

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
รายการอักษรย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.1.1 องค์ประกอบหรือส่วนผสมของเคลือบทองแดง	2
1.1.2 อุณหภูมิเผา	4
1.1.3 บรรยากาศการเผา	5
1.1.4 อัตราการเผาของการขึ้นอุณหภูมิและการลดอุณหภูมิลง	6
1.1.5 การแช่ไฟหรือขึ้นไฟ	6
1.1.6 สารตัวเติม	7
1.2 การปรากฏสีแดงของเคลือบทองแดง	7
1.3 แนวคิดการเกิดสีแดงของเคลือบทองแดง	9
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	13
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	13
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	14
บทที่ 2 ทฤษฎีและทบทวนเอกสารวิชาการ	15
2.1 การเกิดสีแดงในเคลือบทองแดงโดยมีดีบุกออกไซด์เป็นสารเติมแต่ง	15
2.1.1 บทบาทของดีบุกออกไซด์ สารเติมแต่งในเคลือบสีแดงทองแดง	18
2.1.2 การเกิดรีดักชันของดีบุกออกไซด์	19
2.1.3 โลหะผสมทองแดง-ดีบุก	19
2.1.4 กลไกการเกิดสีแดงในเคลือบทองแดง	20
2.2 ทบทวนเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีแดงในเคลือบทองแดง	22
2.2.1 สรปสีแดงของเคลือบทองแดงจากเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	34
3.1 วัตถุดิบ	34
3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์	34
3.2.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ทดสอบ	33
3.2.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเตรียมตัวอย่างขึ้นทดสอบและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์	33
3.2.3 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเตรียมน้ำเคลือบ	33
3.2.4 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการอบและเผาผลิตภัณฑ์	33
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการงานการทดลอง	37
3.3.1 การเตรียมขึ้นทดสอบ และขึ้นงานผลิตภัณฑ์จากดินปั้นสำเร็จรูป	37
3.3.2 การเตรียมน้ำเคลือบ	38
3.3.3 การหุบเคลือบด้วยวิธีการจุ่มและตรวจวัดความหนา	41
3.3.4 การทดลองเผาขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิและบรรยากาศต่าง ๆ	42
3.4 การหาปริมาณของสารตัวเติมดินบุกออกไซด์ในเคลือบทองแดงให้เหมาะสม	44
3.4.1 การหาปริมาณที่เหมาะสมของดินบุกออกไซด์ในเคลือบทองแดง	45
3.4.2 การแสดงเป็นเหตุผลเพื่อหาคำอธิบายถึงกลไกดินบุกออกไซด์ทำให้เกิดสีแดงในเคลือบทองแดง	46
3.5 การประเมินผลทดลองและตรวจสอบ	46
3.6 การทำผลิตภัณฑ์เคลือบสีแดงของทองแดง	47
บทที่ 4 ผลการทดลอง	49
4.1 ผลการเตรียมขึ้นทดสอบและขึ้นงานจากดินปั้นสำเร็จ	49
4.2 ผลการเตรียมเคลือบจากวัตถุดิบที่กำหนด	50
4.2.1 ผลการทดลองสูตรเคลือบ	50
4.2.2 ผลของขนาดอนุภาคของเคลือบ	53
4.2.3 ผลการเตรียมความเข้มข้นของน้ำเคลือบที่เหมาะสม	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.4 ผลการวัดการขยายตัวเนื่องด้วยความร้อนของเคลือบและดินปืน	55
4.3 ผลการชุบเคลือบ ตรวจวัดความหนาของเคลือบและสีแดงปรากฏหลังเผา	56
4.4 การทดลองเผาขึ้นทดสอบในแต่ละอุณหภูมิและบรรยากาศต่าง ๆ	58
4.4.1 ผลการใช้อุณหภูมิเผาและการคัดเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสม	58
4.4.2 ผลของบรรยากาศการเผาที่เหมาะสม	60
4.4.3 ผลการศึกษาความอ่อน-แก่ของบรรยากาศเมื่อเผาด้วยระบบ R-O	61
4.4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงอัตราการเผาขึ้นและลงอุณหภูมิ	63
4.5 ผลการเผาปริมาณที่เหมาะสมของสารตัวเติมดินบุกออกไซด์ในเคลือบทองแดง	65
ผลการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลเป็นเหตุผลนำไปอธิบายถึงกลไกของดินบุกออกไซด์ ทำให้เกิดสีแดงในเคลือบทองแดง	65
4.6 ประเมินผลการทดลองและการตรวจสอบ	68
4.7 ผลการทำผลิตภัณฑ์เคลือบสีแดงของทองแดง	76
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	88
5.1 สรุป	88
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	95
5.3 ข้อเสนอแนะ	99
บรรณานุกรม	101
ภาคผนวก	103
ผนวก ก ผลิตภัณฑ์จากการทดลอง	104
ผนวก ข กราฟแสดงการเผาเคลือบทองแดง	113
ผนวก ค ตารางและกราฟแสดงขนาดอนุภาคเคลือบทองแดง ผลการวิเคราะห์เคลือบทองแดงด้วย XRD และ XRF	117
ประวัติผู้เขียน	123

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 องค์ประกอบเคลือบสีแดงของทองแดง	2
2.1 Firing conditions for copper –containing glazes	25
3.1 สูตรเคลือบสีแดงของทองแดง จำนวน 22 สูตร	39
3.2 ความเข้มบรรยากาศในเตามีค่าความอ่อน-กลาง-แก่ ของบรรยากาศการเผา	43
3.3 แสดงความอ่อน-กลาง-แก่ ช่วงขึ้นอุณหภูมิ และช่วงอุณหภูมิ ลง	43
3.4 แสดงการเปรียบเทียบอัตราเร็วของการเผาด้วยการขึ้นและลงอุณหภูมิเผาขึ้นทดลอง	44
3.5 การทดลองเปรียบเทียบปริมาณดินบุกออกไซด์ด้วยเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ และเทียบอัตราส่วนระหว่างปริมาณคอปเปอร์คาร์บอเนต 1:2	45
4.1 ผลของลักษณะเคลือบและสีจากสูตรเคลือบทองแดงต่างๆ จำนวน 22 สูตร ทดลองด้วยเนื้อดินคอมพาวด์เคลย์ เผาที่อุณหภูมิ 1250 °C RF	51
4.2 ทดสอบเผาเคลือบ ก่อนบด และบดเคลือบใช้เวลา 3, 5 และ 8 ชั่วโมงจากสูตร 22 เผาที่อุณหภูมิ 1250 °C RF	54
4.3 ผลการทดลองชุบเคลือบให้มีความหนาต่างกัน	57
4.4 ผลการทดลองใช้อุณหภูมิเผา อุณหภูมิที่ต่างกันประกอบด้วย 1230 °, 1250 °, 1280 ° และ 1300 ° C ภายใต้การปรับบรรยากาศด้วยระบบ R-O	59
4.5 ผลการทดลองเผาเปรียบเทียบปรับสภาพบรรยากาศ 3 ระบบ N-R , R-O , R-R เผาที่อุณหภูมิ 1250 °C	61
4.6 แสดงความอ่อน-กลาง-แก่ ของบรรยากาศในเตาเผา ด้วยระบบ Reduction-Oxidation (R-O)	62
4.7 แสดงการเปรียบเทียบอัตราเร็วของการเผาด้วยการขึ้นและลงอุณหภูมิเผาขึ้นทดลอง	63
4.8 ผลการเปลี่ยนแปลงและเปรียบเทียบของสีแดงปรากฏทั้งที่อ่านด้วยเครื่องวัดสีและดูจากตาปริมาณดินบุกออกไซด์ด้วยเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ	66
4.9 ผลวิเคราะห์ทางเคมีส่วนผสมเคลือบทองแดง ก่อนเผาและหลังเผาอุณหภูมิ 1250 °C	75

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1	แบบร่างการเกิดสีแดงมองด้วยตา เป็นการจับวางลักษณะภายในชั้นเคลือบเป็นสีแดง 8
2.1	ESCA spectra of copper on the glaze surfaces. 26
2.2	ESCA spectra ของทองแดงในเนื้อแก้ว 27
2.3	กลไกการเกิด Cu_2O ในเคลือบทองแดงที่ทำให้เกิดสีแดง 28
2.4	แสดงกลไกการเกิดสีแดงในเคลือบทองแดง 28
2.5	ESCA spectra ของการเกิดสีแดงที่ชั้นผิวของเคลือบหรือในเนื้อแก้ว 30
3.1	แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงานการทดลองศึกษาเคลือบสีแดงของทองแดง 36
3.2	แบบขึ้นทดสอบ 37
3.3	ตัวอย่างขั้นตอนการปั้นรูปทรงแจกันด้วยแป้นหมุน (Throwing) 38
3.4	บดสูตรส่วนผสมเคลือบสำหรับขึ้นทดสอบเพื่อหาขนาดอนุภาค 40
3.5	ชุบเคลือบขึ้นทดสอบด้วยวิธีการจุ่มและตรวจวัดความหนา 41
3.6	แสดงขั้นตอนชุบเคลือบผลิตภัณฑ์แจกัน 47
3.7	แสดงขั้นตอนนำผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาและดำเนินการเผาตามเทคนิควิธีทุกประการ 48
4.1	ตัวอย่างขึ้นทดสอบและชิ้นงานจากดินปั้นสำเร็จที่ผ่านการเผาปกติ 50
4.2	ผลของลักษณะผิวเคลือบและสีบนชิ้นทดลองเนื้อดินคอมพาวด์เคลย์ จากสูตรเคลือบทองแดง 22 สูตร 50
4.3	การกระจายตัวขนาดอนุภาคของเคลือบ ทดสอบก่อนบด และที่ผ่านการบดเคลือบ เป็นเวลา 3,5 และ 8 ชั่วโมง 53
4.4	ผลการวัดการขยายตัวเนื่องด้วยความร้อนของเคลือบและดินปั้น 55
4.5	ผลการทดลองชุบเคลือบให้มีความหนาต่างกัน 56
4.6	ผลการทดลองใช้อุณหภูมิเผา 1230°C 58
4.7	ผลการทดลองใช้อุณหภูมิเผา 1250°C 59
4.8	ผลการทดลองใช้อุณหภูมิเผา 1280°C 59
4.9	ผลการทดลองใช้อุณหภูมิเผา 1300°C 59
4.10	ผลการทดลองเผาเปรียบเทียบปรับสภาพบรรยากาศ 3 ระบบ N-R, R-O และ R-R เผาที่อุณหภูมิ 1250°C ด้วยความอ่อน-แก่ ของบรรยากาศอย่างเป็นกลาง ๆ 60

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.11 ผลการทดลองเผาบรรยากาศในเตาเผาช่วงขึ้นอุณหภูมิ R และช่วงลงอุณหภูมิ O (R-O) จำนวน 9 บรรยากาศ	61
4.12 ผลของสีแดงจากการทดลองเผาขึ้นทดสอบ เปรียบเทียบอัตราเร็วของการเผาด้วยการขึ้นและลงอุณหภูมิ	63
4.13 ผลของสีแดงจากการทดลองการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของปริมาณดินบุกออกไซด์ด้วยเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ	65
4.14 แผนภูมิแสดงขั้นตอนและกลไกของการเกิดสีแดงในกระบวนการเผาเคลือบทองแดงตามความคาดหมาย	69
4.15 ผลการวิเคราะห์เคลือบสีแดงก่อนเผาด้วยเครื่อง Electron spin resonance	72
4.16 ผลการวิเคราะห์เคลือบสีแดงหลังเผาด้วยเครื่อง Electron spin resonance	73
4.17 ผลการวิเคราะห์เคลือบทองแดงด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer : XRD	74
4.18 ผลิตภัณฑ์แฉกทรงไข่ 3 ขนาด เคลือบสีแดงของทองแดง	77
4.19 ผลิตภัณฑ์แฉกทรงขวด 3 ใบ เคลือบสีแดงของทองแดง สูง 30 เซนติเมตร	78
4.20 แฉกทรงไข่เคลือบสีแดงของทองแดงสูง 38 เซนติเมตร	79
4.21 แฉกทรงทรงน้ำเต้า 4 ขนาดเคลือบสีแดงของทองแดง	80
4.22 แฉกทรงขวดเคลือบสีแดงของทองแดงสูง 43 เซนติเมตร	81
4.23 แฉกทรงขวด 3 ใบ เคลือบสีแดงของทองแดงสูง 30 เซนติเมตร	82
4.24 ผลิตภัณฑ์แฉกทรงคนโท 4 ใบ เคลือบสีแดงของทองแดง สูง 35 เซนติเมตร	82
4.25 ผลิตภัณฑ์แฉก 3 รูปทรง เคลือบสีแดงของทองแดง	83
4.26 ผลิตภัณฑ์แฉกทรงสูง 3 ใบ เคลือบสีแดงของทองแดง สูง 40 เซนติเมตร	83
4.27 ผลิตภัณฑ์แฉกทรงไข่ เคลือบสีแดงของทองแดง สูง 65 เซนติเมตร	84
4.28 ผลิตภัณฑ์แก้วน้ำ เคลือบสีแดงของทองแดง สูง 12 เซนติเมตร	85
4.29 ผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปทรง เคลือบสีแดงของทองแดง	86
4.30 ผลิตภัณฑ์จานชาม เคลือบสีแดงของทองแดง	87
5.1 บทบาทดินบุกออกไซด์สารตัวเติมเข้าร่วมล้อมรอบทองแดงทำให้เกิดสีแดงของทองแดง	98

รายการอักษรย่อ

OF	=	Oxidation firing
RF	=	Reduction firing
NF	=	Neutral firing
RT	=	Room temperature
R-O	=	Reduction - Oxidation atmosphere
R-R	=	Reduction - Reduction atmosphere
N-R	=	Neutral - Reduction atmosphere
%	=	Percentage
°C	=	Degree celsius

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved