

การพัฒนาเครื่องจุ่มขึ้นทดสอบน้ำเกลือสำหรับงานทดลอง

เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องจุ่มน้ำเกลือสำหรับงานทดลอง ที่มีการนำขึ้นทดสอบดินเผามาทำกระบวนการจุ่มทดสอบน้ำเกลือ อย่างไรก็ตามน้ำเกลือมีความสำคัญมากที่จะต้องควบคุมอัตราส่วนผสมและผลกระทบหลายอย่าง การตรวจวัดอัตราส่วนผสมที่ถูกต้อง และผสมเกลืออย่างละเอียด รวมไปถึงการหลอมละลายในเนื้อเดียวกัน การพัฒนาน้ำเกลือเซรามิกส์นั้นจะต้องทดลองเกี่ยวกับวัตถุดิบที่มีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยวิธีการเคลือบนี้เป็นหัวใจของเซรามิกส์ การทดลองจึงต้องทำการทดลองซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เที่ยงตรงและแม่นยำ การพัฒนาเครื่องจุ่มขึ้นทดสอบที่อาศัยหลักการควบคุมการทำงานจะใช้พีแอลซี เป็นตัวควบคุมผ่านระบบนิวแมติกส์ โดยการทำงานจะต้องใช้ตัวดูดจับ พร้อมกับมีโรตารีมอเตอร์ที่สามารถหมุนได้ 0-180 องศา และวางชิ้นงานในตำแหน่งที่ต้องการ จากผลการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบการจุ่มเคลือบด้วยเครื่องจุ่มกับการจุ่มเคลือบด้วยมือ นั้นพบว่า การจุ่มเคลือบด้วยเครื่องจุ่มมีความเร็วมากกว่าและได้ชิ้นงานมากกว่า ช่วยลดการสูญเสียเวลาการทำงานและความเมื่อยล้าของผู้ทดสอบตลอดจนชิ้นงานทดสอบได้คุณภาพดีกว่า

คำสำคัญ: น้ำเกลือ ขึ้นทดสอบน้ำเกลือ เครื่องดูดจับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ พีแอลซี

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

DEVELOPMENT OF DIP GLAZE MACHINES FOR EXPERIMENT

Benchalak Muangmeesri^{1*}**Abstract**

This research is to development and test of dip glaze machine , have gone through the process of pottery manufacturing to the final. However, the glaze is important to control all of the factors affecting the glaze appearance. Measure the ingredients accurately, and mix the glaze thoroughly so that it is homogeneous and properly suspended. The development of glaze ceramics will be experimenting with different chemical structures. By the way, materials used in glaze then is primarily in the ceramics. The experiment must be test materials several time then we get precision and accuracy. The control is using the pneumatic system via programmable logic controller (PLC). These operation of this machine is separated test piece via a suction gripper. The swivel arm of the changer, which is driven by a rotary actuator, moves the test piece to various angles between 0° and 180°. After that, the swivel arm can be transfer point of the downstream station. Overall, the comparison of performance between dipping machine and dipping by hand then we get the results, the dipping machine test piece can work faster than manual test . This work is not lost time, no fatigue and good quality of test piece.

Keywords: glazes, test piece, pick and place, microcontroller, PLC

¹ Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

บทนำ

ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ต้องมีการค้นคว้าทดลองอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด เพราะองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญของงานเซรามิกส์นั้นประกอบด้วยวัตถุดิบหลายชนิด ตั้งแต่วัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูป วัตถุดิบที่ใช้ในการเคลือบและวัสดุอุปกรณ์ในการเผาผลิตภัณฑ์ การเคลือบผลิตภัณฑ์เป็นหัวใจสำคัญในงานเซรามิกส์ การทดลองเพื่อการวิจัย โดยเฉพาะการทดลองเคลือบแต่ละครั้งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เที่ยงตรงและแม่นยำในแต่สูตรผู้ทดลองมักจะต้องการทดลองซ้ำ ๆ และในปริมาณขึ้นทดลองที่มาก บางครั้งต้องเป็นปริมาณมากกว่า 1,000 ชิ้น ขึ้นไป การจุ่มเคลือบหรือชุบเคลือบโดยทั่วไปตามโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์หรือโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ต้องการทดลองน้ำเคลือบ นักวิจัยมักจะใช้ระบบมือจับและจุ่มน้ำเคลือบ ที่ยังไม่มี ความแน่นอนในเรื่องของเวลาในการแช่ (soaking time) หรือมาตรฐานความลึกของการจุ่มที่แน่นอน หรือในระบบอุตสาหกรรมที่ต้องจุ่มหรือชุบชิ้นงานในสายการผลิต จะมีรูปแบบของชิ้นงานที่วางอยู่บนสายพานที่ทำงานด้วยการหมุนของมอเตอร์ โดยให้ชิ้นงานวางบนสายพานและมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการสูญเสียและสิ้นเปลืองน้ำเคลือบที่ต้องไหลตลอดเวลา การพัฒนาทำเครื่องจุ่มขึ้นทดสอบน้ำเคลือบสำหรับนักวิจัยในห้องทดลองซึ่งโดยส่วนใหญ่จะทำการทดลองน้ำเคลือบโดยเฉลี่ยสูตรละ ประมาณ 10 – 15 ชิ้นทดสอบ และการทดสอบแต่ละครั้งมักจะมีอัตราส่วนผสมที่หลากหลาย สำหรับการวิจัยทดลองเคลือบซึ่งถือว่าต้องใช้ความแม่นยำและเที่ยงตรงในการกะเวลาและปริมาณความลึกในการจุ่มน้ำเคลือบ ซึ่งปัญหาดังกล่าวสำหรับนักวิจัย คือเกิดความเบื่อหน่ายและความล่าช้าในการทำงานทดลอง และไม่สามารถเชื่อมั่นในความหนาของน้ำเคลือบในแต่ละครั้งของการจุ่ม ดังนั้นการนำแนวคิดวิธีการสร้างเครื่องจุ่มขึ้นทดสอบน้ำเคลือบสำหรับงานทดลอง โดยการศึกษาลักษณะการดูดของวัสดุที่เป็นดินเผา การนำระบบสุญญากาศระบบนิวแมติกส์เพื่อช่วยในการดูดจับชิ้นงาน และการใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการสั่งงานให้เครื่องทำงานตามที่ตั้งโปรแกรมไว้ได้อย่างแม่นยำด้วยการเขียนภาษาซี จะทำให้เกิดความมั่นใจที่จะระยะเวลาความลึกในการจุ่มระยะเวลาในการแช่ของชิ้นทดสอบ ตลอดถึงการนำชิ้นทดสอบกลับมาวางที่เดิมได้ ทำให้เกิดสิ่งประดิษฐ์สำหรับนักทดลองในวงการเซรามิกส์ หรือผู้ที่ต้องการนำไปใช้กับงานเคลือบวัสดุอื่น ๆ ส่งผลผู้ปฏิบัติงานมีความมั่นใจในการตรวจสอบประสิทธิภาพในเรื่องของความเร็วที่เหมาะสม และความแม่นยำในการทดสอบ

วัตถุประสงค์

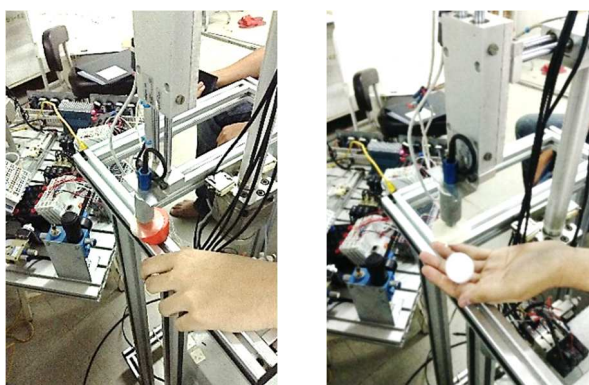
1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องพร้อมอุปกรณ์ในการดูดจับสำหรับจุ่มขึ้นทดสอบน้ำเคลือบโดยการควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับใช้ในห้องทดลอง
2. เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านเวลาของการเตรียมขึ้นทดสอบน้ำเคลือบและประสิทธิภาพของการเคลือบ

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองสร้างเครื่องจุ่มขึ้นทดสอบน้ำเคลือบสำหรับงานทดลองนี้ เป็นการใช้ระเบียบการวิจัยเชิงทดลอง (experimental) ผู้วิจัยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องจุ่ม ผู้วิจัยศึกษารายละเอียดการทำงานของเครื่องจุ่มนี้โดยใช้ทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นการศึกษาระบบหลักการทำงานด้วยระบบนิวแมติกส์ควบคุมด้วย พีแอลซี (PLC: Programmable Logic Controller) โดยการทำงานของเครื่องนี้ใช้พลังงานลม การเลือกอุปกรณ์ทางด้านนิวแมติกส์ ให้เหมาะสมกับขนาดกำลังลมที่จะใช้งาน โดยใช้ลูกสูบปรับแรงดันลมได้ ประมาณ 6 -8 บาร์ สายลมเลือกใช้ขนาด 4 และ 6 มิลลิเมตร ใช้โซลินอยด์วาล์วทำงานกับระบบไฟฟ้า 24 โวลต์ การออกแบบ การเคลื่อนตัวของระบบกระบอกลูกสูบทั้ง 2 ตัว และโรตารีให้ทำงานสัมพันธ์กันขณะทำงานในระบบอัตโนมัติ การ

ออกแบบชุดประมวลผล ผู้วิจัยใช้โปรแกรม CX-Programmer Introduction Guide 2) ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจุ่ม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทดสอบการทำงานของเครื่องโดยในขั้นตอนแรกนั้น ทดลองกับวัสดุที่มีน้ำหนักต่าง ๆ กัน และหลังจากนั้นนำไปใช้กับงานจริงด้วยการทดลองการจุ่มขึ้นทดสอบ น้ำเคลือบโดยมีการกำหนดการทดลองด้วยการทำซ้ำจำนวน 4 ครั้ง สังเกตการจุ่มและนำขึ้นทดสอบไปทำการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสในเตาเดียวกัน เพื่อสังเกตผลของการเผาเคลือบด้วยตาเปล่า และใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) เป็นเครื่องมือในการวัดค่าสีของชิ้นทดสอบเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เกี่ยวกับความหนาของการเคลือบ

ผลการวิจัยแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ การออกแบบและสร้างเครื่องจุ่ม ผู้วิจัยได้ทำการประกอบโครงสร้างจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ ซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้ดีมีความแข็งแรง สามารถถอดออกได้ง่ายโดยการขันสกรู หลังจากนั้นติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ ตัวกรองลมอัด วาล์วควบคุมทิศทางการไหล อุปกรณ์ชุดควบคุมความดัน กระบอกสูบ โรตารี วาล์วสวิทช์ ลิมิทสวิทช์ สวิทช์ปุ่มกด เมื่อโครงสร้างของเครื่องสมบูรณ์ จึงเขียนคำสั่งการควบคุมการทำงานด้วย พี แอล ซี (Programmable Logic Controller) รุ่น Beckhoff CPU 9050 จำนวน 8 อินพุต 8 เอาต์พุต ในการควบคุมการทำงานทั้งระบบ โดย พี แอล ซี ชนิดนี้จะมีการสื่อสารผ่านระบบ Ether CAT ทำให้มีการส่งผ่านข้อมูลอย่างรวดเร็ว โดยจะมีการดูจับและปล่อยชิ้นงานตามเงื่อนไขในการสั่งงานผ่านโปรแกรม และผลการวิจัยส่วนที่ 2 คือ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องโดยเริ่มจากการทดสอบการหยิบน้ำหนัก ด้านเวลาและประสิทธิภาพของการเคลือบ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ผลข้อมูลตามขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของการวิจัย 2 ลักษณะคือ 1) การทดสอบเครื่องด้วยการหยิบบั้ววัสดุ เป็นการทดสอบการหยิบบั้ววัสดุเปล่าโดยไม่จุ่มน้ำเคลือบ โดยมีการทดสอบเครื่องจุ่มทั้ง 5 ครั้งเพื่อนำไปทดลองกับชิ้นทดสอบน้ำเคลือบผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการหยิบน้ำหนักของชิ้นงานที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 200 - 600 กรัม โดยใช้แรงดันที่ 6 บาร์ และทำการเปรียบเทียบระหว่างการควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติที่มีค่าเฉลี่ยด้านเวลาในการหยิบบั้วและยกขึ้นทดสอบใช้เวลาเฉลี่ยที่ 12.5 วินาที ต่อ 1 ชิ้นงาน ดังตารางที่ 1-2



ภาพที่ 1 การทดลองจับขึ้นทดสอบที่น้ำหนักต่าง ๆ ด้วยระบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 2 ชั้นทดสอบที่ทำการจุ่มน้ำเคลือบแล้วรอการเผาเคลือบ

ตารางที่ 1 แสดงผลการหีบจับวัสดุจำนวน 5 ครั้ง

ครั้งที่	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	ผลการ ทดสอบ	จำนวนชิ้น ทดสอบ	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5
1	200	ผ่าน	5	12	12	12	12	12
2	300	ผ่าน	5	12	12	12	12	12
3	400	ผ่าน	5	12	12	12	12	12
4	500	ผ่าน	5	12	12	12	12	12
5	600	ไม่ผ่าน	5	-	-	-	-	-

ตารางที่ 2 แสดงผลสรุปเวลาการทดสอบเครื่องจุ่ม ด้วยระบบอัตโนมัติ

ครั้งที่	น้ำหนักวัสดุ (กรัม)	การควบคุมระบบอัตโนมัติ	จำนวนชิ้นทดสอบ
1	200	เวลาเฉลี่ย 12.4 วินาที/ชิ้น	5
2	300	เวลาเฉลี่ย 12.6 วินาที/ชิ้น	5
3	400	เวลาเฉลี่ย 12.6 วินาที/ชิ้น	5
4	500	เวลาเฉลี่ย 12.6 วินาที/ชิ้น	5
5	600	ยกไม่ผ่าน	5
เวลาเฉลี่ยรวม		12.5 วินาที/ชิ้น	25

สำหรับการทดสอบหาประสิทธิภาพของการจุ่มขึ้นทดสอบ ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ลักษณะการทำงานได้แก่ การทดสอบการจุ่มขึ้นงานด้วยมือ และการทดสอบการจุ่มขึ้นทดสอบด้วยเครื่องจุ่ม เพื่อทำการเปรียบเทียบ เวลา และผลของการเคลือบก่อนการเผาและหลังการเผา เพื่อให้เห็นถึงสมรรถนะในการทำงานของเครื่องว่ามีผลการทำงานที่แตกต่างกันสามารถใช้เครื่องทำงานแทนนักทดลองได้ ซึ่งผลการทดสอบโดยใช้แผ่นทดสอบที่มีขนาด 7×7 เซนติเมตร มีความหนาของแผ่น 0.5 เซนติเมตร มีน้ำหนักโดยเฉลี่ยที่ชั่งได้ 82 กรัม ผ่านการเผาดิบ (biscuit firing) ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ใช้น้ำเคลือบที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.7 ตามมาตรฐานโรงงานเครื่องสุษัณห์ แยกทดสอบโดยใช้เครื่องจุ่มที่สร้างขึ้นจำนวน 2 ครั้ง ๆ ละ 50 ชิ้น และใช้นักทดลอง จำนวน 2 ครั้ง ๆ ละ 50 ชิ้น พบว่า การทดลองจับเวลาการจุ่มเคลือบด้วยมือ จำนวน 100 ชิ้น มีการใช้เวลาในการจุ่ม รวมทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง 21 นาที 29 วินาที ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 บันทึกเวลาการจุ่มขึ้นทดสอบด้วยมือ

ขั้นตอนที่	M ครั้งที่ 1(นาที)	เวลาสะสม (นาที)	M ครั้งที่ 2 (นาที)	เวลาสะสม (นาที)
1 - 5	01.55		02.14	
เวลาที่สูญเสีย	01.16	03.11	01.02	03.16
6 - 10	02.04		03.37	
เวลาที่สูญเสีย	01.23	03.27	01.11	04.48
11 - 15	02.15		02.26	
เวลาที่สูญเสีย	01.15	03.30	03.57	06.23
16 - 20	02.50		03.09	
เวลาที่สูญเสีย	01.50	04.40	02.30	05.39
21 - 25	03.53		02.29	
เวลาที่สูญเสีย	01.08	05.01	01.24	03.53
26 - 30	02.29		02.24	
เวลาที่สูญเสีย	01.24	03.53	00.37	03.01
31 - 35	02.45		02.10	
เวลาที่สูญเสีย	03.03	05.48	00.59	03.09
36 - 40	02.35		02.57	
เวลาที่สูญเสีย	01.10	03.45	01.39	04.36
ขั้นตอนที่	M ครั้งที่ 1(นาที)	เวลาสะสม (นาที)	M ครั้งที่ 2 (นาที)	เวลาสะสม (นาที)
เวลาที่สูญเสีย	01.35	05.34	02.03	04.07
46 - 50	02.05		02.45	
เวลาที่สูญเสีย	02.12	04.17	00.46	03.31
เวลาสะสมรวม		43.06		38.23

การทดลองจับเวลาการจุ่มเคลือบด้วยเครื่อง จำนวน 100 ชิ้น มีเวลาในการจุ่มโดยไม่มีการเสียเวลาอื่น ๆ รวมทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง 20 นาที ดังตารางที่ 4

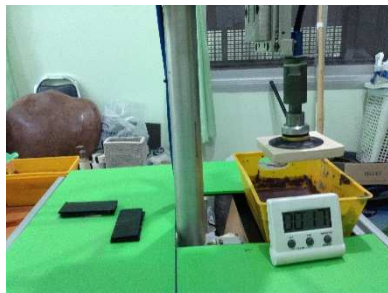
ตารางที่ 4 บันทึกเวลาการจุ่มขึ้นทดสอบด้วยเครื่องจุ่ม

ขั้นตอนที่	R ครั้งที่ 1 (นาท)	เวลาสะสม (นาท)	R ครั้งที่ 2 (นาท)	เวลาสะสม (นาท)
1 - 5	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
6 - 10	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
11 - 15	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
16 - 20	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
21 - 25	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
26 - 30	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
31 - 35	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
36 - 40	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
41 - 45	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
46 - 50	04.00		04.00	
เวลาที่สูญเสีย	ไม่มี	04.00	ไม่มี	04.00
เวลาสะสมรวม		40.00		40.00

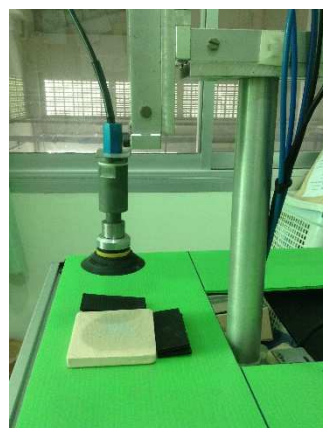
จากการเปรียบเทียบผลการทดลองพบว่าการทดสอบการจุ่มด้วยมือใช้เวลารวมทั้งหมดมากกว่า การทดสอบการจุ่มด้วยเครื่อง 1 นาที 29 วินาที และหากมีการจุ่มขึ้นทดสอบที่มีจำนวนมาก การทดสอบการจุ่มขึ้นงานด้วยเครื่องจะมีประสิทธิภาพด้านเวลาดีขึ้น เช่น ความเที่ยงตรงในการจุ่มขึ้นทดสอบ การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ หรือการเกิดปฏิกิริยาของสารเคมีที่มีอยู่ การใช้น้ำเกลือที่ใช้เครื่องจะไม่มีเวลาที่สูญเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับ การจุ่มด้วยมือ จะมีเวลาที่สูญเสียที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการทดสอบการจุ่มขึ้นงานด้วยเครื่องจะมีประสิทธิภาพ ความสะดวกสบายตลอดจนการลดอุบัติเหตุมากกว่าการจุ่มด้วยมือ จากการสังเกตผลการเคลือบผู้วิจัยใช้การบันทึกตำแหน่งที่เกิดขึ้นขณะจุ่มเคลือบจากการทดลองจุ่มน้ำเกลือด้วยมือทุกขั้นตอนทดสอบจะมีรอยนิ้วมือในตำแหน่งที่ผู้จุ่มจับบริเวณขอบและเมื่อนำขึ้นทดสอบวางลงกับพื้นจะทำให้มีน้ำเกลือไหลไปด้านหลังของแผ่นด้วย ผู้ทดสอบจะต้องทำการเช็ดเกลือที่เลอะออกเพื่อไม่ให้ขึ้นทดสอบติดกับแผ่นรอง



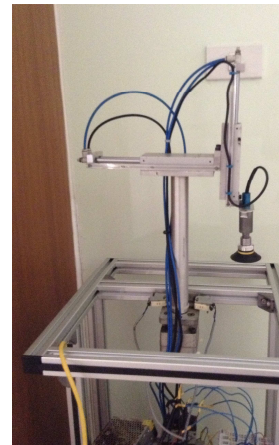
ภาพที่ 3 ลักษณะของผิวเคลือบหลังการเผาที่จุ่มด้วยมือ



ภาพที่ 4 เครื่องจุ่มดูดชั้นทดสอบไปจุ่มเคลือบ



ภาพที่ 5 การทดลองจุ่มชั้นทดสอบด้วยมือและด้วยเครื่อง



ภาพที่ 6 เครื่องจุ่มขึ้นทดสอบ

การจุ่มด้วยมือมีตำหนิที่เกิดจากการที่แผ่นทดสอบมีการไหลเอวไปด้านหลังของแผ่นทดสอบทำให้เกิดการเสียเวลาในการเช็ดด้านหลังเพื่อกันการติดแผ่นรองเผาและตำหนิอีกอย่างหนึ่งคือตำหนิที่เกิดจากผู้ทดสอบทำแผ่นทดสอบหลุดร่วงออกจากมือซึ่งส่งผลให้แผ่นทดสอบมีตำหนิทั้งแผ่น และต้องทำการล้างเคลือบออกหรือทำการเปลี่ยนแผ่นทดสอบชิ้นใหม่

ผู้วิจัยทำการศึกษาล้างการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ด้วยการใช้เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) เพื่อศึกษาเฉดสีของเคลือบแต่ละชั้นทดสอบเพื่อเชื่อมโยงความน่าจะเป็นของความหนาของเคลือบโดยการดูค่า L^* , a^* , b^* เพื่อใช้ร่วมในการเปรียบเทียบก็จะมีค่าที่ถูกต้องมากขึ้น และค่าจากเครื่องวัดสีนี้ยังใช้เป็นแนวทางในการปรับสีพบว่า ผลสรุปการใช้เครื่องวัดสีโดยการสุ่มจากชิ้นงานที่จุ่มด้วยมือและเครื่องใช้น้ำเคลือบในการทดลองจุ่มสีขาว จำนวนอย่างละ 10 ชิ้นงาน พบว่า การจุ่มด้วยเคลือบสีขาวทั้งด้วยมือมีค่าของเฉดสีอยู่ที่ $L^* = 85.966$, $a^* = -2.392$, $b^* = 1.649$ การจุ่มด้วยเครื่องจุ่ม มีค่าของเฉดสีอยู่ที่ $L^* = 87.121$, $a^* = -2.312$, $b^* = 1.106$ ค่า L^* หมายถึง ค่าความสว่าง (lightness) ซึ่งค่า L^* จากการทดสอบระหว่างการจุ่มด้วยมือมีค่าต่ำกว่าการจุ่มด้วยเครื่องเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าอาจจะมึระดับความหนาของเคลือบมากกว่าเล็กน้อยจึงทำให้ค่าความสว่างมีมากกว่า

ส่วนค่า a^* เป็นค่าของสีเขียวถึงสีแดง ระหว่างการจุ่มด้วยมือและการจุ่มด้วยเครื่องจุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน และ ค่า b^* เป็นค่าของสีน้ำเงินถึงสีเหลือง มีค่าไม่แตกต่างกัน การใช้เครื่องวัดสีโดยการสุ่มจากชิ้นงานที่จุ่มด้วยมือและเครื่องใช้น้ำเคลือบในการทดลองจุ่มสีดำ จำนวนอย่างละ 10 ชิ้นงาน พบว่า การจุ่มด้วยเคลือบสีดำทั้งด้วยมือมีค่าของเฉดสีอยู่ที่ $L^* = 2.819$, $a^* = 1.294$, $b^* = 1.688$ การจุ่มด้วยเครื่องจุ่ม มีค่าของเฉดสีอยู่ที่ $L^* = 1.963$, $a^* = -0.970$, $b^* = 0.799$ ซึ่งจากการสังเกตค่าความสว่างของชิ้นทดสอบที่จุ่มด้วยเครื่องส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าการจุ่มด้วยมือ แสดงให้เห็นว่าอาจจะมึระดับความหนาของเคลือบมากกว่าเล็กน้อยจึงทำให้ค่าความสว่างมีน้อยกว่า

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในการสร้างเครื่องจุ่มขึ้นทดสอบน้ำเคลือบสำหรับงานทดลองครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าเป็นการนำเทคโนโลยีขั้นสูงมาผสมผสานสร้างเป็นนวัตกรรมสำหรับการอำนวยความสะดวกในงานทดลองเซรามิกส์ หรืออาจจะนำไปใช้กับงานประเภทอื่น ๆ สามารถประยุกต์ให้เข้ากับชิ้นงานที่นำมาทดลองได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจุ่มขึ้นทดสอบน้ำเคลือบสำหรับงานทดลองนี้เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้จริงในวงการเซรามิกส์ดังนี้

1. การสร้างเครื่องจุ่มขึ้นทดสอบนี้ สามารถปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ดูดจับที่เป็นถ้วยยาง (suction cup) เป็นอุปกรณ์ในการคีบหรือหนีบได้ เพื่อความสะดวกในการหยิบขึ้นทดสอบหรือเป็นงานขนาดใหญ่ได้
2. การเขียนโปรแกรมการสั่งการควบคุมการทำงานให้เคลื่อนไหว สามารถปรับระดับความเร็วหรือช้าได้ตามความต้องการหรือเหมาะสมของการใช้งาน ถ้าต้องการความหนาของเคลือบมากขึ้นก็สามารถให้เครื่องหยุดแช่ในน้ำเคลือบให้นานได้
3. การออกแบบขึ้นทดสอบสามารถออกแบบให้มีความเหมาะสมกับการนำไปทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงานนั้น ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยปีงบประมาณ 2556 จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ขอขอบคุณ คุณวิจิตรา หงษ์กุลทรัพย์ บริษัท สตาร์ซานิทารีแวร์ จำกัด (มหาชน) ที่ช่วยในการวิเคราะห์ผลการวิจัยและสนับสนุนข้อมูลในการวิจัย ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์การทดลองตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณ รศ.ดร.กรินทร์ กาญจนานนท์ และ ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม ที่ช่วยเหลือในการตรวจสอบและให้คำแนะนำกระบวนการและขั้นตอนในการศึกษางานทางด้านเทคนิคที่ถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- โกมล รักช่วงศ์. (2538). เอกสารคำสอนน้ำเคลือบ 2 .ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา วิทยาลัยครูพระนคร.
- เดชฤทธิ์ มณีธรรม. (2550). คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC (Microcontroller PIC) .
- เดชฤทธิ์ มณีธรรม. (2548). คัมภีร์ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic System) .
- เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี. (2553). การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์เซรามิกส์. คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- Hamer, Frank and Janet. (1975). The Potter's Dictionary of Materials and Techniques. London: Pitman Publishing.