ท32.3
ค256ก
ฉ.2

การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบและน้ำเคลือบที่เหมาะสม

ปริญญานิพนธ์

ของ

สมบูรณ์ สารสิทธิ์

15 ต.ค. 2539

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2539

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

BA 5918

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน

(ผศ.โกมล รักษ์วงศ์)

.....กรรมการ

(ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(ผศ.โกมล รักษ์วงศ์)

.....กรรมการ

(ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รศ.ทวี พรหมพฤกษ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร.ศิริธุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 6 เดือนมีนาคม พ.ศ.2539

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีโดยได้รับความช่วยเหลือแนะนำ ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่งจาก ผศ.โกมล รักษ์วงศ์ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ รวมทั้ง รศ.ทวี พรหมพฤกษ์ ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบ อีกทั้งอาจารย์เวนิช สุวรรณโมลี อาจารย์สมศักดิ์ ชาวลาวัณย์ และอาจารย์สาธร ชลชาติภิญโญ ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ผลการทดลอง พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขออบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

และขออบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนจนกระทั่งปริญญานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

สมบูรณ์ สารสิทธิ์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	จุดมุ่งหมายของการทดลอง	4
	ความสำคัญของการทดลอง	5
	ขอบเขตของการทดลอง	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	8
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
	เนื้อดินปั้น	11
	น้ำเคลือบ	13
	การคำนวณอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ	19
	การเตรียมน้ำเคลือบและการเคลือบ	22
	วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ	27
	การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา	30
	การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น	33
	เตาและการเผา	39
	อิทธิพลความร้อนที่มีต่อวัตถุดิบในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ	42
	การวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	47
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	52
3	วิธีดำเนินการทดลอง	63
	วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	63
	ตัวแปรที่ศึกษา	63

บทที่ หน้า

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 74

การดำเนินการทดลอง..... 76

สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง..... 78

สูตรที่ใช้ในการทดลอง..... 82

4 ผลการทดลอง..... 84

ผลการทดลองตอนที่ 1..... 84

ผลการทดลองตอนที่ 2..... 101

ข้อสังเกตุในการทดลอง..... 107

5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 108

จุดมุ่งหมายของการทดลอง..... 108

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 109

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง..... 109

การดำเนินการทดลอง..... 109

ผลการทดลอง..... 110

อภิปรายผล..... 115

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย..... 120

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป..... 120

บรรณานุกรม..... 122

ภาคผนวก..... 126

ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 139

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเผากับสีของเหล็กออกไซด์.....	45
2	แสดงการเปรียบเทียบหมายเลขเซกเกอร์โคนกับอุณหภูมิ.....	48
3	แสดงอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบที่มีดินเหนียวปากเกร็ดอยู่ในส่วนผสม.....	56
4	แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์.....	57
5	แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์.....	58
6	แสดงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจากการทดลองทำเนื้อดินปั้นเอิกเธิร์นแวร์ เนื้อสีขาวโดยใช้ดินแดงจากแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร.....	59
7	แสดงผลการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่เผาอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชันและแบบรีดักชัน...	60
8	แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่มีดินแดงเป็นวัตถุดิบหนึ่งในอัตราส่วนผสม สำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีแป้นหมุน.....	61
9	แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และจุดที่อ่านค่าได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า.....	65
10	แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำเคลือบแต่ละจุดที่อ่านค่าได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า และเพิ่มหินสบู่ร้อยละ 3 สังกะสีออกไซด์ร้อยละ 6 ลงในอัตราส่วนผสมทุกจุด.....	70
11	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อและคุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นระหว่างดินแดง ดินขาว หินฟันม้า และทรายขาว รวม 81 จุด.....	85
12	แสดงปริมาณรอยคะแนนและร้อยละของรอยคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ.....	101
13	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบโดยพิจารณาความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1.....	102

ตาราง หน้า

14 แสดงคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินแดง ดินขาว หินฟันม้า และทรายขาว เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ..... 127

15 แสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเคลือบที่ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินแดง หินฟันม้า ทรายขาว หินปูน หินสบู่ และสังกะสีออกไซด์ เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน..... 128

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แสดงแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าและวิธีอ่านค่าอัตราส่วนผสม.....	21
2	แสดงการกดน้ำหนักลงบนแท่งทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรง.....	38
3	แสดงปฏิกริยาที่เกิดจากการเผาดินขาว.....	43
4	แสดงการเปลี่ยนแปลงของซิลิกาและอุณหภูมิที่ใช้.....	44
5	แสดงวิธีการวางโคนและการล้มของโคน.....	51
6	แสดงแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าและจุดต่าง ๆ ที่อยู่บนแผนภาพ.....	64
7	แสดงแผนภูมิการดำเนินการทดลองตอนที่ 1.....	79
8	แสดงแผนภูมิการดำเนินการทดลองตอนที่ 2.....	80
9	แสดงแผนภูมิการดำเนินการทดลอง.....	81
10	แสดงร้อยละของน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป เพื่อให้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมีความถ่วงจำเพาะ 1.65-1.80.....	93
11	แสดงร้อยละของปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้เพื่อให้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมีความหนืด 1-5 พอยซ์.....	94
12	แสดงอัตราการหล่อที่ 5 นาที 10 นาที และ 20นาที ของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ.....	95
13	แสดงร้อยละของการหดตัวก่อนเผาและหลังเผาของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ.....	96
14	แสดงความแข็งแรงก่อนเผา ของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ.....	97
15	แสดงร้อยละของการดูดซึมน้ำ ของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ.....	98
16	แสดงลักษณะความมันของเคลือบจุดต่าง ๆ ในตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน...	114

ภาพประกอบ หน้า

17 แสดงภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศา-
เซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน..... 130

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผานั้น วัตถุดิบที่ใช้สามารถแบ่งได้เป็นวัตถุดิบที่มีความเหนียว ได้แก่ ดิน และวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว ได้แก่ หิน และออกไซด์ต่าง ๆ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 56) เมื่อพิจารณาวัตถุดิบในการผลิต จะเห็นได้ว่า ดินเป็นวัตถุดิบหลักของการผลิต เนื่องจากดินมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถทำให้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้หลายวิธี และเป็นวัตถุดิบที่มีแหล่งสำรองปริมาณมาก (ชาญ จรรยาวนิชย์. 2528 : 62, อรนิน์ พานทอง. 2533 : 33) ซึ่งดินประเภทนี้มีหลายชนิด เช่น ดินขาว (kaolin) ดินด่า (ball clay) ดินเหนียวหรือดินแดง (red clay) และดินทนไฟ (refactory clay) เป็นต้น โดยที่ดินแต่ละชนิดนั้นมีลักษณะแตกต่างกัน (มนูญ ประชัญคดี. ม.ป.ป. : 2) ขึ้นอยู่กับที่มาของแหล่งดิน บางชนิดสามารถนำมาใช้เป็นเนื้อดินปั้น (body) สำหรับการขึ้นรูป (forming) ได้เลย แต่มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ดินอาจมีความเหนียว (plasticity) มากหรือน้อยเกินไปไม่เหมาะสมกับวิธีขึ้นรูปบางวิธี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 77) ดินมีสีไม่เป็นไปตามที่ต้องการเพราะมีมลทินสูง ความบริสุทธิ์ต่ำ (มนูญ ประชัญคดี. ม.ป.ป. : 5) หรือดินชนิดนั้นต้องใช้อุณหภูมิการเผาสูงเกินไปในการทำให้ดินสุกตัว (vitreous) ซึ่งสิ้นเปลืองทั้งเวลาและเชื้อเพลิง เป็นต้น จากข้อจำกัดของดินจากแหล่งวัตถุดิบดังกล่าว จึงมีความจำเป็นต้องปรับปรุงคุณสมบัติของดิน โดยการผสมดินกับวัตถุดิบอื่นให้เป็นเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ซึ่งการปรับปรุงคุณสมบัติของดินดังกล่าวมีวัตถุประสงค์หลายประการ เช่น เพื่อเปลี่ยนแปลงสีหรือลักษณะพื้นผิวหลังเผา เพื่อปรับปรุงความเหนียว ลดการหดตัวอันเป็นสาเหตุหนึ่งของการแตกร้าวบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิการเผา หรือเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินให้เหมาะสมกับน้ำเคลือบ (glaze) ประเภทหรือรูปแบบและกรรมวิธีการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 77-78; Rhodes.

1973 : 27)

ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผามีวิธีการขึ้นรูปหลายวิธี บางวิธีก็มีข้อจำกัดในการผลิตรูปแบบและรูปทรงของผลิตภัณฑ์ วิธีที่จะผลิตรูปแบบและรูปทรงผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายจำนวนมากในเวลาที่รวดเร็วได้นั้น คือการขึ้นรูปโดยวิธีหล่อแบบ เนื้อดินปั้นที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปโดยวิธีต่าง ๆ นั้น จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2536 : 1) เนื้อดินปั้นที่ใช้ขึ้นรูปโดยใช้มือ (hand forming method) การขึ้นรูปโดยใช้เครื่องรีดดิน (extrution method) การขึ้นรูปโดยใช้ใบมีด (jiggering) และการขึ้นรูปโดยการใช้แป้นหมุน (throwing method) ต้องอาศัยความเหนียวของเนื้อดินปั้นเป็นหลักสำคัญ (plasticity or work ability) แต่ละวิธีต้องการความเหนียวของเนื้อดินปั้นมากน้อยต่างกันโดยเฉพาะการขึ้นรูปแบบแป้นหมุนจะต้องการความเหนียวของเนื้อดินปั้นเป็นพิเศษ ส่วนเนื้อดินปั้นที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยการอัด (dry and dust pressing) จะมีลักษณะเป็นผง ไม่จำเป็นจะต้องอาศัยความเหนียวของเนื้อดินปั้น เพียงแต่ใช้สารอินทรีย์เป็นตัวยึดเกาะในการขึ้นรูป (ปรีดา พิมพ์ขาวช่า. 2532 : 137-144) สำหรับการขึ้นรูปโดยวิธีหล่อแบบ (slip casting) เนื้อดินปั้นจะอยู่ในรูปของน้ำดิน (slip) โดยน้ำดินที่ดีที่ใช้ในการหล่อแบบนั้นควรจะมีน้ำในส่วนผสมน้อย และมีปริมาณของเนื้อดินปั้นในส่วนผสมมาก นอกจากนั้นต้องมีคุณสมบัติในการไหลตัวที่ดี คือจะมีลักษณะไหลเป็นสายไม่ขาดตอน (fluid suspension) และมีการกระจายลอยตัวที่ดี (deflocculation) ไม่ตกตะกอนง่ายในขณะหล่อแบบ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2536 : 10, แดง อารยะพงศ์. 2532 : 67, ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 85) ประเภทของดินที่มีลักษณะการกระจายลอยตัวที่ดีได้แก่ ดินขาว ดินดำ ซึ่งจะเหมาะแก่การเตรียมน้ำดินอย่างยิ่ง ส่วนดินเหนียวหรือดินแดงเป็นดินที่ไม่มีการกระจายลอยตัวก็จะยากแก่การเตรียมน้ำดิน จำเป็นต้องเพิ่มสารที่ช่วยกระจายลอยตัวเพื่อให้มีคุณสมบัติ เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อได้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 86)

ดินเหนียวหรือดินแดง พบทั่วไปในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย และจากการสำรวจของบริษัท เคลย์มิน (เคลย์มิน. 2530 : ไม่มีเลขหน้า) พบว่าดินแดงมีแหล่งวัตถุดิบสำรองอยู่ปริมาณมาก ลักษณะที่พบตามธรรมชาติคือ ดินมีความละเอียดและมีความเหนียวสูง มีสีน้ำตาล ในเนื้อดินจะมีกรวดและทรายผสมอยู่ เมื่อนำมาเผาจะให้สีน้ำตาลแดงเพราะมีปริมาณเหล็กออกไซด์

(ferric oxide) อยู่ในส่วนประกอบสูง ส่วนคุณสมบัติด้านความพรุนตัว (porosity) การดูดซึมน้ำ (water absorption) และจุดสุกตัวนั้น ดินแดงแต่ละพื้นที่จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป แต่ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากดินแดง ไม่ว่าดินแดงแหล่งนั้น ๆ จะมีคุณสมบัติเช่นไร ส่วนมากผลิตภัณฑ์ที่ได้นิยมเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 1,000 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัวและดูดซึมน้ำ

ปัจจุบันในหลายจังหวัดของประเทศไทย นิยมนำดินแดงในท้องถิ่นมาผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทอิฐมอญ กระถาง โอ่ง ไห ถ้วยรองน้ำยางพารา เป็นต้น จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นจังหวัดหนึ่งที่มีดินแดงปริมาณมาก มีหลายแหล่งกระจายอยู่ทั่วไป และจากการสำรวจของกระทรวงอุตสาหกรรม พบว่า มีสถานประกอบการ 88 แห่ง จากจำนวนสถานประกอบการการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาที่มีในจังหวัดทั้งสิ้น 89 แห่ง นิยมนำดินดินแดงดังกล่าวมาผลิตผลิตภัณฑ์ (ศูนย์ข้อมูลอุตสาหกรรม. 2536 : ไม่มีเลขหน้า) โดยผู้ประกอบการจะนำดินแดงจากแหล่งวัตถุดิบในท้องถิ่นมาใช้ขึ้นรูปโดยวิธีอัด (pressing method) และการขึ้นรูปโดยใช้แป้นหมุน (อนันต์ภักดี โชติมงคล. 2531 : 17) ซึ่งการขึ้นรูปโดยใช้แป้นหมุนนี้เป็นวิธีที่ขึ้นรูปได้เฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีทรงกลม ทำให้รูปแบบของงานถูกจำกัดและผู้ที่สามารถขึ้นรูปโดยใช้แป้นหมุนได้ต้องอาศัยการฝึกฝนและมีทักษะชำนาญเป็นพิเศษ (ปรีดา พิมพ์ชาวบ้า. 2532 : 137) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำดินแดงในท้องถิ่นมาขึ้นรูปโดยการอัด และโดยการใช้แป้นหมุนทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ ราคาถูก อีกทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเสียหายหลังเผาถึงร้อยละ 30 จึงกล่าวได้ว่าการนำดินแดงมาใช้ในปัจจุบันยังไม่เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ (เชษฐ์ เอี่ยมจิตกุศล. ม.ป.ป. : 1)

จากข้อจำกัดที่เกิดจากคุณสมบัติของดินแดงดังกล่าว ทำให้ผู้ประกอบการในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ไม่สามารถนำดินแดงที่มีอยู่ปริมาณมากนี้มาพัฒนาให้เป็นเนื้อดินปั้นที่มีคุณภาพดีเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ รูปทรงและขนาดที่หลากหลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะปรับปรุงคุณสมบัติของดินแดงท้องถิ่นโดยนำดินแดงผสมกับดินขาว หินฟันม้า และทรายขาว ทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่างวัตถุดิบดังกล่าวกับน้ำและสารที่ช่วยในการกระจายลอยตัวให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีการไหลตัวดี และกระจายลอยตัวดีเหมาะสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ พร้อมทั้งทดลองหาอัตราส่วนผสมของเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ประกอบการ

ในจังหวัดนครศรีธรรมราชสามารถนำผลการทดลองไปพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาในท้องถิ่น โดยพัฒนาในด้านเทคนิคการผลิต ซึ่งจะสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมากในเวลาที่รวดเร็ว มีรูปแบบ รูปทรงและขนาดที่เป็นไปตามความต้องการ ตลอดจนเป็นประโยชน์ด้านการให้ความรู้แก่ผู้ที่สนใจทั่วไป และเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสูงยิ่งขึ้นต่อไป

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นระหว่างดินแดง ดินขาว หินฟันม้าและทรายขาว จำนวน 81 จุด ที่ได้จากการใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าดังต่อไปนี้

1.1 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น

1.2 ปริมาณสารที่ช่วยในการกระจายลอยตัว

1.3 อัตราการหล่อ

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นก่อนเผา และหลังเผา ดังต่อไปนี้

2.1 การหดตัวก่อนเผา

2.2 ความแข็งแรงก่อนเผา

2.3 ความทนไฟ

2.4 การหดตัวหลังเผา

2.5 การดูดซึมน้ำ

3. เพื่อเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดที่สามารถใช้ในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ มาทำขึ้นทดลองสำหรับใช้ในการศึกษาคุณสมบัติของน้ำเคลือบที่เหมาะสม

4. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำเคลือบที่ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินแดง หินฟันม้า ทรายขาว และหินปูน จำนวน 81 จุด โดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าและเพิ่มหินสบู่ร้อยละ 3 สังกะสีออกไซด์ร้อยละ 6 โดยพิจารณาความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นดังต่อไปนี้

4.1 ความมัน

4.2 จุดสุกตัว

4.3 การหดและการขยายตัว

ความสำคัญของการทดลอง

1. อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น สำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และน้ำเคลือบที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา ผู้ประกอบการผลิต ผู้จำหน่ายวัตถุดิบ และสถานศึกษาในจังหวัดนครศรีธรรมราช รวมทั้งจังหวัดอื่น ๆ ที่สามารถนำเนื้อดินปั้นไปใช้งานตามความเหมาะสม

2. การทดลองครั้งนี้เป็นประโยชน์ด้านการให้ความรู้แก่ผู้สนใจทั่วไป ตลอดจนใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการทดลองต่อไป

ขอบเขตของการทดลอง

1. การทดลองครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ตอน คือ

1.1 การทดลองตอนที่ 1 เป็นการศึกษาคุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดมาทำการทดลองในตอนต่อไป

1.2 การทดลองตอนที่ 2 เป็นการศึกษาคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบโดยพิจารณาความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1

2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ได้แก่วัตถุดิบดังต่อไปนี้

2.1.1 ดินแดง

2.1.2 ดินขาว

2.1.3 หินฟันม้า

2.1.4 ทรายขาว

2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองหาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ ได้แก่วัตถุดิบดังต่อไปนี้

2.2.1 ดินแดง

2.2.2 หินฟันม้า

2.2.3 ทรายขาว

2.2.4 หินปูน

2.2.5 หินสบู่

2.2.6 สังกะสีออกไซด์

3. วัตถุดิบในการทดลองครั้งนี้ได้แก่วัตถุดิบดังต่อไปนี้

3.1 ดินแดง จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.2 ดินขาว จังหวัดระนอง

3.3 หินฟันม้า จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.4 ทรายขาว จังหวัดสงขลา

3.5 หินปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.6 หินสบู่ที่ใช้ในการค้าทั่วไป

3.7 สังกะสีออกไซด์ ที่ใช้ในการค้าทั่วไป

4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

4.1.1 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ 81 อัตราส่วน

4.1.2 อัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ 81 อัตราส่วน

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

4.2.1 คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ

4.2.1.1 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมเนื้อดินปั้น

4.2.1.2 ปริมาณสารช่วยการกระจายลอยตัว

4.2.1.3 อัตราการหล่อ

4.2.2 คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นก่อนเผาและหลังเผา

4.2.2.1 การหดตัวก่อนเผา

4.2.2.2 ความแข็งแรงก่อนเผา

4.2.2.3 ความทนไฟ

4.2.2.4 การหดตัวหลังเผา

4.2.2.5 การดูดซึมน้ำ

4.2.3 คุณสมบัติของน้ำเคลือบ

4.2.3.1 ความมัน

4.2.3.2 จุดสุกตัว

4.2.3.3 การหดและการขยายตัว

5. ชิ้นทดลอง ได้จากการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และผ่านการเผาดิบที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

6. น้ำดินสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ กำหนดให้มีความถ่วงจำเพาะ 1.65-1.80 ใช้การชั่งน้ำหนักเป็นวิธีวัดความถ่วงจำเพาะ และมีความหนืด 1-5 พอยซ์ ใช้บรุคฟิลด์เป็นเครื่องมือวัด

7. การทดลองจะคัดเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อออกโดยไม่นำมาทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นก่อนเผาและหลังเผา

8. การทดลองครั้งนี้กำหนดให้น้ำเคลือบมีความถ่วงจำเพาะ 1.40-1.50 ใช้การชั่งน้ำหนักเป็นวิธีวัดความถ่วงจำเพาะ และจะเคลือบด้วยวิธีจุ่ม

9. ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบคือ 1,200 องศาเซลเซียส

10. บรรยากาศในการเผา กำหนดให้เผาแบบออกซิเดชันโดยใช้เตาเผาไฟฟ้า

11. การวัดอุณหภูมิ กำหนดให้ใช้โคนของเซกเกอร์ (Seger Cone)

12. ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้ กำหนดให้มีขนาดความสูงประมาณ 10 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 นิ้ว จำนวน 3 ชิ้น

13. สารที่ช่วยในการกระจายลอยตัวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ หมายถึง เนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบ 4 ชนิดคือ ดินแดง ดินขาว หินฟันม้า และทรายขาว ที่ผ่านการศึกษาคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ

2. น้ำเคลือบ หมายถึง น้ำเคลือบที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบ 6 ชนิด คือ ดินแดง หินฟันม้า ทรายขาว หินปูน หินสบู่ และสังกะสีออกไซด์ที่ผ่านการทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบ

3. แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า หมายถึง วิธีการกำหนดค่าอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และน้ำเคลือบโดยใช้แผนภาพลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมของซอปเปอร์

4. ดินแดง หมายถึง ดินสีน้ำตาลที่มีความเหนียว และหดตัวมาก ที่มีแหล่งกำเนิดในบริเวณตำบลโมโตลาน อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

5. ดินขาว หมายถึง ดินสีขาวที่เป็นสารประกอบของอะลูมินาและซิลิกาที่มีแหล่งกำเนิดบริเวณตำบลหาดสัมแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง

6. หินฟันม้า หมายถึง วัตถุดิบที่เป็นสารประกอบของโซเดียม อะลูมินา และซิลิกาที่มีแหล่งกำเนิดบริเวณตำบลท่าดี อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

7. ทรายขาว หมายถึง วัตถุดิบที่เป็นผลึกของซิลิกา และมีแหล่งกำเนิดบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

8. หินปูน หมายถึง วัตถุดิบที่เป็นสารประกอบของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ที่มีแหล่งกำเนิดในจังหวัดนครศรีธรรมราช

9. โคน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตาเผา การทดลองครั้งนี้ใช้โคนของเซกเกอร์หมายเลข 6 ระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

10. บรรยากาศแบบออกซิเดชัน หมายถึง ลักษณะในเตาเผาที่มีการเผาไหม้สมบูรณ์ ไม่มีกลุ่มควันและเขม่าในห้องเผา ในการทดลองครั้งนี้ใช้เตาไฟฟ้าในการเผาบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

11. คุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ได้แก่ การศึกษาคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นทางด้านอัตราการหล่อ ปริมาณสารที่ช่วยในการกระจายลอยตัว ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและความหนืด

12. คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นก่อนเผาและหลังเผา หมายถึง คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่สามารถหาอัตราการหล่อได้ และนำมาศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผาดังนี้ การหดตัวก่อนเผา การหดตัวหลังเผา ความแข็งแรงก่อนเผา สีหลังเผา ความทนไฟ การดูดซึมน้ำ

13. ความหนืดของเนื้อดินปั้น หมายถึง ความต้านทานการไหลของน้ำดิน การทดสอบหาค่าความหนืดใช้บรุคฟิลด์เป็นเครื่องทดสอบความหนืด ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นพอยซ์

14. ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น หมายถึง จำนวนร้อยละของน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีความถ่วงจำเพาะ 1.65-1.8

15. ปริมาณสารที่ช่วยในการกระจายลอยตัว หมายถึง จำนวนร้อยละของโซเดียมซิลิเกตที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นให้เนื้อดินปั้นมีความหนืด 1-5 พอยซ์

16. อัตราการหล่อ หมายถึง คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่แสดงถึงความสามารถในการเกาะติดผิวพิมพ์ ให้ได้ความหนาและความสามารถในการแข็งตัวเพื่อให้ร่อนหลุดจากพิมพ์ โดยใช้เวลาเป็นเกณฑ์วัด

17. การหดตัวก่อนเผา หมายถึง จำนวนร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการอบในอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส

18. การหดตัวหลังเผา หมายถึง จำนวนร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาในระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

19. ความแข็งแรงก่อนเผา หมายถึง ความทนทานต่อแรงกดที่กระทำต่อเนื้อดินปั้นที่ผ่านการอบในอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ทดสอบโดยใช้เครื่องมือทดสอบความแข็งแรง ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

20. ความทนไฟ หมายถึง ความทนทานต่อความร้อนของเนื้อดินปั้นโดยไม่เสียรูปทรงในระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

21. การดูดซึมน้ำ หมายถึง จำนวนร้อยละในการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาในระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

22. อัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด หมายถึง อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือกมากที่สุด โดยเลือกจากการพิจารณาคุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อและคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นก่อนเผาและหลังเผา

23. อัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ หมายถึง อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่สามารถปรับให้มีความถ่วงจำเพาะ 1.65-1.80 ได้ แต่ไม่สามารถปรับความหนืดให้ได้ 1-5 พอยซ์ หรือเนื้อดินปั้นที่ใช้เวลาในการเซ็ตตัวเกิน 30 นาที หรือมีการแตกร้าวขณะเซ็ตตัวในการทดสอบอัตราการหล่อ

24. คุณสมบัติของเคลือบ หมายถึง ลักษณะของเคลือบที่ผ่านการเผาระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน โดยพิจารณาความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น ดังนี้คือ ความมัน จุดสุกตัว และการหดและการขยายตัว

25. ความมัน หมายถึง ความแวววาวของเคลือบหลังการเผาในระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน แบ่งเป็นเคลือบด้าน เคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน เคลือบมันแวววาว พิจารณาลักษณะความมันของเคลือบโดยผู้เชี่ยวชาญ

26. จุดสุกตัวของน้ำเคลือบ หมายถึง การหลอมละลายของน้ำเคลือบหลังการเผาในระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน

27. การหดและการขยายตัว หมายถึง ความสามารถในการหดและการขยายตัวของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบว่ามีความเหมาะสมกันหรือไม่ในระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน

28. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่เกี่ยวข้องในสาขาเครื่องเคลือบดินเผา ได้แก่ ผู้สอนในระดับอุดมศึกษา หรือผู้ที่ทำงานในสถานประกอบการ หรือนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการวิจัยโดยมีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัย มานำเสนอโดยแยกกล่าวเป็นหัวข้อต่าง ๆ เรียงลำดับดังนี้คือ

1. เนื้อดินปั้น
2. น้ำเคลือบ
3. การคำนวณอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ
4. การเตรียมน้ำเคลือบและการเคลือบ
5. วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบ
6. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา
   6.1 ทฤษฎีการหล่อ
   6.2 ขั้นตอนการหล่อ
7. การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น
   7.1 การทดสอบคุณสมบัติในการหล่อ
   7.2 การทดสอบเนื้อดินปั้นก่อนเผาและหลังเผา
8. เตาและการเผา
9. อิทธิพลความร้อนที่มีต่อวัตถุดิบในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ
10. การวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้นผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาแยกได้เป็น 2 ประเภทคือ เนื้อดินปั้นที่มีดิน

เป็นส่วนผสม และเนื้อดินปั้นที่ไม่มีดินเป็นส่วนผสม ซึ่งเนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนผสมอยู่นั้นอาจประกอบด้วยดินล้วน ๆ จากการเตรียมขึ้น หรือดินจากแหล่งวัตถุดิบโดยตรง แต่ส่วนมากเนื้อดินปั้นจะมีดินผสมกับวัตถุดิบอื่น ๆ (ปรีดา พิมพ์ขาวช่า. 2532 : 83) ทั้งนี้เนื่องจากดินที่ขุดได้จากแหล่งวัตถุดิบจะไม่มีความสม่ำเสมอของคุณสมบัติ อีกทั้งมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่มีความเหมาะสมกับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งชนิดใดเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการเตรียมเนื้อดิน เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ มีคุณภาพดีและตรงกับความต้องการในการใช้งาน ซึ่งการเตรียมเนื้อดินปั้นได้แก่ การผสมดินกับวัตถุดิบอื่นเข้าด้วยกัน เพื่อความมุ่งหมายเฉพาะอย่างหรือมีเป้าหมายที่แน่นอนนั่นเอง (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 44; ปรีดา พิมพ์ขาวช่า. 2529 : 64) โดยวัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้นได้แก่ (Rhodes. 1973 : 27)

1. เพื่อเปลี่ยนแปลงความเหนียวของเนื้อดินปั้นให้มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นหรือลดน้อยลง

2. เพื่อลดการหดตัวของเนื้อดินปั้น หรือพัฒนาให้เนื้อดินปั้นมีการบิดงอแตกร้าวน้อยที่สุด

3. เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิในการเผาของเนื้อดินปั้น ให้สูงขึ้นโดยการเพิ่มวัตถุดิบที่มีความทนไฟลงไปในเนื้อดินปั้น ได้แก่ดินขาว หินเขี้ยวหนุมาน (quartz) และดินทนไฟ เป็นต้น

4. เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิการเผาของเนื้อดินปั้นให้ต่ำลงซึ่งเนื้อดินที่มีความทนไฟสูง เมื่อเผาแล้วเนื้อดินโปร่ง สามารถดูดซึมน้ำได้ มีความแข็งแกร่งไม่เพียงพอ เพราะยังไม่ถึงจุดสุกตัวของเนื้อดิน การแก้ไขปรับปรุงโดยการเพิ่มอุณหภูมิการเผาหรือเพิ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติช่วยในการหลอมละลาย (flux) ลงในเนื้อดินปั้น ซึ่งได้แก่หินฟันม้า หรือฟริต (Frit)

5. เพื่อปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสีภายหลังการเผา เช่น เนื้อดินที่เผาแล้วมีสีเข้มเกินไป อาจใช้ดินขาวหรือดินเหนียวขาวผสมลงไปในเนื้อดินปั้น จะช่วยให้เนื้อดินมีสีอ่อนลงได้ แต่ถ้าต้องการให้เนื้อดินมีสีเข้มขึ้น อาจใช้ดินแดงท้องถิ่น หรือใช้ออกไซด์ให้สี เช่น เหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ (Manganese Oxide) เป็นต้น ผสมลงในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้เนื้อดินมีสีต่าง ๆ แต่สำหรับเนื้อดินบางชนิดการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิการเผาสามารถทำให้เกิด

สีอ่อน-เข้มต่างกันได้ (Rhodes. 1959 : 45-52)

6. เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการหล่อของเนื้อดินปั้น ซึ่งปัญหาอาจสืบเนื่องมาจากปริมาณน้ำที่ใช้มากเกินไป ทำให้น้ำดินเหลวมาก อัตราการหล่อช้า หรือมีปริมาณน้ำน้อยเกินไป ทำให้ดินมีความหนืดสูง ยากลำบากต่อการหล่อ ในการแก้ปัญหาคือ การเติมน้ำ หรือการระเหยน้ำออกเพื่อให้น้ำดินมีปริมาณน้ำที่เหมาะสม แต่ในทางปฏิบัตินิยมเติมสารจำพวกอัลคาไลน์เพื่อให้ดินเกิดการกระจายลอยตัว ซึ่งได้แก่ โซเดียมซิลิเกต (Sodium Silicate) และโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate) แต่มีดินบางประเภทที่มีปริมาณอัลคาไลน์อยู่ในองค์ประกอบสูงอยู่แล้ว เช่นดินเหนียวหรือดินแดง ทำให้เป็นอุปสรรคอย่างมากสำหรับการเตรียมเพื่อให้เป็นเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 84-85)

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่จะใช้ในการทดลองนี้ พบว่าดินแดง มีข้อบกพร่องที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อที่ดี ก็คือ

1. ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช มีความเหนียวมาก ละเอียดสูง ทำให้อัตราการหล่อต่ำ การหดตัวสูง ผลิตภัณฑ์แตกร้าว บิดงอจนเสียรูปทรงได้ง่าย ดังนั้นต้องลดความเหนียวของดินลงเพื่อเพิ่มอัตราการหล่อและช่วยลดการหดตัวของเนื้อดิน

2. ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อทำเป็นน้ำดิน ทำให้น้ำดินมีการกระจายลอยตัวต่ำ ความหนืดสูง ยากแก่การหล่อ แต่ไม่สามารถแก้ไข โดยการเติมสารที่ช่วยในการกระจายลอยตัว เพียงอย่างเดียวได้ ดังนั้นต้องอาศัยวัตถุดิบชนิดอื่น ที่มีคุณสมบัติช่วยเพิ่ม การกระจายลอยตัว ในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินแดงด้วย

เมื่อทราบข้อบกพร่องและข้อกำหนดที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขแล้ว ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องคุณสมบัติของวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการทำเนื้อดินปั้นด้วยวิธีการหล่อ เพื่อให้สามารถเลือกใช้วัตถุดิบได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อการปรับปรุงเนื้อดินให้มีคุณสมบัติตามต้องการ ซึ่งวัตถุดิบที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการทำเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อนั้น จะได้นำเสนอไว้ต่อไป

2. น้ำเคลือบ

2.1 ความหมายของเคลือบ เคลือบ หมายถึง แก้วชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ฉาบอยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา (Singer. 1963 : 201) ซึ่งแก้วชนิดนี้มีส่วนผสมที่เป็นสารประกอบที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ และออกไซด์ของสารต่าง ๆ มาบดผสมให้เข้ากันในสัดส่วนที่เหมาะสม ต่อจากนั้น นำมาเคลือบผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ แล้วเผาให้เคลือบนั้นหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 62)

2.2 วัตถุประสงค์ของการเคลือบ การเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผามีวัตถุประสงค์ดังนี้ (ปรีดา พิมพ์ชาวช่า. 2530 : 1)

2.2.1 ไม่ให้ของเหลวและแก๊สซึมผ่านผลิตภัณฑ์

2.2.2 ทำให้เกิดความสวยงาม

2.2.3 ทำให้ทำความสะอาดผิวผลิตภัณฑ์ได้ง่าย

2.2.4 ทำหน้าที่ป้องกันผิวผลิตภัณฑ์จากการกระทบกระแทก

2.2.5 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

2.2.6 ทำให้เกิดคุณสมบัติเฉพาะบางอย่าง เช่น คุณสมบัติทางด้านไฟฟ้า

2.3 การจำแนกชนิดของเคลือบ น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผานั้นมีหลายชนิดด้วยกัน แบ่งตามเกณฑ์ต่าง ๆ ดังที่ สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531 : 27-28) ได้สรุปไว้ดังนี้ คือ

2.3.1 แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่

2.3.1.1 เคลือบตะกั่ว (lead glazes)

2.3.1.2 เคลือบเกลือ (salt glazes)

2.3.1.3 เคลือบบอแรกซ์ (borosilicate glazes)

2.3.1.4 เคลือบขี้เถ้า (ash glazes)

2.3.1.5 เคลือบเฟลสปาร์ (feldspartic glazes)

2.3.2 แบ่งตามลักษณะที่มองเห็น หรือตามลักษณะของผิวเคลือบ ได้แก่

2.3.2.1 เคลือบใส (clear glazes)

2.3.2.2 เคลือบทึบ (opaque glazes)

2.3.2.3 เคลือบผลึก (crystalline glazes)

2.3.2.4 เคลือบด้าน (mat glazes)

2.3.2.5 เคลือบราน (crackle glazes)

2.3.2.6 เคลือบสี (color glazes)

2.3.2.7 เคลือบมันหรือเคลือบมุก (luster glazes)

2.3.3 แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ ได้แก่

2.3.3.1 เคลือบพอร์สเลน (porcelain glazes)

2.3.3.2 เคลือบโบนไชนา (bonechina glazes)

2.3.3.3 เคลือบเอิทเทนแวร์ (earthenware glazes)

2.3.3.4 เคลือบสโตนแวร์ (stoneware glazes)

2.3.4 แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต ได้แก่

2.3.4.1 เคลือบดิบ (raw glazes)

2.3.4.2 เคลือบฟริต (frit glazes)

2.3.5 แบ่งตามความทนไฟ

2.3.5.1 เคลือบไฟสูง (hight temperature glazes)

2.3.5.2 เคลือบไฟปานกลาง (intermediate temperature glazes)

2.3.5.3 เคลือบไฟต่ำ (low temperature glazes)

2.3.6 แบ่งตามสถานที่มาของน้ำเคลือบ หรือผู้ทำน้ำเคลือบนั้น ๆ

2.3.6.1 เคลือบอัลบานี สลิบ (albany slip glaze)

2.3.6.2 เคลือบเซเปอร์ พอร์สเลน (seper porcelain glaze)

2.3.7 แบ่งตามแนวคิดของนักวิชาการ 2 ท่าน คือ เคริล (Kerl) กับ แบรกเนอร์ท (Bragniart) ได้แก่

2.3.7.1 เคลือบตะกั่ว

2.3.7.2 เคลือบไม่มีตะกั่ว (lead less glazes or earth glazes)

2.3.7.3 เคลือบเกลือ

2.4 องค์ประกอบของเคลือบ เคลือบเป็นสารประกอบที่ได้จากการนำเอาวัตถุดิบธรรมชาติ และออกไซด์ของสารต่าง ๆ มาบดผสมให้เข้ากันแล้วนำไปเผา เพื่อให้สารประกอบเหล่านั้นหลอมละลาย วัตถุดิบเหล่านี้จะทำให้เคลือบเกิดคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามอัตราส่วนผสม องค์ประกอบของเคลือบโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยสารที่ทำให้เกิดแก้ว สารที่เป็นตัวช่วยในการหลอมละลาย และสารที่ทำให้เกิดสีในเคลือบ สารเหล่านี้จะมีอยู่ในวัตถุดิบธรรมชาติ ซึ่งสามารถเลือกนำมาใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ในการทำเคลือบ วัตถุดิบธรรมชาติที่นำมาใช้ในการทำเคลือบนั้นมีเป็นจำนวนมาก และมักเป็นสารประกอบที่มีความซับซ้อน แต่แม้ว่าจะเป็นเช่นนั้นก็ยังสามารถแบ่งกลุ่มของวัตถุดิบออกได้ตามคุณสมบัติทางเคมีได้ 3 กลุ่ม ดังนี้คือ

2.4.1 กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นด่าง (bases group) ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย สัญลักษณ์ทั่วไป คือ R_2O และ RO วัตถุดิบกลุ่มนี้มี 2 ประเภท คือ

2.4.1.1 แอลคาไลน์ (alkaline) มีคุณสมบัติเป็นตัวช่วยหลอมละลายที่ดี (strong flux) เพิ่มการไหลตัวของเคลือบ (fluidity) และความมันแววววาว (luster) ในเคลือบ ส่วนมากละลายน้ำได้ ด่างพวกนี้ได้แก่ โซเดียมออกไซด์ (sodium oxide, Na_2O) โพแทสเซียมออกไซด์ (potassium oxide, K_2O) และลิเทียมออกไซด์ (Li_2O)

2.4.1.2 แอลคาไลน์เอิร์ท (alkaline earths) มีคุณสมบัติคล้ายพวกแอลคาไลน์แต่ไม่ละลายน้ำ ด่างพวกนี้ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ (valcium oxide, CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (magnesium oxide, MgO) สังกะสีออกไซด์ (zinc oxide) เป็นต้น

2.4.2 กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นกลาง (intermediates group) สัญลักษณ์ทั่วไป คือ R_2O_3 วัตถุดิบในกลุ่มนี้ทำหน้าที่เป็นสารทนไฟ และสารให้สี (colorants agent) วัตถุดิบในกลุ่มนี้ได้แก่ อลูมิน่า (alumina, Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)

เป็นต้น

2.4.3 กลุ่มวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นกรด (acids group) สัญลักษณ์ทั่วไปคือ RO_2 ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดแก้ว และทำให้ทึบในเคลือบวัตถุดิบในกลุ่มนี้ได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide, SiO_2) ทิเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide, TiO_2) เป็นต้น

2.5 ความเหมาะสมในการนำเคลือบไปใช้งาน เคลือบมีลักษณะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบในการผลิต เช่น วัตถุดิบที่นำมาใช้ อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ อุณหภูมิ และบรรยากาศในการเผา เป็นต้น ความแตกต่างของลักษณะเคลือบนี้ สามารถนำไปใช้งานได้ในลักษณะที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถกล่าวได้ดังนี้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 35-45)

2.5.1 เคลือบผลึก เป็นเคลือบที่มีผลึกเกิดขึ้นในเคลือบ หรือบนผิวเคลือบ ซึ่งอาจมีทั้งผลึกขนาดใหญ่และเล็ก ลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้นนั้น จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม เช่น ถ้าใช้สังกะสีออกไซด์จะได้ผลึกรูปพัด ถ้าใช้ทิเทเนียมไดออกไซด์จะได้ผลึกรูปเข็ม เป็นต้น ความสวยงามของเคลือบผลึกจะแตกต่างไปจากเคลือบชนิดอื่นตรงที่มีลวดลายเกิดขึ้นในเคลือบเป็นลักษณะเฉพาะ ส่วนใหญ่นิยมนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทงานศิลปะและเครื่องประดับ เช่น แจกัน โคมไฟ เป็นต้น

2.5.2 เคลือบทึบ เป็นเคลือบที่ไม่โปร่งแสง ใช้เคลือบลงบนผิวผลิตภัณฑ์เพื่อบังเนื้อดินไว้ ความทึบของเคลือบเกิดจาก ออกไซด์ของดีบุก ออกไซด์ของพลวง ออกไซด์ของสังกะสี หรือส่วนผสมของสารให้เกิดสีที่ให้สีดำหรือสีมืดทึบ ส่วนมากเคลือบชนิดนี้มักใช้เคลือบผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ เพื่อบังผิวเนื้อดิน เนื่องจากเนื้อดินมีสีไม่ค่อยขาว เช่น กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องฝาผนัง สุขภัณฑ์ เครื่องถ้วยชาม เป็นต้น

2.5.3 เคลือบประกายมุก เป็นเคลือบที่มีผิวมันแววววาวสวยงาม เป็นประกายคล้ายหอยมุก โดยเฉพาะเมื่อใช้สารให้สีเช่น นิเกิลออกไซด์ เหล็กออกไซด์จะให้สีที่สวยงามยิ่งขึ้น เหมาะสำหรับใช้ตกแต่งเพื่อเพิ่มความงามให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องประดับ เช่น กระเบื้อง แจกัน เครื่องประดับ เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับการนำไปใช้เคลือบเครื่องถ้วยชาม เพราะมีสารประกอบของตะกั่วปนอยู่

2.5.4 เคลือบใส เป็นเคลือบที่มีความโปร่งใสผิวมัน เมื่อนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์สามารถมองเห็นสีของเนื้อดินปั้นได้ จึงนิยมนำไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ที่มีการตกแต่งแบบใต้เคลือบ (underglaze decoration) และถ้าต้องการให้เคลือบใสมีสีก็สามารถใช้ออกไซด์ที่ให้สีอ่อนผสมลงไปได้ เช่น ทองออกไซด์ใช้ไม่เกินร้อยละ 3 จะให้สีเขียวอ่อน เหล็กออกไซด์ไม่เกินร้อยละ 3 จะใช้น้ำตาลอ่อน เป็นต้น

2.5.5 เคลือบราน เป็นลักษณะของเคลือบชนิดหนึ่งซึ่งจะมีรอยรานอยู่บนผิวเคลือบเกิดจากการขยายตัวและหดตัวของผิวเคลือบ และเนื้อดินแตกต่างกัน เกิดขึ้นได้กับเคลือบทั้งผิวมันและด้าน เคลือบชนิดนี้สามารถควบคุมให้เกิดขึ้นได้ มักนิยมนำไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทศิลปะและเครื่องประดับ ไม่นิยมนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ที่เป็นภาชนะใส่อาหาร เนื่องจากร่องรานที่เกิดขึ้นนั้นจะทำให้เศษอาหารติดค้างและเกิดพิษได้ในภายหลัง

2.5.6 เคลือบด้าน มีลักษณะผิวเรียบแต่ด้าน บางครั้งผิวจะหยาบเล็กน้อย ไม่เป็นเงามัน มีลักษณะคล้ายเปลือกไข่ เคลือบด้านที่เกิดจากการชุบเคลือบบางหรือเผาไม่ถึงจุดสุกตัวจะมีลักษณะผิวหยาบเมื่อสัมผัสจะรู้สึกระคายมือ เคลือบด้านมี 2 ลักษณะคือ เคลือบด้านที่มีลักษณะด้านสนิท ไม่มีเงามัน และเคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน ลักษณะผิวจะมีความมันเล็กน้อย เคลือบชนิดนี้สามารถนำไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ได้ทุกประเภท เช่น เครื่องถ้วยชาม สุขภัณฑ์ งานศิลปะและเครื่องประดับ งานกระเบื้อง เป็นต้น

2.5.7 เคลือบที่มีการไหลตัว จะไหลตัวดีบริเวณที่มีความลาดชัน จึงมีผลต่อการเผาโดยต้องระมัดระวังในการจัดวางผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา เพราะการไหลตัวของเคลือบจะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นภายในเตาเผา คือ เคลือบมักจะไหลไปกองที่พื้นเตา ทำให้พื้นเตาและผลิตภัณฑ์เสียหาย แต่การไหลตัวของเคลือบก็มีประโยชน์สำหรับเคลือบบางชนิด เช่น เคลือบผลึก ซึ่งอาศัยการไหลตัวของเคลือบในการเกิดผลึก นอกจากนั้นยังสามารถนำเคลือบที่มีการไหลตัวดีไปใช้ในการตกแต่งเคลือบ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีความสูง เช่นนำไปเคลือบทับส่วนบนของผลิตภัณฑ์ จะทำให้เคลือบไหลตัวลงมาเป็นลวดลายที่สวยงามได้ เคลือบที่มีการไหลตัวนี้ไม่ควรนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ที่มีการเขียนสีใต้เคลือบ และไม่นิยมนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทสุขภัณฑ์หรือเครื่องถ้วยชาม

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเคลือบใส ทั้งนี้เพราะหลังเผาสามารถมองเห็นสีของเนื้อดินปั้นซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราชได้

3. การคำนวณหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบ

การกล่าวถึงส่วนผสมของเนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบนั้น สามารถกล่าวได้ 4 วิธีคือ (ปรีดา พิมพ์ขาวชำ. 2532 : 84-85)

1. การกล่าวโดยเขียนเป็นร้อยละของวัตถุดิบ เช่น

ดินขาว	ร้อยละ 35
ดินเหนียว	ร้อยละ 25
หินเขี้ยวหนุมาน	ร้อยละ 13
หินฟันม้า	ร้อยละ 27

2. การกล่าวโดยเขียนเป็นร้อยละของออกไซด์ เช่น

LOI (Loss On Ignition)	ร้อยละ 5.7
SiO_2	ร้อยละ 66.7
Al_2O_3	ร้อยละ 21.6
Fe_2O_3	ร้อยละ 0.5
CaO	ร้อยละ 0.6
MgO	ร้อยละ 0.4
K_2O, Na_2O	ร้อยละ 4.5

3. การกล่าวโดยเขียนในรูปร้อยละของแร่ เช่น

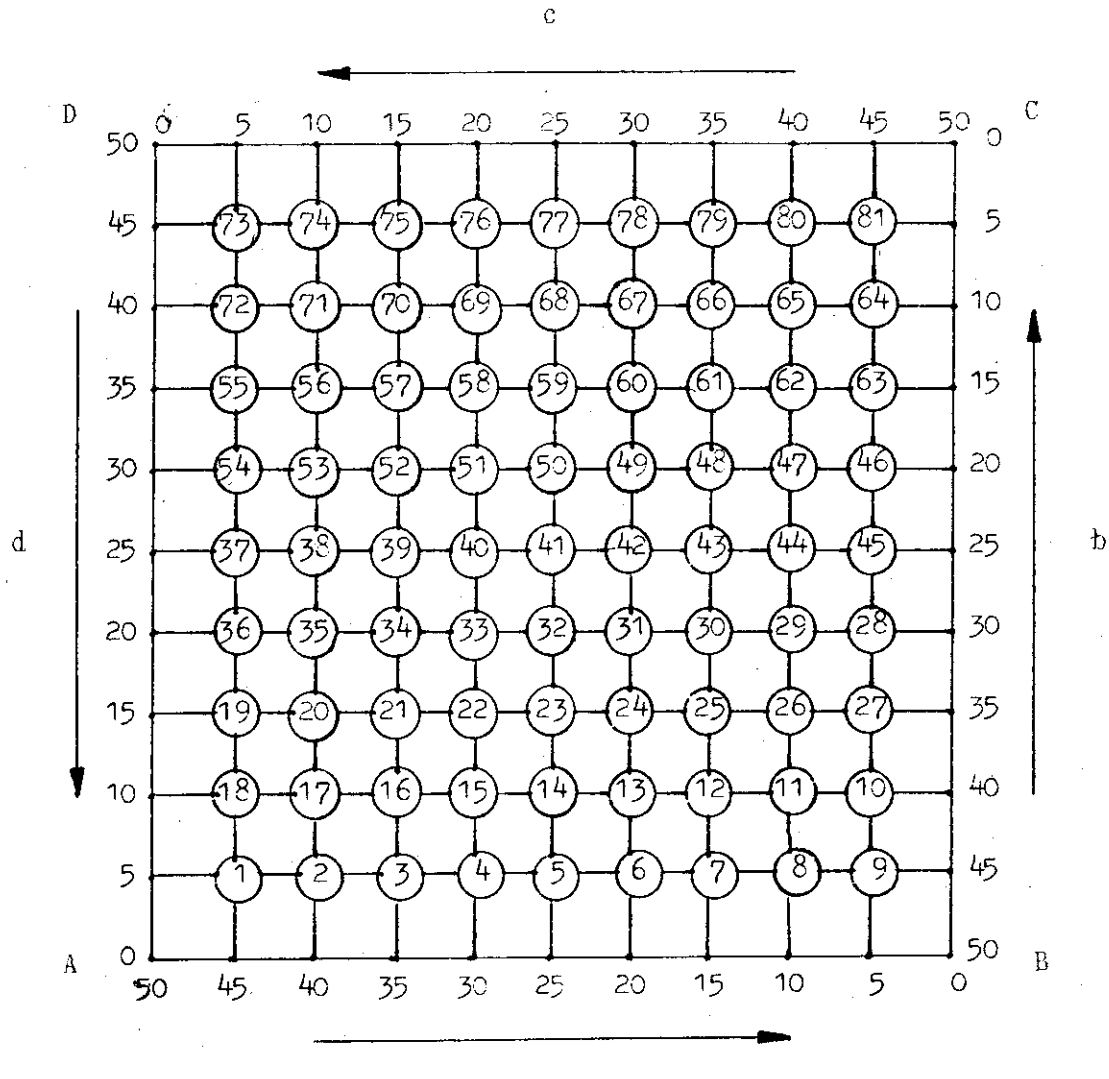
แร่ดิน	ร้อยละ 50
หินเขี้ยวหนุมาน	ร้อยละ 25
หินฟันม้า	ร้อยละ 25

4. การกล่าวโดยเขียนเป็นสูตรทั่วไปคือ

RO_2	RO	R_2O_3	RO_2
0.36		1	5.24

สำหรับการทดลองในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กล่าวถึงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบตามวิธีที่ 1 คือเอียนเป็นร้อยละของวัตถุดิบ เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกว่าการกล่าวถึงตามวิธีอื่น ๆ รวมทั้งสะดวกต่อการนำไปใช้ เพราะสามารถนำส่วนผสมดังกล่าวไปชั่งวัตถุดิบตามน้ำหนักของส่วนผสมได้เลย ซึ่งในการได้มาของค่าอัตราส่วนผสมสามารถหาได้โดยการคำนวณสูตรทางเคมี คำนวณจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า หรือคำนวณได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอเฉพาะวิธีการหาค่าอัตราส่วนผสมโดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าที่จะใช้ในการทดลองครั้งนี้เท่านั้น

การคำนวณหาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบด้วยแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่านั้น สามารถใช้ได้ทั้งการคำนวณหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น สีเคลือบ (glazes color) และเคลือบโดยกำหนดวัตถุดิบไว้ที่มุมทั้งสี่ของสี่เหลี่ยมด้านเท่า แล้วอ่านค่าเป็นอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละจุดในแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า วิธีอ่านค่าอัตราส่วนผสมตามแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าอ่านได้ดังนี้



ภาพประกอบ 1 แสดงแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าและวิธีอ่านค่าอัตราส่วนผสม

กำหนดให้ A, B, C และ D เป็นวัตถุดิบ 4 ชนิด การอ่านค่าของวัตถุดิบให้อ่านตามทิศทางของหัวลูกศร

การอ่านค่าของวัตถุดิบ A ให้อ่านค่าที่ด้าน a

การอ่านค่าของวัตถุดิบ B ให้อ่านค่าที่ด้าน b

การอ่านค่าของวัตถุดิบ C ให้อ่านค่าที่ด้าน c

การอ่านค่าของวัตถุดิบ D ให้อ่านค่าที่ด้าน d

ค่าของวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ที่อ่านได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า เมื่อรวมกันแล้วจะต้องได้ค่าเท่ากับ 100 ซึ่งคิดเป็นค่าน้ำหนักเมื่อนำวัตถุดิบไปชั่ง ตัวอย่างเช่น (Hopper. 1984 : 74-76)

จุดที่ 1 วัตถุดิบ A = 45

วัตถุดิบ B = 45

วัตถุดิบ C = 5

วัตถุดิบ D = 5

จุดที่ 45 วัตถุดิบ A = 5

วัตถุดิบ B = 25

วัตถุดิบ C = 45

วัตถุดิบ D = 25

จุดที่ 60 วัตถุดิบ A = 20

วัตถุดิบ B = 15

วัตถุดิบ C = 30

วัตถุดิบ D = 35

4. การเตรียมน้ำเคลือบและการเคลือบ

เมื่อกำหนดสูตรเคลือบและได้อัตราส่วนผสมแล้ว ต่อไปจะต้องมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ และวัตถุดิบ รวมทั้งข้อควรคำนึงต่าง ๆ ในการเตรียมน้ำเคลือบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี ประหยัดเวลา และแรงงาน (ปรีดา พิมพ์ขาวช่า. 2530 : 56) สิ่งที่ต้องคำนึงถึงดังกล่าว มีดังนี้

4.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำเคลือบ

4.2 ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเคลือบ

4.3 ภาวะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปเคลือบ

4.4 การเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเคลือบ

4.5 วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์

4.6 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบ

4.1 วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการเตรียมน้ำเคลือบ สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ แนะนำวัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมน้ำเคลือบ ดังนี้ (2531 : 67-68)

4.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผสมทำน้ำเคลือบ ส่วนมากจะเตรียมไว้ในลักษณะบดละเอียด ซึ่งทำให้สะดวกสามารถนำไปใช้ได้ทันที

4.1.2 เครื่องชั่ง มีหลายชนิด เช่น แบบลูกตุ้ม แบบ 2 แขน เป็นต้น เครื่องชั่งที่มีคุณภาพ สามารถชั่งได้อย่างละเอียด คือ เครื่องชั่งไฟฟ้า บอกค่าน้ำหนักด้วยระบบตัวเลข ทำให้สะดวกในการใช้งาน ในการชั่งวัตถุดิบนั้นควรใช้เครื่องชั่งที่มีความไวสูง เพราะการชั่งต้องการความละเอียดมาก

4.1.3 เครื่องบด โดยทั่วไปแล้วแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

4.1.3.1 โกร่งบด (apothe cary's mortar) เป็นเครื่องมือที่ค่อนข้างหาได้ง่าย และราคาไม่แพงนัก ใช้กำลังคนในการบด ทำด้วยเนื้อพอร์สเลน ซึ่งมีความแข็งแกร่งมาก มีขนาดปากกว้าง 6 นิ้ว 10 นิ้ว และ 12 นิ้ว ภายนอกนิยมเคลือบด้วยสีขาวทึบ ส่วนภายในไม่เคลือบ เพื่อต้องการให้มีผิวหยาบและช่วยในการบดได้ดี

4.1.3.2 หม้อบด มีหลายขนาด เช่น ขนาดบรรจุครึ่งกิโลกรัม 5 กิโลกรัม หรือ 100 กิโลกรัม เป็นต้น

- หม้อบดขนาดเล็ก (jar mill) คือ หม้อบดที่มีขนาดบรรจุตั้งแต่ 5 กิโลกรัมลงมา ทำจากเนื้อพอร์สเลนหนาประมาณ 1-1.5 นิ้ว เคลือบทั้งภายในและภายนอกเพื่อสะดวกในการทำความสะอาด

- หม้อบดขนาดใหญ่ (ball mill) เป็นหม้อบดที่มีขนาดบรรจุตั้งแต่ 50 กิโลกรัมขึ้นไป ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ภายนอกเป็นโลหะ ภายในกรุด้วยวัสดุที่ทนต่อแรงกระแทกและแรงเสียดสีได้สูง เช่น ยาง ไซเล็กซ์ (silex) พอร์สเลน (porcelain) เป็นต้น

ทั้งหม้อบดขนาดเล็ก และหม้อบดขนาดใหญ่หมุนโดยกำลังไฟฟ้า ภายในบรรจุด้วยลูกบด (balls) ขนาดต่าง ๆ กัน การบดของหม้อบดเกิดขึ้นโดยการเสียดสีระหว่างวัตถุดิบ กับลูกบด ซึ่งจะไถลและกลิ้งไปในขณะที่หม้อบดหมุนไป ลูกบดในขณะบดควรมี 3 ขนาด ซึ่งขนาดของลูกบดที่เล็กสุดกับใหญ่สุดไม่ควรแตกต่างกันมากนัก โดยทั่วไปจะใส่ลูกบดแต่ละขนาดในอัตราส่วนดังนี้ คือ

ลูกบดขนาดใหญ่ ประมาณ ร้อยละ 20-25

ลูกบดขนาดกลาง ประมาณ ร้อยละ 50-60

ลูกบดขนาดเล็ก ประมาณ ร้อยละ 20-25

4.1.4 เครื่องกรอง คือ อุปกรณ์ที่ใช้กรองขนาดของวัตถุดิบ ในการทดลองครั้งนี้จะใช้ตะแกรงร่อน (sieve) ทำด้วยทองเหลือง หรือสแตนเลสขนาด 100 เมช สำหรับกรองน้ำเคลือบ

4.2 ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบมีขั้นตอนในการเตรียมดังนี้

4.2.1 การชั่งส่วนผสมให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร

4.2.2 การบดผสม การบดและการผสมจะปฏิบัติไปพร้อม ๆ กัน ถ้าเคลือบมีปริมาณมากควรใช้หม้อบด เพื่อให้เคลือบมีความสม่ำเสมอดีกว่าการใช้โกร่ง การบดน้ำเคลือบควรใส่น้ำไม่เกินร้อยละ 55 ของน้ำหนักส่วนผสม ถ้าใช้น้ำมากเกินไปจะทำให้ส่วนผสมเคลื่อนหนีและเกิดการสึกหรอของวัสดุที่กรุภายในหม้อบด แต่ถ้าใส่น้ำน้อยจะทำให้ส่วนผสมมีความหนืดสูงและมีการบดน้อยเพราะลูกบดเคลื่อนที่ได้ยาก โดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักส่วนผสม น้ำที่ใช้ในการผสมเคลือบจะต้องสะอาดปราศจากตะกอน และมีสภาพเป็นกลาง

4.2.3 การกรอง น้ำเคลือบที่ผ่านการบดผสมแล้วจะต้องผ่านการกรองด้วยตะแกรงร่อน เพื่อให้ได้ความละเอียดที่สม่ำเสมอตามต้องการ

4.3 สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปเคลือบ สภาวะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปเคลือบแบ่งออกได้ 2 สภาวะ คือ

4.3.1 ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาวะของดินดิบ (greenware) การเคลือบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพดินดิบนี้ ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเปราะหักง่าย

โดยเฉพาะถ้าใช้วิธีเคลือบแบบจุ่มต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษ เพราะถ้าจุ่มเคลือบไม่เป็น เนื้อผลิตภัณฑ์อาจยุ่ยเสียหายได้ ผลิตภัณฑ์ในสภาวะนี้ไม่ควรใช้กับช่างฝึกหัด แต่ในโรงงานเครื่องเคลือบดินเผาขนาดใหญ่นิยมเคลือบผลิตภัณฑ์ในสภาวะนี้ เพราะทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงและแรงงานมาก แต่มักเคลือบด้วยวิธีพ่น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องสุขภัณฑ์

4.3.2 ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาวะเผาดิบ (biscuitware) ซึ่งนิยมเผากันที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ถึง 900 องศาเซลเซียส ดินจะแข็งตัวและหยิบยกได้สะดวก เนื้อผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัวพอเหมาะที่จะดูดซับน้ำเคลือบได้ดี ถ้าเผาในอุณหภูมิสูงเกินไปจะมีผลให้เคลือบไม่ค่อยติดผลิตภัณฑ์ เพราะเนื้อผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัวน้อยเกินไป และถ้าเผาในอุณหภูมิต่ำเกินไป ก็จะมีผลทำให้เกิดตำหนิที่ผิวเคลือบได้ เนื่องจากความพรุนตัวมีมาก ทำให้ดูดน้ำจากเคลือบมากเกินไป อาจทำให้ผิวเคลือบที่ได้ขรุขระหรือผลิตภัณฑ์อาจแตกได้ การเคลือบผลิตภัณฑ์ในสภาวะเผาดิบนี้นิยมทำกันทั้งในสถานศึกษาและสถานประกอบการเครื่องเคลือบดินเผา เพราะเคลื่อนย้ายสะดวก และสามารถเก็บไว้ได้ในกรณีที่ผลิตไว้มาก (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 70)

4.4 การเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเคลือบ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 70) ผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปเคลือบต้องผ่านการขจัดฝุ่นละอองออกให้หมดเสียก่อน เพราะถ้าหากว่าที่ผิวผลิตภัณฑ์มีฝุ่นละอองเกาะอยู่ จะเป็นเหตุให้เคลือบร่อนหลุดจากผิวของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผิวเคลือบมีตำหนิได้ การทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเคลือบนั้นอาจใช้ฟองน้ำจุ่มน้ำหมาด ๆ แล้วเช็ด หรือใช้ผ้าปัดฝุ่นออก

4.5 วิธีเคลือบผลิตภัณฑ์ การเคลือบผลิตภัณฑ์มีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับขนาด และประเภทของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาเคลือบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (Kenny. 1949 : 200-201)

4.5.1 การเคลือบด้วยวิธีชุบหรือจุ่ม (dipping) การเคลือบด้วยวิธีนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเผาดิบ เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก โดยนำผลิตภัณฑ์ที่เตรียมไว้จุ่มลงในถังน้ำเคลือบ เป็นวิธีที่นิยมกันมาก

4.5.2 การเทราด (pouring) ในกรณีที่น้ำเคลือบมีปริมาณไม่มากพอ อาจเลือกวิธีเคลือบด้วยการเทราด โดยนำไม้ 2 อันวางพาดที่ปากถัง วางผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

เคลือบไว้บนไม้ทั้งสอง แล้วใช้เคลือบเทราดลงไปบนผลิตภัณฑ์ น้ำเคลือบส่วนที่เหลือจากการเกาะผลิตภัณฑ์จะไหลลงสู่ถังที่รองรับไว้ วิธีนี้อาจใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ก็ได้ เช่น อ่างบัว โอ่งมังกร เป็นต้น

4.5.3 การใช้แปรงหรือฝูกันทา (brushing glaze) การใช้แปรงทาเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ต้องใช้แปรงหรือฝูกันที่อุ้มน้ำได้ดี ขนแปรงยาวขนาดประมาณ 1/2 นิ้ว หรือ 1 นิ้ว การทาต้องทาอย่างรวดเร็วและต้องอาศัยความชำนาญเป็นพิเศษ วิธีนี้เหมาะสำหรับงานขนาดเล็ก เช่น เครื่องประดับ หรืออาจใช้ซ่อมแซมเคลือบที่เคลือบไว้ไม่ทั่วถึงก็ได้

4.5.4 การพ่น (spray) การเคลือบด้วยวิธีการพ่นต้องใช้กาสำหรับพ่นเคลือบและต้องพ่นเคลือบในตู้พ่น (spray booth) เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของละอองเคลือบ และเคลือบจะต้องมีความละเอียดพอที่จะพ่นผ่านกาสำหรับพ่นเคลือบออกมาได้ เคลือบที่พ่นไปยังผลิตภัณฑ์จะมีความสม่ำเสมอนับเป็นวิธีการเคลือบที่ดีที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่นิยมเคลือบด้วยวิธีนี้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่มาก เช่น เครื่องสุขภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ในการเคลือบด้วยวิธีนี้ยังเหมาะสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทดินดิบที่ต้องการเผาเพียงครั้งเดียว (one firing) อีกด้วย

4.6 ค่าความถ่วงจำเพาะของเคลือบ หมายถึง ปริมาณความหนาแน่นของเคลือบ ซึ่งมีผลต่อการนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ เช่น เมื่อนำผลิตภัณฑ์เผาดิบ ซึ่งมีความพรุนตัวสูงนั่นคือ ความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดีไปจุ่มลงในน้ำเคลือบที่มีความหนาแน่นสูง จะทำให้เคลือบที่เกาะติดที่ผิวผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นมากเกินไป ตรงกันข้ามถ้านำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปจุ่มลงในเคลือบที่มีความหนาแน่นน้อยเกินไป ผลิตภัณฑ์ก็จะดูดซึมน้ำไว้มากเกินไป ซึ่งเป็นผลเสียต่อผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก ฉะนั้นก่อนทำการเคลือบควรตรวจค่าความถ่วงจำเพาะของเคลือบเสียก่อน (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 90) ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้ คือ (Parmelee. 1951 : 65)

ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเคลือบ	ค่าความถ่วงจำเพาะของเคลือบ
ดินดิบหรือเผาดิบไฟต่ำ	1.43 - 1.47
เผาดิบไฟปานกลาง	1.46 - 1.50
เผาดิบไฟค่อนข้างสูง	1.50 - 1.60
เผาดิบไฟสูง	1.60 - 1.70

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้โกร่งไฟฟ้าเป็นเครื่องมือในการบดอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ ที่กำหนดให้มีความถ่วงจำเพาะ 1.40-1.50 โดยบดนาน 30 นาที กรองผ่านตะแกรงขนาด 100 ใช้การเคลือบโดยวิธีจุ่มชิ้นทดลองที่ผ่านการเผาดิบที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

5. วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่

5.1 ดินแดง เป็นดินที่มีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ พบมากตามภาคต่างๆ ทั่ว ประเทศไทย ดินแดงที่พบตามธรรมชาติ มีความเหนียวมาก สามารถนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีแป้นหมุนได้โดยไม่ต้องผสมกับวัตถุดิบอื่น เมื่อแห้งเนื้อดินจะมีความแข็งแกร่งสูง มีการหดตัวมากหลังเผา ให้สีน้ำตาลแดง เพราะมีปริมาณเหล็กออกไซด์ในเนื้อดินสูง โดยสีของดินหลังเผาจะแตกต่างกันเมื่อเผาที่อุณหภูมิต่างกัน ดินแดงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นดินแดงที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งชาวบ้านนิยมนำดินชนิดนี้มาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอิฐมอญ กระถางถวยรองน้ำ ยางพาราเป็นต้น โดยแหล่งที่มีการขุดดินแดงขึ้นมาใช้มาก ได้แก่ ที่อำเภอทุ่งใหญ่ ที่ตำบลทับลาน และที่ตำบลโมคลาน เป็นต้น ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกดินแดงจากแหล่งตำบลโมชลาน อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช มาใช้เป็นวัตถุดิบในอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เนื่องจากเป็นแหล่งดินที่ชาวบ้านนิยมใช้ มีการขุดขาย เพื่ออุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาในท้องถิ่น อีกทั้งเป็นแหล่งที่มีวัตถุดิบสำรองปริมาณมาก และเป็นที่รู้จักดีของผู้ผลิตในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนในน้ำเคลือบ ดินแดง เป็นวัตถุดิบที่ช่วยให้เคลือบมีความเกาะตัว (binder) ดีขึ้น (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์.2531 : 56)

5.2 ดินขาว เป็นดินที่มีสีขาวทั้งในธรรมชาติและหลังเผา ประกอบด้วยสารประกอบผลึกเล็ก ๆ ของแร่คาโอลินไนท์ (kaolinite) ซึ่งเป็นสารประกอบของอลูมินาและซิลิกา สูตรทางเคมีของดินขาวคือ $Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$ ลักษณะสีขาว หรือสีขาวหม่น มีความเหนียวต่ำ หดตัวน้อย มีความแข็งแรงก่อนเผาน้อย ยุ่ยตัวได้ง่าย ทนความร้อนได้สูง และ

มีความบริสุทธิ์สูง ดินขาวไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยลำพังต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบ หรือดินชนิดอื่น โดยทั่วไปดินขาวมีคุณสมบัติทางกายภาพดังต่อไปนี้ (อุบลศรี ชัยนาม และเยาวลักษณ์ นิสสภา. 2526 : 45)

ความแข็ง 2.0-2.5

ความถ่วงจำเพาะ 2.6

จุดสุกตัวประมาณ 1,785 องศาเซลเซียส

แหล่งดินขาวในประเทศไทยที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผามีหลายแหล่ง เช่น ดินขาวจังหวัดลำปาง ดินขาวจังหวัดระนอง ดินขาวจังหวัดนราธิวาส เป็นต้น ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัย ได้เลือกดินขาวเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งในอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เนื่องจากดินขาวสามารถช่วยลดความเหนียว ลดการหดตัว และ เพิ่มความแข็งแกร่งหลังเผาให้กับเนื้อดินปั้นได้ และยังช่วยลดอิทธิพลของออกไซด์ให้สีของดินแดง ให้อ่อนลงด้วย แหล่งที่ผู้วิจัยเลือกใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการทดลองคือ ดินขาวจังหวัดระนอง

5.3 หินฟันม้า เกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิต (granite) เป็นสารประกอบของอลูมินา ซิลิกา และอัลคาไลน์ หรืออัลคาไลน์เอิร์ธ หินฟันม้าที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา ได้แก่หินฟันม้าที่มีสารประกอบของอัลคาไลน์ คือ โซเดียมและโปตัสเซียม โดยหินฟันม้าจะมีอัตราส่วนของอัลคาไลน์แตกต่างกันไป ลักษณะหินฟันม้าที่พบในธรรมชาติมีสีขาว สีเหลือง และสีชมพู เป็นต้น การนำหินฟันม้ามาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา นิยมใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ คุณสมบัติคือเป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัวและช่วยให้เกิดปฏิกริยาการเกิดแก้ว แหล่งที่พบหินฟันม้าในประเทศไทย เช่น จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดชลบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นต้น ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้หินฟันม้าจากแหล่งบริเวณตำบลท่าดี อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นหินฟันม้าที่มีสารประกอบของโซเดียม เพื่อเป็นวัตถุดิบในอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ (โกมล รักษ์วงศ์. 2533 : 35, 224; ปรีดา พิมพ์ขาวชำ. 2532 : 61-62)

5.4 ทรายขาว เป็นวัตถุดิบที่เกิดจากการตกผลึกของซิลิกาที่ให้ซิลิกาสูงถึงร้อยละ 99 มีความแข็งประมาณ 7 ความถ่วงจำเพาะ 2.7 มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,728

องศาเซลเซียส ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาใช้ทรายขาวผสมในเนื้อดินปั้นและในน้ำเคลือบ โดยทรายขาวจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้แก่เนื้อดินปั้น ลดการหดตัว ป้องกันการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าใส่ปริมาณมากจะทำให้เนื้อดินปั้นมีความเหนียวลดลง และเพิ่มการขยายตัวขณะเผามีผลต่อการแตกร้าวเสียหายได้ ส่วนในน้ำเคลือบทรายขาวช่วยให้เคลือบมีความแข็งแกร่งทนต่อการกัดกร่อนได้ดี มีความมันแวววาว แต่ถ้าใส่ปริมาณมากทำให้เคลือบทนไฟและมีจุดหลอมละลายในอุณหภูมิสูง

วัตถุดิบที่ให้ซิลิกาสูงและสามารถใช้แทนทรายขาวได้ เช่น กรวด หินทราย (sand stone) หินเขี้ยวหนุมาน โดยจะมีคุณสมบัติเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่ความบริสุทธิ์ของวัตถุดิบ การทดลองในครั้งนี้เลือกใช้ทรายขาวเป็นวัตถุดิบในอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อช่วยให้เนื้อดินปั้นมีความแข็งแกร่ง การหดตัวลดลงและช่วยลดความเหนียวของดินแดงรวมทั้งยังใช้ทรายขาวเป็นวัตถุดิบในอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ เพื่อให้เคลือบเกิดความแข็งแกร่งและเป็นมันวาว แหล่งที่พบทรายขาวได้แก่ จังหวัดจันทบุรี จังหวัดระนอง สุราษฎร์ธานี และจังหวัดสงขลาเป็นต้น แต่ผู้วิจัยเลือกใช้เฉพาะทรายขาวจากจังหวัดสงขลา เนื่องจากเป็นแหล่งวัตถุดิบในภาคใต้ และมีคุณภาพดี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 62; ปรีดา พิมพ์ขาวชำ. 2532 : 64-65)

5.5 หินปูน (whiting หรือ lime stone) เป็นสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate, $CaCO_3$) และใช้กันมากในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ ส่วนในเนื้อดินปั้นนั้นใช้น้อยมาก เพราะจะทำให้เนื้อดินยุบตัวได้ เนื่องจากหินปูนมีคุณสมบัติช่วยลดจุดสุกตัวทำให้ช่วงการเผาสั้น ในน้ำเคลือบหินปูนจะช่วยให้เคลือบมีความแข็งแกร่ง มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของกรดและทำให้เคลือบมีจุดสุกตัวต่ำลง (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 64) หินปูนมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.7 มีความแข็ง 2.3 (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 48)

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้หินปูนที่มีแหล่งกำเนิดในจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งในอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ

5.6 หินสบู่ (talc) เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกต (magnisium

silicate) มีสูตรทางเคมีคือ $3MgO.4SiO_2.H_2O$ มีความแข็ง 2 ความถ่วงจำเพาะ 2.8 มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,490 องศาเซลเซียส มีการหดตัวน้อยมาก ใช้ผสมในน้ำเคลือบจะเป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัว มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า และช่วยป้องกันการรานตัว ให้แก่เคลือบ ทำให้เคลือบทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (thermal shock) ได้ดี ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้น้ำเคลือบมีความทนไฟต่ำ ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้หินสบู่ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไปเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งในอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ โดยผสมหินสบู่ร้อยละ 3 ลงในทุกอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 65; โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 27-30; ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 60-61)

5.7 สังกะสีออกไซด์ หรือซิงค์ออกไซด์ มีสูตรทางเคมีคือ ZnO มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,975 องศาเซลเซียส และมีความถ่วงจำเพาะ 5.5 นิยมใช้ผสมในน้ำเคลือบ โดยสังกะสีออกไซด์เมื่อใช้ผสมในน้ำเคลือบ จะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 76)

5.7.1 ผสมปริมาณน้อยในเคลือบไฟสูง ทำให้เคลือบเกิดความมันแววววาว

5.7.2 ทำให้เคลือบเกิดทึบ (opaque) และให้เคลือบเกิดสีขาวได้

5.7.3 ทำปฏิกริยากับโครมออกไซด์ (chrome Oxide) สามารถเปลี่ยนสีเขียวของโครมออกไซด์ ให้เป็นสีน้ำตาลได้

5.7.4 สังกะสีออกไซด์ทำปฏิกริยาได้อย่างรวดเร็วกับสารประกอบของตะกั่วช่วยให้เกิดการหลอมละลายได้รวดเร็วขึ้น

5.7.5 สังกะสีออกไซด์มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คือเท่ากับ 81.38 ถ้าใช้ผสมในน้ำเคลือบปริมาณมากจะทำให้เคลือบตกผลึกได้

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้สังกะสีออกไซด์ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไปเป็นวัตถุดิบตัวหนึ่งในอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ เพื่อเพิ่มความมันวาวให้กับเคลือบ โดยผสมสังกะสีออกไซด์ร้อยละ 6 ลงในทุกอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ

6. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผามีวิธีการแตกต่างกันหลายวิธี ขึ้นกับชนิดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพและคุณสมบัติต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 109) การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาแบ่งได้ 6 วิธีคือ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2536 : 1)

1. วิธีขึ้นรูปแบบวิธีกด (press method)
2. วิธีขึ้นรูปแบบรีด (extrusion method)
3. วิธีขึ้นรูปโดยใช้มือ (hand forming method)
4. วิธีขึ้นรูปด้วยการหล่อ (casting method)
5. วิธีขึ้นรูปโดยใช้แป้นหมุน (throwing method)
6. วิธีขึ้นรูปโดยใช้ใบมีด (jiggering method)

ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีขึ้นรูปด้วยการหล่อ

การขึ้นรูปด้วยการหล่อ หรือการเทแบบ เป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ (plaster mold) เป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ความหนาของผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ ก่อตัวขึ้น เมื่อแบบพิมพ์ที่ใช้เริ่มดูดของเหลวเข้าสู่เนื้อแบบพิมพ์ ความหนาของผลิตภัณฑ์เริ่มด้วยมีเนื้อดินมาเกาะกันและเริ่มแข็งตัวขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากนั้นปล่อยให้แห้งและแกะออก อบให้แห้งสนิทแล้วจึงนำไปเผาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อนี้สามารถผลิตงานเหมือนกัน เท่ากันได้ปริมาณมาก ซึ่งวิธีการหล่อที่นิยมทำกันมี 2 วิธีคือ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 42-47; ปรีดา พิมพ์ขาวขำ.2532 : 110-137)

1. การหล่อโดยให้น้ำดินแข็งตัวอยู่ในแบบพิมพ์ หรือเรียกว่าการหล่อแบบตัน (solid casting) หมายถึงการหล่อน้ำดินลงในแบบพิมพ์ให้เป็นแท่งตันโดยไม่ต้องเทน้ำดินออกจากแบบพิมพ์เลย ลักษณะการหล่อแบบนี้จะสามารถจำกัดความหนาของผลิตภัณฑ์ได้ นิยมใช้ในการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนา และมีรูปร่างแปลก ๆ

2. การหล่อโดยมีการเทน้ำดินที่เหลือทิ้ง หรือเรียกว่าการหล่อแบบกลวง (drain casting) หมายถึงเมื่อผลิตภัณฑ์ได้ความหนาพอสมควรแล้วจะต้องเทน้ำดินออกจากแบบพิมพ์ นิยมใช้ในการหล่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกำหนดความหนา-บางเอง และต้องการความหนา

อย่างสม่ำเสมอ

6.1 ทฤษฎีการหล่อ น้ำดินที่เทลงในแบบพิมพ์ประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 35-50 (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 86) น้ำในน้ำดินจะถูกปลาสเตอร์ดูดด้วยแรงที่เกิดจากรูพรุนในแบบพิมพ์ น้ำดินบริเวณผิวแบบพิมพ์จะข้นขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดก็จะเหลือแต่เนื้อดินสะสมที่ผิวแบบพิมพ์กลายเป็นผนังของผลิตภัณฑ์ และจะหนามากขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป แบบพิมพ์ก็จะชื้นมากขึ้นเช่นกัน อัตราเร็วในการหล่อ หรืออัตราการเพิ่มความหนาของผนังผลิตภัณฑ์เริ่มลดลงด้วยสาเหตุ 2 ประการคือ

1. น้ำจะซึมผ่านเข้าแบบพิมพ์ได้ยากขึ้น เพราะผนังของผลิตภัณฑ์ด้านไว้
2. แบบชื้นมากขึ้น อัตราการดูดซึมจึงลดลง

นอกจากนี้ ความละเอียดของเนื้อดินยังมีผลต่ออัตราเร็วในการหล่อ นั่นคือ ถ้าเนื้อดินยิ่งหยาบอัตราการเทแบบจะเร็วขึ้น นอกจากนี้อัตราเร็วในการหล่อยังขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในอัตราส่วนผสมของน้ำดิน โดยปกตินำ้จะช่วยให้ดินและวัตถุดิบอื่น ๆ กระจายลอยตัวได้ดี แต่น้ำในน้ำดินควรจะมีปริมาณต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพราะปริมาณน้ำที่มากเกินไปจะมีผลทำให้แบบชื้นเร็วขึ้นและอัตราการดูดซึมจะต่ำลง แต่ในขณะเดียวกันหากปริมาณมาณน้ำมีน้อยเกินไปความเข้มข้นของน้ำดินมีมาก ความหนืดสูง และการไหลตัวของน้ำดินไม่ดี แต่คุณสมบัติในการไหลตัวของน้ำดินก็จะต้องมีอยู่ จึงจำเป็นต้องนำสารเคมีที่มีคุณสมบัติช่วยให้กลุ่มดินมีการกระจายและลอยตัวได้ดีใส่ลงไปช่วย ซึ่งได้แก่สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ที่นิยมใช้ได้แก่ โซเดียมซิลิเกต และโซเดียมคาร์บอเนต

ที่กล่าวว่าการไหลตัวของน้ำดินมีความสำคัญทั้งนี้เพราะ ในขณะที่เทน้ำดินที่เหลือในแบบพิมพ์ทิ้ง ผิวด้านในของผลิตภัณฑ์จะต้องเรียบ แต่ถ้าน้ำดินมีความหนืดสูงเกินไป น้ำดินไหลตัวไม่ดีเมื่อเทน้ำดินออกผิวด้านในของผลิตภัณฑ์จะเป็นคลื่น นอกจากการหล่อแบบแล้วการแกะผลิตภัณฑ์ออกจากแบบก็มีความสำคัญ โดยผลิตภัณฑ์ในขณะถอดออกจากแบบพิมพ์ต้องมีความมั่นคงแข็งแรงพอที่จะไม่บิดเบี้ยวจนเสียรูปทรง ความมั่นคงแข็งแรงของผลิตภัณฑ์นี้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ดิน เพราะการบิดเบี้ยวอาจเกิดขึ้นขณะที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในแบบพิมพ์และมีการหดตัวมากเกินไป ซึ่งพบว่าดินที่มีความเหนียวสูง เนื้อดินจะละเอียดมาก และการหดตัวจะมีมาก เป็นผลกระทบ

ให้เกิดการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงได้ง่าย

6.2 ขั้นตอนการหล่อ

การหล่ออาจแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

6.2.1 การเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ ถ้าแบบขนาดเล็กใช้เหยือกหรือขันตักน้ำดินเทลงในแบบพิมพ์ได้ แต่ถ้าแบบขนาดใหญ่ การเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์จะใช้หัวสูบ ซึ่งปัญหาที่พบในการเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์คือ การเทเร็วเกินไปทำให้ฟองอากาศแทรกเข้าไปในน้ำดิน และแทรกตัวอยู่ในผนังของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดรูเล็ก ๆ บนผิวของผลิตภัณฑ์ได้ อีกปัญหาหนึ่งคือผิวของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นเส้นวงกลมรอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดจากการเทน้ำดินแรงและเร็วเกินไป ทำให้น้ำดินในแบบพิมพ์กระเพื่อม ผิวของผลิตภัณฑ์จึงไม่เรียบ

6.2.2 การเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบพิมพ์ ในกรณีที่แบบมีขนาดเล็ก เราสามารถคว่ำแบบพิมพ์ลง เขย่าหรือเคาะแบบพิมพ์เบา ๆ น้ำดินก็จะไหลออกมาได้ แต่ในกรณีที่แบบขนาดใหญ่ เราไม่สามารถคว่ำแบบพิมพ์ได้ เพราะอาจเกิดสุญญากาศขึ้นระหว่างที่น้ำดินไหลลง ทำให้เกิดแรงดึงผลิตภัณฑ์จนหลุดตามออกมาและผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักมากอาจจะหลุดออกจากแบบพิมพ์เอง ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปทรง ฉะนั้นการเทน้ำดินเข้าและออกจากแบบพิมพ์ขนาดใหญ่ ต้องเทเข้าหรือออกทางส่วนล่างของแบบพิมพ์ การที่เราจะเทน้ำดินออกเมื่อใดนั้นขึ้นอยู่กับความหนาของผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการ

6.2.3 การตกแต่งผลิตภัณฑ์ การตกแต่งผลิตภัณฑ์ควรกระทำในเวลาที่เหมาะสม คือถ้าตกแต่งเร็วไป ผลิตภัณฑ์ยังอ่อนนิ่มไม่แข็งแรงพอ จะทำให้ผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวเสียรูปทรง หรือถ้าตกแต่งช้าเกินไป ผลิตภัณฑ์จะแข็ง และเปราะเป็นเหตุให้แตกหักได้ง่าย

6.2.4 การตากผลิตภัณฑ์ให้แห้ง มีผลต่อการบิดเบี้ยวเสียรูปทรง หรือการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งส่วนมากผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กจะไม่ค่อยมีปัญหาเท่ากับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ที่ต้องควบคุมความชื้นในขณะตากแห้ง เพื่อให้มีคุณสมบัติสม่ำเสมอไม่แตกร้าว

7. การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น

7.1 การทดสอบคุณสมบัติในการหล่อ

เนื้อดินปั้นเพื่อใช้ในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อที่ดีจะต้องมีลักษณะไหลเป็นสาย เนื้อดินไม่ตกตะกอนง่ายในขณะทำการหล่อและเนื้อดินไม่หดตัวมาก (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 85) ดังนั้นการทดสอบคุณสมบัติในการหล่อจึงมีความสำคัญมาก เพราะจะทำให้ทราบข้อบกพร่องของเนื้อดินปั้น สูตรนั้น ๆ เพื่อปรับปรุงแก้ไขได้อย่างถูกต้องอีกทั้งเป็นข้อมูลในการเลือกเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดเพื่อการใช้งานต่อไป ซึ่งคุณสมบัติที่จะต้องทดสอบมีดังต่อไปนี้

7.1.1 การทดสอบหาปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น เนื่องจากในเนื้อดินปั้นที่จะใช้ในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อจะต้องประกอบด้วยอนุภาคของของเหลวได้แก่น้ำ และอนุภาคของของแข็งคือดิน และแร่ธาตุต่าง ๆ ดังนั้นการทดสอบหาปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นจึงมีความจำเป็นเพื่อใช้ในการปรับอัตราส่วนระหว่างของแข็งและของเหลว เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีความหนาแน่นที่เหมาะสม ในการหาค่าความหนาแน่นนี้ สามารถหาได้ด้วยการหาค่าความถ่วงจำเพาะหรือ ถพ. (specific gravity or Sp.G.) โดยความหนาแน่นของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบกลวงควรมีค่าความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.65 ถึง 1.80 ส่วนเนื้อดินปั้นที่ใช้เพื่อการหล่อแบบตันควรมีค่าความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.75-1.95 (ปรีดา นิมพ์ชาวช่า. 2532 : 132) ในการทดลองครั้งนี้กำหนดให้เนื้อดินปั้นต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะ ระหว่าง 1.65 ถึง 1.8 ใช้การวัดโดยการชั่งน้ำหนักน้ำดิน ตามปริมาตรที่ต้องการ แล้วหาความถ่วงจำเพาะจากสูตร

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำดิน}}{\text{ปริมาตรของน้ำดิน}}$$

7.1.2 การทดสอบความหนืดของน้ำดิน เป็นการวัดค่าการต้านทานการไหลของน้ำดิน เพื่อใช้พิจารณาถึงความสม่ำเสมอในการไหลของน้ำดิน เพราะหากน้ำดินมีความหนืดสูงเกินไป การหล่อแบบจะใช้เวลาน้อยมาก การเทน้ำดินออกจากแบบจะกระทำด้วยความยากลำบากและใช้เวลานาน อีกทั้งผิวด้านในของผลิตภัณฑ์จะไม่เรียบ ซึ่งตรงข้ามกับน้ำดินที่มี

ความหนืดต่ำมากเกินไป นั่นคือการหล่อแบบจะใช้เวลานาน แต่การเทน้ำดินออกจากแบบจะสะดวกรวดเร็ว ในการปรับความหนืดของน้ำดิน โดยที่ความถ่วงจำเพาะไม่เปลี่ยนแปลง สามารถปฏิบัติได้โดยการเติมสารที่ช่วยกระจายลอยตัวลงในน้ำดิน ซึ่งในการทดลองครั้งนี้กำหนดให้ใช้โซเดียมซิลิเกตในการปรับน้ำดิน ให้มีค่าความหนืด 1-5 พอยซ์ ทั้งนี้เนื่องจากปรีดา พิมพ์ขาวชำ (2532 : 120,133) ได้กล่าวว่า เนื้อดินปั้นสำหรับการหล่อแบบกลวงควรมีความหนืดระหว่าง 1 ถึง 5 พอยซ์ แต่ค่าที่เหมาะสมของความหนืดของเนื้อดินปั้นสำหรับการหล่อจะแตกต่างกันไปตามลักษณะและขนาดของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อนั้น ๆ ด้วยวิธีการทดสอบหาค่าความหนืดสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องทดสอบความหนืด คือ เครื่องบลุคฟิลด์

7.1.3 การทดสอบหาอัตราการหล่อของน้ำดิน จะทำให้เราทราบถึงเวลาที่จะต้องใช้ เพื่อให้เนื้อดินเกาะผิวแบบพิมพ์จนกระทั่งได้ความหนาของผลิตภัณฑ์ตามที่เราต้องการ โดยมีวิธีการหาอัตราการหล่อของน้ำดิน 3 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. เทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ปลาสเตอร์สำหรับทดสอบหาอัตราการหล่อให้เต็ม จำนวน 3 แบบพิมพ์

2. จับเวลานาน 5 นาที 10 นาที และ 20 นาที เมื่อถึงเวลาดังกล่าวให้เทน้ำดินออกจากพิมพ์ตามลำดับ

3. ตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งผิวของเนื้อดินแข็งตัว พิจารณาได้จากการใช้นิ้วมือแตะแล้วไม่เกิดรอย จึงใช้มีดตัดเนื้อดิน และวัดความหนาของเนื้อดิน จะได้ค่าอัตราการหล่อที่เวลา 5 นาที 10 นาที และ 20 นาที

7.2 การทดสอบคุณสมบัติเนื้อดินปั้นก่อนเผาและหลังเผา

7.2.1 การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น ถ้าเนื้อดินปั้นมีการหดตัวมากย่อมเป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตก การโค้งงอ และการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ การหดตัวจะเกิดขึ้นได้ในขณะที่ผลิตภัณฑ์เริ่มแห้งจนถึงเผาเคลือบ โดยทั่วไปดินที่ตากแห้งจะหดตัวอยู่ในระหว่างร้อยละ 5 ถึง 12 และหลังจากเผาเคลือบแล้ว ร้อยละของการหดตัวรวมทั้งสิ้นจะอยู่ระหว่าง 15 ถึง 20 แต่ทั้งนี้การหดตัวของเนื้อดินปั้นจะแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติและ

ปริมาณของวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสม รวมทั้งขนาดของผลิตภัณฑ์ก็มีผลต่อการหดตัวของเนื้อดินปั้นอีกด้วย (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 32)

การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น กระทำได้ 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ปลาสเตอร์ที่ใช้สำหรับทดสอบการหดตัวให้ได้แท่งทดสอบ (specimen) จำนวน 2 แท่ง

2. แกะแท่งทดสอบออกจากแบบ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแท่งทดสอบมาวัดระยะระหว่างเครื่องหมายบนแท่งทดสอบ บันทึกเป็นความยาวหลังอบ (บนแท่งทดสอบมีเครื่องหมายที่มีระยะห่างกัน 10 เซ็นติเมตร (ความยาวก่อนอบ))

3. นำแท่งทดสอบเข้าเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด (1,200 องศาเซลเซียส)

4. วัดระยะห่างของเครื่องหมายบนแท่งทดสอบหลังเผา บันทึกค่าไว้เป็นความยาวหลังเผา

5. คำนวณหาร้อยละของการหดตัวโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละของการหดตัวก่อนเผา} = \frac{\text{ความยาวก่อนอบ} - \text{ความยาวหลังอบ}}{\text{ความยาวก่อนอบ}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของการหดตัวหลังเผา} = \frac{\text{ความยาวก่อนอบ} - \text{ความยาวหลังเผา}}{\text{ความยาวก่อนอบ}} \times 100$$

7.2.2 การทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นก่อนเผา ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นจะบอกถึงความทนทานต่อแรงกระทบหรือแรงกดต่อเนื้อดินเมื่อขึ้นรูปและผึ่งให้แห้งแล้ว โดยดินที่มีความแข็งแรงเมื่อแห้งจะไม่เปราะ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ซึ่งดินที่มีความเหนียวสูงส่วนมากจะมีความแข็งแรงมาก

วิธีการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นกระทำได้ 4 ขั้นตอนคือ

1. เทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ปลาสเตอร์สำหรับทำแท่งทดสอบความแข็งแรง

2. เมื่อแท่งทดสอบแห้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน

24 ชั่วโมง

3. นำแท่งทดสอบมาหาค่าแรงกดที่ทำให้แท่งทดสอบหักโดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรง (ตัวอย่างการวางแท่งทดสอบตามภาพประกอบ 2)

4. จดบันทึกแรงกดที่ทำให้แท่งทดสอบหัก แล้วนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรงโดยใช้สูตรของชิงเกอร์

$$R = \frac{3\ WL}{2bh^2}$$

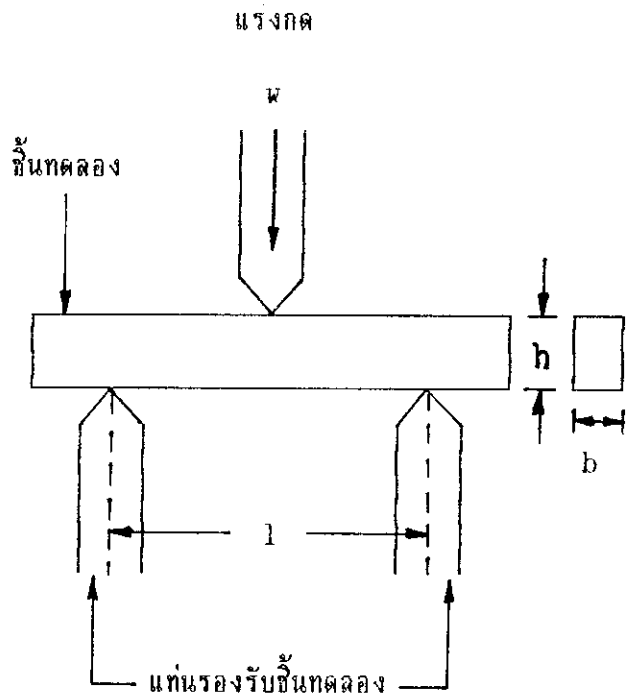
ให้ R = ค่าความแข็งแรงมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร (kg/cm^2)

W = แรงกดที่ทำให้แท่งทดสอบหัก

L = ระยะห่างของแท่นรองรับแท่งทดสอบ

b = ความกว้างของแท่งทดสอบ

h = ความหนาของแท่งทดสอบ



ภาพประกอบ 2 แสดงการกดน้ำหนักลงบนแท่งทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรง

7.2.3 การทดสอบความทนไฟเนื้อดินปั้น สามารถทำได้โดยการเผาชิ้นทดลองในอุณหภูมิที่ต้องการ หากชิ้นทดลองมีรูปร่าง-รูปทรงที่เปลี่ยนไปเช่นโก่งงอ บูดพอง หรือละลาย แสดงว่าเนื้อดินปั้นอัตราส่วนผสมนั้นทนไฟในอุณหภูมิที่เผาไม่ได้

7.2.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น

การทดสอบการดูดซึมน้ำ ทำให้สามารถเลือกเนื้อดินปั้นที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตเครื่องเคลือบดินเผาชนิดต่าง ๆ เช่นในอุณหภูมิที่กำหนด หากเนื้อดินปั้นใดยังมีการดูดซึมน้ำอยู่เกินร้อยละ 3 (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2529 : 6) จะไม่เหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทถ้วยชาม แต่จะมีผลน้อยมากสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทของชำร่วยต่าง ๆ นอกจากนี้การดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นสามารถบอกจุดหลอมละลายของเนื้อดินปั้นได้นั่นคือดินที่มีการดูดซึมน้ำสูงจะมีจุดหลอมละลายสูงด้วย

วิธีทดสอบการดูดซึมน้ำ

1. นำชิ้นทดลองที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกไว้เป็นค่าน้ำหนักดินที่แห้ง

2. นำชิ้นทดลองไปต้มในน้ำรอจนกระทั่งน้ำเดือด จึงเริ่มจับเวลาแล้วต้มในน้ำเดือดต่อไปอีก 2 ชั่วโมง หยุดให้ความร้อนแก่หม้อต้ม

3. ทิ้งชิ้นทดลองไว้ในหม้อต้มอีก 24 ชั่วโมง

4. นำแท่งทดลองมาเช็ดน้ำออกด้วยผ้าแล้วนำมาชั่งน้ำหนักจดบันทึกไว้เป็นค่าน้ำหนักของดินที่อิ่มตัว แล้วนำข้อมูลไปคำนวณด้วยสูตรดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1973 : 200)

$$\text{ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ} = \frac{W - D}{W} \times 100$$

W = น้ำหนักของดินที่อิ่มตัว

D = น้ำหนักดินที่แห้ง

8. เตาและการเผา

8.1 เตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา (kiln) เตาที่ใช้ในการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาโดยทั่วไปนั้น มีอยู่หลายแบบหลายชนิดสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้คือ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 11)

8.1.1 แบ่งตามประเภทการใช้งานของเตา ได้แก่ เตาชนิดเผาเป็นครั้งคราว (periodic kiln) เตาเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi continuous kiln) และเตาเผาแบบต่อเนื่อง (continuous kiln)

8.1.2 แบ่งตามประเภททางเดินลมร้อน ได้แก่ เตาชนิดทางเดินลมร้อนตรง (horizontal draft kiln) เตาชนิดทางเดินลมร้อนขึ้น (up draft kiln) และเตาชนิดทางเดินลมร้อนลง (down draft kiln)

8.1.3 แบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิง ได้แก่ เตาแก๊ส เตาฟืน เตาน้ำมัน เตาไฟฟ้า เป็นต้น

8.1.4 แบ่งตามลักษณะของเตา เช่น เตากลม เตาเหลี่ยม เตาแมลงปอง เตาจีน เป็นต้น

ในการนำเสนอผู้วิจัยจะนำเสนอเฉพาะเตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาที่แบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิง 2 ชนิดคือ เตาไฟฟ้า และเตาแก๊ส ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

1. เตาไฟฟ้า เป็นเตาที่มีผู้ให้ความสนใจและนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะสถานศึกษาและโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาขนาดเล็ก เนื่องจากมีความสะดวกสบายในการใช้งานเพราะควบคุมการเผาได้ง่าย มีความปลอดภัยสูง เผาได้ตั้งแต่อุณหภูมิต่ำไปจนกระทั่งอุณหภูมิสูง และสามารถเร่งอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้น ช้า-เร็วได้ตามต้องการ ไม่มีเปลวไฟเพราะใช้ขดลวดต้านทานในการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นความร้อน ไม่มีควัน ทำให้เผาได้อย่างสะอาดที่สุด แต่สามารถเผาได้เฉพาะบรรยากาศแบบออกซิเดชันเท่านั้น

2. เตาแก๊ส เป็นเตาที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาเพราะมีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย เผาได้ในอุณหภูมิสูงและเป็นเตาที่ค่อนข้างสะอาด เตาแก๊สที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 ชนิดคือ ชนิดทางเดินลมร้อนขึ้น และชนิดทางเดินลมร้อนลง ซึ่งเตาแก๊สชนิดทางเดินลมร้อนขึ้นจะสามารถเผาได้อุณหภูมิต่ำกว่าเตาแก๊สชนิดทางเดินลมร้อนลง แต่เตาแก๊สทั้งสองชนิดสามารถเผาได้ทั้งบรรยากาศแบบออกซิเดชัน และแบบรีดักชัน

บรรยากาศในการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา (kiln atmosphere) (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 1-2)

การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผานั้น มีบรรยากาศการเผาอยู่ 2 แบบคือ แบบรีดักชัน และแบบออกซิเดชัน ซึ่งการเผาโดยใช้บรรยากาศที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้สีของเนื้อดินและสีของน้ำเคลือบที่เกิดขึ้นแตกต่างกันด้วย การเผาจะมีบรรยากาศเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของเตาเผาและเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผา รวมถึงลักษณะวิธีการเผา ซึ่งการเผาแต่ละแบบจะมีลักษณะที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

1. การเผาแบบออกซิเดชัน เป็นการเผาที่มีการสันดาปเป็นไปอย่างสมบูรณ์ การเผาไหม้หมดจดไม่มีกลุ่มควันและเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตา (fire box) เพราะ

ออกซิเจน (oxigen) และเชื้อเพลิงที่ใช้มีความเหมาะสมกันดี เตาเผาที่สามารถเผาบรรยากาศออกซิเดชันได้ดีที่สุดคือเตาไฟฟ้า

2. การเผาแบบรีดักชัน เป็นการเผาไหม้ที่มีการสันดาปไม่สมบูรณ์ โดยมีออกซิเจนที่ใช้ในการเผาน้อยกว่าปกติ ทำให้การเผาไหม้ไม่หมดจด ซึ่งจะมีผลต่อการให้สีของสารให้สีบางตัว เช่น การเผาคอปเปอร์ออกไซด์ (copper oxide) ถ้าเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันจะให้สีเขียว แต่ถ้าเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจะให้สีแดง ส่วนเหล็กออกไซด์ ถ้าเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันจะให้สีน้ำตาล หากเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจะให้สีเขียว เป็นต้น ดังนั้นบรรยากาศการเผาจึงมีผลต่อสีของเนื้อดินและน้ำเคลือบได้ การเผาบรรยากาศแบบรีดักชันนี้ จะกระทำได้โดยใช้เตาเผาชนิดที่ใช้น้ำมัน แก๊ส และฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้

8.2 การเผา (firing) กระบวนการเผา (firing process) เป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา ซึ่งการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา โดยทั่วไปจะมีการเผา 3 ขั้นตอนคือ การเผาดิบ (biscuit firing) การเผาเคลือบ (glost firing) และการเผาสีบนเคลือบ (overglaze firing)

8.2.1 การเผาดิบ การเผาดิบเป็นการเผาเพื่อให้เนื้อดินมีความแข็ง (mechanical strengh) และคงรูป รวมทั้งเป็นการตรวจสอบสภาพของเนื้อดินว่ามีการแตกร้าวหรือไม่ก่อนนำไปชุบเคลือบ โดยทั่วไปจะใช้อุณหภูมิในการเผาดิบประมาณ 750-850 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผาไม่น้อยกว่า 8-10 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์และขนาดของเตาเผา ซึ่งการให้ความร้อนควรเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนทีละน้อย ให้ระยะการเผาเป็นไปอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ โดยเฉพาะหากเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ควรใช้เวลาในการเผาดิบให้นานขึ้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 152)

8.2.2 การเผาเคลือบ หมายถึงการเผาให้น้ำเคลือบที่ชุบบนผลิตภัณฑ์หลอมเป็นเนื้อเดียวกันมีความแข็ง ซึ่งผิวของเคลือบจะเป็นผิวเรียบ ผิวด้านหรือมันแวววาวขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเคลือบ การเผาเคลือบไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟต่ำหรือไฟสูงก็ตาม จะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นจะเกิดการเสียหายต่อเคลือบได้

เช่น การเผาเลยอุณหภูมิที่กำหนด (overfire) จะทำให้น้ำเคลือบไหลมาก แต่ถ้าเผาไม่ถึงอุณหภูมิที่กำหนด (underfire) เคลือบจะไม่มันเท่าที่ควร หรือเคลือบอาจร่อนหลุดได้ง่าย อัตราในการเพิ่มอุณหภูมิในขณะเผาเคลือบที่ดีคือ 50-100 องศาเซลเซียสต่อหนึ่งชั่วโมง แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ใหญ่และค่อนข้างหนา ควรยืดเวลาในการเผาให้นานกว่านี้ และเมื่ออุณหภูมิถึงตามที่กำหนดควรเผาแช่ (soaking period) ไว้อีกประมาณครึ่งชั่วโมงจะทำให้การเผาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 155-156)

8.2.3 การเผาสีบนเคลือบ เป็นการเผาเพื่อตกแต่งลวดลายให้สวยงาม นั่นคือหลังจากเขียนลายด้วยสีบนเคลือบ (on glaze) บนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบแล้ว จะนำผลิตภัณฑ์นั้นไปเข้าเตาเผาเพื่อให้สีที่เขียนหลอมตัวติดบนผิวเคลือบ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาสีบนเคลือบโดยทั่วไปประมาณ 750-800 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 8-10 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งสีบนเคลือบที่รู้จักกันดีได้แก่ เครื่องเบญจรงค์ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 152)

การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การเผาดิบที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ในการเผาชิ้นทดลองเพื่อให้ชิ้นทดลองมีความแข็งแกร่งและคงรูป สำหรับเตาเผาที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการทดลองได้แก่ เตาไฟฟ้าสำหรับการเผาชิ้นทดลองและการเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

9. อิทธิพลความร้อนที่มีต่อวัตถุดิบในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ

9.1 อิทธิพลความร้อนที่มีต่อดินขาว

9.1.1 การอบแห้งที่สมบูรณ์ ขั้นตอนนี้จะเป็นการขจัดความชื้นที่อยู่บนผิวของอนุภาคในเนื้อดินปั้น ที่ยังคงเหลืออยู่หลังจากปล่อยหรืออบผลิตภัณฑ์ให้แห้งในอุณหภูมิปกติ ขณะทำการอบน้ำจะเริ่มระเหยตั้งแต่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้งสนิทที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้ำนอกโมเลกุลของดินซึ่งเป็นน้ำที่ช่วยให้ดินเกิดความเหนียว (mechanical water) จะระเหยไปหมด แต่น้ำในโครงสร้างของโมเลกุล (chemical water) ยังคงอยู่ การเผาในช่วงอบแห้งนี้ถ้าหยุดการเผาแล้ว ยังสามารถนำดินไปผสมน้ำให้

ดินยุ่ยตัว (Slak) และยังมีความเหนียวเหมือนอย่างเดิมได้ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 110)

9.1.2 การเผาไหม้พวกสารอินทรีย์และการขจัดน้ำในดิน (โกมล รักษ์วงศ์. 2531: 110-111) ดินทุกชนิดจะมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่ในรูปของลิกไนต์ (lignite) เสมอ สารอินทรีย์เหล่านี้จะเกิดการเผาไหม้ รวมตัวกับออกซิเจนตั้งแต่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และเมื่อถึงอุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ดินจะเริ่มสูญเสียน้ำในโครงสร้างของโมเลกุล ทำให้เกิดความแข็งและไม่สามารถยุ่ยตัวได้อีกต่อไป โครงสร้างของผลึกจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเมตะคาโอลิน (metakaolin) ที่มีโครงสร้าง $Al_2O_3.2SiO_2$ จากโครงสร้างเดิมคือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ ช่วงการเปลี่ยนแปลงนี้ โครงสร้างจะมีรูพรุนเกิดขึ้น หลังจากนั้นจึงลดลงเนื่องจากมีการเรียงตัวใหม่ของอะตอม จนกระทั่งอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส โมเลกุลของน้ำจึงถูกขจัดออกไปหมด โดยหลังการเผาที่อุณหภูมิ 980 องศาเซลเซียส ผลึกจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ การพรุนตัวจะลดลง จนกระทั่งอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะเกิดการประสานอนุภาคเข้าด้วยกัน การพรุนตัวจะลดน้อยลงอีกเรื่อย ๆ หากการเผาดำเนินต่อไป

ในการเผาดินขาวนอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีดังกล่าวแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางฟิสิกส์อีกด้วย โดยสารอินทรีย์ (organic compound) ที่เจือปนอยู่ในดินจะถูกเผาไหม้ ตั้งแต่อุณหภูมิ 350-1,000 องศาเซลเซียส ส่วนอนุมูลของคาร์บอเนตและซัลเฟตจะสลายตัวออก สีของดินจะเปลี่ยนไป น้ำหนักลดลง และขนาดเล็กลง แต่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 560-580 องศาเซลเซียส ดินจะเกิดการขยายตัวเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของซิลิก้า (Quartz inversion) ดังจะได้กล่าวต่อไป

ปฏิกริยานี้เกิดขึ้นจากการเผาดินขาว แสดงตามภาพประกอบ 3

Kaolin---> Metakaolin---> spinel---> mullite--->glass or cristobalite

450°C 950°C 950°C

ภาพประกอบ 3 แสดงปฏิกริยาที่เกิดจากการเผาดินขาว

9.2 อิทธิพลความร้อนที่มีต่อหินฟันม้า หินฟันม้านั้นไม่ว่าจะมีสารประกอบของอัลคาไลน์ตัวใด จะมีพฤติกรรมของการเผาไม่แตกต่างกัน นั่นคือจะมีจุดหลอมละลายใกล้เคียงกันที่ประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส โดยเปลี่ยนสภาพเป็นลิ่วไซท์ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 117) แต่ถ้าหินฟันม้าที่ใช้มีอัตราส่วนของโปแตสเซียมต่อโซเดียมสูงจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงมากขึ้น เนื้อแก้วที่เกิดจากหินฟันม้าชนิดโปแตสเซียมมีความโปร่งแสงมากกว่าเนื้อแก้วที่เกิดจากหินฟันม้าชนิดโซเดียม เนื่องจากหินฟันม้าชนิดโซเดียมมีสิ่งสกปรกเจือปนมากกว่าทำให้ขณะเกิดแก้วจะเกิดฟองอากาศขนาดเล็ก ๆ จำนวนมาก (ปรีดา พิมพ์ขาวช้า. 2532 : 276)

9.3 อิทธิพลความร้อนที่มีต่อซิลิกา

สารประกอบตัวหนึ่งของดินคือซิลิกา โดยเฉพาะเนื้อดินปั้นที่เตรียมขึ้น ส่วนมากจะมีส่วนผสมของซิลิกาในรูปของหินเชื้อวหนุมาน ทรายขาว หรือฟรั้น (Flint) ซึ่งอุณหภูมิในการเผาจะทำให้ซิลิกาเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังภาพประกอบ 4

Alpha Quartz---> Beta Quartz--->Tridymite Form

428-577°C 870°C

ภาพประกอบ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของซิลิกาและอุณหภูมิที่ใช้

ที่อุณหภูมิการเผาประมาณ 575 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้ซิลิกาจะขยายตัวประมาณร้อยละ 15 ซึ่งการขยายตัวในช่วงนี้จะมีผลกระทบต่อความเสียหายแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ได้สูง ดังนั้นการปรับอุณหภูมิในช่วงนี้จะต้องกระทำอย่างระมัดระวังไม่ให้เร็วเกินไป (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 155)

9.4 อิทธิพลความร้อนที่มีต่อออกไซด์ให้สีในเนื้อดิน ผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาจะเกิดสีขึ้นได้จากสารเจือปนที่อยู่ในวัตถุดิบทำน้ำเคลือบ หรือสารที่เจือปนมาในวัตถุดิบในการทำเนื้อดินปั้น ซึ่งสารเจือปนเหล่านี้ได้แก่สารพวกออกไซด์ [illegible]

ออกไซด์ให้สีเหล่านี้เช่น เหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ คอปเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น ดินที่ได้จากแหล่งวัตถุดิบตามธรรมชาติจะมีสารออกไซด์ให้สีเจือปนในปริมาณต่างกัน ดังนั้นสีหลังเผาจะแตกต่างกันออกไป ถ้าดินมีความบริสุทธิ์สูง เนื้อดินหลังเผาก็จะมีสีขาว แต่ถ้าหากดินมีความบริสุทธิ์ต่ำ มีสารออกไซด์ให้สีเจือปนอยู่มาก หลังเผาดินจะมีสีคล้ำ ซึ่งออกไซด์ให้สีที่มีผลกระทบต่อสีหลังเผาของดิน จากแหล่งวัตถุดิบตามธรรมชาติมากที่สุด ได้แก่ ออกไซด์ของเหล็ก

ดินแดงจากแหล่งวัตถุดิบโดยทั่วไป จะมีเหล็กออกไซด์เจือปนอยู่ในปริมาณสูงหลังเผาเนื้อดินจะมีสีแดงจนถึงสีน้ำตาลเข้ม โดยสีจะแตกต่างกันไปตามอุณหภูมิที่เผา ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเผา กับสีของเหล็กออกไซด์ ดังแสดงได้ตามตาราง 1

ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเผากับสีของเหล็กออกไซด์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สีที่ได้
600	ส้ม (orange)
700	แดง (scarlet)
800	แดงม่วง (violet red)
900	แดงม่วงเข้ม (deep violet red)
1,000	เทา (gray)
มากกว่า 1,100	ดำ (black)

เหล็กออกไซด์จะให้สีไม่ค่อยคงที่ในอุณหภูมิที่เกินกว่า 1,000 องศาเซลเซียส และถ้าในเนื้อดินมีปริมาณอัลคาไลน์สูง เหล็กออกไซด์จะให้สีม่วงได้ (ปรีดา พิมพ์ขาวช้า. 2532 : 219)

9.5 อิทธิพลความร้อนที่มีต่อน้ำเคลือบ

ความร้อนขณะเผาเคลือบจะทำให้เคลือบเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนดังนี้ (ปรีดา พิมพ์ขาวข้า. 2532 : 287-290)

9.5.1 ระยะการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้วเมื่อชุบเคลือบ ส่วนผสมของเคลือบจะเกาะบนผิวผลิตภัณฑ์ เป็นชั้นบาง ๆ ส่วนผสมของเคลือบประกอบด้วย วัตถุดิบที่เป็นของเหลวและบางกรณีจะมีสารอินทรีย์ที่ช่วยทำให้เกิดความเหนียวเมื่อเริ่มเผาความชื้นจะถูกขจัดออกไป ความหนาของชั้นเคลือบจะลดลงพร้อมกับมีการหดตัว ถ้าเคลือบมีคุณสมบัติยึดหยุ่นตัวดี เคลือบจะไม่แตกระแหงเนื่องจากความเครียด อย่างไรก็ตามถ้าเคลือบมีดินมากไปมีการบดละเอียดมากไป หรือชุบเคลือบหนาไป จะทำให้เกิดการแตกระแหงหลังการชุบเคลือบซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เคลือบเกิดการดึงตัวและเคลือบผิวผลิตภัณฑ์เป็นหย่อม ๆ

9.5.2 การเผาไหม้พวกสารอินทรีย์ ระหว่างอุณหภูมิ 500 ถึง 600 องศาเซลเซียส สารอินทรีย์จำนวนหนึ่งจะถูกเผาไหม้ ทำให้ชั้นของเคลือบพรุนตัวมากขึ้นร้อยละ 30-50

9.5.3 การขจัดกลุ่ม OH ออกจากดิน ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส กลุ่ม OH ในโครงสร้างของดินจะถูกขจัดออกไป ซึ่งจะทำให้ชั้นของเคลือบพรุนตัวมากขึ้น

9.5.4 จุดเริ่มต้นการเกิดแก้ว ที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส เคลือบจะเริ่มเข้มตัว และส่วนผสมเริ่มละลาย โดยจุดเริ่มต้นของการเกิดแก้วจะเกิดที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

9.5.5 การละลายของวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมของเคลือบ เมื่อเริ่มเกิดแก้วขึ้นในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณของเนื้อแก้วจะมีมากขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบอื่น ๆ ละลายลงไปในเนื้อแก้วมีแต่ทรายขาวหรือซิลิก้าเท่านั้นคงทนอยู่ได้ และสามารถทนอยู่ได้จนเกือบถึงจุดสุกตัวของเคลือบการละลายของทรายขาวหรือซิลิกาทำให้มีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยไม่ให้เคลือบไหลตัวได้ดีเกินไป

9.5.6 การกำจัดพวกฟองอากาศ ชั้นของส่วนผสมของเคลือบขณะชุบเคลือบใหม่ ๆ จะมีรูพรุนร้อยละ 40-50 ซึ่งจะมีอากาศอยู่เต็ม ขณะส่วนผสมของเคลือบหลอมตัว ฟองอากาศ

บางส่วนจะหนีออกไปได้ แต่ส่วนใหญ่จะถูกกักอยู่ในเนื้อเคลือบ นอกจากนี้ก็ยังมีฟองอากาศที่เกิดจากการสลายตัวของพวกคาร์บอเนตในวัตถุดิบที่ใช้ทำส่วนผสมของเคลือบ ที่จุดสุกตัวของเคลือบ ความหนืดของเคลือบจะลดลง ฟองอากาศส่วนใหญ่จะลอยตัวขึ้นมาที่ผิวเคลือบและหนีออกไป เหลือเป็นหลุมเล็ก ๆ บนผิวเคลือบและจะหายไปในที่สุด โดยปกติถ้าชั้นของเคลือบหนา การขจัดฟองอากาศจะเป็นไปได้ช้า อีกประการหนึ่ง คือ ถ้าเคลือบมีความหนืดต่ำการขจัดฟองอากาศก็จะเป็นไปได้เร็ว ขณะเผาเคลือบใกล้จะถึงจุดสุกตัว ฟองอากาศแตกกระจายที่ผิวเคลือบมาก เมื่อถึงจุดสุกตัว ปรากฏการณ์นี้จะหมดไปผิวเคลือบจะปรับระดับจนผิวเรียบ ถึงแม้ว่าเคลือบจะดีอย่างไรก็ตามจะพบฟองอากาศตรงรอยต่อระหว่างเคลือบกับเนื้อผลิตภัณฑ์เสมอ

9.5.7 ปฏิกิริยาระหว่างเคลือบกับเนื้อผลิตภัณฑ์ เคลือบช่วยให้เนื้อผลิตภัณฑ์ละลายตรงบริเวณที่สัมผัสกัน แต่การละลายจะไม่เท่ากันทุกจุด ดังนั้นจะทำให้เกิดผิวขรุขระและทำให้เคลือบติดกับเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ดี

10. การวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาสามารถทำการวัดได้หลายวิธี คือ

10.1 การวัดอุณหภูมิด้วยตา โดยใช้วิธีดูสีของไฟโดยประมาณ

10.2 การวัดอุณหภูมิด้วยออฟติคอลไพโรมิเตอร์ (Optical Pyrometer)

10.3 การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกไพโรมิเตอร์ (Thermo Electric Pyrometer)

10.4 การวัดอุณหภูมิด้วยไพโรเมตริกโคน (Pyrometric Cone)

ในที่นี้จะเสนอรายละเอียดเฉพาะการใช้ไพโรเมตริกโคน ที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตาเผาเท่านั้น เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และเป็นการวัดอุณหภูมิที่ประหยัดค่าใช้จ่าย มีความแม่นยำ ใช้ง่าย ไม่ต้องบำรุงรักษามาก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โคนเป็นเครื่องมือในการวัดอุณหภูมิสำหรับการทดลองครั้งนี้

เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไพโรเมตริกโคน หรือเรียกสั้น ๆ ว่าโคน มีลักษณะเป็นรูปปิรามิด (pyramid) ยอดแหลม ฐานสามเหลี่ยม ที่ใช้กันอยู่มี 2 ชนิดคือ เซกเกอร์โคน และออร์ตันโคน (orton cone)

เซกเกอร์โคน เป็นโคนที่นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันเป็นผู้คิดค้นขึ้นเป็นคนแรก เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เซกเกอร์โคนมีสัญลักษณ์เป็นอักษรย่อว่า S.K. ซึ่งย่อมาจากชื่อของผู้คิดค้น คือ ดร.เซกเกอร์ เคเกล (Dr.Seger Kegel) ส่วนออร์ตันโคนเป็นโคนชนิดเดียวกันกับเซกเกอร์โคน แต่ผลิตขึ้นใช้กันในประเทศสหรัฐอเมริกา (ปรีดา พิมพ์ขาวข้า. 2532 : 247) โคนทั้งสองชนิดมีหมายเลขต่างกันถึง 59 หมายเลข แต่ละหมายเลขจะมีจุดหลอมตัวต่างกันเป็นลำดับ เช่น 10, 20, 30 หรือ 50 องศาเซลเซียส เป็นต้น ที่ข้างโคนจะมีหมายเลขกำกับไว้ โดยเริ่มตั้งแต่หมายเลข 022 ซึ่งมีจุดหลอมตัว 600 องศาเซลเซียส ไปจนถึงโคนหมายเลข 42 ที่มีจุดหลอมตัว 2,000 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเปรียบเทียบหมายเลขโคนกับอุณหภูมิได้จากตาราง 2

ตาราง 2 แสดงการเปรียบเทียบหมายเลขเซกเกอร์โคนกับอุณหภูมิ

หมายเลขเซกเกอร์โคน	อุณหภูมิ (°C)	หมายเลขเซกเกอร์โคน	อุณหภูมิ (°C)
022	680	8	1250
021	650	9	1280
020	670	10	1300
019	690	11	1320
018	710	12	1350
017	730	13	1380
016	750	14	1410

ตาราง 2 (ต่อ)

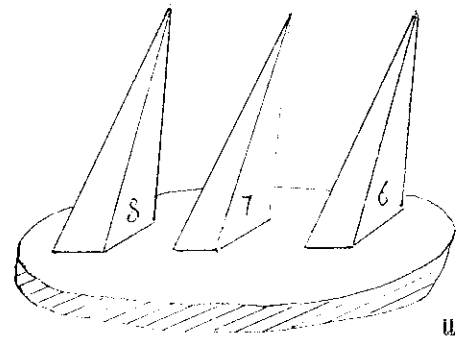
หมายเลขเซกเกอร์โคน	อุณหภูมิ (°C)	หมายเลขเซกเกอร์โคน	อุณหภูมิ (°C)
015	790	15	1435
014	815	16	1460
013	835	17	1480
012	855	18	1500
011	880	19	1520
010	900	20	1530
09	920	26	1580
08	940	27	1610
07	960	28	1630
06	980	29	1650
05	1000	30	1670
04	1020	31	1690
03	1040	32	1710
02	1060	33	1730
01	1080	34	1750
1	1100	35	1770
2	1120	36	1790
3	1140	37	1825
4	1160	38	1850
5	1180	39	1880

ตาราง 2 (ต่อ)

หมายเลขเซกเกอร์โคน	อุณหภูมิ (°C)	หมายเลขเซกเกอร์โคน	อุณหภูมิ (°C)
6	1200	40	1920
7	1230	41	1960
		42	2000

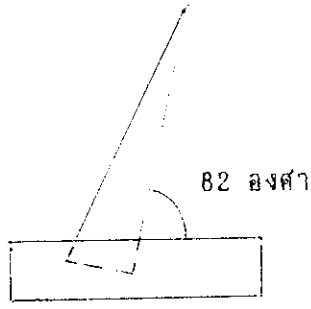
ที่มา : ทวี พรหมพฤกษ์. (2523 : 185-186)

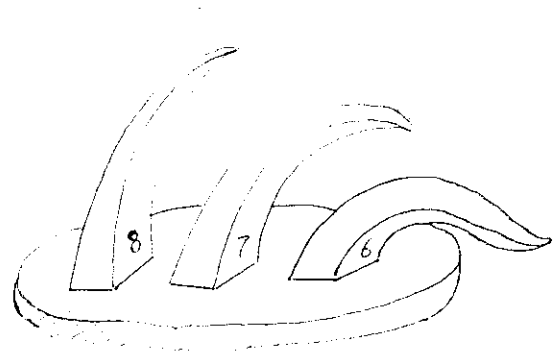
การวางโคนภายในเตาเผาจะต้องวางโคนในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน โดยในการเผาแต่ละครั้งจะใช้โคน 3 ตัว คือ โคนหมายเลขที่มีระดับอุณหภูมิที่เราต้องการวางไว้ในตำแหน่งกลาง และต้องวางโคนหมายเลขก่อนและหลังหมายเลขที่เราต้องการเรียงเป็นแถวตามลำดับ ดังภาพประกอบ 5 (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 168)



แผ่นดินวางโคน

การวางโคน 3 ตัว





การล้มของโคน

ภาพประกอบ 5 แสดงวิธีการวางโคนและการล้มของโคน

จากภาพประกอบ 5 ระดับอุณหภูมิที่เราต้องการเผาคือ โคนหมายเลข 7 ฉะนั้นจึงต้องวางโคน 3 ตัวคือ โคนหมายเลข 6, 7 และ 8 ตามลำดับ เมื่อเผาถึงอุณหภูมิใกล้จุดที่เราต้องการ โคนหมายเลข 6 จะเริ่มโค้งงอลง เป็นการเตือนให้เราทราบและระมัดระวังคอยดู จากนั้นเมื่อเราเผาจนกระทั่งโคนหมายเลข 7 เริ่มโค้งงอ แต่โคนหมายเลข 8 ยังไม่โค้งงอจึงปิดเตา แสดงว่าเราเผาได้ถึงระดับอุณหภูมิที่ต้องการพอดี แต่ถ้าปล่อยให้โคนหมายเลข 8 โค้งงอ แสดงว่าเราเผาอุณหภูมิสูงกว่าที่ต้องการ

การวัดอุณหภูมิด้วยโคนในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา นอกจากจะประหยัดแล้ว ยังได้ผลที่เที่ยงตรง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดอุณหภูมิในการเผาเพื่อการทดลองที่ระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส คือโคนหมายเลข 6 โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดเทอร์โมคับเพิลร่วมด้วย

11. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า มีผู้ทำการทดลองนำดินแดง มาใช้ทำเนื้อดินปั้นเพื่อขึ้นรูปด้วยวิธีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เชษฐ เอี่ยมจิตกุศล (ม.ป.ป.) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ดินแดงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งทางเคมีและทางฟิสิกส์ เพื่อคัดเลือกดินแดงที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด มาทดลองหาอัตราส่วนผสมเพื่อใช้ผลิตผลิตภัณฑ์โดยการขึ้นรูปด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งดินแดงที่ใช้ในการทดลองจะต้องผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้คือ มีความเหนียวดี พิจารณาจากค่าความแข็งแรงที่ไม่ต่ำกว่า 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว(lb/in^2) มีการหดตัวต่ำคือไม่มากกว่าร้อยละ 14 และมีอลูมินาอยู่ปริมาณร้อยละ 24-26 โดยดินแดง ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ดังกล่าว ได้แก่ ดินแดงเชียงเครือง หวัดสกลนคร และดินแดงคำอ้อ จังหวัดอุดรธานี ซึ่งผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. ทดลองผลิตภาชนะที่ใช้ในครัวเรือนและกระถาง โดยการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ด้วยวิธีใบมีด และวิธีแป้นหมุน พบว่าวัตถุดิบที่ให้ผลดีเมื่อนำมาผสมกับดินแดงคือหินผุลำปาง โดยใช้อัตราส่วนผสมที่มีดินแดงคำอ้อหรือเชียงเครือ ร้อยละ 30-50 เผาถึงจุดสุกตัวได้ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

2. ทดลองผลิตโอ่งน้ำ โดยการขึ้นรูปด้วยวิธีขด พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือใช้ดินแดงคำอ้อหรือเชียงเครือ 50 ส่วน ผสมกับหินผุ 50 ส่วน สามารถขึ้นรูปและเผาในเตาเผาโอ่งของจังหวัดราชบุรี ได้โอ่งที่มีสภาพเรียบร้อย

3. ทดลองผลิตท่อดิน ด้วยวิธีรีด เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบอัตราส่วนที่เหมาะสมได้แก่

หินผุลำปาง ร้อยละ 40

ดินดำปากพลี ร้อยละ 20

ดินแดงค่าอ้อหรือเชียงเครือ ร้อยละ 20

ดินเชื้อ ร้อยละ 20

คุณสมบัติทางฟิสิกส์หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสของอัตราส่วนผสมนี้คือ

การดูดซึมน้ำ ร้อยละ 4

การหดตัว ร้อยละ 10

ความทนกรดและด่าง ร้อยละ 0.08

ความต้านทานแรงบิบต 1,500 กิโลกรัม

4. ทดลองผลิตกระเบื้องปูพื้นแบบไม่เคลือบ พบว่าดินแดงค่าอ้อหรือเชียงเครือ ร้อยละ 50 ผสมกับเนื้อดินปั้นสำเร็จรูปสามารถทำกระเบื้องปูพื้น ที่มีสีน้ำตาลแดงหลังเผา

เวนิช สุวรรณโมลี. (2537 : 110-112) ได้กล่าวถึงตัวอย่างเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของดินแดงจังหวัดลำปาง ที่สามารถขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน ได้เนื้อดินสีน้ำตาลเหลือง และถ้าเผาที่อุณหภูมิ1,150 องศาเซลเซียส ได้เนื้อดินสีน้ำตาลแดง โดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้คือ

โปตัสเซียมเฟลสปาร์ ร้อยละ 15

ฟริ้นต์ ร้อยละ 5

ดินขาวลำปาง ร้อยละ 45

ดินดำสุราษฎร์ธานี ร้อยละ 20

ดินแดงท้องถิ่น (ดินแจ้วิต) ร้อยละ 15

สุทธิชัย ทีปประสาน (ม.ป.ป.) ได้ทดลองทำกระเบื้องปูพื้นจากดินแดงโดยผู้วิจัยใช้ดินแดง จาก 4 แหล่งคือ

1. ต.หาดผาแดง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
2. อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี
3. อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

4. อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี

ในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน ซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

การทดลองตอนที่ 1 ใช้ดินแดง จาก 2 แหล่งต่างกัน มาผสมกันตามอัตราส่วนร้อยละแล้วจึงขึ้นรูป เป็นแผ่นกระเบื้องขนาด 4 นิ้ว x 4 นิ้ว โดยวิธีอัด ด้วยเครื่องอัดฟริกชั่นเพรส (friction press) แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,000, 1,100 และ 1,200 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำกระเบื้องมี 2 อัตราส่วนผสมคือ

1. ดินแดง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ร้อยละ 40-70 ผสมกับดินแดง อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ร้อยละ 30-60 เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

2. ดินแดง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ร้อยละ 20 ผสมกับดินแดง อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ร้อยละ 80 เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

การทดลองตอนที่ 2 ใช้วิธีทดลองเช่นเดิมแต่วัตถุดิบที่ใช้จะต่างกันโดยใช้ดินแดงมาผสมกับดินขาวปากพลี จ.ปราจีนบุรี หินฟันม้า จ.ราชบุรี และหินผุลำปาง ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คืออัตราส่วนผสมที่ได้จากการ ใช้ดินแดง อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี และเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้

	อัตราส่วนผสม ที่ 1	อัตราส่วนผสม ที่ 2
ดินแดง อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี	60	40
ดินขาวปากพลี จ.ปราจีนบุรี	20	40
หินฟันม้า จ.ราชบุรี	20	20
หินผุลำปาง	20	20

การทดลองตอนที่ 3 ใช้ดินแดงผสมกับดินขาวปากพลี จ.ปราจีนบุรี และทรายเกาะเสม็ด จ.ระยอง ผลการทดลองพบว่า ไม่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นกระเบื้อง

ศิริชัย โพธิตาปนะ (ม.ป.ป.) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจากดินแดง

เพื่อใช้ในการผลิตกระเบื้องปูพื้นที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์กระเบื้องปูพื้นของกระทรวงอุตสาหกรรม ผู้วิจัยใช้การขึ้นรูปด้วยวิธีอัดเนื้อดินปั้นเป็นกระเบื้องขนาด 4 x 4 นิ้ว แล้วเผาที่อุณหภูมิต่างกันในบรรยากาศออกซิเดชัน จากการทดลองพบว่า กระเบื้องที่ได้จะมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และสีหลังเผาต่างกัน โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุดจะต้องเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส และมีอัตราส่วนผสมดังนี้

1. ดินแดง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ร้อยละ 40-70
   ดินเหนียวปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ร้อยละ 30-60
2. ดินแดง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ร้อยละ 20
   ดินเหนียวปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ร้อยละ 80

และได้ทดลองทำเคลือบจากดินเหนียวปากเกร็ด โดยใช้วัตถุดิบในการทดลอง ได้แก่ ดินเหนียวปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี ดินด่านพรุพลี จังหวัดสุราษฎร์ธานี หินฟันม้า จังหวัดอุทัยธานี หินปูน สังกะสีออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และแมงกานีสไดออกไซด์ ผู้วิจัยได้ทดลองทำเคลือบโดยใช้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบต่าง ๆ กัน จำนวน 18 อัตราส่วนผสม ดังแสดงตามตาราง 3 นำไปชุบชิ้นทดลองที่ทำจากเนื้อดินพอร์ซเลน (Porcelain) และเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง ผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. น้ำเคลือบที่มีดินร้อยละ 45-55 ในอัตราส่วนผสมตามอัตราส่วนผสมหมายเลข 1-3 พบว่า ส่วนผสมไม่ละลายเป็นเคลือบ หรือเคลือบยังไม่สุกตัว

2. เมื่อเพิ่มหินปูนลงในส่วนผสมโดยแทนที่หินฟันม้าบางส่วนตามอัตราส่วนผสมหมายเลข 4-6 พบว่า ส่วนผสมละลายเป็นมัน และทำให้สีของเหล็กออกไซด์ที่อยู่ในดินเหนียวปากเกร็ดเปลี่ยนจากสีอิฐ เป็นสีน้ำตาลอ่อน

3. เมื่อใช้สังกะสีออกไซด์แทนบางส่วนของหินปูน ตามอัตราส่วนผสมหมายเลข 7-9 พบว่าจุดสุกตัวของน้ำเคลือบสูงขึ้น น้ำเคลือบมีความหนืดมาก ผิวเคลือบไม่เรียบ นอกจากนี้สีของเคลือบเปลี่ยนจากสีอิฐเป็นสีเขียวอ่อน

4. เมื่อใช้เหล็กออกไซด์แทนบางส่วนของหินปูน ตามอัตราส่วนผสมหมายเลข 10-12 พบว่าเคลือบมีความหนืดน้อยลง ผิวเรียบ แต่เป็นเคลือบด้าน แต่ถ้าไม่ลดปริมาณหินปูนและเติม

เหล็กออกไซด์ลงไปปรากฏว่าเป็นเคลือบที่เป็นมันดี ตามอัตราส่วนหมายเลข 13-14

5. เมื่อลดปริมาณของดินเหนียวปากเกร็ด ตามอัตราส่วนผสมที่ 15 พบว่าเคลือบหลังเผามีลักษณะด้าน แต่เกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ดีเป็นเคลือบที่สุกตัว

6. เมื่อเพิ่มปริมาณหินปูนร้อยละ 15 ตามอัตราส่วนหมายเลข 16-18 พบว่า ถ้ามีเหล็กออกไซด์อยู่จะไม่เกิดผลต่อเคลือบ แต่ถ้าในเคลือบที่มีแมงกานีสไดออกไซด์อยู่ เคลือบจะด้านและเกิดผลึกเล็ก ๆ

ตาราง 3 แสดงอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบที่มีดินเหนียวปากเกร็ดอยู่ในส่วนผสม

วัตถุดิบ	อัตราส่วนผสมที่																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ดินเหนียวปากเกร็ด	40	45	50	40	45	50	40	45	50	40	45	50	40	40	35	35	35	35
ดินด่างพรุพลี	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
หินฟันม้า	55	50	45	45	40	35	45	40	35	45	40	35	45	40	45	40	40	40
หินปูน	-	-	-	10	10	10	5	5	5	5	5	5	10	15	10	15	15	15
สังกะสีออกไซด์	-	-	-	-	-	-	5	5	5	-	-	-	-	-	5	5	5	-
เหล็กออกไซด์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	-
แมงกานีสไดออกไซด์	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา (2524 : 23-28) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ โดยวัตถุประสงค์หลักของการทดลองคือการนำดินแดงมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ซึ่งผู้วิจัยไม่จำกัดวิธีการขึ้นรูป

โดยแล้วแต่ความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นที่ได้ และทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชันเท่านั้น อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อดินปั้นตามตาราง 4 และตาราง 5 ตามลำดับ

ตาราง 4 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์

วัตถุดิบ	เนื้อดินปั้นหมายเลข							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ดินลูกรัง จ.จันทบุรี	60	50	45	50	-	-	-	-
ดินลูกรัง จ.ชลบุรี	-	-	-	-	50	50	50	50
หินฟันม้า จ.เชียงใหม่	10	20	20	35	-	-	20	-
ดินปากพลีขาว จ.ปราจีนบุรี	15	15	15	-	-	-	-	-
ดินเหนียวปากเกร็ด	-	-	-	-	40	50	20	40
หินล้าปาง	15	15	20	15	10	-	10	-
กรีอก	-	-	-	-	-	-	-	10

ตาราง 5 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์

คุณสมบัติ	เนื้อดินปั้นหมายเลข							
	1	2	3	4	5	6	7	8
การดูดซึมน้ำที่ 1,230°C (%)	10.49	3.19	3.53	3.06	3.31	0.65	1.35	1.50
การหดตัวที่ 1,230°C (%)	16.26	15.48	14.64	14.40	11.56	11.70	9.08	12.78
ความแข็งแรง (lb/in^2)	184	175	171	196	563	586	560	509
สี	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล

อายุวัฒน์ สว่างผล (2532) ได้ศึกษา และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินแดงจากแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดกำแพงเพชรและนำดินดังกล่าวมาทดลองทำเนื้อดินปั้นชนิดเอิทเธิร์นแวร์เนื้อสีขาว โดยวิธีขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ชุบเคลือบปอร์สเลน และเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ในการทดลองผู้วิจัยใช้ดินแดง จากแหล่ง 9 แหล่ง มาผสมกับวัตถุดิบต่างกันแบ่งเป็น 3 แบบคือ

แบบที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้คือ ดินแดง ดินขาวลำปาง และหินฟันม้าตาก

แบบที่ 2 วัตถุดิบที่ใช้คือ ดินแดง ดินขาวลำปาง และทาลค์

แบบที่ 3 วัตถุดิบที่ใช้คือ ดินแดง ดินขาวลำปาง และหินเขี้ยวหนุมาน

ในการทดลองแต่ละแบบ ผู้วิจัยใช้แผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าเพื่อหาอัตราส่วนผสม ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดของแต่ละแบบโดยใช้ดินแดง แต่ละแหล่งดังแสดงไว้ตามตาราง 6

ตาราง 6 แสดงอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการทดลองทำเนื้อดินปั้นเอิทเธิร์นแวร์เนื้อสีขาว โดยใช้ดินแดงจากแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร

ดินแดงแหล่งที่	อัตราส่วนผสม									สีหลังเผา 1,250°C
	แบบที่ 1			แบบที่ 2			แบบที่ 3			
	ดินแดง	ดินขาว	หินฟันม้า	ดินแดง	ดินขาว	ทาลค์	ดินแดง	ดินขาว	หินเขี้ยวหนุมาน	
1	20	50	30	20	60	20	20	60	20	ชมพู
2	30	60	10	30	50	20	20	70	10	ขาว
3	30	50	20	60	30	10	30	60	10	ครีม
4	40	50	10	30	60	10	10	80	10	ชมพู
5	20	70	10	30	50	20	40	50	10	ชมพู
6	70	10	20	80	10	10	60	30	10	ชมพู
7	40	50	10	40	50	10	30	50	20	ชมพู
8	40	50	10	50	40	10	30	60	20	ชมพู
9	50	40	10	50	30	20	60	30	10	ชมพู

โรว์เดส (Rhodes. 1959 : 60-61) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ โดยกำหนดให้เผาที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส ในสองบรรยากาศคือแบบออกซิเดชันและแบบรีดักชัน ผลการทดลองพว่าเนื้อดินปั้นมีการหดตัวหลังเผาร้อยละ 11.0-12.5 สีของเนื้อดินปั้นขึ้นอยู่กับบรรยากาศในการเผา คือเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

เนื้อดินจะมีสีเทา เผาในบรรยากาศแบบรีดักชันเนื้อดินจะมีสีน้ำตาล และที่อัตราส่วนผสมต่างกัน หลังเผาที่อุณหภูมิเดียวกัน คุณสมบัติทางฟิสิกส์จะแตกต่างกัน แสดงได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่เผาอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชันและแบบรีดักชัน

วัตถุดิบ	หมายเลขอัตราส่วนผสม					
	1	2	3	4	5	6
ดินสโตนแวร์	60	-	-	15	45	60
ดินขาว	-	25	-	30	-	-
ดินเหนียวขาว	20	30	30	15	20	15
ดินเอิทเธร์นแวร์	-	10	10	5	-	-
ดินทนไฟ	-	15	40	-	-	-
ซิลิก้า	10	10	10	15	15	15
หินฟันม้า	10	10	10	20	20	10
เผาแบบออกซิเดชัน	เทาอ่อน	เทา	เทา	น้ำตาล-แดง	เทา	เทา
เผาแบบรีดักชัน	น้ำตาลอ่อน	เทา-น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล
ร้อยละการดูดซึมน้ำ	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	5.0
ร้อยละการหดตัว	11.5	12.5	12.5	12.0	12.0	11.0

ซากิน (Zakin. 1981 : 44) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ที่มีดินแดงเป็นวัตถุดิบในอัตราส่วนผสม โดยผู้วิจัยได้กำหนดให้ขึ้นรูปด้วยวิธีแป้นหมุน

และเผาในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในการทดลองผู้วิจัยใช้วัตถุดิบที่เป็นดินถึงร้อยละ 90 และอีกร้อยละ 10 เป็นวัตถุดิบชนิดอื่น อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ใช้ได้ผลดีแสดงตาม ตาราง 8

ตาราง 8 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่มีดินแดงเป็นวัตถุดิบหนึ่งในอัตราส่วนผสม สำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีแป้นหมุน

เนื้อดินปั้น หมายเลข	ดินแดง	ดินขาว สโตนแวร์	ดินขาว	ดินเหนียว	ดินทนไฟ	หินแก้ว	หินฟันม้า
1	45	-	33	12	-	10	-
2	10	70	-	-	10	10	5
3	25	40	20	5	-	5	5

พ.ศ.2536 บริษัทเคลย์แอนด์มิเนอร์รัลส์ (2536 : 20-43) ได้ทำการทดลองทำเนื้อดินสำเร็จรูปเผาแล้วออกสีแดง ในรูปของเนื้อดินเพื่อการหล่อ และเนื้อดินเพื่อการปั้น โดยผู้ทดลองต้องการให้เนื้อดินแดงหล่อมีอัตราการหล่อสูง ผิวเรียบ แกะออกจากพิมพ์ปลาสเตอร์สะดวก มีการหดตัวหลังเผาน้อย จุดสุกตัวต่ำ ไม่ดูดซึมน้ำ และมีสีหลังเผาเป็นสีแดงในบรรยากาศออกซิเดชัน ซึ่งการทดลองใช้วัตถุดิบ 5 ชนิด ได้แก่ ดินแดงแจ้วิต จังหวัดลำปาง ดินขาว หินฟันม้า หินเชื้อวหนุมาน และฟลักซ์ จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่ดีที่สุดที่ทางบริษัทได้นำเสนอเป็นสินค้า ได้แก่

ดินแดงแจ้วิต และ ดินขาว	ร้อยละ 30
หินฟันม้าและฟลักซ์ และ หินเชื้อวหนุมาน	ร้อยละ 70

ซึ่งอัตราส่วนผสมดังกล่าวมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติก่อนเผา

   1.1 ความถ่วงจำเพาะ 1.7

   1.2 โซเดียมซิลิเกตร้อยละ 0.099

   1.3 อัตราการหล่อ

      0.2 cm ใน 5 นาที

      0.3 cm ใน 10 นาที

      0.5 cm ใน 30 นาที

      0.8 cm ใน 60 นาที

   1.4 ความแข็งแรงก่อนเผา = 547.164 (PST)

   1.5 การหดตัวเมื่อแห้งร้อยละ 3.1

   1.6 ความหนืด 335° (วัดจากเครื่อง overswing)

2. คุณสมบัติหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน

   2.1 สีหลังเผาเป็นสีน้ำตาล

   2.2 ความแข็งแรงหลังเผา = 10,129.357 (PST)

   2.3 การดูดซึมน้ำร้อยละ 0.062

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory experiment) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2535 : 35) เพื่อหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อและน้ำเคลือบ มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
2. ตัวแปรที่ศึกษา
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
4. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง
5. สูตรที่ใช้ในการทดลอง

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ วัตถุดิบ 7 ชนิด คือ

1.1 ดินแดง จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.2 ดินขาว จังหวัดระนอง

1.3 หินฟันม้า จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.4 ทรายขาว จังหวัดสงขลา

1.5 หินปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช

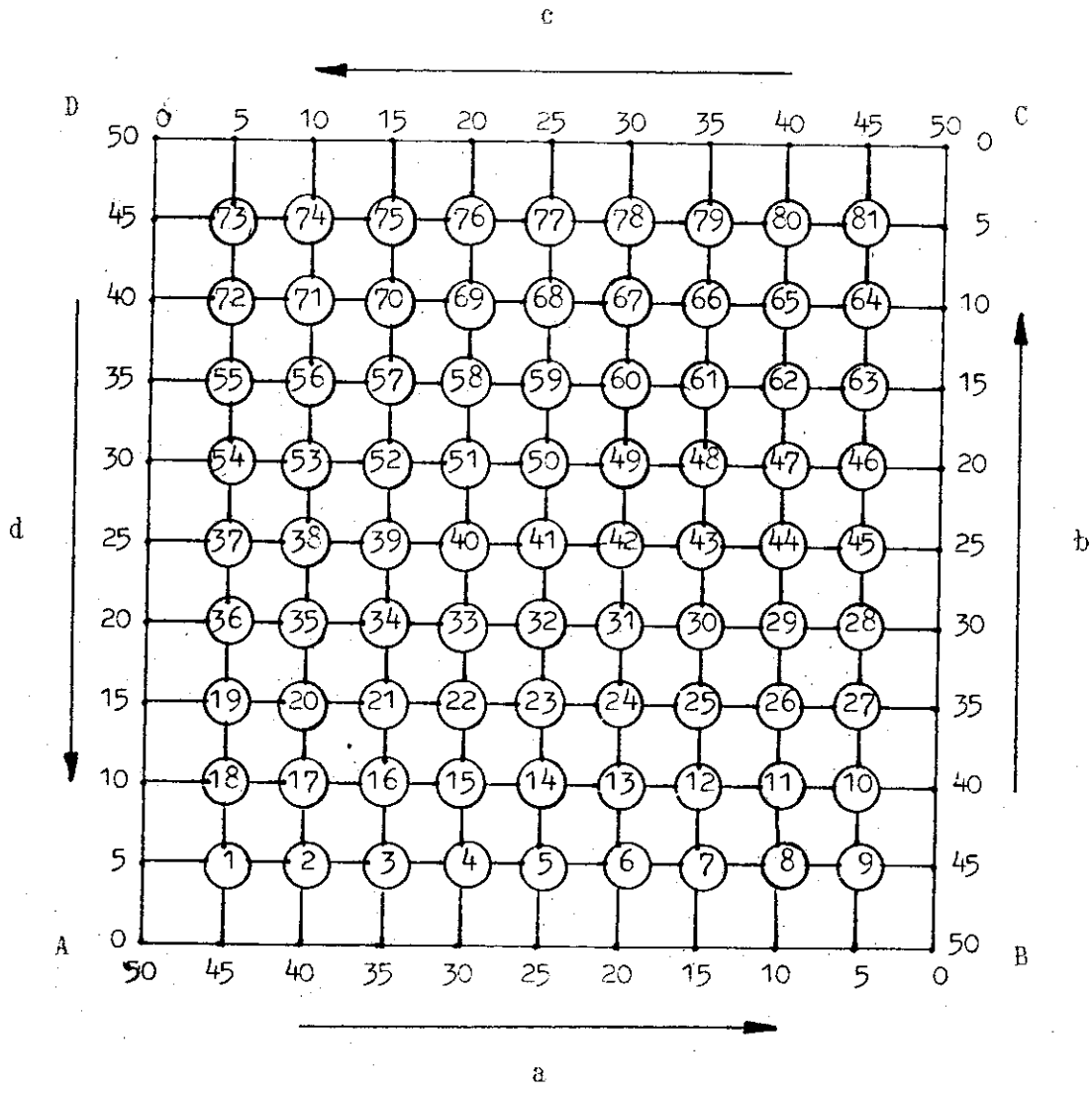
1.6 หินสบู่ ที่ใช้ในการค้าทั่วไป

1.7 สังกะสีออกไซด์ ที่ใช้ในการค้าทั่วไป

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

2.1.1 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อที่ใช้ในการทดลอง ได้จากการสุ่มอย่างมีระบบ ห่างกันจุดละ 5 หน่วย บนแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า ได้จำนวน 81 จุด แต่ละจุดประกอบด้วยอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 4 ชนิดคือ ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช ดินขาวจังหวัดระนอง หินฟันม้าจังหวัดนครศรีธรรมราช และทรายขาวจังหวัดสงขลา ซึ่งวัตถุดิบแต่ละชนิดมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งที่ตั้งของจุด บนแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าดังภาพประกอบ6 เมื่อนำค่าของอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด รวมกันในแต่ละจุดจะมีค่าเท่ากับ 100 หน่วย โดยแต่ละจุดจะมีอัตราส่วนผสมตามตาราง 9



ภาพประกอบ 6 แสดงแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าและจุดต่าง ๆ ที่อยู่บนแผนภาพ

ตาราง 9 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ แต่ละจุดที่อ่านค่าได้จาก แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า

จุดที่	ดินแดง (A)	ดินขาว (B)	หินฟันม้า (C)	ทรายขาว (D)
1	45	45	5	5
2	40	45	10	5
3	35	45	15	5
4	30	45	20	5
5	25	45	25	5
6	20	45	30	5
7	15	45	35	5
8	10	45	40	5
9	5	45	45	5
10	5	40	45	10
11	10	40	40	10
12	15	40	35	10
13	20	40	30	10
14	25	40	25	10
15	30	40	20	10
16	35	40	15	10
17	40	40	10	10
18	45	40	5	10
19	45	35	5	15

ตาราง 9 (ต่อ)

จุดที่	ดินแดง (A)	ดินขาว (B)	หินฟันม้า (C)	ทรายขาว (D)
20	40	35	10	15
21	35	35	15	15
22	30	35	20	15
23	25	35	25	15
24	20	35	30	15
25	15	35	35	15
26	10	35	40	15
27	5	35	45	15
28	5	30	45	20
29	10	30	40	20
30	15	30	35	20
31	20	30	30	20
32	25	30	25	20
33	30	30	20	20
34	35	30	15	20
35	40	30	10	20
36	45	30	5	20
37	45	25	5	25
38	40	25	10	25
39	35	25	15	25

ตาราง 9 (ต่อ)

จุดที่	ดินแดง (A)	ดินขาว (B)	หินฟันม้า (C)	ทรายขาว (D)
40	30	25	20	25
41	25	25	25	25
42	20	25	30	25
43	15	25	35	25
44	10	25	40	25
45	5	25	45	25
46	5	20	45	30
47	10	20	40	30
48	15	20	35	30
49	20	20	30	30
50	25	20	25	30
51	30	20	20	30
52	35	20	15	30
53	40	20	10	30
54	45	20	5	30
55	45	15	5	35
56	40	15	10	35
57	35	15	15	35
58	30	15	20	35
59	25	15	25	35

ตาราง 9 (ต่อ)

จุดที่	ดินแดง (A)	ดินขาว (B)	หินฟันม้า (C)	ทรายขาว (D)
60	20	15	30	35
61	15	15	35	35
62	10	15	40	35
63	5	15	45	35
64	5	10	45	40
65	10	10	40	40
66	15	10	35	40
67	20	10	30	40
68	25	10	25	40
69	30	10	20	40
70	35	10	15	40
71	40	10	10	40
72	45	10	5	40
73	45	5	5	45
74	40	5	10	45
75	35	5	15	45
76	30	5	20	45
77	25	5	25	45
78	20	5	30	45
79	15	5	35	45

ตาราง 9 (ต่อ)

จุดที่	ดินแดง (A)	ดินขาว (B)	หินฟันม้า (C)	ทรายขาว (D)
80	10	5	40	45
81	5	5	45	45

2.1.2 อัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลอง ได้จากการสุ่มอย่างมีระบบ ห่างกันจุดละ 5 หน่วย บนแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า ได้จำนวน 81 จุด แต่ละจุดประกอบด้วยอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 4 ชนิดคือ ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช หินฟันม้าจังหวัดนครศรีธรรมราช ทรายขาวจังหวัดสงขลา และหินปูนจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งวัตถุดิบแต่ละชนิด มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งที่ตั้งของจุด บนแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าดังภาพประกอบ 6 และเพิ่มหินสบู่ร้อยละ 3 สังกะสีออกไซด์ร้อยละ 6 ลงในอัตราส่วนผสมทุกจุด โดยแต่ละจุดจะมีส่วนผสมตามตาราง 10

ตาราง 10 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำเคลือบ แต่ละจุดที่อ่านค่าได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า และเพิ่มหินสบู่ร้อยละ 3 สังกะสีออกไซด์ร้อยละ 6 ลงในอัตราส่วนผสมทุกจุด

จุดที่	หินฟันม้า (A)	ดินแดง (B)	หินปูน (C)	ทรายขาว (D)	หินสบู่	สังกะสีออกไซด์
1	45	45	5	5	3	6
2	40	45	10	5	3	6
3	35	45	15	5	3	6
4	30	45	20	5	3	6
5	25	45	25	5	3	6
6	20	45	30	5	3	6
7	15	45	35	5	3	6
8	10	45	40	5	3	6
9	5	45	45	5	3	6
10	5	40	45	10	3	6
11	10	40	40	10	3	6
12	15	40	35	10	3	6
13	20	40	30	10	3	6
14	25	40	25	10	3	6
15	30	40	20	10	3	6
16	35	40	15	10	3	6
17	40	40	10	10	3	6
18	45	40	5	10	3	6

ตาราง 10 (ต่อ)

จุดที่	หินฟันม้า (A)	ดินแดง (B)	หินปูน (C)	ทรายขาว (D)	หินสบู่	สังกะสีออกไซด์
19	45	35	5	15	3	6
20	40	35	10	15	3	6
21	35	35	15	15	3	6
22	30	35	20	15	3	6
23	25	35	25	15	3	6
24	20	35	30	15	3	6
25	15	35	35	15	3	6
26	10	35	40	15	3	6
27	5	35	45	15	3	6
28	5	30	45	20	3	6
29	10	30	40	20	3	6
30	15	30	35	20	3	6
31	20	30	30	20	3	6
32	25	30	25	20	3	6
33	30	30	20	20	3	6
34	35	30	15	20	3	6
35	40	30	10	20	3	6
36	45	30	5	20	3	6
37	45	25	5	25	3	6
38	40	25	10	25	3	6

ตาราง 10 (ต่อ)

จุดที่	หินฟันม้า (A)	ดินแดง (B)	หินปูน (C)	ทรายขาว (D)	หินสบู่	สังกะสีออกไซด์
39	35	25	15	25	3	6
40	30	25	20	25	3	6
41	25	25	25	25	3	6
42	20	25	30	25	3	6
43	15	25	35	25	3	6
44	10	25	40	25	3	6
45	5	25	45	25	3	6
46	5	20	45	30	3	6
47	10	20	40	30	3	6
48	15	20	35	30	3	6
49	20	20	30	30	3	6
50	25	20	25	30	3	6
51	30	20	20	30	3	6
52	35	20	15	30	3	6
53	40	20	10	30	3	6
54	45	20	5	30	3	6
55	45	15	5	35	3	6
56	40	15	10	35	3	6
57	35	15	15	35	3	6
58	30	15	20	35	3	6

ตาราง 10 (ต่อ)

จุดที่	หินฟันม้า (A)	ดินแดง (B)	หินปูน (C)	ทรายขาว (D)	หินสบู่	สังกะสีออกไซด์
59	25	15	25	35	3	6
60	20	15	30	35	3	6
61	15	15	35	35	3	6
62	10	15	40	35	3	6
63	5	15	45	35	3	6
64	5	10	45	40	3	6
65	10	10	40	40	3	6
66	15	10	35	40	3	6
67	20	10	30	40	3	6
68	25	10	25	40	3	6
69	30	10	20	40	3	6
70	35	10	15	40	3	6
71	40	10	10	40	3	6
72	45	10	5	40	3	6
73	45	5	5	45	3	6
74	40	5	10	45	3	6
75	35	5	15	45	3	6
76	30	5	20	45	3	6
77	25	5	25	45	3	6
78	20	5	30	45	3	6

ตาราง 10 (ต่อ)

จุดที่	หินฟันม้า (A)	ดินแดง (B)	หินปูน (C)	ทรายขาว (D)	หินสบู่	สังกะสีออกไซด์
79	15	5	35	45	3	6
80	10	5	40	45	3	6
81	5	5	45	45	3	6

2.1.3 บรรยากาศในการเผา ได้แก่การเผาแบบออกซิเดชัน โดยใช้เตาไฟฟ้า

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นก่อนเผาและหลังเผา และคุณสมบัติของน้ำเคลือบ ได้แก่ ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมเนื้อดินปั้น ปริมาณสารช่วยการกระจายลอยตัว อัตราการหล่อ การหดตัวก่อนเผา ความแข็งแรงก่อนเผา ความทนไฟ การหดตัวหลังเผา การดูดซึมน้ำ ความมัน จุดสุกตัว การหดและการขยายตัว

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ ได้แก่

3.1.1 ดินแดง จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.1.2 ดินขาว จังหวัดระนอง

3.1.3 หินปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.1.4 หินฟันม้า จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.1.5 ทรายขาว จังหวัดสงขลา

3.1.6 หินสบู่ ที่ใช้ในการค้าทั่วไป

3.1.7 สังกะสีออกไซด์ ที่ใช้ในการค้าทั่วไป

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่

3.2.1 เตาไฟฟ้า

3.2.2 เตาแก๊ส

3.2.3 เตาอบแห้ง

3.2.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด มีหน่วยเป็นกรัม และมิลลิกรัม

3.2.5 เครื่องกวนผสมขนาดเล็ก

3.2.6 โกร่งไฟฟ้า

3.2.7 เครื่องบรูดพิลด์เพื่อทดสอบความหนืด

3.2.8 เครื่องทดสอบความแข็งแรง

3.2.9 แบบพิมพ์พลาสเตอร์สำหรับทำชิ้นทดลอง

3.2.10 แบบพิมพ์พลาสเตอร์สำหรับทำแท่งทดสอบการหดตัว

3.2.11 แบบพิมพ์พลาสเตอร์สำหรับทำแท่งทดสอบความแข็งแรง

3.2.12 แบบพิมพ์พลาสเตอร์สำหรับทดสอบอัตราการหล่อ

3.2.13 เวอร์เนีย

3.2.14 ตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช

3.2.15 เซกเกอร์โคนหมายเลข 6

3.2.16 ถ้วยตวง

3.3 ตารางแสดงคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ (ตัวอย่างตามภาคผนวก ก)

3.4 แบบวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเคลือบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นต่อไปนี้ (ตัวอย่างตามภาคผนวก ก)

3.4.1 ความมัน พิจารณาว่าเคลือบด้าน หรือเคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน หรือเคลือบมัน

3.4.2 การหดและการขยายตัวระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น โดยพิจารณาที่การรานตัวของเคลือบ แบ่งเป็น

3.4.2.1 เคลือบรานตัว หมายถึง การหดและการขยายตัวระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นไม่เหมาะสมกัน

3.4.2.2 เคลือบไม่รานตัว หมายถึง การหดและการขยายตัวระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นเหมาะสมกัน

3.4.3 จุดสุกตัวของน้ำเคลือบ พิจารณาการหลอมละลายของเคลือบ โดยแบ่งเป็น

3.4.3.1 เคลือบไม่หลอมละลาย หมายถึง น้ำเคลือบมีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,200 องศาเซลเซียส

3.4.3.2 เคลือบหลอมละลาย หมายถึง น้ำเคลือบมีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

3.4.3.3 เคลือบไหลตัว หมายถึง น้ำเคลือบมีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียส

4. การดำเนินการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 ตอน คือ

4.1 การทดลองตอนที่ 1 ดำเนินการทดลองดังแสดงตามภาพประกอบ 7 โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1.1 ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบ จำนวน 81 จุด โดยชั่งอัตราส่วนผสมละ 1,000 กรัม

4.1.2 เติมน้ำลงในอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อกวนผสมด้วยเครื่องกวนผสม ปรับให้มีความถ่วงจำเพาะ 1.65-1.80 บันทึกปริมาตรน้ำ

4.1.3 หลังจากกวนผสมนาน 30 นาที นำเนื้อดินปั้นที่ได้มาผ่านตะแกรงร่อน

ขนาด 100 แล้วจึงนำมาปรับความหนืดให้ได้ 1-5 พอยซ์โดยใช้โซเดียมซิลิเกต

4.1.4 ทดสอบอัตราการหล่อและพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ไม่แตกร้าวขณะเซ็ตตัว (set) และใช้เวลาในการเซ็ตตัวไม่เกิน 30 นาที

4.1.5 นำเนื้อดินปั้นที่เลือกไว้มาหล่อแท่งทดสอบความแข็งแรง จำนวน 1 แท่ง และแท่งทดสอบการหดตัว จำนวน 1 แท่ง

4.1.6 ทดสอบความแข็งแรง และทดสอบการหดตัวก่อนเผา ตามวิธีการทดสอบ

4.1.7 หลังจากการทดสอบการหดตัวก่อนเผาแล้ว นำแท่งทดสอบไปเผาในระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

4.1.8 ทดสอบการหดตัวหลังเผา ความทนไฟ และการดูดซึมน้ำ

4.1.9 นำคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่ทดสอบไว้ พร้อมชิ้นทดลอง ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบมาคนละ 5 จุด เพื่อนำมาทำรอยตะแนนหาจุดที่เหมาะสมที่สุด

4.1.10 เตรียมเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดที่เลือกได้ ปรับความถ่วงจำเพาะให้ได้ตามกำหนด กรองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 นำไปหล่อชิ้นทดลอง จำนวน 162 ชิ้น และเผาดิบที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จะได้ชิ้นทดลองสำหรับใช้ในการทดลองตอนที่ 2

4.2 การทดลองตอนที่ 2 ดำเนินการทดลองดังแสดงตามภาพประกอบ 8 โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.2.1 ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ จำนวน 81 จุด โดยชั่งอัตราส่วนผสมละ 50 กรัม

4.2.2 เติมน้ำในอัตราส่วนผสม และปรับให้มีความถ่วงจำเพาะ 1.40-1.50 บดโดยใช้โกร่งไฟฟ้า นาน 30 นาที

4.2.3 นำน้ำเคลือบมากรองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100

4.2.4 นำชิ้นทดลองที่เตรียมได้จากการทดลองตอนที่ 1 มาชุบน้ำเคลือบด้วยวิธีจุ่ม โดยชุบน้ำเคลือบอัตราส่วนผสมละ 2 ชิ้น จะได้ชิ้นทดลองจำนวนทั้งหมด 82 ชิ้นทดลองจากอัตราส่วนผสม 81 จุด

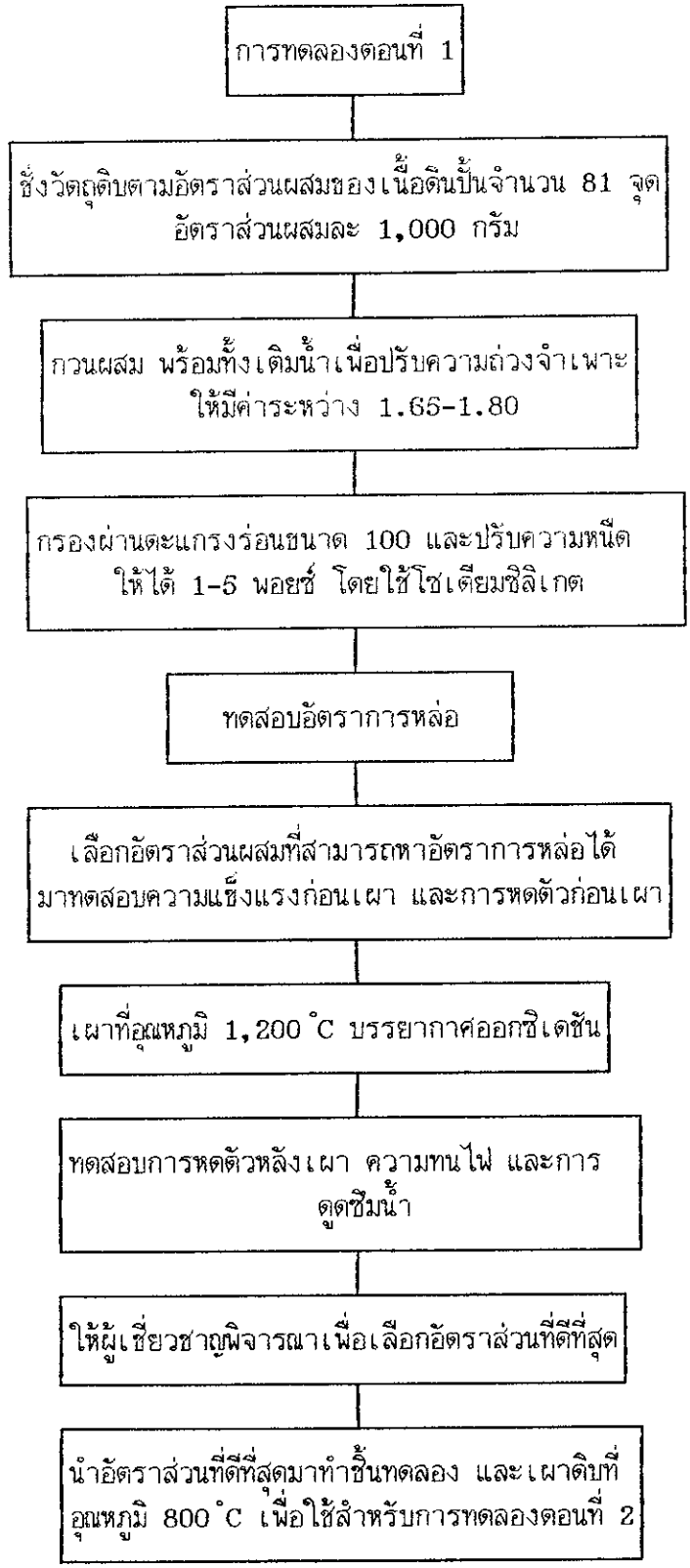
4.2.5 นำชิ้นทดลองไปเผาในระดับอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส โดยเผาแบบออกซิเดชัน

4.2.6 นำชิ้นทดลองทั้งหมดไปวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเคลือบโดยผู้เชี่ยวชาญ

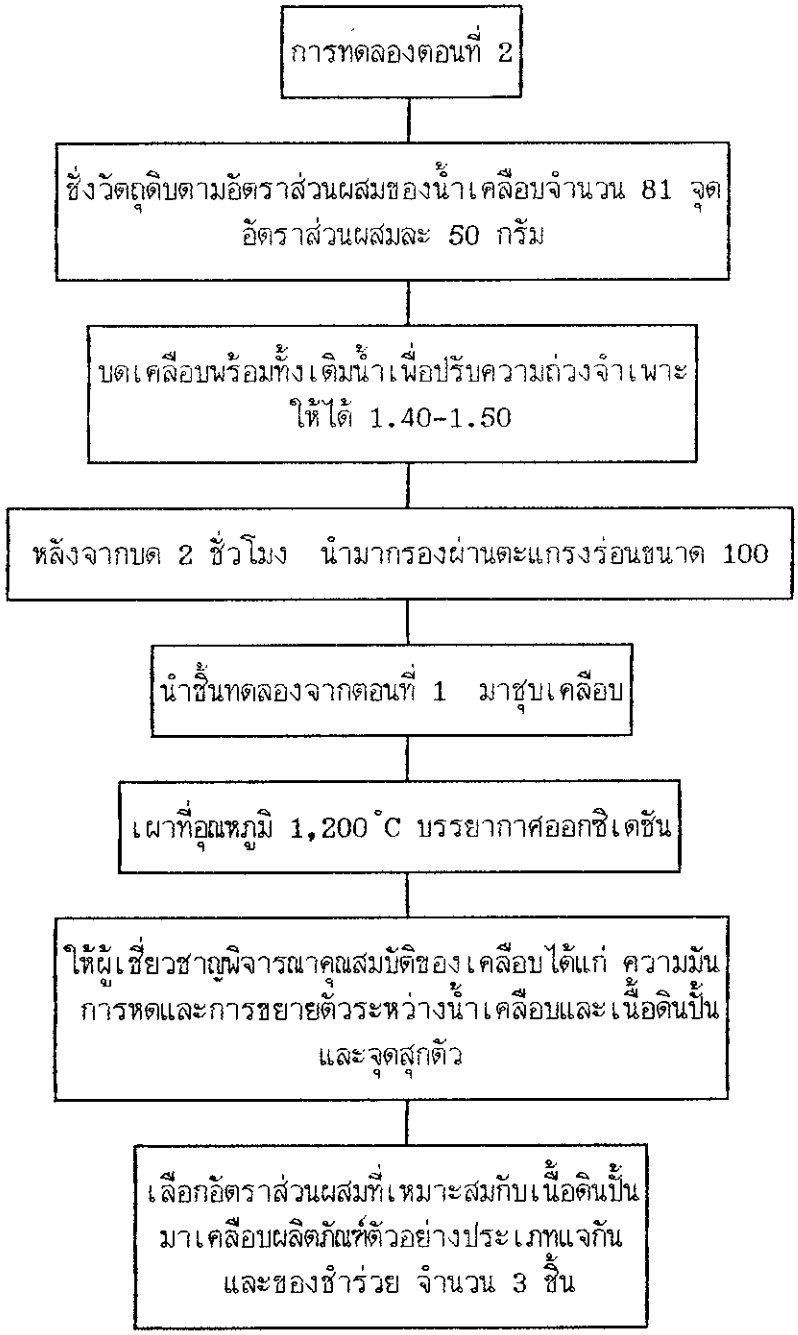
5. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

5.1 ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองที่คณะวิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร

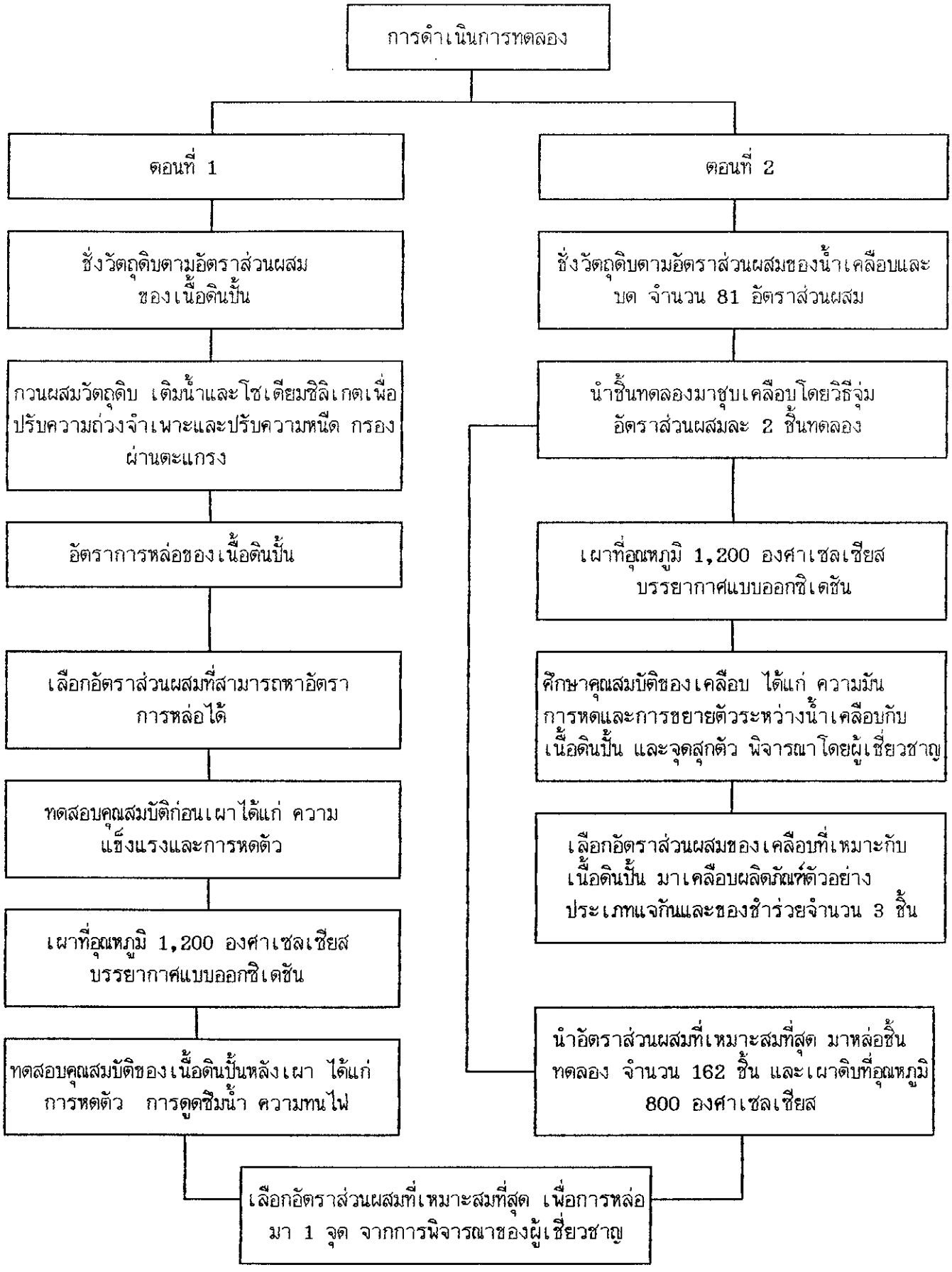
5.2 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2538 ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2538



ภาพประกอบ 7 แสดงแผนภูมิการดำเนินการทดลองตอนที่ 1



ภาพประกอบ 8 แสดงแผนภูมิการดำเนินการทดลองตอนที่ 2



ภาพประกอบ 9 แสดงแผนภูมิการดำเนินการทดลอง

6. สูตรที่ใช้ในการทดลอง

6.1 สูตรหาค่าความถ่วงจำเพาะ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำดิน}}{\text{ปริมาตรน้ำดิน}}$$

6.2 สูตรหาค่าปริมาณสารที่ช่วยในการกระจายลอยตัว

$$\text{ร้อยละของสารช่วยในการกระจายลอยตัว} = \frac{\text{น้ำหนักโซเดียมซิลิเกตที่ใช้}}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบ}} \times 100$$

6.3 สูตรหาปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น

$$\text{ร้อยละน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำที่ใช้}}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบ+ปริมาตรน้ำที่ใช้}} \times 100$$

6.4 สูตรหาการหดตัวก่อนเผา (Rhodes. 1973 : 200)

$$\text{ร้อยละของการหดตัวก่อนเผา} = \frac{\text{ความยาวก่อนอบ} - \text{ความยาวหลังอบ}}{\text{ความยาวก่อนอบ}} \times 100$$

6.5 สูตรหาการหดตัวหลังเผา (Rhodes. 1973 : 200)

$$\text{ร้อยละของการหดตัวหลังเผา} = \frac{\text{ความยาวก่อนอบ} - \text{ความยาวหลังเผา}}{\text{ความยาวก่อนอบ}} \times 100$$

6.6 สูตรหาความแข็งแรงก่อนเผา (Singer 1963 : 337)

$$R = \frac{3WL}{2bh^2}$$

ให้ R = ค่าความแข็งแรงมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร (kg/cm^2)

W = แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดลองหัก

L = ระยะห่างของแท่นรองรับชิ้นทดลอง

b = ความกว้างของชิ้นทดลอง

h = ความหนาของชิ้นทดลอง

6.7 สูตรหาค่าการดูดซึมน้ำ (Singer. 1963 : 344)

$$\text{ร้อยละของการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักหลังต้ม} - \text{น้ำหนักก่อนต้ม}}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}} \times 100$$

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราชให้เป็นเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และศึกษาเคลือบที่เหมาะสม โดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าในการหาอัตราส่วนผสม ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 เป็นการศึกษาคุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อและคุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผาของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดมาทำการทดลองในตอนที่ 2

ตอนที่ 2 เป็นการศึกษาคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบโดยพิจารณาความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 ซึ่งคุณสมบัติที่พิจารณาได้แก่ความมัน จุดสุกตัว การหดและการขยายตัว

ผลการทดลอง

ผลการทดลองตอนที่ 1 เมื่อนำอัตราส่วนผสมระหว่างดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช ดินขาวจังหวัดระนอง หินฟันม้าจังหวัดนครศรีธรรมราช และทรายขาวจังหวัดสงขลา ที่ได้จากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า มาทดสอบคุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และคุณสมบัติก่อนเผา และหลังเผา ผลการทดลอง แสดงรายละเอียดตามตาราง 11

ตาราง 11 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และคุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นระหว่างดินแดง ดินขาว หินฟันม้า และทรายขาว รวม 81 จุด

จุดทดลอง	คุณสมบัติของเนื้อดินปั้น												
	คุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ							คุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผา					
	น้ำที่ใช้ (%)	ความถ่วงจำเพาะ	สารช่วยกระจายลอยตัว (%)	ความหนืด (พอยซ์)	อัตราการหล่อ (cm)			การหดตัว (%)		ความแข็งแรงก่อนเผา (kg/cm^2)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความทนไฟ	
					5 นาที	10 นาที	20 นาที	ก่อนเผา	หลังเผา			ทนได้	ทนไม่ได้
1	38.27	1.69	0.74	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	37.50	1.67	0.54	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	37.30	1.66	0.63	4.7	0.40	0.55	0.65	6.70	8.89	21.25	12.92	/	
4	37.50	1.66	0.63	4.6	0.45	0.65	0.70	4.13	8.17	16.54	12.87	/	
5	37.89	1.68	0.70	3.5	0.60	0.80	0.85	3.75	8.05	16.29	12.12	/	
6	36.05	1.67	0.35	3.4	0.80	1.00	1.10	3.63	8.45	11.50	10.70	/	
7	36.71	1.66	0.25	2.8	0.80	1.30	1.35	2.75	8.38	9.75	9.42	/	
8	37.50	1.66	0.29	2.5	1.30	1.30	1.40	2.75	8.02	5.88	9.55	/	
9	35.48	1.67	0.24	2.3	1.35	1.38	1.40	2.68	8.11	5.51	8.71	/	

ตาราง 11 (ต่อ)

ระดับความลึก	คุณสมบัติของเนื้อดินปั้น												
	คุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ							คุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผา					
	น้ำที่ใช้ (%)	ความถ่วงจำเพาะ	สารช่วยกระจายลอยตัว (%)	ความหนืด (นอยชี่)	อัตราการหล่อ (cm)			การหดตัว (%)		ความแข็งแรงก่อนเผา (kg/cm^2)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความทนไฟ	
					5 นาที	10 นาที	20 นาที	ก่อนเผา	หลังเผา			ทนได้	ทนไม่ได้
10	35.48	1.72	0.25	2.5	1.10	1.10	1.15	2.13	8.08	4.66	7.14	/	
11	35.48	1.71	0.34	2.7	0.80	1.00	1.20	2.25	8.09	6.03	9.31	/	
12	39.39	1.67	0.34	2.7	0.50	0.80	1.00	2.00	8.10	8.74	12.52	/	
13	40.12	1.67	0.53	3.3	0.80	0.90	1.00	3.25	8.03	9.09	11.89	/	
14	39.76	1.66	0.60	3.5	0.40	0.70	1.00	3.00	8.20	11.96	11.73	/	
15	37.12	1.67	0.51	4.3	0.50	0.70	0.95	6.00	8.40	13.23	12.39	/	
16	36.42	1.72	0.51	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	37.12	1.68	0.44	5.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	36.31	1.68	0.42	5.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	39.21	1.69	0.35	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	41.18	1.65	0.40	5.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตาราง 11 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	คุณสมบัติของเนื้อดินปั้น												
	คุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ							คุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผา					
	น้ำที่ใช้ (%)	ความถ่วงจำเพาะ	สารช่วยกระจายลอยตัว (%)	ความหนืด (พอยซ์)	อัตราการหล่อ (cm)			การหดตัว (%)		ความแข็งแรงก่อนเผา (kg/cm^2)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความทนไฟ	
					5 นาที	10 นาที	20 นาที	ก่อนเผา	หลังเผา			ทนได้	ทนไม่ได้
21	38.27	1.66	0.21	4.6	0.80	0.90	1.00	4.50	8.31	29.65	14.24	/	
22	38.89	1.67	0.51	3.8	0.60	0.90	1.00	4.75	7.23	12.80	5.67	/	
23	37.12	1.67	0.21	3.4	0.50	0.70	0.97	3.25	8.28	10.34	6.80	/	
24	37.50	1.68	0.42	3.3	0.60	1.00	1.05	3.75	8.20	10.59	5.82	/	
25	37.50	1.75	0.21	2.8	1.35	1.70	1.70	-	-	-	-	-	-
26	37.50	1.66	0.21	2.5	1.30	1.65	1.70	-	-	-	-	-	-
27	37.50	1.70	0.25	2.7	1.10	1.20	1.55	-	-	-	-	-	-
28	37.50	1.65	0.11	2.5	1.20	1.48	1.60	-	-	-	-	-	-
29	36.05	1.70	0.22	2.7	1.05	1.35	1.50	-	-	-	-	-	-
30	33.33	1.66	0.25	2.7	0.70	0.90	1.15	2.80	7.29	9.29	7.52	/	
31	33.33	1.70	0.49	3.2	0.60	0.65	0.75	3.00	8.25	12.04	7.66	/	

ตาราง 11 (ต่อ)

จุดที่	คุณสมบัติของเนื้อดินปั้น												
	คุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ							คุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผา					
	น้ำที่ใช้ (%)	ความถ่วงจำเพาะ	สารช่วยกระจายลอยตัว (%)	ความหนืด (พอยซ์)	อัตราการหล่อ (cm)			การหดตัว (%)		ความแข็งแรงก่อนเผา (kg/cm^2)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความทนไฟ	
					5 นาที	10 นาที	20 นาที	ก่อนเผา	หลังเผา			ทนได้	ทนไม่ได้
32	33.55	1.70	0.49	3.5	0.50	0.70	0.85	3.00	8.24	12.31	8.55	/	
33	38.27	1.66	0.59	3.7	0.50	0.70	0.83	5.00	7.37	13.83	9.85	/	
34	34.39	1.67	0.47	4.6	0.50	0.65	0.70	4.00	8.20	16.25	13.82	/	
35	37.89	1.66	0.35	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	36.31	1.67	0.14	5.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	35.90	1.69	0.21	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	35.29	1.66	0.51	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	29.58	1.68	0.49	4.4	0.55	0.70	0.80	5.15	6.28	16.12	13.86	/	-
40	35.06	1.68	0.49	3.7	0.70	0.85	1.00	5.00	6.26	16.23	13.87	/	-
41	35.06	1.66	0.46	3.3	0.90	1.00	1.10	4.06	5.33	14.46	13.64	/	-
42	39.39	1.69	0.05	3.3	0.80	1.00	1.30	-	-	-	-	-	-

ตาราง 11 (ต่อ)

หลุมที่	คุณสมบัติของเนื้อดินปั้น												
	คุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ							คุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผา					
	น้ำที่ใช้ (%)	ความถ่วงจำเพาะ	สารช่วยกระจายลอยตัว (%)	ความหนืด (พอยซ์)	อัตราการหล่อ (cm)			การหดตัว (%)		ความแข็งแรงก่อนเผา (kg/cm^2)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความทนไฟ	
					5 นาที		20 นาที	ก่อนเผา	หลังเผา			ทนได้	ทนไม่ได้
43	39.39	1.67	0.05	2.6	0.90	1.00	1.28	-	-	-	-	-	-
44	39.39	1.67	0.05	2.3	1.00	1.20	1.30	-	-	-	-	-	-
45	37.12	1.68	0.04	2.0	1.10	1.20	1.35	-	-	-	-	-	-
46	34.39	1.70	0.18	2.8	1.10	1.20	1.35	-	-	-	-	-	-
47	34.42	1.69	0.20	2.6	1.00	1.25	1.40	-	-	-	-	-	-
48	34.21	1.67	0.35	2.8	1.20	1.25	1.35	-	-	-	-	-	-
49	33.33	1.67	0.35	3.3	1.20	1.30	1.55	-	-	-	-	-	-
50	33.33	1.69	0.37	3.6	0.90	1.00	1.15	3.25	6.06	15.03	13.85	/	-
51	35.48	1.68	0.45	4.4	0.70	0.80	1.00	4.37	5.68	15.85	13.80	/	-
52	37.31	1.68	0.47	4.6	0.65	0.70	0.95	5.82	6.15	16.00	13.76	/	-
53	37.65	1.71	0.55	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตาราง 11 (ต่อ)

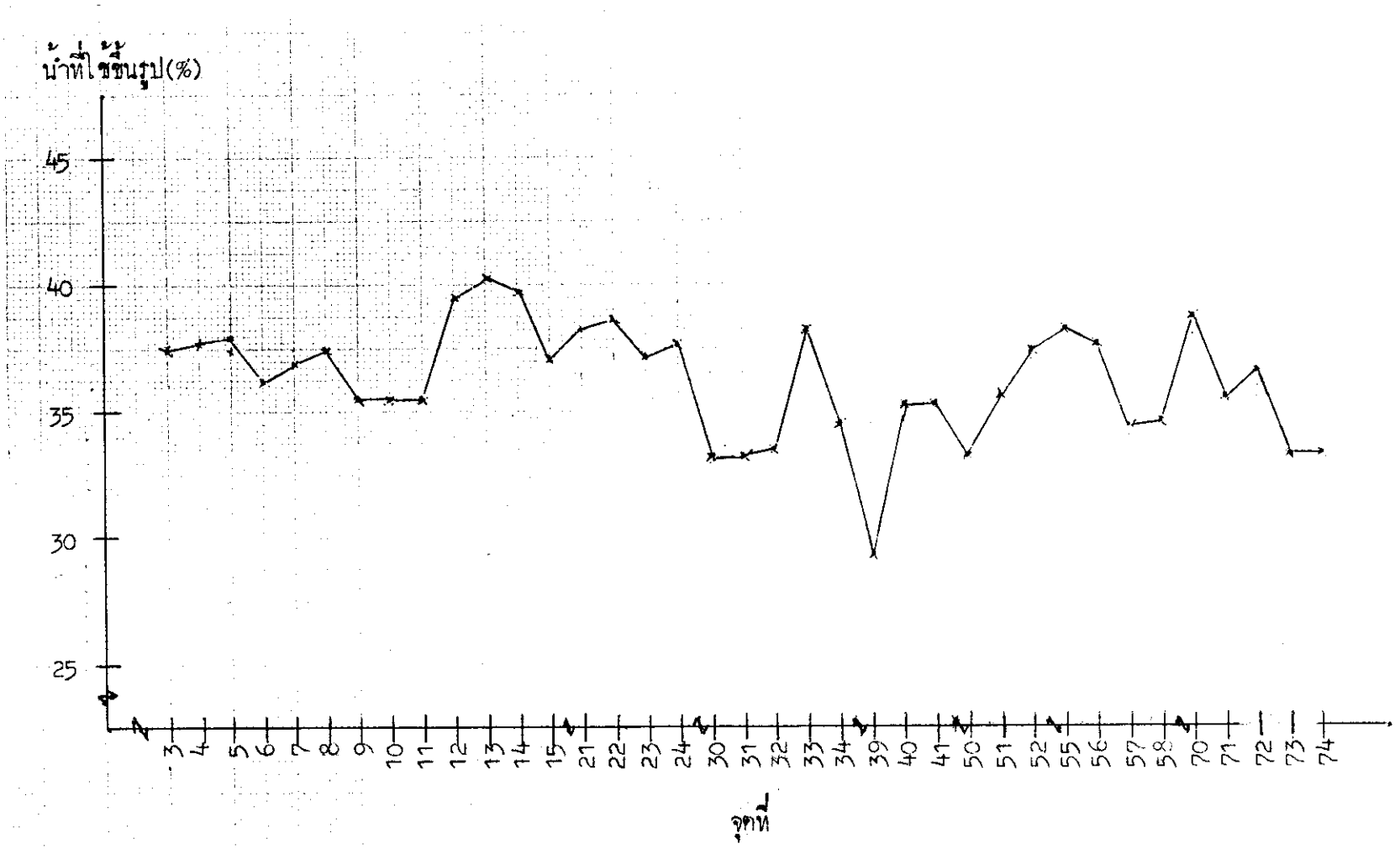
ชุดที่	คุณสมบัติของเนื้อดินปั้น												
	คุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ							คุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผา					
	น้ำที่ใช้ (%)	ความถ่วงจำเพาะ	สารช่วยกระจายลอยตัว (%)	ความหนืด (พอยซ์)	อัตราการหล่อ (cm)			การหดตัว (%)		ความแข็งแรงก่อนเผา (kg/cm^2)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความทนไฟ	
					5 นาที	10 นาที	20 นาที	ก่อนเผา	หลังเผา			ทนได้	ทนไม่ได้
54	36.50	1.71	0.35	5.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	38.27	1.67	0.52	4.1	1.20	1.30	1.45	6.97	6.34	15.09	13.96	/	-
56	37.50	1.69	0.22	3.8	1.00	1.10	1.45	6.00	6.17	13.18	14.49	/	-
57	34.21	1.68	0.21	3.6	1.00	1.20	1.50	5.00	5.26	11.65	13.39	/	-
58	34.64	1.66	0.19	3.6	1.00	1.10	1.43	4.00	6.70	11.17	12.58	/	-
59	37.14	1.65	0.42	3.5	1.00	1.20	1.35	-	-	-	-	-	-
60	39.02	1.67	0.42	3.0	1.40	1.50	1.70	-	-	-	-	-	-
61	35.48	1.66	0.13	2.7	1.35	1.40	1.55	-	-	-	-	-	-
62	35.48	1.67	0.25	2.5	1.20	1.40	1.58	-	-	-	-	-	-
63	35.48	1.65	0.14	2.2	1.45	1.65	1.70	-	-	-	-	-	-
64	35.48	1.73	0.07	2.0	1.40	1.57	1.70	-	-	-	-	-	-

ตาราง 11 (ต่อ)

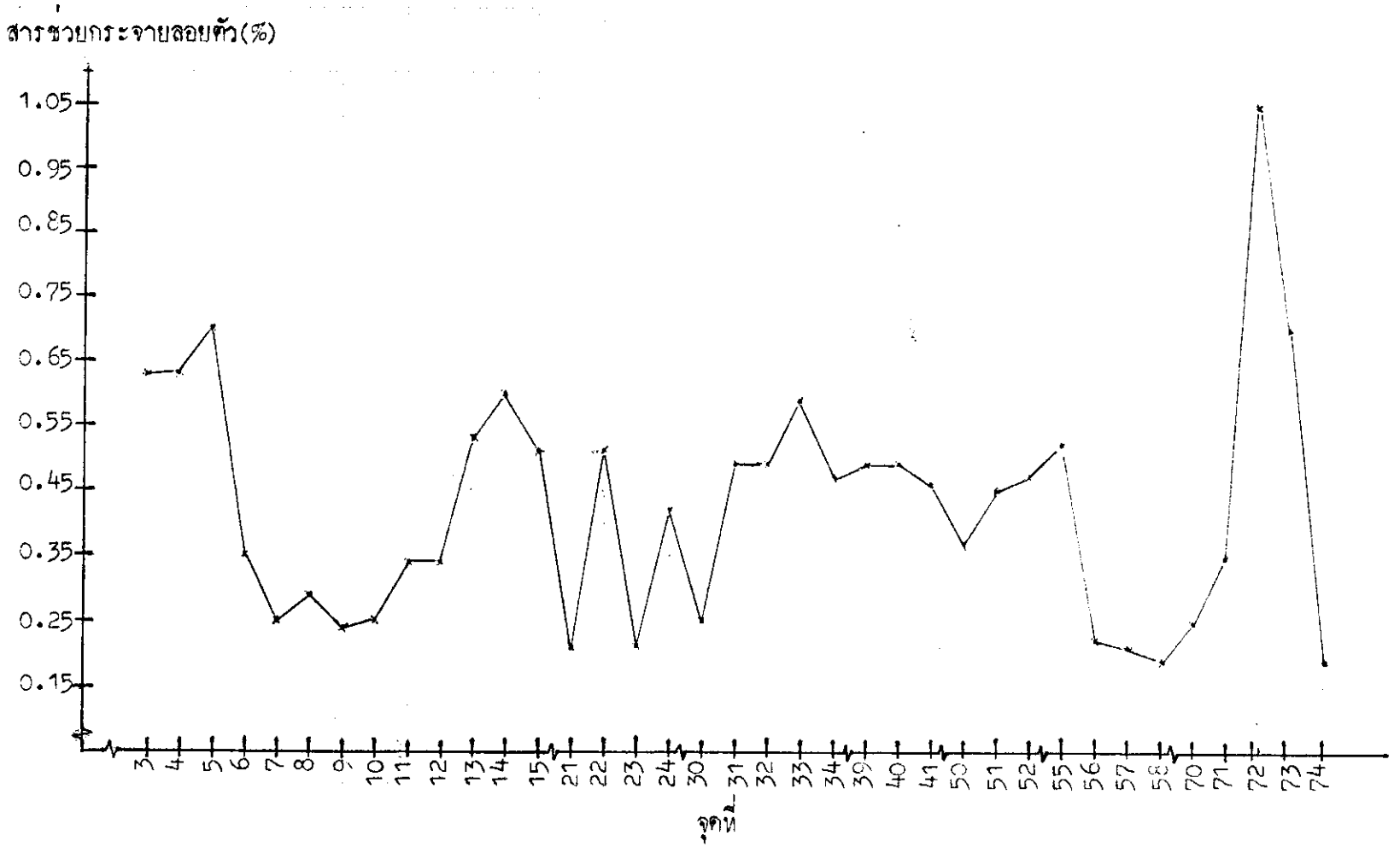
จุดที่	คุณสมบัติของเนื้อดินปั้น												
	คุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ							คุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผา					
	น้ำที่ใช้ (%)	ความถ่วงจำเพาะ	สารช่วยกระจายลดแรงตึงผิว (%)	ความหนืด (พอยซ์)	อัตราการหล่อ (cm)			การหดตัว (%)		ความแข็งแรงก่อนเผา (kg/cm^2)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความทนไฟ	
					5 นาที	10 นาที	20 นาที	ก่อนเผา	หลังเผา			ทนได้	ทนไม่ได้
65	35.48	1.70	0.30	2.5	1.40	1.55	1.73	-	-	-	-	-	-
66	33.33	1.67	0.00	2.8	1.45	1.50	1.60	-	-	-	-	-	-
67	33.33	1.69	0.00	3.3	1.45	1.50	1.55	-	-	-	-	-	-
68	33.33	1.70	0.00	3.4	1.35	1.45	1.55	-	-	-	-	-	-
69	33.33	1.70	0.00	3.8	1.35	1.50	1.60	-	-	-	-	-	-
70	38.89	1.67	0.25	3.8	1.00	1.20	1.35	5.31	5.26	13.48	11.30	/	-
71	35.48	1.67	0.35	3.3	1.00	1.20	1.40	5.12	5.16	15.31	13.70	/	-
72	36.70	1.65	1.05	3.1	1.20	1.50	1.60	6.00	6.26	19.96	13.70	/	-
73	33.33	1.66	0.70	3.5	1.20	1.55	1.65	5.50	5.78	14.56	14.70	/	-
74	33.33	1.70	0.19	3.5	1.50	1.55	1.63	5.50	4.59	11.83	12.27	/	-
75	35.48	1.68	0.11	3.0	1.50	1.55	1.65	-	-	-	-	-	-

ตาราง 11 (ต่อ)

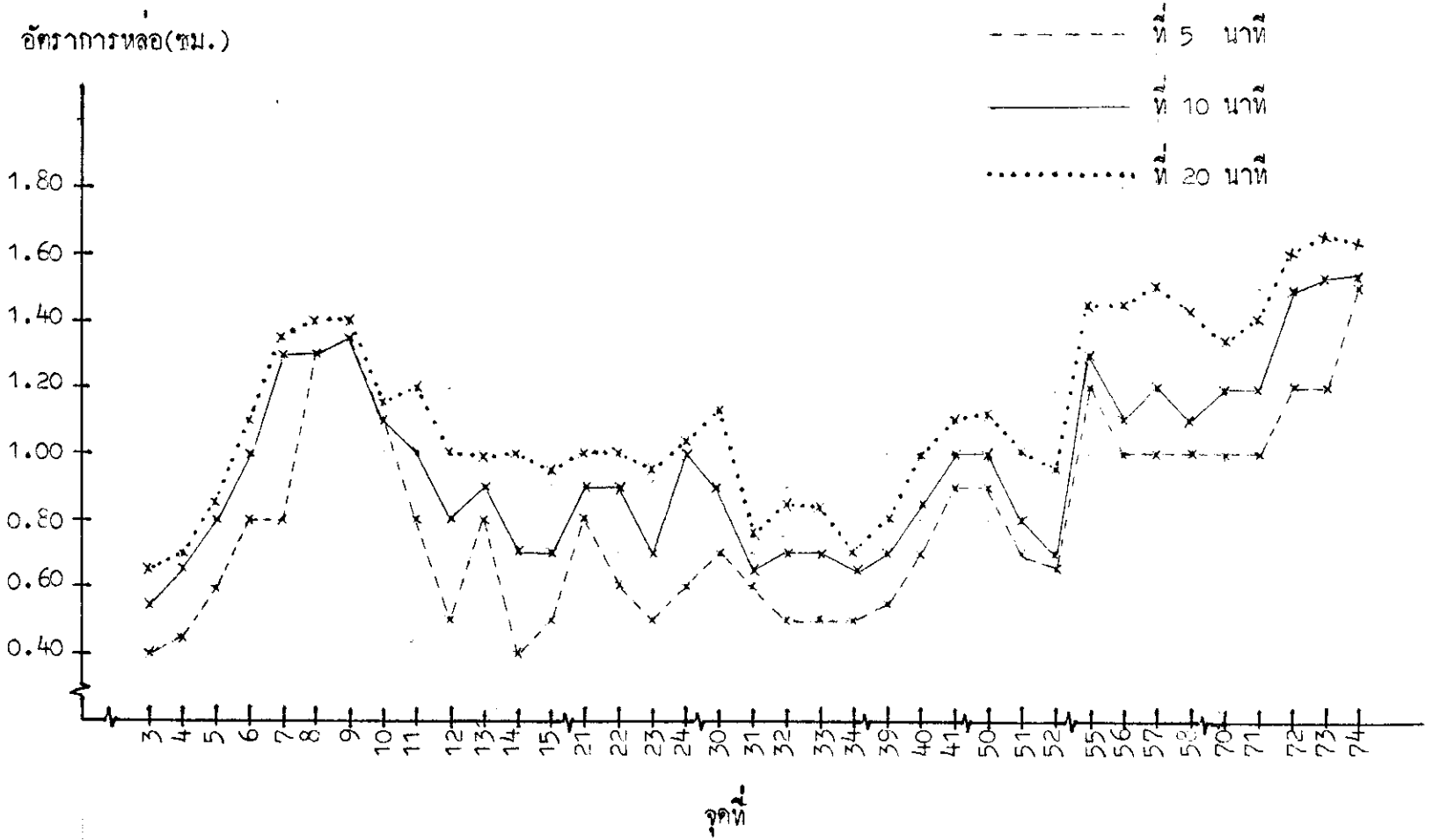
ตัวอย่างที่	คุณสมบัติของเนื้อดินปั้น												
	คุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ							คุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผา					
	น้ำที่ใช้ (%)	ความถ่วงจำเพาะ	สารช่วยกระจายลดอัตรา (%)	ความหนืด (พอยซ์)	อัตราการหล่อ (cm)			การหดตัว (%)		ความแข็งแรงก่อนเผา (kg/cm^2)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความทนไฟ	
					5 นาที	10 นาที	20 นาที	ก่อนเผา	หลังเผา			ทนไฟ	ทนไม่ไฟ
76	34.12	1.71	0.12	3.4	1.30	1.50	1.55	-	-	-	-	-	-
77	35.48	1.68	0.11	3.0	1.43	1.55	1.65	-	-	-	-	-	-
78	31.46	1.74	0.20	2.9	1.45	1.57	1.65	-	-	-	-	-	-
79	33.33	1.68	0.35	2.4	1.35	1.35	1.55	-	-	-	-	-	-
80	33.33	1.78	0.25	2.4	1.35	1.35	1.55	-	-	-	-	-	-
81	33.33	1.66	0.39	1.8	1.55	1.55	1.70	-	-	-	-	-	-



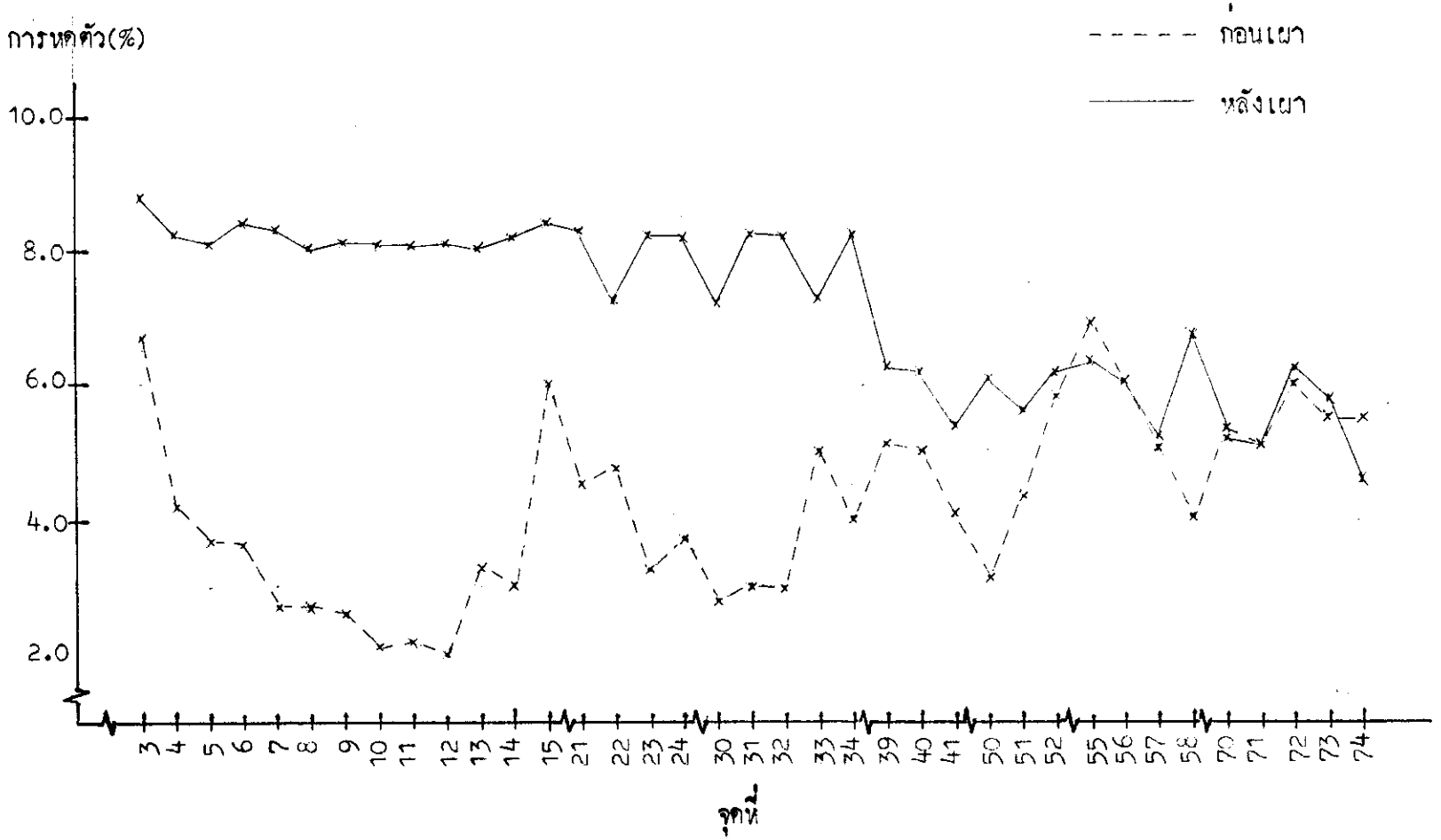
ภาพประกอบ 10 แสดงร้อยละของน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป เพื่อให้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมีความถ่วงจำเพาะ 1.65-1.80



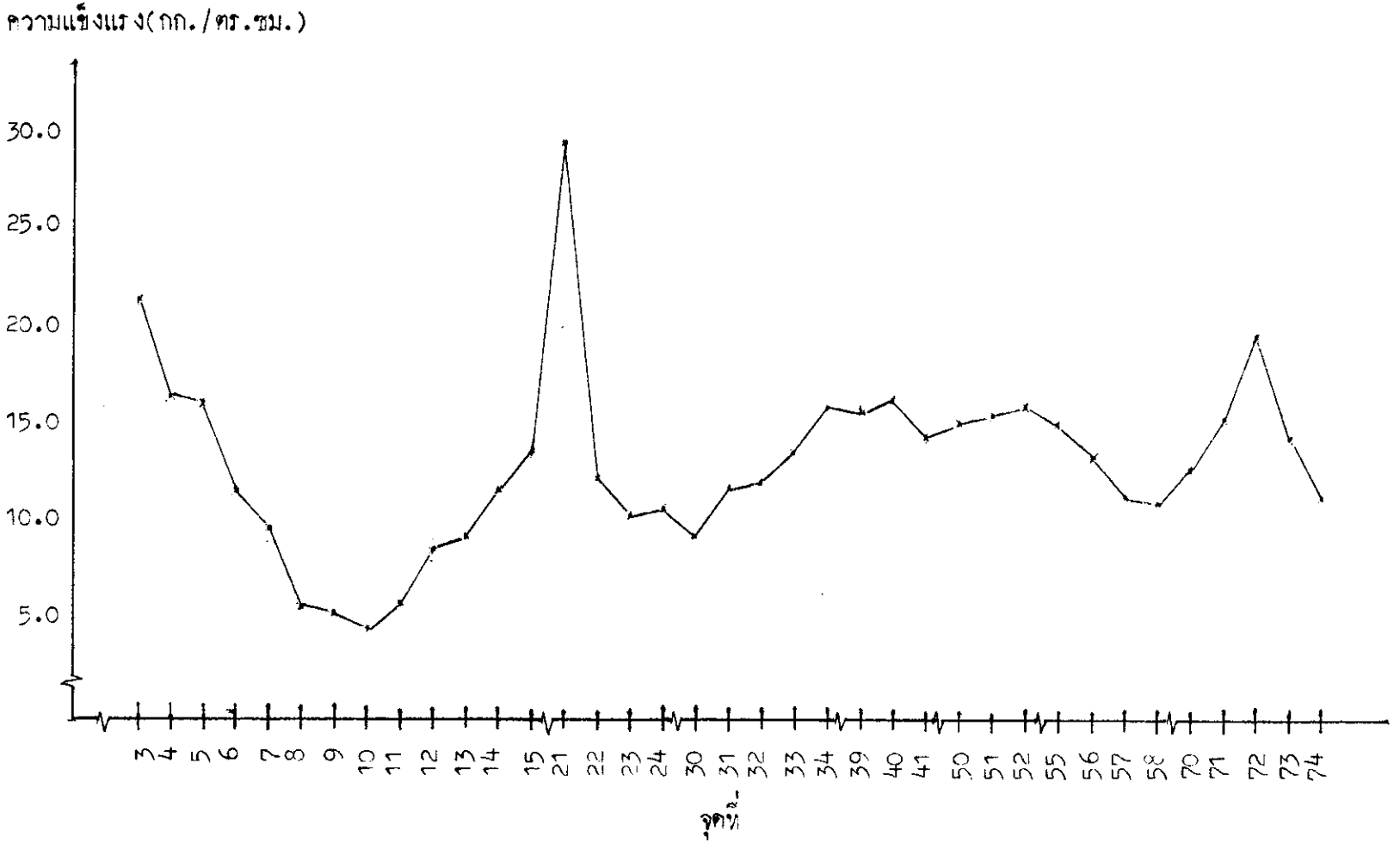
ภาพประกอบ 11 แสดงร้อยละของปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้เพื่อให้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมีความหนืด 1-5 พอยซ์



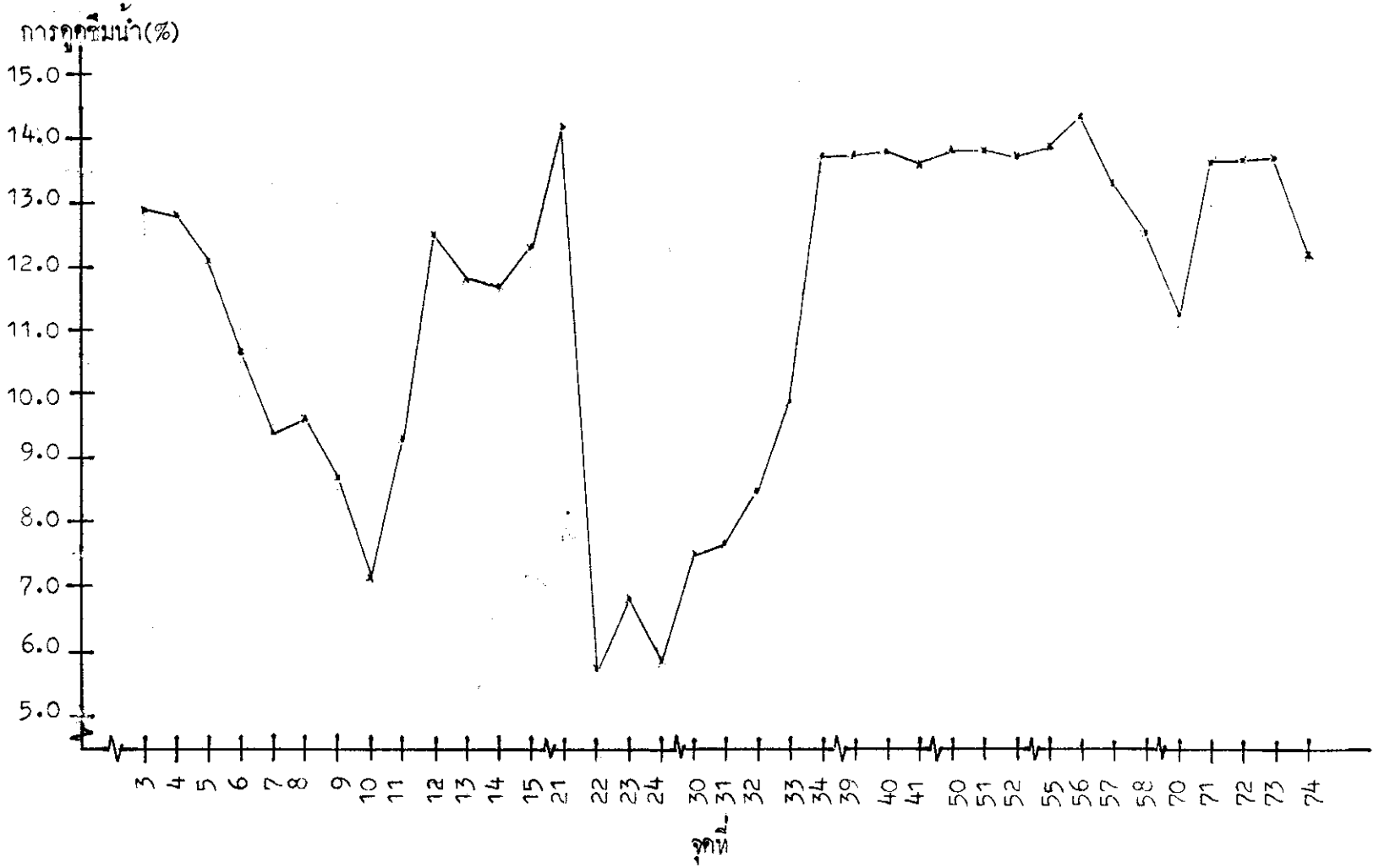
ภาพประกอบ 12 แสดงอัตราการหล่อที่ 5 นาที 10 นาที และ 20 นาทีของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ



ภาพประกอบ 13 แสดงร้อยละของการหดตัวก่อนเผา และหลังเผา ของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ



ภาพประกอบ 14 แสดงความแข็งแรงก่อนเผา ของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ



ภาพประกอบ 15 แสดงร้อยละของการดูดซึมน้ำ ของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ

จากตาราง 11 แสดงว่า อัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสม เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อได้แก่จุดที่ 1, 2, 16-20, 35-38, 53 และ 54 เพราะมีความหนืดมากกว่า 5 พอยซ์ คือมีความหนืด 5.4, 5.2, 5.1, 5.3, 5.7, 5.6, 5.2, 5.4, 5.8, 5.6, 5.4, 5.1 และ 5.3 พอยซ์ ตามลำดับ นอกจากนี้จุดที่ 25-29, 42-49, 59-69 และ 75-81 มีการแตกร้าวขณะเซ็ตตัวในการทดสอบอัตราการหล่อจึงเป็นอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ส่วนอัตราส่วนผสมอื่นมีคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. อัตราส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นต่ำที่สุดคือจุดที่ 39 ใช้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นร้อยละ 29.58 และอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นสูงที่สุดคือจุดที่ 13 ใช้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นร้อยละ 40.12 รองลงมาคือจุดที่ 14 ใช้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นร้อยละ 39.76

2. ความถ่วงจำเพาะของทุกอัตราส่วนผสมอยู่ระหว่าง 1.65-1.80 โดยอัตราส่วนผสมในจุดที่ 72 มีความถ่วงจำเพาะต่ำที่สุดคือ 1.65 และจุดที่ 10 มีความถ่วงจำเพาะสูงที่สุดคือ 1.72

3. อัตราส่วนผสมที่ใช้ปริมาณสารช่วยในการกระจายลอยตัวต่ำที่สุดคือจุดที่ 58 ซึ่งเท่ากับจุดที่ 74 โดยใช้ปริมาณสารช่วยในการกระจายลอยตัวร้อยละ 0.19 ส่วนอัตราส่วนผสมจุดที่ 72 ใช้ปริมาณสารช่วยในการกระจายลอยตัวสูงที่สุดคือร้อยละ 1.05

4. นอกจากอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแล้ว อัตราส่วนผสมทุกจุดมีความหนืดอยู่ระหว่าง 1-5 พอยซ์ โดยจุดที่ 9 มีความหนืดต่ำที่สุดคือ 2.3 พอยซ์ และอัตราส่วนผสมจุดที่ 3 มีความหนืดสูงที่สุดคือ 4.7 พอยซ์

5. อัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อที่ 5 นาทีสูงที่สุดคือจุดที่ 74 รองลงมาคือจุดที่ 9 และจุดที่ 8 ตามลำดับ โดยมีอัตราการหล่อที่ 5 นาที 1.50, 1.35 และ 1.30 เซ็นติเมตร ตามลำดับ ส่วนจุดที่ 3 และ 14 มีอัตราการหล่อที่ 5 นาที ต่ำที่สุดคือ 0.40 เซ็นติเมตร

อัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อที่ 10 นาทีสูงที่สุด 3 ลำดับแรกคือจุดที่ 73 เท่ากับจุดที่ 74 รองลงมาคือจุดที่ 72 และจุดที่ 9 ตามลำดับ คือมีอัตราการหล่อ 1.55, 1.50 และ 1.38 เซ็นติเมตร ตามลำดับ ส่วนจุดที่ 3 มีอัตราการหล่อที่ 10 นาทีต่ำที่สุดคือ 0.55 เซ็นติเมตร

อัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อที่ 20 นาทีสูงสุดที่คือจุดที่ 73 รองลงมาคือจุดที่ 74 และจุดที่ 72 ตามลำดับ คือมีอัตราการหล่อ 1.65, 1.63 และ 1.60 เซ็นติเมตร ตามลำดับ ส่วนจุดที่ 3 มีอัตราการหล่อที่ 20 นาทีต่ำที่สุดคือ 0.65 เซ็นติเมตร

6. อัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวก่อนเผาต่ำที่สุดคือจุดที่ 12 คือมีการหดตัวก่อนเผาร้อยละ 2.00 ส่วนอัตราส่วนผสมที่มีการหดตัวก่อนเผาสูงที่สุดคือจุดที่ 55 โดยมีการหดตัวก่อนเผาร้อยละ 6.97 รองลงมาคือจุดที่ 3 มีการหดตัวก่อนเผาร้อยละ 6.70 และลำดับที่ 3 คือจุดที่ 56 ซึ่งเท่ากับจุดที่ 72 มีการหดตัวก่อนเผาร้อยละ 6.00

ส่วนการหดตัวหลังเผานั้นอัตราส่วนผสมจุดที่ 74 มีการหดตัวหลังเผาต่ำที่สุดคือร้อยละ 4.59 และจุดที่ 3 มีการหดตัวหลังเผาสูงที่สุดคือร้อยละ 8.89

7. ด้านความแข็งแรงก่อนเผา อัตราส่วนผสมในจุดที่ 10 มีความแข็งแรงก่อนเผาต่ำที่สุดคือ 4.66 kg/cm^2 ส่วนจุดที่ 21 มีความแข็งแรงก่อนเผาสูงที่สุดคือ 29.65 kg/cm^2 รองลงมาคือจุดที่ 3 มีความแข็งแรงก่อนเผา 21.25 kg/cm^2 และลำดับที่ 3 คือจุดที่ 72 มีความแข็งแรงก่อนเผา 19.69 kg/cm^2

8. หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ทุกอัตราส่วนผสมสามารถทนไฟได้ และอัตราส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดคือจุดที่ 22 โดยมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 5.67 ส่วนจุดที่ 73 มีการดูดซึมน้ำสูงสุดคือร้อยละ 14.70 รองลงมาคือจุดที่ 21 มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 14.24

ตาราง 12 แสดงปริมาณรอยคะแนน และร้อยละของรอยคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ

จุดที่	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ(คน)	ปริมาณรอยคะแนน	ร้อยละ
52	3	1	33.33
55	3	3	100.00
56	3	3	100.00
57	3	1	33.33
70	3	1	33.33
71	3	2	66.67
72	3	2	66.67
73	3	1	33.33
74	3	1	33.33

จากตาราง 12 พบว่าผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมจุดที่ 55 และจุดที่ 56 เท่ากันคือจำนวน 3 รอยคะแนน ผู้วิจัยจึงได้สอบถามผู้เชี่ยวชาญโดย ให้เลือกเพียงจุดเดียว พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน เลือกอัตราส่วนผสมจุดที่ 56 ให้เป็นอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด

ผลการทดลองตอนที่ 2 เมื่อนำอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อจากการพิจารณาเลือกของผู้เชี่ยวชาญในการทดลองตอนที่ 1 มาทดลองเพื่อหาเคลือบที่เหมาะสม โดยศึกษาคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ ระหว่างดินแดงนครศรีธรรมราช หินฟันม้านครศรีธรรมราช หินปูน ทรายขาวสงขลา หินสบู่ และสังกะสีออกไซด์ เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น ผลการทดลองแสดงรายละเอียดตามตาราง 13

ตาราง 13 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำเคลือบโดยพิจารณาความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1

จุดที่	คุณสมบัติของเคลือบ							
	ความมัน			จุดสุกตัว			การหดและขยายตัว	
	ด้าน	กึ่งด้านกึ่งมัน	มันแวววาว	ไม่หลอม	หลอม	ไหลตัว	ราน	ไม่ราน
1		/			/			/
2		/			/			/
3	/				/			/
4	/				/			/
5		/			/			/
6	/				/			/
7	/				/			/
8	/				/			/
9	/				/			/
10	/				/			/
11	/				/			/
12	/				/			/
13	/				/			/
14	/				/			/
15	/				/			/
16	/				/			/

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	คุณสมบัติของเคลือบ							
	ความมัน			จุดสุกตัว			การหดและขยายตัว	
	ด้าน	กึ่งด้าน กึ่งมัน	มัน แวววาว	ไม่หลอม	หลอม	ไหลตัว	ราน	ไม่ราน
17		/			/			/
18		/			/			/
19		/			/			/
20		/			/			/
21	/				/			/
22	/				/			/
23		/			/			/
24		/			/			/
25		/			/			/
26		/			/			/
27		/			/			/
28		/			/			/
29		/			/			/
30		/			/			/
31		/			/			/
32		/			/			/
33	/				/			/

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	คุณสมบัติของเคลือบ							
	ความมัน			จุดสุกตัว			การหดและขยายตัว	
	ด้าน	กึ่งด้าน กึ่งมัน	มัน แวววาว	ไม่หลอม	หลอม	ไหลตัว	ราน	ไม่ราน
34	/				/			/
35		/			/			/
36		/			/			/
37		/			/			/
38	/				/			/
39	/				/			/
40	/				/			/
41	/				/			/
42	/				/			/
43	/				/			/
44	/				/			/
45	/				/			/
46	/				/			/
47	/				/			/
48	/				/			/
49			/		/			/
50			/		/			/

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	คุณสมบัติของเคลือบ							
	ความมัน			จุดสุกตัว			การหดและขยายตัว	
	ด้าน	กึ่งด้าน กึ่งมัน	มัน แวววาว	ไม่หลอม	หลอม	ไหลตัว	ราน	ไม่ราน
51			/		/			/
52			/		/			/
53			/		/			/
54			/		/			/
55		/			/			/
56			/		/			/
57			/		/			/
58			/		/			/
59			/		/			/
60			/		/			/
61			/		/			/
62	/				/			/
63	/				/			/
64	/				/			/
65	/				/			/
66		/			/			/
67			/		/			/

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	คุณสมบัติของเคลือบ							
	ความมัน			จุดสุกตัว			การหดและขยายตัว	
	ด้าน	กึ่งด้าน กึ่งมัน	มัน แวววาว	ไม่หลอม	หลอม	ไหลตัว	ราน	ไม่ราน
68			/		/			/
69			/		/			/
70			/		/			/
71			/		/			/
72			/		/		/	
73			/		/		/	
74			/		/		/	
75			/		/			/
76			/		/			/
77		/			/			/
78	/				/			/
79	/				/			/
80	/				/			/
81	/				/			/

จากตาราง 13 แสดงว่าอัตราส่วนผสมของเคลือบที่เผา 1,200 องศาเซลเซียส แล้ว ลักษณะผิวเคลือบด้านมีจำนวน 36 อัตราส่วนผสม คือจุดที่ 3, 4, 6-16, 21, 22, 33, 34, 38-48, 62-65 และ 78-81 ส่วนจุดที่ 1, 2, 5, 17-20, 23-32, 35-37, 55, 66 และ 77 รวม 23 อัตราส่วนผสมมีลักษณะผิวเคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน ส่วนอัตราส่วนผสมของเคลือบหลังเผาที่ 1,200 องศาเซลเซียสแล้ว ผิวมันแววววาวคือจุดที่ 49-54, 56-61 และ 67-76 รวม 22 อัตราส่วนผสม

นอกจากนี้พบว่าทุกอัตราส่วนผสมของเคลือบสามารถสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส โดยทุกอัตราส่วนผสมหลอมละลาย และเมื่อพิจารณาการหดและการขยายตัวของเคลือบหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่าเคลือบจำนวน 78 อัตราส่วนผสม มีความเหมาะสมกับเนื้อดินปั้น คือไม่ราน ส่วนอีก 3 อัตราส่วนผสม ได้แก่จุดที่ 72 , 73 และ 74 หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสมีการราน

<u>ข้อสังเกตุในการทดลอง</u>

ในการทดลองมีข้อสังเกตุ คือเมื่อปรับคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อ ในจุดที่ 56 เพื่อใช้ในการหล่อผลิตภัณฑ์ แล้วเก็บเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อไว้ในภาชนะปิดฝามิดชิด นาน 2 สัปดาห์ แล้วจึงนำกลับมาหล่อแบบอีกครั้งหนึ่ง พบว่ามีสภาพการหล่อดีขึ้น นั่นคือสามารถหล่อได้โดยไม่แตกร้าวและหลุดร่อนจากแบบได้ง่าย

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช ให้เป็นเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และศึกษาเคลือบที่เหมาะสม

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

การทดลองมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาคุณสมบัติการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นระหว่างดินแดง ดินขาว หินฟันม้า และทรายขาว จำนวน 81 อัตราส่วนผสม และให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดมาศึกษาคุณสมบัติของน้ำเคลือบ ที่ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินแดง หินฟันม้า ทรายขาว หินปูน หินสบู่ และสังกะสีออกไซด์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น ได้แก่ ความมัน จุดสุกตัว และการหดและการขยายตัวระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ใช้ตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ซึ่งประกอบด้วยดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช ร้อยละ 5-45 ดินขาวจังหวัดระนอง ร้อยละ 5-45 หินฟันม้าจังหวัดนครศรีธรรมราช ร้อยละ 5-45 และทรายขาวสงขลาร้อยละ 5-45 และนำมาศึกษาคุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญเลือกอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองตอนที่ 2

ตอนที่ 2 นำอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 มาทดลองกับน้ำเคลือบเพื่อพิจารณาหาเคลือบที่เหมาะสม โดยใช้ตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าหาอัตราส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งประกอบด้วยดินแดง จังหวัดนครศรีธรรมราช ร้อยละ 5-45 หินฟันม้าจังหวัดนครศรีธรรมราชร้อยละ 5-45 ทรายขาวจังหวัดสงขลาร้อยละ 5-45 หินปูนจังหวันครศรีธรรมราชร้อยละ 5-45 และเพิ่มหินสบู่ร้อยละ 3 สังกะสีออกไซด์ร้อยละ 6 ลงในทุกอัตราส่วนผสม หลังจากนั้น จึงพิจารณาความเหมาะสมระหว่าง น้ำเคลือบ และเนื้อดินปั้นหลังเผาที่

1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยเตาไฟฟ้า เตาอบ เครื่องชั่งไฟฟ้า เครื่องกวนผสม โกร่งไฟฟ้า เครื่องทดสอบความหนืด (เครื่องบรุคฟิลด์) เครื่องทดสอบความแข็งแรงแบบพิมพ์ปลาสเตอร์สำหรับทำชิ้นทดลอง ทำแท่งทดสอบการหดตัว แท่งทดสอบความแข็งแรง และแบบพิมพ์ปลาสเตอร์สำหรับทดสอบอัตราการหล่อ นอกจากนี้มีเวอร์เนีย ตะแกรงร่อนหมายเลข 100 เซกเกอร์โคนหมายเลข 6 และถ้วยตวง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อ ได้แก่ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช ดินขาวจังหวัดระนอง ทรายขาวจังหวัดสงขลา และหินฟันม้าจังหวัดนครศรีธรรมราช

2. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ ได้แก่ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช หินฟันม้าจังหวัดนครศรีธรรมราช ทรายขาวจังหวัดสงขลา หินปูนจังหวัดนครศรีธรรมราช หินสบู่และสังกะสีออกไซด์ชนิดที่ใช้ทางการค้าทั่วไป

การดำเนินการทดลอง

การทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยแต่ละตอนมีลำดับขั้นการทดลองดังนี้คือ

<u>การทดลองตอนที่ 1</u> มีลำดับขั้นการทดลองคือ

1. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น
2. เติมน้ำเพื่อปรับความถ่วงจำเพาะให้ได้ 1.65-1.80
3. ปรับความหนืดให้ได้ 1-5 พอยซ์ โดยเติมโซเดียมซิลิเกต

4. ทดสอบอัตราการหล่อ

5. นำอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมาทดสอบการหดตัวก่อนเผาและความแข็งแรงก่อนเผา

6. เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน

7. ทดสอบคุณสมบัติหลังเผา ได้แก่ การหดตัว ความทนไฟ และการดูดซึมน้ำ

8. พิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน หลังจากนั้นนำอัตราส่วนผสมมาเตรียมเป็นชิ้นทดลอง เผาที่ 800 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองตอนที่ 2

<u>การทดลองตอนที่ 2</u> มีลำดับขั้นการทดลองคือ

1. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ

2. เติมน้ำเพื่อปรับความถ่วงจำเพาะให้ได้ 1.40-1.50

3. บดและกรองผ่านตะแกรงหมายเลข 100

4. นำชิ้นทดลองจากตอนที่ 1 มาชุบเคลือบโดยวิธีจุ่ม

5. เผาที่ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน

6. พิจารณาความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบกับเนื้อดินปั้น โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน

✳ <u>ผลการทดลอง</u>

จากการทดลองได้ผลการทดลองในแต่ละตอนดังต่อไปนี้

<u>ผลการทดลองตอนที่ 1</u> เมื่อทดสอบคุณสมบัติเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นระหว่างดินแดงร้อยละ 5-45 ผสมกับดินขาวร้อยละ 5-45 หินฟันม้าร้อยละ 5-45 และทรายขาวร้อยละ 5-45 จำนวน 81 อัตราส่วนผสม และทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ซึ่งผลการทดลองพบว่า

1. อัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ เพราะมีความหนืดมากกว่า 5 พอยซ์ หรือมีการแตกร้าวขณะเช็ดตัวในการทดสอบอัตราการหล่อ ได้แก่จุดที่ 1, 2,

16-20, 25-29, 35-38, 42-49, 53-54, 59-69 และ 75-81 รวม 44 อัตราส่วนผสม

2. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อจำนวน 37 อัตราส่วนผสม ใช้น้ำในการขึ้นรูปอยู่ระหว่างร้อยละ 29.00-41.00 โดยจุดที่ 39 ใช้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นต่ำที่สุด (ร้อยละ 29.58) ส่วนจุดที่ใช้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นสูงที่สุดคือจุดที่ 13 (ร้อยละ 40.12) และมีอัตราส่วนผสมที่ใช้น้ำในการขึ้นรูปร้อยละ 30.00-40.00 ถึงจำนวน 35 อัตราส่วนผสม คือ จุดที่ 3, 4, 5-12, 14, 15, 21-24, 30-34, 40, 41, 50-52, 55-58 และ 71-74 และจำนวน 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้น้ำในการขึ้นรูป มากกว่าร้อยละ 40.00 ได้แก่จุดที่ 13 ส่วนอัตราส่วนผสมที่ใช้น้ำในการขึ้นรูปต่ำกว่าร้อยละ 30.00 มีเพียงอัตราส่วนผสมเดียว คือจุดที่ 39

3. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อทุกอัตราส่วนผสมมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.65-1.80 โดยจุดที่ 72 มีความถ่วงจำเพาะต่ำที่สุดคือ 1.65 และจุดที่ 10 มีความถ่วงจำเพาะสูงที่สุดคือ 1.72 รองลงมาคือจุดที่ 11 มีความถ่วงจำเพาะ 1.71 นอกจากนี้ทุกอัตราส่วนผสมมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.65-1.70

4. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ใช้ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 0.19-1.05 โดยอัตราส่วนผสมที่ใช้ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวต่ำที่สุดคือจุดที่ 58 และ 74 (ร้อยละ 0.19) และจุดที่ 72 ใช้ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวสูงที่สุด (ร้อยละ 1.05)

5. อัตราส่วนผสมที่มีความหนืดต่ำที่สุดคือจุดที่ 9 มีความหนืด 2.3 พอยซ์ ส่วนจุดที่ 3 มีความหนืดสูงที่สุดคือ 4.7 พอยซ์ โดยอัตราส่วนผสมที่มีความหนืดอยู่ระหว่าง 3-4 พอยซ์มีจำนวน 21 อัตราส่วนผสมคือจุดที่ 5, 6, 13, 14, 22-24, 31-33, 40-41, 50, 56-58 และ 70-74 อีก 9 อัตราส่วนผสมมีความหนืดอยู่ระหว่าง 4-5 พอยซ์ ได้แก่จุดที่ 3, 4, 15, 21, 34, 39, 51, 52 และ 55 และอีกจำนวน 7 อัตราส่วนผสมมีความหนืดอยู่ระหว่าง 2-3 พอยซ์ ได้แก่จุดที่ 7-12 และจุดที่ 30

6. อัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อที่ 5 นาทีสูงที่สุดเป็นจุดที่ 74 คือ 1.50 เซ็นติเมตร ส่วนจุดที่ 3 และ 14 มีอัตราการหล่อต่ำที่สุดคือ 0.40 เซ็นติเมตร ที่ 10 นาทีอัตราส่วนผสมที่มีอัตราการหล่อสูงที่สุดคือจุดที่ 73 และ 74 มีอัตราการหล่อ 1.55 เซ็นติเมตร ส่วนจุดที่ 3

มีอัตราการหล่อต่ำที่สุดคือ 0.55 เซ็นติเมตร ส่วนที่ 20 นาที จุดที่ 73 มีอัตราการหล่อ 1.65 เซ็นติเมตร ซึ่งเป็นอัตราการหล่อที่สูงที่สุด ส่วนจุดที่ 3 มีอัตราการหล่อต่ำที่สุดคือ 0.65 เซ็นติเมตร

7. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อทุกอัตราส่วนผสมจะมีการหดตัวก่อนเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 2.00-6.97 โดยจุดที่ 12 มีการหดตัวก่อนเผาต่ำที่สุด (ร้อยละ 2.00) และจุดที่ 56 มีการหดตัวก่อนเผาสูงที่สุด (ร้อยละ 6.97) ส่วนการหดตัวหลังเผาจะอยู่ระหว่างร้อยละ 4.59-8.89 โดยจุดที่ 74 มีการหดตัวหลังเผาต่ำที่สุด (ร้อยละ 4.59) และจุดที่ 3 มีการหดตัวหลังเผาสูงที่สุด คือร้อยละ 8.89

8. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมีความแข็งแรงก่อนเผาอยู่ระหว่าง 4.66-29.65 kg/cm^2 โดยจุดที่ 10 มีความแข็งแรงก่อนเผาต่ำที่สุด (4.66 kg/cm^2) และจุดที่ 21 มีความแข็งแรงก่อนเผาสูงที่สุด (29.65 kg/cm^2)

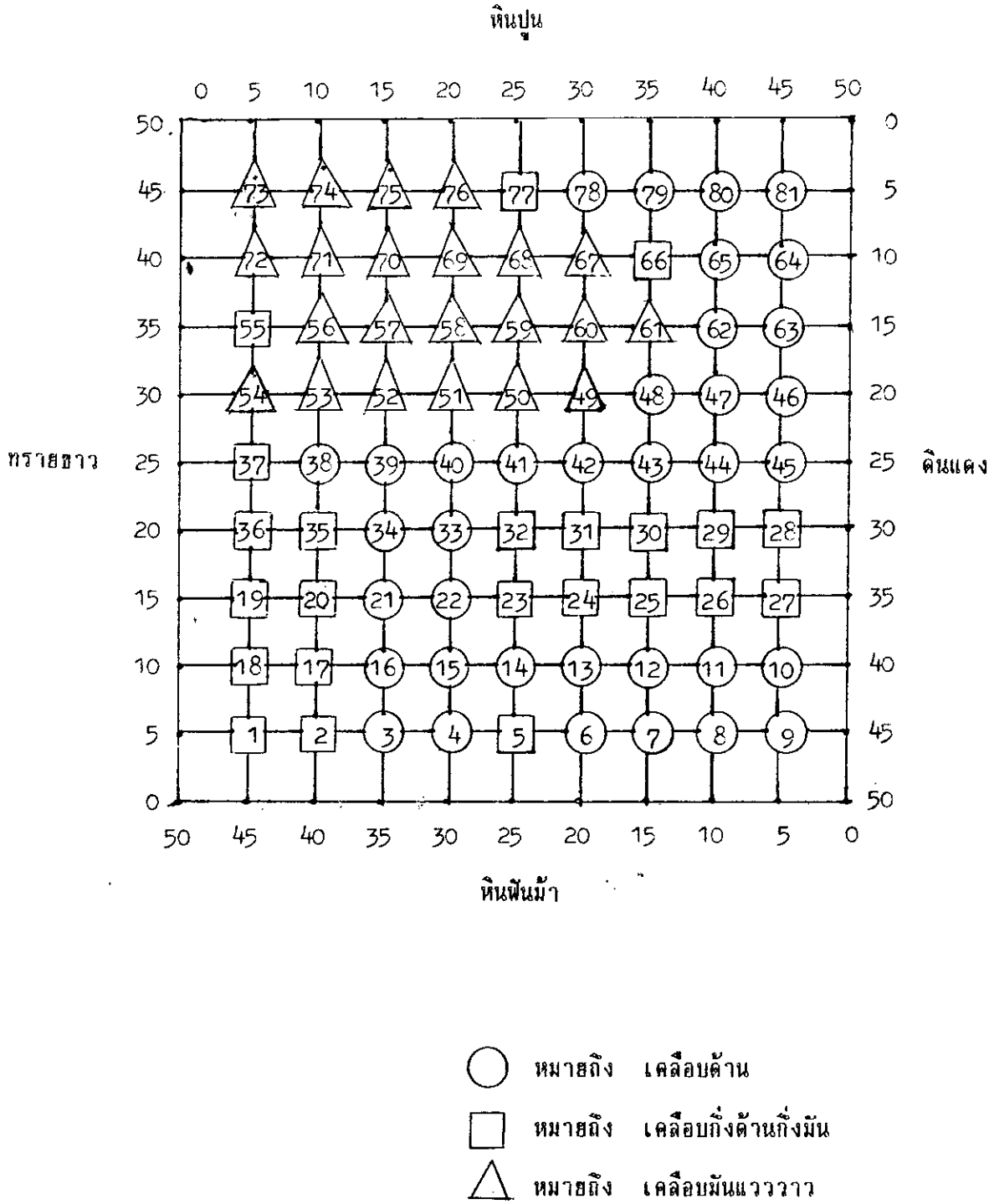
9. ทุกอัตราส่วนผสมสามารถทนไฟได้ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส และหลังเผาจุดที่ 22 มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดคือร้อยละ 5.67 ส่วนจุดที่ 73 มีการดูดซึมน้ำสูงที่สุดคือร้อยละ 14.70

จากผลการทดลองตอนที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านได้เลือกอัตราส่วนผสมในจุดที่ 56 ให้เป็นอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ซึ่งจุดที่ 56 ประกอบด้วยดินแดงร้อยละ 40 ดินขาวร้อยละ 15 หินฟันม้าร้อยละ 10 และทรายขาวร้อยละ 35 มีน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นร้อยละ 37.50 ความถ่วงจำเพาะ 1.69 ใช้ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวร้อยละ 0.22 ความหนืด 3.8 พอยซ์ มีอัตราการหล่อที่ 5 นาที 1.00 เซ็นติเมตร ที่ 10 นาที 1.10 เซ็นติเมตร และที่ 20 นาที 1.45 เซ็นติเมตร ตามลำดับ มีการหดตัวก่อนเผาร้อยละ 6.00 และมีความแข็งแรงก่อนเผา 13.18 kg/cm^2 ภายหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส มีการหดตัวร้อยละ 6.17 ดูดซึมน้ำร้อยละ 13.49 และสามารถทนอุณหภูมิการเผาที่ 1,200 องศาเซลเซียส

<u>ผลการทดลองตอนที่ 2</u> เมื่อทดสอบคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบระหว่างดินแดงร้อยละ 5-45 หินฟันม้าร้อยละ 5-45 ทรายขาวร้อยละ 5-45 หินปูนร้อยละ 5-45 และเพิ่มหินสบู่ร้อยละ 3 และสังกะสีออกไซด์ร้อยละ 6 ลงในทุกอัตราส่วนผสม โดยพิจารณา

ความเหมาะสมระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน ผลการทดลองพบว่า ทุกอัตราส่วนผสมของเคลือบสามารถสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสเมื่อพิจารณาการหลอมละลาย และมีเคลือบจำนวน 78 อัตราส่วนผสมมีความเหมาะสมกับเนื้อดินปั้น ส่วนเคลือบอีก 3 อัตราส่วนผสม ได้แก่จุดที่ 72 ,73 และ 74 ไม่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้น เมื่อพิจารณาที่การราน ส่วนคุณสมบัติด้านความมันของเคลือบพบว่าผิวเคลือบหลังเผาที่มีความมันแวววาวมีจำนวน 22 อัตราส่วนผสมคือจุดที่ 49-54, 56-61 และ 67-76 อีก 23 อัตราส่วนผสมมีผิวเคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน ได้แก่จุดที่ 1, 2, 5, 17-20, 23-32, 35-37, 55 ,66 และ 77 ที่เหลืออีกจำนวน 36 อัตราส่วนผสม ได้แก่จุดที่ 3, 4, 6-16, 21, 22, 33, 34, 38-48, 62-65 และ 78-81มีลักษณะผิวเคลือบด้าน

จากผลการทดลองตอนที่ 2 ผู้วิจัยเลือกอัตราส่วนผสมของเคลือบในจุดที่ 58 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมระหว่างดินแดงท้องถิ่นร้อยละ 15 หินฟันม้าร้อยละ 30 ทรายขาวร้อยละ 35 หินปูนร้อยละ 20 และเพิ่มหินสบู่ร้อยละ 3 และสังกะสีออกไซด์ร้อยละ 6 โดยเลือกมาเพื่อใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจุดที่ 56 มาขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อเป็นแจกันและของชำร่วยรวมจำนวน 3 ชิ้น ผลการปฏิบัติ พบว่าเนื้อดินปั้นสามารถหล่อแจกันและของชำร่วยขนาดและรูปทรงต่าง ๆ กันได้ดี เมื่อผลิตภัณฑ์แห้งมีความแข็งแรง เคลื่อนย้าย ตกแต่งได้อย่างสะดวก หลังเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ผิวเคลือบมันวาว ไม่พบรอยราน ส่วนผลิตภัณฑ์มีความบิดเบี้ยวเพียงเล็กน้อย สีของผลิตภัณฑ์แตกต่างจากสีของชิ้นทดลองที่ใช้ทดลองในตอนที่ 2 ✓



ภาพประกอบ 16 แสดงลักษณะความมันของเคลือบจุดต่าง ๆ ในตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน

อภิปรายผล

จากการทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อและน้ำเคลือบที่เหมาะสม การอภิปรายผลการทดลองมีดังนี้

1. เมื่อพิจารณาวัตถุดิบที่เป็นอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นพบว่ามีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นทั้งก่อนเผาและหลังเผาดังต่อไปนี้

1.1 ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราชมีผลทำให้เนื้อดินปั้นมีการหดตัวเมื่อแห้งสูงขึ้น สังเกตุได้จากการเปรียบเทียบผลการทดลองของอัตราส่วนผสมในแนวนอนของตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าที่มีอัตราส่วนผสมของดินแดงต่างกัน เช่นจุดที่ 3 มีดินแดงร้อยละ 35 มีการหดตัวก่อนเผาร้อยละ 6.70 ซึ่งสูงกว่าการหดตัวเมื่อแห้งของจุดที่ 9 ซึ่งมีดินแดงร้อยละ 5 การหดตัวร้อยละ 2.68 หรือจุดที่ 15 ที่มีดินแดงร้อยละ 30 มีการหดตัวก่อนเผาร้อยละ 6.00 เปรียบเทียบกับจุดที่ 10 ในแนวนอนเดียวกัน ซึ่งมีดินแดงร้อยละ 5 มีการหดตัวหลังเผาร้อยละ 2.13 ทั้งนี้เนื่องมาจากดินแดงเป็นดินที่มีความเหนียวมาก อนุภาคของเม็ดดินมีความละเอียด ดังนั้นการหดตัวเมื่อแห้งจึงสูง และเพราะความละเอียดนี้เอง เป็นผลให้ ความแข็งแรงเมื่อแห้งสูงตามอัตราส่วนผสมของดินแดง ที่เพิ่มขึ้นด้วย พิจารณาได้จากการเปรียบเทียบความแข็งแรงเมื่อแห้งของอัตราส่วนผสมที่มีดินแดงมากน้อยต่างกัน ในแนวนอนเดียวกัน เช่น จุดที่ 3 มีความแข็งแรงเมื่อแห้ง 21.25 kg/cm^2 (ดินแดงร้อยละ 35)ซึ่งมีความแข็งแรงสูงกว่าจุดที่ 9 ที่มีดินแดงร้อยละ 5 มีความแข็งแรงเมื่อแห้ง 5.51 kg/cm^2 หรือจุดที่ 21 มีดินแดงร้อยละ 35 มีความแข็งแรงเมื่อแห้ง 29.65 kg/cm^2 ซึ่งสูงกว่าจุดที่ 24 ที่มีความแข็งแรงเมื่อแห้ง 10.59 kg/cm^2 (ดินแดงร้อยละ 20)

และด้วยเหตุผลที่ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราชมีความเหนียวสูงนี้เอง เป็นผลให้อัตราส่วนผสมที่มีปริมาณดินแดงสูง มีความหนืดมาก และไม่สามารถปรับให้มีความหนืดเหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อได้ โดยเนื้อดินปั้นที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อหากมีความหนืดสูงจะทำให้การเทน้ำดินออกจากแบบพิมพ์เป็นไปด้วยความลำบาก และผิวด้านในของผลิตภัณฑ์ไม่เรียบ (ปรีดา พิมพ์ชาวช่า. 2532 : 120,133) ซึ่งอัตราส่วนผสมในการทดลองที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้ เช่นจุดที่ 1, 18, 19, 36, 37, 54 มีดินแดงในอัตราส่วนผสมร้อยละ 45 และ

จุดที่ 2, 17, 20, 35, 38 ที่มีดินแดง ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 40 เป็นต้น

1.2 หินฟันม้ามีผลทำให้เนื้อดินปั้นมีจุดสุกตัวต่ำลง โดยพิจารณาได้จากความพรุนตัวหรือทดสอบโดยการหาการดูดซึมน้ำหลังเผา ซึ่งเคนนี (Kenny. 1949 : 158) ได้ข้อค้นพบที่สนับสนุนเหตุผลนี้ ที่ว่าความพรุนตัวของเนื้อดินปั้นเป็นคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่จะช่วยให้ทราบว่าเนื้อดินปั้นเผาถึงจุดสุกตัวหรือไม่ ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงสอดคล้องกับข้อค้นพบของเคนนี และสอดคล้องกับคุณสมบัติของหินฟันม้า ที่ช่วยลดจุดหลอมละลาย หากมีหินฟันม้าในอัตราส่วนผสมมากจุดสุกตัวก็จะลดลง พิจารณาจากการดูดซึมน้ำหลังเผาต่ำ ตรงข้ามกับ อัตราส่วนผสมที่มีหินฟันม้าน้อย จุดสุกตัวจะสูง การดูดซึมน้ำหลังเผาจึงสูงเมื่อเผาที่อุณหภูมิเดียวกัน เช่น เมื่อพิจารณาผลการทดลองของอัตราส่วนผสมในแนวนอนเดียวกันจุดที่มีหินฟันม้าสูงเช่นจุดที่ 9 (หินฟันม้าร้อยละ 45) มีร้อยละการดูดซึมน้ำ 8.71 ซึ่งต่ำกว่าจุดที่ 3 ที่มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 12.92 (หินฟันม้าร้อยละ 15) หรือจุดที่ 10 (หินฟันม้าร้อยละ 45) มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 7.14 จะต่ำกว่าการดูดซึมน้ำของจุดที่ 15 ที่มีหินฟันม้าร้อยละ 20 การดูดซึมน้ำร้อยละ 12.39 เป็นต้น

1.3 เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมในแนวตั้งพบว่า อัตราส่วนผสมที่มีทรายขาวสูงมีการหดตัวหลังเผาต่ำกว่าอัตราส่วนผสมที่มีทรายขาวต่ำ ดังเช่นจุดที่ 53 มีทรายขาวร้อยละ 45 มีการหดตัวหลังเผาร้อยละ 5.78 ซึ่งต่ำกว่าจุดที่ 55 ที่มีทรายขาวร้อยละ 35 มีการหดตัวหลังเผาร้อยละ 6.34 หรือจุดที่ 70 (ทรายขาวร้อยละ 40) มีการหดตัวหลังเผาร้อยละ 5.26 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 3 (ทรายขาวร้อยละ 5) คือมีการหดตัวหลังเผาร้อยละ 8.89 ทั้งนี้เป็นเพราะทรายขาวมีคุณสมบัติเป็นโครงสร้างและช่วยลดการหดตัวของเนื้อดินปั้น

คุณสมบัติหนึ่งของทรายขาวคือมีความทนไฟสูง (1,800 องศาเซลเซียส) ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้เนื้อดินปั้นมีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิสูงโดยพิจารณาที่การดูดซึมน้ำหลังเผาแต่ในการทดลองนี้เราไม่สามารถนำผลการทดลองมาสนับสนุนคุณสมบัตินี้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่อัตราส่วนผสมของทรายขาวลดลง ก็จะมีดินขาวจังหวัดระนองเข้ามาแทนที่อัตราส่วนผสมของทรายขาวทุกจุดซึ่งดินขาวจังหวัดระนองเองก็มีคุณสมบัติทนไฟได้สูงเช่นเดียวกัน (1,500 องศาเซลเซียส) จึงไม่สามารถพิจารณาเห็นความแตกต่างของการดูดซึมน้ำ ที่เป็นผลจากปริมาณทรายขาวที่แตกต่างกันได้

1.4 นอกจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่กล่าวข้างต้นแล้ว ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่ช่วยให้เนื้อดินปั้นมีความเหนียวอีกตัวหนึ่ง แต่เป็นดินที่มีความเหนียวต่ำมาก อนุภาคมีขนาดใหญ่ ดังนั้นหากอัตราส่วนผสมใดมีหินฟันม้าและทรายขาวซึ่งเป็นวัตถุดิบประเภทหินที่ไม่มีความเหนียวอยู่มาก แต่มีดินแดงและดินขาวอยู่น้อย จะทำให้เนื้อดินปั้นจุดนั้นมีความเหนียวไม่เพียงพอที่จะใช้ขึ้นรูปได้ จึงเกิดการแตกร้าว เพราะอนุภาคไม่จับตัวกันดังเช่นจุดที่ 75-81 ซึ่งมีดินแดงและดินขาวรวมกันเพียงร้อยละ 40, 35, 30, 25, 20, 15 และ 10 ตามลำดับ หรือแม้กระทั่งอัตราส่วนผสมใดมีปริมาณของดินซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีความเหนียวเพียงพอแต่เป็นดินขาวมาก และดินแดงน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมโดยรวม ก็จะทำให้เนื้อดินปั้นจุดนั้นมีความเหนียวไม่เพียงพอเช่นเดียวกัน เช่นจุดที่ 15 มีดินขาวและดินแดงรวมกันร้อยละ 50 แต่มีดินแดงเพียงร้อยละ 15 หรือจุดที่ 10 ที่มีดินแดงเพียงร้อยละ 10 เป็นต้น

นอกจากนี้ดินขาวยังมีผลกระทบอย่างมากต่อสีของเนื้อดินปั้นหลังเผา ซึ่งดินขาวระนอง จะทำให้สีของดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราชซีดจางลง โดยที่ผลการทดลองมิได้เสนอไว้แต่นอกจากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ทดสอบแล้วสีของเนื้อดินปั้นหลังเผานี้เองเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเลือก ซึ่งพิจารณาจากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ถูกเลือกจะมีดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราชในอัตราส่วนผสมอยู่ระหว่างร้อยละ 35-45 และมีดินขาวจังหวัดระนองร้อยละ 5-15 โดยสีหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะเป็นสีส้มสดถึงสีส้มแดงทั้งสิ้น

2. จากการพิจารณาผลการทดลองอัตราส่วนผสมของเคลือบระหว่างดินแดง หินฟันม้า ทรายขาว หินปูน หินสบู่ และสังกะสีออกไซด์ เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน สามารถอภิปรายผลการทดลองได้ดังนี้

2.1 จากผลการทดลองสังเกตุได้ว่า หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ผิวเคลือบที่มีลักษณะด้าน และกึ่งด้านกึ่งมัน ทำให้ไม่เห็นสีของเนื้อดินได้ชัดเจน โดยพบอัตราส่วนผสมที่ทำให้เกิดผิวเคลือบลักษณะดังกล่าว จำนวน 60 อัตราส่วนผสม โดยมีจำนวน 45 อัตราส่วนผสม อยู่ส่วนล่างของตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า คือจุดที่ 1-45 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุดที่ 1-45 มีดินแดงในอัตราส่วนผสมอยู่ระหว่างร้อยละ 25-40 ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเกินไป สอดคล้องกับ สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์(2531 : 18) และปรีชา นิมพ์ขาวชำ(2530 : 20-21) ที่กล่าวว่า ปริมาณดินในเคลือบควรมีเพียงร้อยละ 5-15 เพื่อช่วยให้เคลือบกระจายลอยตัว

และเกาะผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี หากมีมากกว่านี้อาจเป็นผลเสียต่อเคลือบได้ และสอดคล้องกับข้อค้นพบของศิริชัย โพธิตาปนะ(ม.ป.ป.) ที่ทดลองทำเคลือบจากดินเหนียวปากเกร็ด และพบว่าในเคลือบที่มีดินเหนียวร้อยละ 44-45 เคลือบจะไม่สุก เมื่อลดดินเหนียวลง เคลือบสุกแต่มีผิวด้าน

นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากจุดที่ 1-45 มีทรายในอัตราส่วนผสมน้อยเกินไป คือมีร้อยละ 5-25 ซึ่งตามปกติแล้วทรายมีคุณสมบัติหนึ่งที่ช่วยให้เคลือบมันแวววาว และควรมีอยู่ในอัตราส่วนผสมของเคลือบร้อยละ 25-30 (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537 : 19)

2.2 ด้านขวาของตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า ซึ่งได้แก่อัตราส่วนผสมที่มีหินฟันม้าอยู่ระหว่างร้อยละ 5-20 หินปูนอยู่ระหว่างร้อยละ 30-45 มีลักษณะผิวเคลือบด้านและกึ่งด้านกึ่งมัน อาจเนื่องมาจากอัตราส่วนผสมดังกล่าวมีหินฟันม้าน้อยเกินไป ซึ่งในเคลือบ หินฟันม้ามีคุณสมบัติสำคัญคือ เป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัว หรือช่วยลดจุดหลอมละลาย คุณสมบัตินี้เองที่ช่วยให้น้ำเคลือบที่มีหินฟันม้าในอัตราส่วนที่เหมาะสมมีการหลอมละลายในอุณหภูมิที่ต้องการได้ แต่เราสามารถทดแทนการใช้หินฟันม้าได้ด้วย ตัวลดจุดหลอมละลายตัวอื่น ซึ่งหินปูน เป็นวัตถุดิบตัวหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นตัวลดจุดหลอมละลายเช่นเดียวกัน แต่ต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม ดังเช่นที่ศิริชัย โพธิตาปนะ(ม.ป.ป.) ทำการทดลองพบว่าการใช้หินปูนแทน หินฟันม้าบางส่วน ช่วยให้เคลือบหลอมละลายเป็นมัน แต่ไม่ควรใช้หินปูนมากเกินไปจะทำให้กลายเป็นตัวทนไฟได้ ซึ่งควรใช้หินปูนประมาณร้อยละ 15-25 (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537 : 18)

จากข้อสนับสนุนดังกล่าว จึงกล่าวได้ว่าอัตราส่วนผสมในการทดลองจุดที่มีหินปูนร้อยละ 30-45 หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เกิดเป็นเคลือบด้าน หรือ กึ่งด้านกึ่งมัน สาเหตุหนึ่งก็คือมีหินปูนในอัตราส่วนผสมมากเกินไป

2.3 อัตราส่วนผสมที่มีลักษณะผิวเคลือบหลังเผามันแวววาว และเห็นสีของเนื้อดินปั้น ประกอบด้วยหินปูนร้อยละ 5-30 หินฟันม้าร้อยละ 20-45 ทรายขาวร้อยละ 30-45 และดินแดงร้อยละ 5-20 รวมทั้งหินสบู่ร้อยละ 3 และสังกะสีออกไซด์ร้อยละ 6 ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นสูตรเอ็มไพริคัลพบว่า อัตราส่วนระหว่าง Al_2O_3 :SiO_2 = 1:7.5-12.09 ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวสอดคล้องกับ สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์(2531 : 17) และปรีชา พิมพ์ขาวช่ำ(2530 :20) ที่กล่าวว่าเคลือบที่มีอัตราส่วนระหว่าง Al_2O_3 ; SiO_2 = 1: 7-12 จะเป็นเคลือบที่มันแวววาว

3. จากการทดลองหล่อผลิตภัณฑ์จากอัตราส่วนผสมจุดที่ 56 พบว่าเมื่อเก็บเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด นาน 2 สัปดาห์ สามารถหล่อผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่านั่นคือสามารถหล่อได้โดยไม่แตกร้าว และหลุดร่อนจากแบบได้ง่าย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อไว้นั้น สารช่วยกระจายลอยตัวเข้าทำปฏิกริยาได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้น้ำดินมีการไหลตัว และคุณสมบัติเพื่อการหล่อดีขึ้น ดังที่ดนัย อารยะพงศ์(2532 : 45) ได้เสนอไว้ว่าควรมีการหมัก (aging)เนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อที่ปรับคุณสมบัติได้ตามต้องแล้วไว้ 1 วัน โดยใช้แผ่นพลาสติกใสคลุมไว้ ใช้ยางรัดให้แน่นป้องกันน้ำระเหยออก เพื่อให้สารช่วยกระจายลอยตัวทำปฏิกริยาดีขึ้นและเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อเกิดความเหนียวมากขึ้น

4. จากการทดลองหล่อผลิตภัณฑ์จากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจุดที่ 56 และเคลือบด้วยอัตราส่วนผสมของเคลือบจุดที่ 58 หลังจากเปรียบเทียบสีของเนื้อดินปั้น กับชิ้นทดลองที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2 แล้วแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคุณสมบัติของดินแดงในเรื่องของปริมาณแร่เหล็กในเนื้อดินไม่คงที่ ซึ่งสังเกตุได้จากลักษณะของก้อนดินที่นำมาใช้จะมีสีแตกต่างกัน บ้างมีปริมาณแร่เหล็กมากก็จะมีสีน้ำตาลในก้อนดินมาก แต่บางก้อนก็มีสีน้ำตาลในก้อนดินน้อย ซึ่งลักษณะนี้เองน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติเรื่องสีของเนื้อดินปั้นหลังเผาแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ทวี พรหมพฤกษ์(2523 : 58) ที่กล่าวว่าวัตถุดิบที่มีแหล่งกำเนิดในแห่งเดียวกันแต่ที่ความลึกต่างกัน ก็สามารถมีคุณสมบัติต่างกันได้

นอกจากสาเหตุดังกล่าว อาจมีอีกสาเหตุหนึ่งก็คือ จากการเผา ได้แก่ การเผาในการทดลองตอนที่ 2 ใช้เตาเผาไฟฟ้า ขนาด 1 แผ่นรองเตา(2 ลูกบาศก์ฟุต) ส่วนในการเผาผลิตภัณฑ์ ใช้เตาเผาไฟฟ้าขนาด 1/4 แผ่นรองเตา (1 ลูกบาศก์ฟุต) จึงทำให้บริเวณด้านข้างของผลิตภัณฑ์ ที่ติดกับขดลวดให้ความร้อน มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ โดยพิจารณาได้จากบริเวณด้านล่างของผลิตภัณฑ์จะมีสีใกล้เคียงกับสีของชิ้นทดลองตอนที่ 2

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากข้อค้นพบที่ได้จะเป็นประโยชน์โดยตรงกับผู้ประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาในจังหวัดนครศรีธรรมราช และข้อค้นพบดังกล่าวสามารถเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้

ประกอบการและผู้สนใจที่ต้องการใช้ดินแต่งในท้องถิ่นอื่น ๆ ทั้งนี้ข้อค้นพบดังกล่าวนี้ จะเป็นประโยชน์อย่างเต็มที่เมื่อ

1. สถานศึกษาในระดับต่าง ๆ ที่มีการเรียนการสอนวิชาเครื่องเคลือบดินเผา นำข้อค้นพบไปใช้ในการเรียนการสอน และให้บริการทางวิชาการ รวมทั้งค้นคว้าวิจัยเพิ่มเติม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งด้านการศึกษา การใช้และพัฒนาทรัพยากรในท้องถิ่น และประหยัดค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบและการขนส่งอีกด้วย

2. หน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา นำข้อค้นพบไปพัฒนาและเผยแพร่ให้ผู้ประกอบการในท้องถิ่นเข้าใจและสามารถผลิตออกจำหน่ายได้ อีกทั้งดำเนินการพัฒนารูปแบบให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้น วิธีขึ้นรูป ความต้องการของตลาด และสร้างเอกลักษณ์ของตน เพื่อให้อุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาในจังหวัดนครศรีธรรมราชพัฒนาสืบไป

3. ผู้สนใจที่ต้องการนำข้อค้นพบไปใช้ควรมีการทดสอบซ้ำทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน และเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้แตกต่างกัน อาจเป็นผลให้คุณสมบัติด้านต่างๆมีความแตกต่างกันได้

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในโอกาสต่อไป

1. ศึกษาเรื่องสี และคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ที่อุณหภูมิต่างกันและที่บรรยากาศต่างกัน

2. ทดลองเพื่อพัฒนาให้เป็นเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อชนิดสโตนแวร์ (stonware bodies) เพื่อให้ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องโต๊ะอาหาร (table ware) และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้

3. ทดลองหาเนื้อดินปิดบังผิว (engobe) เพื่อให้สามารถนำเนื้อดินปั้นไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลายประเภทและใช้ได้กับเคลือบสีตามความต้องการ

2. ทดลองเพื่อพัฒนาให้เป็นเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อชนิดสโตนแวร์ (stonware bodies) เพื่อให้ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องโต๊ะอาหาร (table ware) และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้

3. ทดลองหาเนื้อดินปิดบังผิว (engobe) เพื่อให้สามารถนำเนื้อดินปั้นไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลายประเภทและใช้ได้กับเคลือบสีตามความต้องการ

4. ศึกษาความต้องการของผู้ผลิตและผู้บริโภคด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ที่ใช้เนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อจากดินแดงนครศรีธรรมราช ในการขึ้นรูป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร, 2531.

_____. สีสำเร็จรูป. ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร, 2533.

ข้อมูลอุตสาหกรรม, ศูนย์. รายงานท้าเนียบโรงงานฯ เรียงตามรหัสบัญชีท้ายกฎกระทรวงฯ ทั่วประเทศ. ลงวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2536.

เคลย์มิน, บริษัท. เอกสารข้อมูลทางเทคนิค ผลวิเคราะห์และคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุดิบ. ม.ป.ท., 2530.

ชาญ จรรยาวนิชย์. "สถานการณ์แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," เซรามิกส์ไทย. 1(1) : 47-48; พฤษภาคม 2528.

เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย. เซรามิกส์สำหรับผู้เริ่มงาน. ศูนย์ทรัพยากรเซรามิกส์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2536.

เชษฐ์ เอี่ยมจิตกุศล. รายงานผลการวิจัย เรื่องประโยชน์ของดินเหนียวจากภาคอีสาน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ, ม.ป.ป.

แดง อายะพงศ์. "การจัดหาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหล่อ," วารสารเซรามิกส์ไทย. 5(1) : 67; สิงหาคม 2532.

ทวี พรหมพฤกษ์. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2523.

_____. เตาและการเผา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จงเจริญการพิมพ์, 2525.

ปรีดา พิมพ์ขาวข้า. "แนวทางการสร้างส่วนผสมเนื้อดินปั้น," เซรามิกส์ไทย. 3(22) : 64-70; ตุลาคม 2529.

_____. เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์, 2530.

_____. เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์,2537.

มนูญ ประชัญคดี. วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชน เรื่องเซรามิกส์. กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, ม.ป.ป.

วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา, ศูนย์. รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. (39) : 23-28; ปีงบประมาณ 2524.

เวนิช สุวรรณโมลี. "เทคนิคการตกแต่งแบบมาจอริกา," ใน การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), 2537

ศิริชัย โพธิตาปนะ. เอกสารทางวิชาการเรื่องผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากดินลูกรัง. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ, ม.ป.ป.

สุทธิชัย ทีปประสาน. รายงานผลการวิจัยเรื่องกระเบื้องปูพื้นจากดินลูกรัง. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ, ม.ป.ป.

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2531.

อรพินธ์ พานทอง. "การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์," วารสารเซรามิกส์ไทย. 6(1) : 33; มิถุนายน 2533.

อายุวัฒน์ สว่างผล. การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของดินแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดกำแพงเพชรเพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา. ภาควิชาหัตถศึกษาและอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูกำแพงเพชร, 2532.

_____. วัตถุเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นด่างในเคลือบเซรามิกส์. กำแพงเพชร : คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูกำแพงเพชร, ม.ป.ป. อัดสำเนา.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะเซรามิกส์ที่ใช้กับอาหารสโตนแวร์. มอก. 602-2529.

อุบลศรี ชัยนาม และเยาวลักษณ์ นิสสภา. คุณลักษณะของแร่ตามมาตรฐานการใช้งานและ

มาตรฐานการซื้อขายในตลาดแร่. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2526.

Hopper, Robin. The Ceramic Spectrum A Simplified Approach to Glaze and Color Development. Pennsylvania : Chilton Book Company, 1984.

Kenny, John B. The Complete of Pottery Making. New York : Chilton Book Company, 1949.

Rhodes, Daniel. Clay and Glazes for the Potter. London : Pitman Publishing Company, 1973.

_____. Stoneware and Porcelain the Art of High-fired Pottery. Pennsylvania : Chilton Book Company, 1959.

Singer, Felix and Singer, Sonja S. Industrial Ceramics. London : Champan and Hall Ltd, 1963.

Zakin, Richard. Electric Klin Ceramics a Potter's Guide to Clays and Glazes. Pennsylvania : Chilton Book Company, 1981.

ภาคผนวก ก

ตารางการวิเคราะห์ผลการทดลอง
ของผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 14 แสดงคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินแดง ดินขาว หินฟันม้า และทรายขาว เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศ แบบออกซิเดชัน เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ

คุณสมบัติของเนื้อดินปั้น		จุดที่									
		1	2	3	4	.	.	.	79	80	81
น้ำที่ใช้ (%)											
ความถ่วงจำเพาะ											
สารช่วยกระจายลอยตัว (%)											
ความหนืด (poise)											
อัตราการหล่อ (cm)	5 นาที										
	10 นาที										
	20 นาที										
การหดตัว (%)	ก่อนเผา										
	หลังเผา										
ความแข็งแรงก่อนเผา (kg/cm^2)											
การดูดซึมน้ำ (%)											
ความทนไฟ	ทนได้										
	ทนไม่ได้										

จากคุณสมบัติข้างต้นอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ได้แก่ จุดที่ __, __, __, __, และ __ ตามลำดับ

ตาราง 15 แสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเคลือบ ที่ได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินแดง หินฟันม้า ทรายขาว หินปูน หินสบู่ และสังกะสีออกไซด์ เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

จุดที่	ลักษณะความมันของเคลือบ			จุดสุกตัวของน้ำเคลือบ			การหดและการขยายตัวระหว่างน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น	
	ด้าน	กึ่งด้านกึ่งมัน	มันแวววาว	เคลือบไม่หลอมละลาย	เคลือบหลอมละลาย	เคลือบไหลตัว	เคลือบราน	เคลือบไม่ราน
1								
2								
3								
4								
5								
.								
.								
.								
79								
80								
81								

ภาคผนวก ข

ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบ ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน

ภาพประกอบ 17 แสดงภาชนะตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศแบบออกซิเดชัน

ภาคผนวก ค

หนังสือขอความอนุเคราะห์
และ
ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว ประสานมิตร โทร. 122

ที่ ทม 1007/ ๔๙๘ วันที่ ๑๑ ตุลาคม 2538

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายสมบูรณ์ สารสิทธิ์ เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงนครศรีธรรมราชเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และน้ำเคลือบที่เหมาะสม ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.โกมล รักษ์วงศ์ ประธาน

ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ อ.สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1007/ ๔๙๘๘

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๙ ตุลาคม 2538

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้จัดการโรงงานเวนิชเซรามิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายสมบูรณ์ สารสิทธิ์ เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงนครศรีธรรมราชเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และน้ำเคลือบที่เหมาะสม ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.โกมล รักษ์วงศ์ ประธาน
ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบผลการทดลอง

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ 4774

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

19 ตุลาคม 2538

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏพระนคร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายสมบูรณ์ สารสิทธิ์ เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงนครศรีธรรมราชเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และน้ำเคลือบที่เหมาะสม ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.รักมล รักษ์วงศ์ ประธาน
ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ อ.สาธร ชลชาติภิญโญ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบผลการทดลอง

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ 4754

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

18 ตุลาคม 2538

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏพระนคร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายสมบูรณ์ สารสิทธิ์ เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงนครศรีธรรมราชเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ และน้ำเคลือบที่เหมาะสม ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.โกมล รักษ์วงศ์ ประธาน
ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ **ขอใช้สถานที่และเครื่องมือทดลองงานวิจัย**

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะรีบรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 2584119

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายสมศักดิ์ ชวาลาวัฒย์ ตำแหน่ง หัวหน้าภาควิชาทัศนศิลป์

สถานที่ทำงาน ภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มศว.ประสานมิตร

วุฒิทางการศึกษา กศ.ม. เอกศิลปศึกษา จาก มศ.ว.ประสานมิตร

ประวัติทางการสอนสาขาวิชาเซรามิกส์

พ.ศ. 2522	เป็นอาจารย์ประจำโรงเรียนเทพศิรินทร์ เขตป้อมปราบ กรุงเทพฯ
พ.ศ.2523-2536	เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาศิลปะและวัฒนธรรม คณะมนุษย์ศาสตร์ มศว.ประสานมิตร
พ.ศ.2536-ปัจจุบัน	เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มศว.ประสานมิตร

ประวัติการทำงานพิเศษ

พ.ศ.2526-ปัจจุบัน	เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่วิทยาลัยครูพระนคร
พ.ศ.2530	เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2535	เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่มหาวิทยาลัยรังสิต

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

ได้รับรางวัลดีเด่นจากผลงานแสดงเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 4 พ.ศ.2533

ประเภทศิลปกรรม

ผลงานทางวิชาการ

พ.ศ.2524	บทความเรื่อง <u>การทดสอบทางฟิสิกส์ของดินก่อนและหลังการเผา</u> จากสูจิบัตรการแสดงนิทรรศการศิลปกรรม ประสานมิตร 2524
พ.ศ.2536	บทความเรื่อง <u>อุตสาหกรรมเซรามิกส์คืออะไร</u> จากนิตยสาร วิมาน เล่ม 4 ฉบับที่ 33 เดือนมกราคม 2536

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายเวนิช สุวรรณโมลี ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 5

สถานที่ทำงาน ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วุฒิทางการศึกษา คบ.(อุตสาหกรรมศิลป์) สาขาเครื่องปั้นดินเผา

ประวัติทางการสอนสาขาวิชาเซรามิกส์

พ.ศ.2523-ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา
คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงานในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์

พ.ศ.2527-ปัจจุบัน เป็นผู้จัดการและเจ้าของกิจการบริษัทเวนิชเซรามิกส์จำกัด

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

รางวัลเหรียญทองแดง การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 1

รางวัลเหรียญทอง การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 2

รางวัลดีเด่น การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 3

รางวัลดีเด่น(ประเภทอุตสาหกรรม) การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 3

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายสาธร ชลธิชาติภิญโญ ตำแหน่ง

สถานที่ทำงาน ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร

วุฒิทางการศึกษา กศ.ม.อุตสาหกรรมศึกษา จาก มศว.ประสานมิตร

Cert of ceramic art in Tokoname,Japan

ประวัติทางการสอนสาขาวิชาเซรามิกส์

พ.ศ.2518	เป็นอาจารย์ประจำโรงเรียนบางหลวงวิทยา อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม
พ.ศ.2528-ปัจจุบัน	เป็นรองคณบดีฝ่ายวิชาการและอาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร

ประวัติการทำงานพิเศษ

พ.ศ.2533	เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายสมบูรณ์ ชื่อสกุล สารสิทธิ์

เกิดวันที่ 12 เดือนกุมภาพันธ์	พุทธศักราช 2506
สถานที่เกิด	ตำบลเกาะลิบง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 84 หมู่ 4 ตำบลเกาะลิบง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาหัตถศึกษาและอุตสาหกรรมศิลป์
	สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช
	อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2524 มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนคณะราษฎร์บำรุง

พ.ศ.2526 ป.กศ.สูง เอกอุตสาหกรรมศิลป์ จากวิทยาลัยครูยะลา

พ.ศ.2528 ค.บ. เอกศิลปหัตถกรรมเครื่องเคลือบดินเผา จากวิทยาลัยครูพระนคร

พ.ศ.2539 กศ.ม. เอกอุตสาหกรรมศึกษา จากมศว.ประสานมิตร

การทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบและน้ำเคลือบที่เหมาะสม

บทคัดย่อ

ของ

สมบูรณ์ สารสิทธิ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2539

การวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาคุณสมบัติในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อและคุณสมบัติก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ระหว่างดินแดง ดินขาว หินฟันม้า และทรายขาว เพื่อนำมาเลือกอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ มาศึกษาคุณสมบัติของน้ำเคลือบ จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินแดง หินฟันม้า ทรายขาว หินปูน หินสบู่ และสังกะสีออกไซด์ โดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าในการหาอัตราส่วนผสม

วัตถุดิบที่ใช้เป็นวัตถุดิบจากจังหวัดนครศรีธรรมราชจำนวน 3 ชนิดคือ ดินแดง หินฟันม้า และหินปูน นอกจากนี้ยังมีดินขาวจังหวัดระนอง ทรายขาวจังหวัดสงขลา หินสบู่ และสังกะสีออกไซด์ที่ใช้ในการค้าทั่วไป

การพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อและวิเคราะห์คุณสมบัติของเคลือบโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่า

1. เนื้อดินปั้นจำนวน 44 อัตราส่วนผสมมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ เพราะมีความหนืดสูง หรือมีการแตกร้าวขณะแห้งตัวในการทดสอบอัตราการหล่อ

2. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อมีจำนวน 37 จุด โดยทุกจุดใช้น้ำในการขึ้นรูปอยู่ระหว่างร้อยละ 29.00-41.00 ความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.65-1.80 ใช้ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวระหว่างร้อยละ 0.19-1.05 ความหนืด 2.3 - 4.7 พอยซ์ การหดตัวก่อนเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 2.00-6.97 การหดตัวหลังเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 4.59-8.89 ความแข็งแรงก่อนเผา 4.66-29.65 kg/cm^2 และทุกอัตราส่วนผสมทนไฟได้ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

3. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อคือจุดที่ 56 ประกอบด้วยส่วนผสมระหว่างดินแดงร้อยละ 40 ดินขาวร้อยละ 15 หินฟันม้าร้อยละ 10 และทรายขาวร้อยละ 35 มีน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นร้อยละ 37.50 ความถ่วงจำเพาะ 1.69 ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวร้อยละ 0.22 และมีความหนืด 3.5 พอยซ์

4. เคลือบทุกอัตราส่วนผสม สามารถสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส และมีจำนวน 78 อัตราส่วนผสมมีความเหมาะสมกับเนื้อดินปั้น โดยเคลือบจำนวน 22 อัตราส่วนผสมมีผิวมันแวววาว อีก 23 อัตราส่วนผสมมีผิวกึ่งด้านกึ่งมันและอีกจำนวน 36 อัตราส่วนผสมมีลักษณะผิวด้าน

AN EXPERIMENTAL STUDY ON NAKHONSRITHAMMARAJ RED CLAY FOR SLIP CASTING BODIES AND GLAZE

AN ABSTRACT

BY

SOMBOON SARASIT

Presented in partial fulfillment of the requirements for the Master of Education degree in Industrial Education at Srinakharinwirot University

March 1996

The purpose of this experiment was to create a body material to be fire at 1,200°C under oxidation,from the mixing of red clay, kaolin, quartz and white sand (silica) and also to create glaze from the mixing of red clay, feldspar, white sand, whiting, talcum and zinc oxide using a quadraxial grid.

Red clay, feldspar and whiting from Nakhonsrithammaraj,kaolin from Ranong, white sand from Songkha, talcum and zinc oxide commercial grade.

The result were:

1. Forty-four formulas of clay bodies were not suitable for casting because of high viscosity and crack when seting.

2. Thirty-seven formulas were suitable for casting. Every formulas used machanical water at the rate of 29.00 to 41.00 percent, gravity 1.65 to 1.80, deflocculation 0.19-1.05, viscosity 2.30-4.70 poise, drying shrinkage 2.00-6.97 percent,firing shrinkage 4.59-8.89 percent,green strength 4.66-29.69 kg/cm^2

3. The best mixture for casting was the formular number fifty -six which compounded of forty percent of red clay, fifteen percent of kaolin, ten percent of feldspar and thirty-five percent of white sand, contain water at the ratio of 37.50 ,1.69 gravity, 0.22 deflocculation and viscosity 3.6 poise.

4. Glazes for all mixing melting at 1,200°C. Only seventy -eight formulas were suitable for clay body. Twenty-two formulas of glazes showed glossy while twenty-three formulas were semi-matt and thirty-six matt.