชิ้นงานในเตาเผา วาง 2 ชั้น คือ ชั้นบนและชั้นล่างเพื่อเปรียบ เทียบลักษณะของสีเคลือบถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการเผา



ภาพที่ 10 แสดงการจัดวางชิ้นงาน

2.2.2 การวิเคราะห์สีของเคลือบ สีเคลือบชั้นบนลักษณะโดยรวมของเคลือบชั้นบน จะมีความมันวาว ในส่วนที่มีความหนาของเคลือบจะมีผลึกดำๆ เกิดขึ้น ในส่วนของเคลือบที่บางยังคงมีความมันวาวใส ไม่มีรอยแตกไม่เกิดรูเข็มบนเคลือบ



ภาพที่ 11 ลักษณะการวิเคราะห์สีเคลือบ (ก) ลักษณะของชิ้นงานก่อนเผา (ข) ลักษณะของชิ้นงาน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์ สำหรับงานขนาดเล็ก โดยใช้เตาเผาร่วมระหว่างไฟฟ้าและไมโครเวฟ ส่วนประกอบสำหรับเตาเผาสามารถจำแนกออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรก คือ ส่วนที่กำเนิดพลังงานออกแบบให้สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับไมโครเวฟได้ ส่วนที่ 2 คือ ระบบควบคุมเวลาและอุณหภูมิซึ่งสามารถควบคุมตามเวลาและอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ ส่วนที่ 3 คือ โครงสร้างของตัวเครื่องออกแบบให้มีขนาดเล็กกะทัดรัด โดยทั่วไปขั้นตอนแรกต้องนำชิ้นงานที่ต้องการมาทำการพักไว้ที่ห้องโล่งเพื่อไล่ความชื้นออกจากชิ้นงานซึ่งใช้เวลา 1-2 วัน จากนั้นทำการเผาเคลือบด้วยพลังงานไฟฟ้า ทำให้เสียเวลามาก ผู้วิจัยได้ออกแบบให้เตาเผามีประสิทธิภาพสามารถใช้พลังงานไมโครเวฟไล่ความชื้นงานซึ่งสามารถช่วยลดเวลาได้มาก จากนั้นก็สามารถทำการเผาเคลือบชิ้นงานด้วยพลังงานไฟฟ้า ผลการทดสอบการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟไล่ความชื้นใช้เวลาอบ 1 นาที ชิ้นงานทุกชิ้นไม่เกิดการแตกเสียหาย จากนั้นทำการเผาเคลือบ

ด้วยเตาไฟฟ้าในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน (Oxidation Firing) เเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผา 5 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า สีเคลือบลักษณะโดยรวม จะมีความมันวาว ในส่วนที่มีความหนาของเคลือบจะมีผลึกต่างๆ เกิดขึ้น ในส่วนของเคลือบที่บางยังคงมีความมันวาว สี ไม่มีรอยแตกไม่เกิดรูเข็มบนเคลือบ การวัดกระแสโดยใช้แคลมป์เตอร์ โดยทำการวัดกระแสที่จ่ายให้กับหลอดแมกนีตรอน ใช้กระแส 5.9 แอมป์ และวัดกระแสจ่ายจ่ายให้ขดลวดไฟฟ้า ใช้กระแส 15 แอมป์ รวมใช้กระแสทั้งหมด 20.9 แอมป์ ดังนั้น การศึกษาวิจัยและพัฒนาเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาขนาดเล็ก โดยใช้เตาเผาชนิดใช้ไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับพลังงานคลื่นไมโครเวฟเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้งานเพื่อการประหยัดพลังงานและลดเวลาขั้นตอนการเผา โครงสร้างเตาเผาที่มีขนาดเล็กเหมาะสมสำหรับงานเครื่องปั้นดินเผา ที่เป็นของตกแต่ง ของชำร่วย ที่มีขนาดเล็กไม่ใหญ่มาก ทำให้ชุมชนสามารถที่จะออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้สะดวกและง่ายขึ้นตลอดจนรักษาความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของชุมชนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. การอบโดยพลังงานคลื่นไมโครเวฟ ควรค่อยๆ ไล่อุณหภูมิขึ้นไปเรื่อยๆ จากอุณหภูมิต่ำไปอุณหภูมิสูง จะทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่นำมาอบแตกได้
2. การติดพัดลมระบายอากาศให้กับหลอดแมกนีตรอนให้เพียงพอจะทำให้ลดการเสียหายและยืดอายุการทำงานของระบบไมโครเวฟได้
3. การวิจัยพัฒนาครั้งต่อไป พัฒนาขนาดของเตาเผาให้สามารถ เผาชิ้นงานขนาดใหญ่ได้ โดยเพิ่มจำนวนหลอดแมกนีตรอน และขดลวดความร้อน

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาโดยใช้เตาเผาร่วมระหว่างไฟฟ้าและคลื่นไมโครเวฟผู้วิจัยขอขอบคุณอุษา โพธิ์สุวรรณ ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวัดและทดสอบ สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย (ทุน วช.) จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีงบประมาณ 2556

เอกสารอ้างอิง

- ชลัย ศรีสุข. (2560). บ้านหาดส้มแป้น หมู่บ้านแม่ข่ายวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเซรามิกต้นแบบ. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 60(190), 33-35.
- ฐิติพงษ์ นาคประเสริฐ และคณะ. (2549). เครื่องอบแห้งโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ. โครงการงานวิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ทวี พรหมพฤกษ์. (2523). เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร
- บริษัท เซลล์วาล์วชัยพล จำกัด. (2559). ลวดทนความร้อน. สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2559, จาก <http://www.cerawan.com/>