

738.3

ค 232 ก

ร.3

การทดลองหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินเหนียว ปอร์สเลน จากดินขาว ดินเหนียวขาว
และหินพัมพ์มาชนิครุชา

ปริญญานิพนธ์

ของ

ฉัตรชัย พงศ์กระวี

28 ต.ค. 2539

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2539

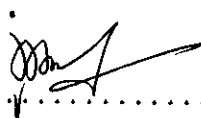
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บ. ๕๗506

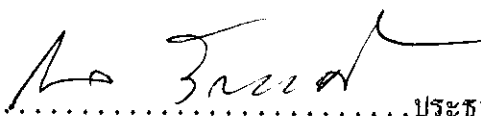
คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาศึกษาปริญญาการศึกษาหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

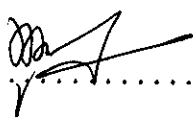
คณะกรรมการควบคุม


.....ประธาน
(ผศ. โกมล รักษ์วงศ์)


.....กรรมการ
(ผศ. พงกiet ปรดุม)

คณะกรรมการสอบ


.....ประธาน
(ผศ. โกมล รักษ์วงศ์)


.....กรรมการ
(ผศ. พงกiet ปรดุม)


.....กรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม
(รศ. ทวี พรหมพฤษ)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ดร. ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ ๔ ... เดือน มีนาคม พ.ศ. 2539

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์และบุคลากรของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน คณาจารย์และบุคลากรของภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร และสถาบันราชภัฏเทพสตรี

ในช่วงของการค้นคว้าในงานวิจัย ข้าพเจ้าได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์โกมล รักษ์วงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์พนเกียรติ ประถมบุตร ที่ได้แนะนำแก้ไข แนะนำสิ่งต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้

ฉัตรชัย พงศ์กระวี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
วัตถุประสงค์.....	4
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย.....	5
ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย.....	5
การจําแนกรูป.....	5
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
ความหมายของเครื่องปั้นดินเผา.....	11
การจําแนกเครื่องปั้นดินเผา.....	11
การจําแนกตามวัตถุประสงค์การนำไปใช้.....	11
การจําแนกตามลักษณะเนื้อดินและอุณหภูมิในการเผา.....	12
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดินที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา.....	14
การจําแนกประเภทของดินที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา.....	14
จําแนกตามประโยชน์การใช้.....	14
จําแนกประเภทตามลักษณะของแหล่งดิน.....	15
เนื้อดินปั้นและชนิดของเนื้อดินปั้น.....	16
เนื้อดินปั้นตามลักษณะของผลิตภัณฑ์.....	16
การแบ่งชนิดของเนื้อดินปั้นโดยยึดอัตราส่วนผสมของดินกับน้ำเป็นหลัก.....	18

อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น.....	19
การเตรียมเนื้อดินปั้นตามตารางไตรศุลยภาค.....	21
วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้น.....	22
วัตถุดิบที่มีความเหนียว.....	22
วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว.....	25
วัตถุดิบที่ใช้ทำการวิจัย.....	28
ดินขาวระนอง.....	28
ดินเหนียวขาวลำปาง.....	29
หินฟันม้าชนิดโรซดา.....	30
เนื้อดินปั้นเพรียนพอร์สเลน.....	31
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทั่วไปและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์งานวิจัย.....	38
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทั่วไป.....	38
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์งานวิจัย.....	39
อิทธิพลของความร้อนที่มีต่อเนื้อดินปั้น.....	42
การอบแห้งที่สมบูรณ์.....	42
การเผาพวกอินทรีย์สารและการขจัดน้ำในดิน.....	42
การเปลี่ยนแปลงของหินเขียวหนุมาน.....	43
การเกิดแก้ว.....	43
การเกิดมูลโลหะ.....	43
การหดรัดตัวทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่น.....	44
การเสียรูประหว่างการเผา.....	44
องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการสุกตัวของเนื้อดินปั้น.....	44
ธรรมชาติของดิน.....	45
ธรรมชาติของซิลิกา.....	45
ธรรมชาติของหินฟันม้า.....	45
อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลา.....	45

บทที่	หน้า
การบดอัดให้ผลิตภัณฑ์เป็นตัว	46
เตาและชนิดของเตาเผา	46
จำแนกตามวิธีการเผา	46
จำแนกตามลักษณะทางเดินของลมร้อน	47
จำแนกตามลักษณะของเปลวไฟ	47
จำแนกตามลักษณะของเชื้อเพลิง	47
จำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์	47
จำแนกตามรูปลักษณะของเตาเผา	47
การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา	49
การเผาดิบ	49
การเผาเคลือบ	49
อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	50
เทอร์มิสทริก เทอร์โมคอปเปิล	50
ฟุนวัดความร้อน	50
บลูเลอรัริง	51
การทดสอบคุณสมบัติเนื้อดิน แพร่เรียน พอร์สเลน	51
อุณหภูมิสุกตัว	51
ปริมาณของสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว	51
ความถี่วงจำเพาะของน้ำดิน	51
ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น	52
การหดตัวเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อพิมพ์	52
การหดตัวหลังการเผา	52
การดูดซึมน้ำหลังการเผา	53
สีเนื้อดินหลังการเผา	53
ความโปร่งแสง	53

บทที่	หน้า
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	54
วัตถุประสงค์และกลุ่มตัวอย่าง.....	54
วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการวิจัย.....	54
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย.....	55
ตัวแปรที่ทำการวิจัย.....	55
ตัวแปรต้น.....	55
การทดลองชุดที่ 1.....	55
การทดลองชุดที่ 2.....	59
ตัวแปรตาม.....	59
เกณฑ์การตัดสินใจเบื้องต้นบนเพเรียน พอร์สเลน.....	59
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	60
วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการวิจัย.....	60
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	60
อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	61
ลำดับขั้นตอนการทำการวิจัย.....	61
การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 1.....	61
การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 2.....	61
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์.....	61
การทดสอบและสูตรที่ใช้ในงานวิจัย.....	68
อุณหภูมิสุกตัวของเนื้อดิน.....	68
ปริมาณของสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว.....	68
ความถี่ของน้ำของน้ำดิน.....	68
ความเหนียวของเนื้อดิน.....	68
การหดตัวเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อแบบ.....	68
การหดตัวหลังการเผา.....	68
การดูครีมน้ำหลังการเผา.....	69

บทที่	หน้า
สีของเนื้อดินหลังการเผา.....	69
ความโปร่งแสง.....	69
4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
การทดลองครั้งที่ 1.....	70
ผลการทดสอบคุณสมบัติเนื้อดินก่อนการเผาครั้งที่ 1.....	72
ผลการทดสอบคุณสมบัติเนื้อดินหลังการเผาครั้งที่ 1.....	75
การทดลองครั้งที่ 2.....	81
ผลการทดสอบคุณสมบัติเนื้อดินก่อนการเผาครั้งที่ 2.....	83
ผลการทดสอบคุณสมบัติเนื้อดินหลังการเผาครั้งที่ 2.....	89
การทดลองครั้งที่ 3.....	92
ผลการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์.....	92
5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	93
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	93
กลุ่มตัวอย่าง.....	93
วัตถุดิบและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	93
การดำเนินงานวิจัย.....	94
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	94
สรุปผลการวิจัย.....	95
อภิปรายผล.....	96
ข้อเสนอแนะ.....	98
บรรณานุกรม.....	99
ภาคผนวก.....	100
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	117

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 อัตราส่วนผสมเนื้อดินจากภาพประกอบ 1.....	22
2 การแบ่งลำดับเครื่องปั้นดินเผา.....	34
3 ส่วนผสมเนื้อดินปั้นสีขาว.....	34
4 เนื้อดินปั้นกลุ่ม 2.....	35
5 ช่วงอุณหภูมิสูงสุดตัวของเนื้อดินปั้นตามตารางไตรตุลยภาค.....	35
6 อัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นที่แท่งวัดความร้อนหมายเลข 5, 6.....	36
7 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินวิจัยที่อ่านค่าได้จากภาพประกอบ 3.....	57
8 ผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นและการหดตัวของเนื้อดินปั้น	
การทดลองครั้งที่ 1.....	71
9 คุณสมบัติเนื้อดินปั้นหลังการเผาจากการทดลองครั้งที่ 1.....	76
10 การเปรียบเทียบเนื้อดินปั้นที่ผ่านการทดลองครั้งที่ 1 ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด...	81
11 อัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นการทดลองครั้งที่ 2.....	83
12 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติก่อนการเผาจากการทดลองครั้งที่ 2.....	84
13 แสดงผลการทดสอบน้ำหนักและปริมาตรเชิงปริมาตรที่เกิดขึ้นที่แตกต่างกัน.....	86
14 คุณสมบัติเนื้อดินปั้นหลังการเผาการทดลองครั้งที่ 2.....	91
15 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์แปรรูป พอร์สเลนที่ได้จากงานวิจัย.....	94
16 การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินปั้นแปรรูป พอร์สเลน กับเนื้อดินปั้นที่ได้จากงานวิจัย.....	99

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ส่วนประกอบและการอ่านค่าตารางไตรคูลยภาค.....	21
2 อัตราส่วนผสมเนื้อดินของอเมริกา.....	33
3 ตารางไตรคูลยภาคการทดลองชุดที่ 1.....	56
4 การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 1.....	63
5 การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 2.....	65
6 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์.....	67
7 กราฟแสดงความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นการทดลองครั้งที่ 1.....	73
8 กราฟแสดงการหดตัวของเนื้อดินเมื่อแห้งการทดลองครั้งที่ 1.....	74
9 กราฟแสดงการหดตัวหลังการเผาการทดลองครั้งที่ 1.....	79
10 กราฟแสดงการดูดซึมน้ำหลังการเผาการทดลองครั้งที่ 1.....	80
11 ตารางไตรคูลยภาคการทดลองครั้งที่ 2.....	81
12 กราฟแสดงปริมาณสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัวของการทดลองครั้งที่ 2.....	85
13 กราฟแสดงความถ่วงจำเพาะของเนื้อดินปั้นการทดลองครั้งที่ 2.....	86
14 กราฟแสดงความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นการทดลองครั้งที่ 2.....	87

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาของประเทศไทย ได้มีการพัฒนาจากอดีตถึงปัจจุบันเป็นระยะเวลามากกว่า 30 ปี โดยเริ่มจากการผลิตสินค้าเพื่อใช้ภายในประเทศ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ ได้แก่ ถ้วยชาม กระเบื้อง เครื่องสุขภัณฑ์ ของชำร่วยและเครื่องประดับ ปัจจุบันการที่จะใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีความต้องการสูงขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะการขยายงานเครื่องปั้นดินเผาเพื่อการส่งออกจำหน่ายต่างประเทศเพิ่มสูงขึ้น (สุภารัตน์ อุ่นชัยยา, 2534 : 560-561) ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (2530-2534) ที่ได้ให้ความสำคัญอย่างสูงต่ออุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก และสินค้าเครื่องปั้นดินเผาเป็นสินค้าที่มีความสำคัญสมควรอย่างยิ่งที่จะมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการผลิตให้ก้าวหน้า สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ อีกทั้งประเทศไทยยังมีวัตถุดิบและทรัพยากรอีกมากมายที่จะนำมาแปรสภาพให้เป็นสินค้าสำเร็จรูป ส่งเป็นสินค้าออกเพื่อนำเงินตราเข้าประเทศได้อีกทางหนึ่ง (บัญญัติ บรรทัดฐาน, 2531 : 1) จากมูลค่ารวมการส่งออกเครื่องปั้นดินเผา ในปี พ.ศ.2531 มีมูลค่า 2,125.98 ล้านบาท ในปี พ.ศ.2532 มีมูลค่า 2,996.78 ล้านบาท และในปี พ.ศ.2533 มีมูลค่าสูงถึง 3,731 ล้านบาท (อนันต์ศักดิ์ โชติมงคล, 2533 : 16) จะเห็นได้ว่ามูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีอัตราการขยายตัวมากขึ้นโดยตลอด ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535-2539) ยังคงมุ่งที่จะรักษาอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง มุ่งขยายตลาดในต่างประเทศและพัฒนางานและทรัพยากรมนุษย์เพื่อรองรับงานเครื่องปั้นดินเผาที่จะขยายต่อไปข้างหน้า (พรสวรรค์ เพชรแดง, 2535 : 26)

ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทของชำร่วยและเครื่องประดับ เป็นผลิตภัณฑ์กลุ่มหนึ่งที่ได้รับการสนับสนุนให้มีการส่งออกเช่นกัน เช่นในปี พ.ศ.2532 มูลค่าการส่งออก 302.8

ล้านบาท เพิ่มขึ้นจาก 135.1 ล้านบาท ในปี 2531 หรือคิดเป็นร้อยละ 137.4 และในช่วงปี พ.ศ.2533 มีมูลค่าการส่งออก 396.4 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2532 ถึงร้อยละ 48.5 ส่วนภาวะการนำเข้าในปี พ.ศ.2532 ของเครื่องปั้นดินเผาประเภทของชำร่วยและเครื่องประดับ มีค่าร้อยละ 2.3 ซึ่งรองเป็นอันดับ 2 จากผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาอื่น ๆ ซึ่งมีมูลค่าสูงถึงร้อยละ 97.3 สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทกระเบื้องและเครื่องสุขภัณฑ์มีการนำเข้าค่อนข้างน้อยมาก (สุदारัตน์ อุ่นชัยยา. 2534 : 569) จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทของชำร่วยและเครื่องประดับมีมูลค่าการส่งออกและการนำเข้ามากเช่นกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ตลาดยังมีความต้องการอีกเป็นจำนวนมาก แต่ทางโรงงานไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของตลาด (กอบกิต • วิฑิตวัฒนกุล. 2527 : 37) ปัญหาหนึ่งในขบวนการผลิตคือเนื้อดินปั้นที่ผลิตและจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ประกอบการ ซึ่งเป็นปัญหาของโรงงานขนาดเล็กทั่วไปทำให้มีการนำเข้าเนื้อดินปั้นและวัตถุดิบจากต่างประเทศเพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาเพื่อการส่งออก (วรุณี ธีรมงคล. 2532 : 50) รัฐบาลได้มีการสนับสนุนให้มีการศึกษา วิเคราะห์ วิจัย เพื่อพัฒนาเนื้อดินปั้นให้มีคุณภาพ ลดการสูญเสีย และมุ่งที่จะให้ได้ผลตอบแทนจากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สูงมากขึ้น การผลิตเนื้อดินปั้นจึงเป็นเส้นทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อลดการขาดแคลนเนื้อดินปั้นที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (สุกกา ดอกไม้. 2535 : 2-3) นอกจากนี้ยังต้องพัฒนาเนื้อดินปั้นให้มีคุณภาพดีสนองตอบต่อผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออกของชำร่วยและเครื่องประดับที่ต้องการเนื้อดินที่ละเอียดและมีความขาวของผลิตภัณฑ์สูง (สุदारัตน์ อุ่นชัยยา. 2534 : 565)

จากปัญหาความต้องการเนื้อดินปั้นที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในสถานประกอบการ และยังเป็นการสนองตอบต่อการพัฒนาการส่งออกของชำร่วยและเครื่องประดับ ผู้วิจัยมีความสนใจเนื้อดินปั้นชนิดหนึ่งที่มีความนิยมในต่างประเทศ ใช้ทำของชำร่วยเครื่องประดับและรูปปั้นขนาดเล็กโดยเจเพาะจัดอยู่ในประเภทพอร์สเลนไฟต์ (soft porcelain) คือเนื้อดินปั้นแปะเรียน พอร์สเลน (parian porcelain) ซึ่งลักษณะของผลิตภัณฑ์ มีเนื้อละเอียด ผิวมัน โดยไม่ต้องเคลือบน้ำยา มีความแข็งแรง สีขาว โปรงแสง และเผาเพียงครั้งเดียว (Entnistle. 1979 : 178) จากการศึกษาเอกสาร ตำรา เนื้อดินปั้นแปะเรียน พอร์สเลน มีลักษณะเด่นหลายประการคือ

1. เเผาเพียงครั้งเดียวไม่ต้องเคลือบ เป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและน้ำเคลือบ ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำ
2. ลดเวลาและขั้นตอนในการผลิต เนื่องจากอุณหภูมิในการเผาอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าเนื้อดินพอร์สเลนทั่วไป เป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและประหยัดเวลาในการเผา
3. ผิวผลิตภัณฑ์เรียบเป็นมัน มีความคมชัด เพราะไม่ต้องผ่านการเคลือบ
4. ช่วงสูกตัวในการเผายาว (long firing range) ซึ่งจะช่วยลดอัตราการสูญเสียผลิตภัณฑ์ในช่วงการเผา
5. เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต่างประเทศนิยมใช้ทำของชำร่วย เครื่องประดับและงานเครื่องปั้นดินเผาขนาดเล็ก

จากคุณสมบัติเฉพาะของเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน ที่มีคุณสมบัติสนองตอบต่อผลิตภัณฑ์ของชำร่วยและเครื่องประดับ นอกจากนี้ยังเป็นการลดต้นทุนและขบวนการในการผลิตให้สั้นลง แต่ยังคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของตลาดเหมือนเดิม ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาประเภทของชำร่วยและเครื่องประดับ โดยใช้วัตถุดิบในการผลิตได้แก่ หินพัมมา (feldspar) ดินขาว (kaolin) และดินเหนียวขาว (white ball clay) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ประเทศไทยมีมากมาย ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ โดยกระจายอยู่ทั่วไปในทุกภาคของประเทศ (ศิริชัย โพธิ์ตาบะ. 2532 : 54) ซึ่งจะเป็นการนำเอาวัตถุดิบเหล่านี้มาทำให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาในประเทศไทยให้มีคุณภาพและปริมาณสูงขึ้น และยังเป็นการสนองตอบต่อการพัฒนาการส่งออกเครื่องปั้นดินเผาอีกทางหนึ่ง

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน โดยใช้วัตถุดิบที่มีในประเทศ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิต และเป็นผลทำให้การสั่งเนื้อดินปั้นสำเร็จรูปจากต่างประเทศน้อยลง นอกจากนี้ยังทำให้โรงงานขนาดเล็กสามารถผลิตเนื้อดินปั้นได้เอง การทดลองครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในด้านการพัฒนาคุณภาพของเนื้อดินปั้นสำหรับทำผลิตภัณฑ์ประเภทของชำร่วยและเครื่องประดับ ให้ขยายวงกว้างมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาเนื้อดินปั้นชนิดอื่น ๆ ในลำดับต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับทำเนื้อดินปั้นแปะเรียนพอร์สเลน โดยใช้เฟลสปาร์ชนิดโซดา ดินขาว ดินขาวเหนียวตามตารางไตรดัลภาค (triaxial diagram) จากการเผาที่อุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชัน
2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินแปะเรียน พอร์สเลน ก่อนการเผาและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชัน

ความสำคัญของการวิจัย

ผลของการวิจัยเนื้อดินแปะเรียน พอร์สเลน จะมีความสำคัญดังนี้

1. ได้เนื้อดินปั้นแปะเรียน พอร์สเลนสำหรับทำผลิตภัณฑ์ของชำร่วยและเครื่องประดับ
2. สามารถนำวัตถุดิบที่มีในประเทศมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น
3. เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาเนื้อดินปั้นสำหรับทำผลิตภัณฑ์ของชำร่วยและเครื่องประดับต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามความมุ่งหมายที่กำหนด ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

1. วัตถุดิบ มีวัตถุดิบที่เลือกในการทำงานวิจัยดังต่อไปนี้
 - 1.1 ดินขาวระนอง ที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ที่บริเวณเหมืองแร่ตึก ต.หาดส้มแป้น อ.เมือง จ.ระนอง
 - 1.2 ดินเหนียวขาวลำปาง ที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ที่บริเวณ ต.แม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง
 - 1.3 หินฟันม้าชนิดโซดา ของบริษัท เกลมิน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ส่วนผสมของวัตถุดิบคือ ดินขาวระนอง ดินเหนียวขาว ลำปาง และหินพื้นแม่น้ำนครราชสีมา ผสมกันตามสัดส่วนโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ตามตารางไตรคูณภาค

3. ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย ในการวิจัยผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรไว้ดังต่อไปนี้

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบได้แก่ดินขาวระนอง

ดินเหนียวขาวลำปาง หินพื้นแม่น้ำนครราชสีมา บริษัทเคลมิน ตามตารางไตรคูณภาค

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นแปะเรียน พอร์สเลน ทั้งก่อนเผาและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส ซึ่งได้แก่

3.2.1 ความทนไฟ (refractories)

3.2.2 ปริมาณของสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว (deflocculent, of solution)

3.2.3 ความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน (specific gravity of slip)

3.2.4 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น (modulus of rupture)

3.2.5 การหดตัวเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อพิมพ์ (drying shrinkage linear cast)

3.2.6 การหดตัวหลังการเผา (firing shrinkage linear)

3.2.7 การดูดซึมน้ำหลังการเผา (fired absorption)

3.2.8 สีของเนื้อดินปั้นหลังการเผา (fired color)

3.2.9 ความโปร่งแสงของเนื้อดินปั้น (translucency)

4. การขึ้นรูป ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แยกออกเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

4.1 การอัดแท่งทดลองด้วยมือ (hand pressing) งานวิจัยขนาดหนา 1.0 เซนติเมตร กว้าง 2.0 เซนติเมตร ยาว 12.0 เซนติเมตร เพื่อทดสอบความทนไฟของ เนื้อดินปั้น ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น การหดตัวก่อนการเผา การหดตัวหลังการเผา การดูดซึมน้ำ

4.2 การอัดแท่งทดลองขนาด หนา 0.2 เซนติเมตร กว้าง 5.0 เซนติเมตร ยาว 5.0 เซนติเมตร เพื่อทดสอบความขาวและความโปร่งแสง

4.3 การหล่อพิมพ์ผลิตภัณฑ์ลอยตัวเนื้อดินแปะเรียน พอร์สเลนที่ได้จากงานวิจัย

ข้อตกลงเบื้องต้น

เพื่อความเข้าใจตรงกัน และเป็นการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ซึ่งอาจมีผลต่องานวิจัยให้อยู่ในสภาพคงที่ ผู้วิจัยจึงกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัยดังต่อไปนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย ในกลุ่มของวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

1.1 วัตถุดิบหลัก ซึ่งได้แก่วัตถุดิบที่ใช้ในการผสม เพื่อหาเนื้อดินปั้นแพเรียนพอร์สเลน มี 3 รายการ คือ

1.1.1 ดินขาวระนอง จากหาดส้มแป้น อ.เมือง จ.ระนอง เป็นดินขาวที่ถูกฉีกน้ำและคัดแยกแร่ดีบุกและอิฐหินที่ปะปนออกไป แล้วนำน้ำดินที่ได้มาแยกน้ำจนเหลือแต่ดินขาวออกจำหน่าย

1.1.2 ดินเหนียวขาวลำปาง จาก ต.แม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง เป็นดินเหนียวขาวที่มีความเหนียว เหมาะในการทำน้ำดิน (slip) ใช้ในการหล่อพิมพ์และใช้ได้ดีต่องานที่เผาครั้งเดียว

1.1.3 หินฟันม้าชนิดโซดา ของบริษัทเคลมิน เป็นหินฟันม้าที่เกิดการผุกร่อนอยู่บนยอดเขา ที่มีความบริสุทธิ์สูง ชนิดโซดา (soda feldspar) ซึ่งเหมาะสมในการผสมเนื้อดินปั้น มีเหล็กออกไซด์ (feric oxide) และทิตาเนียม ไดออกไซด์ (titanium dioxide) ในปริมาณที่ต่ำมาก

1.2 วัตถุดิบช่วย เพื่อความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน วัตถุดิบช่วยต่าง ๆ ที่นำเสนอต่อไปนี้จะช่วยเสริมการปฏิบัติงานแต่จะไม่ทำให้ส่วนผสมของวัตถุดิบงานวิจัยเปลี่ยนไป วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

1.2.1 โซเดียมซิลิเกต (sodium silicate) โซเดียมคาร์บอเนต ทำหน้าที่ช่วยให้เนื้อดินลอยตัวในขณะที่เป็นน้ำดินหล่อพิมพ์ (slip casting) จากแหล่งขายเคมีภัณฑ์ในงานเครื่องปั้นดินเผาโดยทั่วไป

1.2.2 ทัลค์ (talc) ทำหน้าที่เคลือบผิวของแบบพิมพ์ ทำให้เนื้อดินปั้นหลุดร่อนในขณะหล่อพิมพ์ จากแหล่งขายเคมีภัณฑ์ในงานเครื่องปั้นดินเผาโดยทั่วไป

1.2.3 แบเรียมคาร์บอเนต (barium carbonate) ถ้านำมาผสมกับ

เนื้อดินปั้นปริมาณเล็กน้อย จะทำปฏิกิริยากับเนื้อดิน แรงการหลอมละลายที่ดี ทำให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง

1.2.4 ปูนปลาสเตอร์ยิบซัมตรามือ เกรด A ใช้ทำแบบพิมพ์ ชิ้นงานวิจัย และผลิตภัณฑ์งานวิจัย จากโรงงานผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดยิบซัมตรามือ

2. ชั่งอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า แรงน้ำหนักเป็นระบบเมตริก เป็นตัวเลข (Digital) กำหนดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3. บดส่วนผสมเนื้อดินปั้นงานวิจัยด้วยหม้อบด (ball mill) โดยใช้อัตราส่วนผสมของน้ำในการบดเนื้อดินร้อยละ 27-29

4. น้ำที่ใช้ในการวิจัย ใช้น้ำประมาสถาบันราชภัฏพระนครที่ผ่านเครื่องกรองน้ำ

5. กรองเนื้อดินปั้นด้วยตะแกรงกรองละเอียดเบอร์ 150 (150 mesh)

6. ผสมน้ำในเนื้อดินปั้นวิจัย ร้อยละ 27-29 โดยน้ำหนัก

7. ผึ่งแห้งทดสอบบนตะแกรงในที่ร่มไม่มีลมโกรกเป็นเวลา 36 ชั่วโมง

8. อบแห้งทดสอบในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

9. เผาแห้งทดสอบด้วยเตาแก๊ส ในบรรยากาศรีดักชัน

10. วัดอุณหภูมิการเผาด้วยไพโรมิเตอร์ (pyrometer) และแท่งวัดความร้อนของออร์ตัน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แพรเรียน พอร์สเลน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ของพอร์สเลนไม่ต้องเคลือบ เผาถึงจุดสุกตัว โปร่งแสง มีเนื้อคล้ายหินอ่อนสีขาว ใช้ทำผลิตภัณฑ์ศิลปะ รูปปั้นขนาดเล็ก แจกัน และอื่น ๆ

2. ดินขาว หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือสีซีดจาง ได้จากแหล่งต้นกำเนิด (residual deposits) เกิดจากการผุพังของหินพื้นผิวย่อยสลายกลายเป็นดิน ในการวิจัยใช้ดินขาวระนองจากเหมืองดิบก ต.หาดส้มแป้น อ. เมือง จ.ระนอง

3. ดินเหนียวขาว หมายถึง ดินที่มีสีขาว สีคล้ำ สีดำ เกิดจากการผุพังของหินพื้นผิวย่อยสลายกลายเป็นดิน ถูกกระแสน้ำพัดพาสู่ที่ลุ่ม (sedimentary deposit) มีความเหนียว

เมื่อเผาแล้วได้สีขาว ในการวิจัยใช้ดินเหนียวขาว ต.แม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

4. หินพัม้ผ้า หมายถึง สารประกอบของอลูมินา ซิลิกา ที่มีสารโซเดียมออกไซด์ โปรตัสเซียมออกไซด์ผสมรวมกันอยู่ในเนื้อดินนั้น เพื่อให้เริ่มปฏิกิริยาการเกิดแก้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ ขณะที่เผา ในการวิจัยใช้หินพัม้ผ้าชนิดโรซดา ของบริษัทเคลมิน

5. อัตราส่วนผสม หมายถึง การนำเอาดินขาว ดินเหนียวขาว และหินพัม้ผ้าผสมกัน เพื่อให้อัตราส่วนผสมเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน

6. ตารางไตรตุลยภาค หมายถึง ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าที่กำหนดอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการวิจัยหาเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน

7. ท่อนวัดไฟ หมายถึง วัตถุที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาเป็นแท่งสามเหลี่ยมเล็ก ๆ เมื่ออุณหภูมิถึงตามหมายเลข จะงอและล้มลง แสดงว่า อุณหภูมิในการเผาได้ตามที่ต้องการ การวิจัยใช้ท่อนวัดไฟของออร์ตัน

8. บรรยากาศแบบรีดักชัน หมายถึง การเผาไหม้ภายในเตาที่มีอัตราส่วนของออกซิเจนกับเชื้อเพลิงไม่ได้สัดส่วน เมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงยังมีเหลือทำให้เกิดควันและเขม่าในการเผาไหม้ ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อเหล็กออกไซด์ที่ผสมในเนื้อดินทำให้ดินมีความขาวมากขึ้น

9. ความทนไฟ หมายถึง เนื้อดินนั้นที่สามารถคงสภาพอยู่ได้ในอุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส โดยไม่บิดเบี้ยว ไร้คงอ

10. สารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว หมายถึง โซเดียมซิลิเกตที่ใช้เติมน้ำดินเพื่อให้เนื้อดินลอยตัว ไม่ตกตะกอน ในอัตราร้อยละ 0.2-0.8

11. ความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน หมายถึง น้ำหนักของน้ำดินหารด้วยปริมาตรน้ำดิน แล้วหารด้วยความถ่วงจำเพาะของน้ำ หรือน้ำดินที่ใช้หล่อพิมพ์เมื่อวัดด้วยเครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะอยู่ในเกณฑ์ 1.65-1.80

12. ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น หมายถึง ความทนทานต่อแรงกดของเนื้อดินปั้นเมื่อแห้ง เนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวมากย่อมมีความแข็งแรงมาก

13. การหดตัวเมื่อแห้ง หมายถึง การหดตัวของดินทดลองหลังการหล่อพิมพ์ และผ่านการผึ่งในที่ร่ม มีอัตราการหดตัวเมื่อแห้งร้อยละ 3-7

14. การหัตถ์หลังการเผา หมายถึง การหัตถ์ของดินทดลองหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส แล้วหาอัตราการหัตถ์คิดเป็นร้อยละ 7-12
15. การดูดซึมน้ำหลังการเผา หมายถึง เนื้อดินทดลองที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส การทดลองในครั้งนี้กำหนดให้ไม่มีการดูดซึมน้ำ
16. สีของเนื้อดินเผา หมายถึง สีของเนื้อดินทดลองที่ผ่านการเผา โดยการกำหนดความขาวของเนื้อดินทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ
17. ความโปร่งแสง หมายถึง อัตราการผ่านของแสงที่มีต่อเนื้อดินทดลอง กำหนดค่าของความโปร่งแสงโดยผู้เชี่ยวชาญ
18. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผาในสถานประกอบการมีเวลาปฏิบัติงานไม่น้อยกว่า 10 ปี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นประโยชน์และกำหนดแนวทางของการวิจัย ให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยที่กำหนดไว้ โดยแยกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ความหมายของเครื่องปั้นดินเผา
2. การจำแนกผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา
3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดินที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา
4. การจำแนกประเภทของดินที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา
5. เนื้อดินปั้นและชนิดของเนื้อดินปั้น
6. อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น
7. การเตรียมเนื้อดินตามแผนภูมิไตรตุลยภาค
8. วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้น
9. วัตถุดิบที่ใช้ทำการวิจัย
10. เนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน
11. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทั่วไปและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์งานวิจัย
12. อิทธิพลของความร้อนที่มีต่อเนื้อดินปั้น
13. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการสุกตัวของเนื้อดินปั้น
14. เตาและชนิดของเตาเผา
15. การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา
16. อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
17. การทดสอบคุณสมบัติเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน

1. ความหมายของเครื่องปั้นดินเผา

ความหมายของเครื่องปั้นดินเผา ในสมัยแรก ๆ เป็นที่เข้าใจกันว่า คำว่าเซรามิกส์ (ceramics) หมายถึง ศิลปะที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปั้นดินเผา ต่อมาได้มีการใช้ในความหมายกว้างมากขึ้นคือ รวมถึงอุตสาหกรรมทั้งหลายที่ใช้สารประกอบพวกซิลิเกต (silicate) ในการผลิตผลิตภัณฑ์ คำว่า เซรามิกส์ สืบต้นตอมาจากภาษากรีก "คารามอส" (kamos) และมีรากศัพท์มาจากภาษาสันสกฤต ซึ่งมีความหมายว่า เเผา

ปัจจุบัน "เซรามิกส์" มีความหมาย 2 ประการ คือ ประการแรกหมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งกรรมวิธีการผลิตต้องผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูง ส่วนความหมายประการที่สองหมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด หรือส่วนใหญ่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยผ่านการเผา

วิชาเซรามิกส์ เป็นวิชาที่ประกอบด้วยศิลปะและวิทยาศาสตร์ของการผลิต การใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งมีส่วนประกอบส่วนใหญ่ที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ที่เป็นวัสดุประเภทอินทรีย์และเป็นโลหะ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้แก่ เครื่องปั้นดินเผา วัตถุทนไฟ วัสดุก่อสร้างที่เป็นดินเผา วัสดุฉนวน โลหะเคลือบ ซีเมนต์ แก้ว วัสดุที่ใช้ในงานเกี่ยวข้องกับแม่เหล็กไฟฟ้า (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 1)

เครื่องปั้นดินเผา (pottery) ก็คือ ผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มงาน เซรามิกส์ ซึ่งส่วนประกอบส่วนใหญ่ได้มาจากวัตถุดิบที่มีอยู่ตามธรรมชาติบนเปลือกโลก ซึ่งมีทั้งอนินทรีย์และโลหะ มีกระบวนการในการผลิตผลิตภัณฑ์ต้องเผาที่อุณหภูมิสูง

2. การจำแนกผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ได้มีการจำแนกออกไปหลายชนิดด้วยกันตามแนวความคิดของแต่ละกลุ่ม ในการวิจัยครั้งนี้ นำเสนอ 2 หลักเกณฑ์ดังนี้

2.1 การจำแนกตามวัตถุประสงค์การนำไปใช้ เป็นการจัดกลุ่มงานเครื่องปั้นดินเผา โดยการเน้นถึงการใช้ผลิตภัณฑ์เป็นตัวกำหนด ซึ่งแบ่งได้ดังนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 14)

2.1.1 วัสดุก่อสร้าง (structural products) ได้แก่ อิฐมอญ อิฐตกแต่ง กระเบื้อง เครื่องสุขภัณฑ์ ท่อน้ำ ช่องระบายลม ลูกกรง

2.1.2 ฉนวนไฟฟ้า และวัสดุทนไฟ (insulators and refractory) ได้แก่ ลูกถ้วยไฟฟ้าแรงต่ำและแรงสูง หัวเทียน อิฐทนไฟ แท่งเตาเผาไฟฟ้า ซีเมนต์ทนไฟ

2.1.3 เครื่องใช้ในครัวเรือน (kitchen ware) ได้แก่ ชุดอาหาร ชุดกาแฟ อุปกรณ์ในครัว

2.1.4 เครื่องประดับ ได้แก่ ดอกไม้ แจกัน ต่างหู เข็มกลัด กระถาง ของชำร่วย

2.2 การจำแนกผลิตภัณฑ์ตามลักษณะเนื้อดิน และอุณหภูมิในการเผา ซึ่งแบ่งแยกออกเป็น 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 15-18)

2.2.1 ผลิตภัณฑ์เอิธเรนแวร์ (earthen ware) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่นิยมทำกันโดยทั่วไปจากดินธรรมดาตามธรรมชาติในท้องถิ่น ส่วนใหญ่เผาในอุณหภูมิต่ำประมาณ 800-1,100 องศาเซลเซียส ลักษณะทั่วไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อหยาบ ผิวหยาบถึงละเอียด มีความพรุนตัว (porous) สามารถดูดซึมน้ำได้ สีของเนื้อผลิตภัณฑ์ส่วนมากมีสีน้ำตาลอ่อน ดำ เทาอ่อน และเหลืองอ่อน ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ เคาะผลิตภัณฑ์จะมีเสียงทึบไม่กังวาน มีอัตราส่วนของเหล็กค่อนข้างสูง และมีสารจำพวกแอลคาไลหรือด่างมาก เนื้อดินมีลักษณะละเอียด แข็งช้า มีความเหนียวดีเหมาะแก่การขึ้นรูปทรงต่าง ๆ การขึ้นรูปนิยมใช้ทรายผสมในเนื้อดินนั้น เพื่อให้ขึ้นรูปได้ง่ายและช่วยลดการหดตัวของเนื้อดินนั้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกและบิดเบี้ยวได้ง่าย เมื่อนำไปเผาเนื้อดินจะแข็งแกร่งขึ้น ส่วนใหญ่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทหม้อดิน กระถางต้นไม้ โถ่งน้ำ และคนโทน้ำ อิฐก่อสร้าง งานศิลปะใช้ในการตกแต่งสวน เป็นต้น

2.2.2 ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ (stone ware) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาถึงจุดสุกตัว (vitreous ware) ส่วนมากเผาในอุณหภูมิ 1,190-1,390 องศาเซลเซียส ลักษณะโดยทั่วไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียดหรือหยาบก็ได้ แต่ผลิตภัณฑ์จะมีเนื้อแน่นและแข็งแรงแรงมาก น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่าน หรืออาจซึมผ่านได้แต่น้อยมาก สีของเนื้อดินตามธรรมชาติมีสีเทาหรือสีน้ำตาล ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ได้แก่ โถ่งราชบุรี เครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน ทرابได้

จากเสียงที่เคาะดังกังวาน และสีของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ถูกเผาจนผิวหน้าเยิ้มเป็นเคลือบ ส่วนด้านตรงข้ามเพียงแต่สุกเป็นสีน้ำตาลอมแดง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับภาชนะดินเผาที่บ้านด่านเกวียนที่เผาจนถึงจุดสุกตัวของเนื้อดิน จนทำให้ผิวเป็นมัน น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ (เสริมศักดิ์ นาคบัว. 2526 : 9-10) วัตถุดิบที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์สโตนแวร์มีความทนไฟสูง มีความเหนียวดี ขณะที่เป้นดินยังไม่เผาเนื้อดินจะแข็งแรง ไม่เปราะหรือแตกหักง่าย (โกลด์ รักขังศ์. 2531 : 127)

2.2.3 ผลิตภัณฑ์พอร์สเลน (porcelain ware) เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดที่เตรียมขึ้นเป็นพิเศษในห้องปฏิบัติการ เนื้อดินจะมีสีขาว เผาถึงจุดสุกตัว และที่สำคัญคือ ผลิตภัณฑ์ที่เผาแล้วจะโปร่งแสง (translucent) เผาในอุณหภูมิตั้งแต่ 1,150 องศาเซลเซียสขึ้นไป ส่วนผสมของเนื้อดินประกอบไปด้วย หินเขียวหนาน หินฟันม้า ดินขาว และดินเหนียวขาว ตลอดจนวัตถุดิบอื่นตามสัดส่วนที่ต้องการ เมื่อนำไปเผาแล้วจะมีความแข็งแรงมาก น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ ผลิตภัณฑ์เนื้อละเอียด มีลักษณะแกร่งเหมือนแก้ว เนื้อดินมีความเหนียวน้อย จึงอาศัยการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบ (casting) เป็นส่วนใหญ่ การเตรียมเนื้อดินเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนมาก นิยมนำไปผลิตเป็นภาชนะใส่อาหาร งานศิลปะ นอกจากนี้ยังใช้ทำเครื่องฉนวนไฟฟ้าและอุปกรณ์เครื่องยนต์ เช่น หัวเทียนรถยนต์ และภาชนะทดลองทางเคมี เช่น ถ้วยครุชเชิล (crucible) เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 17-18) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์พอร์สเลนยังแบ่งย่อยออกไปอีกโดยยึดอุณหภูมิเป็นเกณฑ์ในการแบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้ (Nakomo. 1965 : 27)

2.2.3.1 ซอฟท์ พอร์สเลน (soft porcelain) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาที่อุณหภูมิ 1,145-1,250 องศาเซลเซียส ที่มีการสุกตัว มีความโปร่งแสง มีความแข็ง ไม่ดูดซึมน้ำ มีความขาวสูง ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ได้แก่ โบนไชน่า (bone china) เบอร์ลิน พอร์สเลน (berlin porcelain) แพเรียน พอร์สเลน (parian porcelain) ฟันปลอม (dental porcelaine)

2.2.3.1 ฮาร์ดพอร์สเลน (hard porcelain) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาที่อุณหภูมิ 1,250-1,430 องศาเซลเซียส เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง เนื้อของผลิตภัณฑ์หลอมละลายเป็นเนื้อแก้ว ไม่ดูดซึมน้ำ มีความขาวสูง มักใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางเคมี ฉนวนไฟฟ้า เช่น ลูกถ้วย หัวเทียน

3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดินที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา

ดิน หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งมีเนื้อละเอียด มีความเหนียวเมื่อเปียกน้ำ แข็งและแกร่งเมื่อแห้ง โดยปกติดินประกอบด้วยแร่ดิน (clay minerals) ที่มีขนาดเม็ดแร่เล็กละเอียดปนกับสารอินทรีย์และแร่ชนิดอื่นที่ไม่ใช่แร่ดิน (จุมพล คีนตัก และคนอื่น ๆ. 2521 : 4) ดินเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต ในแร่ธรรมชาติจะมีสารประกอบอื่น ๆ ปะปนอยู่มากมายที่เป็นสาเหตุทำให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารประกอบเหล่านี้ ได้แก่ ควอตซ์ (quartz) ไมก้า (mica) เหล็กออกไซด์ (iron oxide) เฮมาไทต์ (hematite) ฟลูออไรต์ (fluorite) มัสโคไวต์ (muscovite) เป็นต้น ดินจะเกิดจากการแปรสภาพของหินพื้นมา ซึ่งเป็นหินแกรนิตชนิดหนึ่ง เกิดการผุพังเปลี่ยนสภาพเป็นดินเนื่องจากความชื้นปฏิกิริยานี้เรียกว่า เคโอลินไนท์เซชัน (kaolinization) (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 3) ดิน คือ สารประกอบไฮดรอลูมิเนียมซิลิเกต (hydrated aluminum silicate) มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกแน่นอนเมื่อผสมกับน้ำจะทำให้เกิดความเหนียวขึ้น และสามารถปั้นให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ถ้าปล่อยให้แห้งจะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้ มีความแข็งแรงดีตั้งแต่ค่อนข้างเปราะ ถ้าเผาแล้วจะทำให้แข็งแรงมากขึ้น และผสมกับน้ำจะไม่ทำให้ความเหนียวกลับคืนมาอีก (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 20) ดินเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา โดยเฉพาะภาชนะรองรับอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้อง และอื่น ๆ ดินมีหลายชนิดแตกต่างกันไป อาจจะแตกต่างกันในเรื่องสีหรือต่างกันในเรื่องโครงสร้าง รวมทั้งต่างกันในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เป็นต้นว่า มีความเหนียวต่างกัน มีปริมาณซิลิกาต่างกัน (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2535 : 42)

4. การจำแนกประเภทของดินที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา

ดินสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้ (จุมพล คีนตัก และคนอื่น ๆ. 2521 : 17)

4.1 จำแนกประเภทตามประโยชน์การใช้ ได้แก่

4.1.1 ดินขาว (kaolin) ใช้ทำฟิลเลอร์เกรด ทำเคลือบกระดาษ ทำวัตถุทนไฟ ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

4.1.2 ดินเหนียว (ball clay) ใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

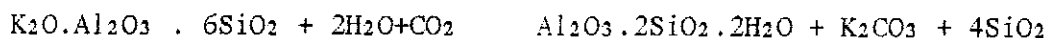
4.1.3 ดินทนไฟ (fire clay) ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟและผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

4.1.4 เบนโทไนต์ (bentonite) ใช้ทำโคลนเจาะ ทำเบ้าหลอม

4.1.5 ฟลูเลอร์เอิร์ธ (fuller's earth) ใช้ดูดซับฟอกสี

4.1.6 ดินชนิดอื่น ๆ รวมทั้งหินดินดาน ใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ปูนซีเมนต์ และอิฐทนไฟ เป็นต้น

4.2 จำแนกประเภทตามลักษณะของแหล่งดิน ดินเกิดจากการผุพังของหินแกรนิต หินพันม้า หินพันม้าและวัตถุอื่นรวมกัน สิ่งซึ่งช่วยทำให้เกิดการผุพังของหินและวัตถุเหล่านี้ ได้แก่ น้ำ ลม ความร้อน ความเย็น และปฏิกิริยาทางเคมี ดังสมการ



จากอิทธิพลของสิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วทำให้แยกแหล่งดินออกได้ 2 ลักษณะ คือ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 20)

4.2.1 แหล่งดินต้นกำเนิด (primary clay) เป็นแหล่งที่มีการผุพังของหินและวัตถุอื่นรวมกัน โดยไม่มีสิ่งแปลกปลอมจากแหล่งอื่นเข้ามาผสมผสาน คุณสมบัติของดินที่ได้เป็นไปตามแหล่งดินที่เกิดมีเนื้อหยาบ มีความเหนียวน้อย มักมีหินและวัตถุอื่น ๆ ที่ยังไม่สลายปะปนอยู่กับเนื้อดิน เนื้อดินมีความขาว มีการหดตัวของเนื้อดินน้อย

4.2.2 แหล่งดินตกตะกอน (secondary clay) จากอิทธิพลของน้ำ ลม ชาร น้ำแข็ง ที่พัดและไหลผ่านทำให้แหล่งดินต้นกำเนิดเคลื่อนที่จากแหล่งเดิม จากดินแหล่งต้นกำเนิดหลายแหล่งที่ได้รับอิทธิพลเคลื่อนที่จากแหล่งเดิมมารวมกันจนแหล่งใหม่ ส่วนผสมเนื้อดินเปลี่ยนไปละเอียดขึ้น มีความเหนียวเพิ่มขึ้น สีของเนื้อดินเปลี่ยนไป การหดตัวของเนื้อดินมากขึ้นตามปริมาณของอินทรีย์วัตถุที่ผสมในเนื้อดิน

5. เนื้อดินปั้นและชนิดของเนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้น หมายถึง ดินที่เตรียมขึ้นตามธรรมชาติ หรือดินที่นำไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น เพื่อให้เนื้อดินมีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น เพิ่มความเหนียวให้แก่เนื้อดินปั้น เพิ่มความหนาแน่นในอุณหภูมิที่ต้องการเผา เพิ่มความโปร่งแสงให้กับเนื้อดินหลังการเผา (Rhodes. 1973 : 24) เพื่อให้คงทนต่อสภาพการใช้งาน เช่น ทนต่อการกระแทกและด่าง ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermal shock) ให้มีความพรุนตัว หรือไม่มีความพรุนตัว เป็นต้น การทำเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดจึงต้องนำวัตถุดิบที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ (โกลม รักษ์วงศ์. 2531 : 127) มีการจำแนกเนื้อดินปั้นออกเป็นหลายกลุ่มตามจุดประสงค์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5.1 เนื้อดินปั้นตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีอยู่ 4 กลุ่มดังต่อไปนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 78-83)

5.1.1 เนื้อดินชนิดเอเทรเนอวอร์ เป็นผลิตภัณฑ์เผาในอุณหภูมิไม่สูงมากนัก อุณหภูมิไม่เกิน 1,190 องศาเซลเซียส (ทฤษฎีหมายเลข 5) เนื้อดินจะมีความพรุนตัวบ้าง ใช้ดินเหนียวธรรมชาติที่พบทั่วไป ผสมทรายหรือดินเชื้อบ้าง เพื่อแก้ปัญหาการแตกร้าว ดินชนิดนี้ขึ้นรูปด้วยปั้นหมุน (throwing) นับว่าเหมาะสม ดินชนิดนี้ส่วนมากมีอัตราส่วนของเหล็กสูง มักจะเป็นสีแดง สีดำ สีเทา สีน้ำตาลอ่อนหรือเข้ม และมีความทนไฟไม่สูงนัก

การเตรียมดินปั้นชนิดเอเทรเนอวอร์ตามธรรมชาติพวกทำเครื่องปั้นดินเผา มักนิยมใช้ดินในท้องถิ่นของตน สะดวกแก่การนำมาผลิต ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายได้ดี สิ่งจำเป็นที่ควรทดสอบขั้นแรก คือ การทดสอบการหดตัวของดิน การดูดซึมน้ำ ตลอดจนความเหนียว ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้ผลิตทราบอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์นั้น ๆ วิธีการปรับปรุงเนื้อดิน ควรมีหลักเกณฑ์ดังนี้

5.1.1.1 ถ้าเป็นดินที่นำมาผลิตมีความทนไฟสูง ซึ่งจะทำให้เนื้อดินมีความแข็งแรงไม่เพียงพอ ควรเติมวัตถุดิบประเภทที่ช่วยหลอมละลายลงไปบ้าง เช่น หินฟันม้า เหล็กออกไซด์ ทัลค์ (talc) หรือ ฟริต (frit) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้

5.1.1.2 ถ้าเป็นดินชนิดที่มีจุดหลอมตัวต่ำ ผลิตภัณฑ์ส่วนมากจะมีรูปบิดเบี้ยว งอรั้ง ทำให้เสียรูปทรงไม่น่าใช้ ควรเติมวัตถุดิบชนิดที่มีความทนไฟสูงขึ้น เช่น ดินขาว

ดินสโตนแวร์ ดินเซ้อ (grog) และดินทนไฟ

5.1.1.3 ถ้าดินมีความเหนียวมาก การหดตัวของดินมีมากเช่นกัน ทำให้มีการแตกร้าวมาก ควรเติมวัตถุดิบประเภทที่ไม่มีมีความเหนียว เช่น ดินขาว หินเขียวหุมนาน ดินเซ้อ ทราย

5.1.1.4 ถ้าดินไม่เหนียว ยากแก่การขึ้นรูปทรง ควรเติมวัตถุดิบที่มีความเหนียว เช่น ดินเหนียว ดินเบนโทไนท์ (จรัสศรี สมบัติทวี. 2518 : 1)

5.1.2 เนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ เป็นเนื้อดินที่เผาถึงจุดสุกตัว ส่วนใหญ่เป็นสีเทาอ่อน สีเทาเข้ม สีน้ำตาลอ่อน น้ำตาลเข้ม ดำ และสีขาว อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 1,190–1,390 องศาเซลเซียส (ท่นวัดไฟหมายเลข 6–14) มีคุณลักษณะแข็งแกร่งเป็นพิเศษ น้ำ และของเหลวไหลซึมไม่ได้ เนื้อดินชนิดสโตนแวร์เผาไฟสูงมาก เนื้อดินมีความเหนียวดี ก่อนขึ้นข้างหยาบ วัตถุดิบส่วนใหญ่มักใช้ดินตามแหล่งธรรมชาติ สีค่อนข้างแดง

การเตรียมผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาไฟในอุณหภูมิค่อนข้างสูง มีผู้เตรียมขึ้นเอง และนิยมใช้หินฟันม้า เป็นส่วนผสมช่วยให้เกิดหลอมละลาย และช่วยให้ช่วงการเผายาวได้ดี บางชนิดเนื้อดินใช้ดินเซ้อ ผสมลงไปบ้าง ถ้าไม่มีดินประเภทสโตนแวร์เคล ส่วนผสมของเนื้อดินโดยยใช้ดินขาว ดินเหนียว หินฟันม้า หินแก้ว และอีกวัสดุของเหล็ก ซึ่งทำให้เกิดสีน้ำตาล

เนื้อดินสโตนแวร์ดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 3 เป็นอย่างมาก ฉะนั้นของเหลวจะไม่ไหลซึมผ่านได้ง่าย (Rhodes. 1959 : 6)

5.1.3 เนื้อดินปั้นฟอร์สเลน เนื้อดินปั้นชนิดฟอร์สเลน เป็นเนื้อดินปั้นที่เผาถึงจุดสุกตัวเหมือนผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ แต่เนื้อดินละเอียดกว่า สีขาว มีความโปร่งแสง เผาในอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส (ท่นวัดไฟหมายเลข 9) ขึ้นไป เนื้อดินส่วนใหญ่ประกอบด้วย ดินขาว หินฟันม้า หิน แก้ว (quartz) และดินเหนียวขาว ผสมกันตามสัดส่วน

การเตรียมเนื้อดินค่อนข้างยุ่งยากมาก มีกระบวนการหลายขั้นหลายตอน และโดยเฉพาะดินขาว ซึ่งไม่มีความเหนียว ซึ่งจำเป็นจะต้องหาดินชนิดอื่นเข้าช่วยผสมด้วยการทำผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ใช้วิธีหล่อพิมพ์

ส่วนผสมของเนื้อดินฟอร์สเลนโดยประมาณทั่ว ๆ ไป จะใช้ดินประมาณ

ห้าส่วน หินพื้นน้ำประมาณสามส่วน หินแก้วประมาณสองส่วน แล้วนำไปผสมบดเข้าด้วยกัน จากรายการส่วนผสมดังกล่าวจะเห็นได้ว่า เนื้อดินนี้จะประกอบด้วยดินขาว กับดินเหนียว ซึ่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์สีขาว และมีความเหนียวพอขึ้นรูปได้ หลักการสำคัญอยู่ที่ว่า ดินที่นำมานั้น ต้องล้างและบดให้ละเอียดเสียก่อน โดยผ่านเครื่องแยกเหล็ก เนื่องจากดินขาวบางแหล่งมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กสูง จะทำให้สีของเนื้อดินหลังการเผาไม่ขาว เนื้อดินพอร์สเลนถ้าเติมแคลเซียมคาร์บอเนต แบเรียมคาร์บอเนต หรือหินโดโลไมท์ (dolomite) ประมาณร้อยละ 1-2 จะช่วยลดอุณหภูมิลงได้บ้าง การนำผลิตภัณฑ์ดินพอร์สเลนไปเผา ในลักษณะที่เป็นการเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น เนื้อดินมักจะเป็นสีครีม ไม่ขาวมากนัก แต่ถ้าเป็นการเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันเหล็กที่มีอยู่ในเนื้อดินบ้าง จะทำปฏิกิริยาทางเคมีให้เนื้อดินเกิดเป็นสีขาวนวล (brilliant white) (Rhodes, 1959 : 14)

5.1.4 เนื้อดินชนิดหล่อพิมพ์ เนื้อดินสำหรับหล่อที่ดินนี้ จะต้องมิลักษณะน้ำดินไหลเป็นสาย (fluid suspension) ไม่ตกตะกอนง่าย ในขณะที่ทำการหล่อโดยเฉพาะพิมพ์ที่ทำด้วยปูนพลาสเตอร์ต้องแห้งสนิท และเนื้อดินไม่หดตัวมากนัก ตามธรรมชาติการผสมดินกับน้ำเท่านั้นไม่ถือว่าเป็นสลิปที่ดี น้ำสลิปที่ดีจะขึ้นอยู่กับจำนวนที่พอเหมาะ เนื้อดินจะลอยตัวได้ดี แต่ถ้าใส่น้ำมากเกินไป ดินนี้จะเหลวมาก เมื่อเทลงแบบพิมพ์จะทำให้ช่วยการหล่อช้า ดินตกตะกอน รวดเร็วกว่าปกติ การเตรียมน้ำสลิปจำเป็นจะต้องจำกัดจำนวนน้ำแค่ไหนจึงจะเหมาะสม เพื่อให้ดินนั้นลอยตัวได้ดี (deflocculation) ในทางปฏิบัติที่จะทำให้ดินเกิดการลอยตัวได้ดี โดยใช้ไฟผสมแต่น้อยแล้วใช้โซเดียมซิลิเกตและโซดาแอส (sodium silicate and soda ash) ผสมจะทำให้เกิดการลอยตัวขึ้น น้ำที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำสลิปโดยประมาณร้อยละ 24-35 ในเนื้อดินนั้น 100 ส่วน เติมสารโซเดียมซิลิเกตลงไปร้อยละ 0.2-0.5 จะทำให้เกิดการลอยตัวได้ดี

เนื้อดินชนิดหล่อพิมพ์ สามารถทำให้เป็นผลิตภัณฑ์เอเทรเนอวร์ สโตนแวร์ และพอร์สเลน ถ้าทำเนื้อดินให้มีคุณสมบัติตรงกับเนื้อดินชนิดหล่อพิมพ์

5.2 การแบ่งชนิดของเนื้อดินนั้นโดยยึดอัตราส่วนผสมของดินกับน้ำเป็นหลัก แบ่งออกได้ 4 ชนิด คือ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา, 2529 : 83)

5.2.1 น้ำดิน (slip) สำหรับใช้หล่อกับปูนพลาสเตอร์ เนื้อดินนั้นชนิดนี้ผสมกับ

น้ำประมาณร้อยละ 24-30 เมื่อผสมแล้ว จะมีเนื้อเหลวเป็นน้ำข้น ๆ เวลาปั้นต้องใช้ปูนพลาสติกเตอร์เป็นแบบเหมาะสำหรับทำเครื่องปั้นชนิดที่มีเนื้อดินปั้นบาง ทำการปั้นด้วยวิธีอื่น ๆ ไม่ได้ เช่น แจกัน ถ้วยน้ำชา กาแฟ และเครื่องปั้นชนิดใหญ่ที่มีเนื้อดินปั้นหนาแน่นมาก ๆ เช่น เครื่องสุญญากาศ เป็นต้น

5.2.2 ดินซอฟ-มัต (soft-mud) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 18-24 เนื้อดินปั้นชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำแล้ว จะมีเนื้ออ่อนเหลวไม่เหนียวมากนัก เวลาปั้นจะต้องมีแบบทำด้วยไม้ โลหะ หรือปูนพลาสติกเตอร์ เพื่อให้เนื้อดินปั้นอยู่ในที่อัดตัวจะได้เกาะติดกันเหมาะสำหรับเครื่องปั้นดินเผาจำพวกอิฐธรรมดา (common brick) อิฐประดับ (face brick) กระเบื้องมุงหลังคา (roofing tile) ชาม จาน (dinner-ware)

5.2.3 ดินสตัฟ-มัต (stiff-mud) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 14-20 เนื้อดินปั้นชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำแล้วจะมีเนื้อเหนียวมาก ใช้ปั้นด้วยมือหรือด้วยแบบก็ได้เหมาะสำหรับทำเครื่องปั้นจำพวกอิฐธรรมดา อิฐประดับ กระเบื้องปูพื้น (paving brick) อิฐกลวง (hollow brick) ท่อระบายน้ำ (sewer pipe) อิฐทนไฟ (refractory brick) หม้อไฟ (pottery) กระเบื้องฉนวนไฟฟ้า (electric porcelain)

5.2.4 ดินทราย-เพรส (dry-press) เป็นเนื้อดินปั้นที่ผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 6-14 เนื้อดินปั้นชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำแล้วจะมีเนื้อร่วนชื้นเล็กน้อย เวลาปั้นต้องมีแบบทำด้วยโลหะและอัดให้เป็นรูปด้วยเครื่องจักร ใช้ปั้นด้วยมือหรือด้วยแบบก็ได้ เหมาะสำหรับทำเครื่องปั้นจำพวกกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องปูฝา อิฐประดับ อิฐทนไฟ กระเบื้องฉนวนไฟฟ้า

6. อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

โดยทั่วไปเนื้อดินปั้นจะประกอบไปด้วยวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดิน หินเขียวหุมนาน และหินพันม้า วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด เป็นเส้นแร่ตามธรรมชาติซึ่งหาได้ง่ายและมีราคาถูก ความบริสุทธิ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งที่พบ เมื่อผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ง่าย การกล่าวถึงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นอาจกล่าวได้ถึง 4 ลักษณะคือ (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ,

ลักษณะที่ 1 การกล่าวโดยเขียนเป็นร้อยละของวัตถุดิบ เช่น

ดินขาว	ร้อยละ 35.0
ดินเหนียว	ร้อยละ 25.0
หินเขียวหนามาน	ร้อยละ 13.0
หินฟันม้า	ร้อยละ 27.0

ลักษณะที่ 2 การกล่าวถึงโดยเขียนเป็นร้อยละของออกไซด์ เช่น

Loss on Ignition	ร้อยละ 5.7
SiO ₂	ร้อยละ 66.7
Al ₂ O ₃	ร้อยละ 21.6
Fe ₂ O ₃	ร้อยละ 0.5
CaO	ร้อยละ 0.6
MgO	ร้อยละ 0.4
K ₂ O, Na ₂ O	ร้อยละ 4.5

ลักษณะที่ 3 การกล่าวถึงโดยเขียนในรูปร้อยละของแร่ เช่น

แร่ดิน	ร้อยละ 50.0
ควอตซ์ (Quartz)	ร้อยละ 25.0
เฟลด์สปาร์	ร้อยละ 25.0

ลักษณะที่ 4 การกล่าวถึงโดยเขียนเป็นสูตรทั่วไป เช่น

RO, R ₂ O	R ₂ O ₃	RO ₂
0.36	1	5.24

RO, RO₂ หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ ซึ่งมีวาเลนซ์ 1 และ 2 ตามลำดับ เช่น

K₂O, Na₂O, CaO และ MgO เป็นต้น

R₂O₃ หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ ซึ่งมีวาเลนซ์ 3 เช่น Al₂O₃, Fe₂O₃ เป็นต้น

R₂O หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ ซึ่งมีวาเลนซ์ 4 เช่น SiO₂, SnO₂ และ

TiO₂ เป็นต้น

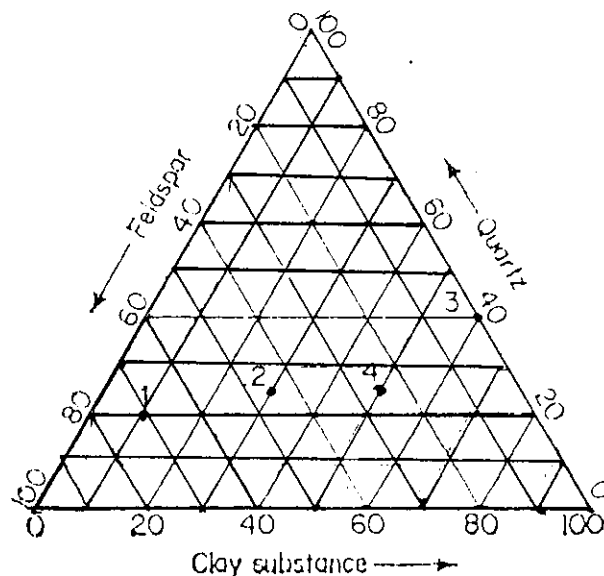
สำหรับการทดลองในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นตามลักษณะที่ 1

คือเขียนเป็นเปอร์เซ็นต์ของวัตถุใดเท่านั้น เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกว่าการกล่าวถึงในลักษณะอื่น นอกจากนี้ส่วนผสมของค่าที่อ่านได้จะมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของวัตถุใด โดยใช้แผนภูมิไตรคูลยภาคในการหาอัตราส่วนผสม

7. การเตรียมเนื้อดินปั้นตามตารางไตรคูลยภาค

การทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน ในงานเครื่องปั้นดินเผา นิยมใช้แผนภูมิไตรคูลยภาค ซึ่งเป็นตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ช่วยในการหาอัตราส่วนผสมที่ได้จากส่วนผสมที่ผ่านการทดลองมาแล้วจากแหล่งอื่นหรือจากต่างประเทศ เพื่อเปลี่ยนแหล่งวัตถุดิบจากความบริสุทธิ์ของสินแร่ตามธรรมชาติที่เปลี่ยนไปตามแหล่งที่พบ คุณสมบัติก็จะเปลี่ยนไปด้วย ส่งผลให้เนื้อดินทดลองเปลี่ยนแปลงตามการใช้แผนภูมิไตรคูลยภาคจะช่วยหาอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติตามตัวอย่างที่ต้องการได้ (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2535 : 66-69)

ส่วนประกอบและการอ่านค่าอัตราส่วนผสมในตารางไตรคูลยภาค มีการนำเสนอการหาอัตราส่วนผสมตามตารางไตรคูลยภาคแตกต่างกันออกไป ซึ่งมีดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 1 ส่วนประกอบและการอ่านค่าในตารางไตรคูลยภาค

(ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2535 : 95)

ภาพประกอบ 1 สามเหลี่ยมที่ปรากฏเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่า กำหนดแต่ละด้านออกเป็น 100 ส่วนเท่า ๆ กันทั้ง 3 ด้าน ลากเส้นขนานแต่ละด้านตามสัดส่วนที่แบ่งไว้ และกำหนดวัตถุที่ต้องการหาอัตราส่วนผสมไว้แต่ละด้าน เช่น หินพัมมา หินแก้ว และดิน กำหนดหมายเลขจาก 0-100 ในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา โดยมีจุด 100 ตรงกับ 0 ของด้านถัดไป กำหนดลูกศรเพื่อชี้ให้ทราบถึงการอ่านค่าของวัตถุแต่ละด้านจากน้อยไปหามาก การอ่านค่าจากแผนภูมิไตรคอลลายภาคต้องยึดเลข 0 ของแต่ละวัตถุเป็นฐานของการอ่านค่า เมื่อรวมผลบวกของวัตถุจะเท่ากับ 100พอดี จากภาพที่ 1 การอ่านค่าอัตราส่วนผสมในจุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ได้ค่าดังต่อไปนี้

ตาราง 1 อัตราส่วนผสมเนื้อดินจากภาพประกอบ 1

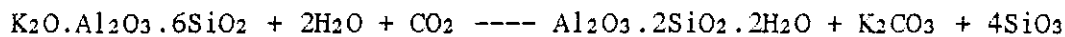
จุดที่	หินพัมมา	ดิน	หินแก้ว	รวม
1	70	10	20	100
2	45	30	25	100
3	0	60	40	100
4	25	50	25	100

8. วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้น

วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นแบ่งออกเป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ (ทวี พรหมพฤษย์, 2523 : 58-62)

8.1 วัตถุดิบที่มีความเหนียว (plastic raw materials) วัตถุดิบในกลุ่มนี้มีเพียงชนิดเดียว คือ ดิน ($\text{clay Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) คือ สารประกอบไฮโดรรัส อลูมิเนียม ซิลิเกต (hydrous alumium silicate) มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกแน่นอน เมื่อผสมกับน้ำจะทำให้เกิดความเหนียวขึ้น และสามารถปั้นให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ถ้าปล่อยให้แห้งจะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้ มีความแข็งแรงดีขึ้น แต่ค่อนข้างเปราะ ถ้าเผาแล้วจะทำให้แข็งแรง

มากขึ้น และผสมกับน้ำจะไม่ทำให้ความเหนียวกลับคืนมาอีก ดินเกิดจากการผุพังของหินแกรนิต หินพันม้า และเปกมาไตต์ (pegmatite) เป็นต้น สิ่งที่จะช่วยทำให้เกิดการผุพังของหินเหล่านี้ ได้แก่ น้ำ ลม และปฏิกิริยาทางเคมี ดังสมการ



หินแกรนิตที่ผุพังแล้ว ทำให้เกิดเป็นดินโดยทับถมอยู่ที่แหล่งดิน เรียกว่า แหล่งต้นกำเนิด (primary clay หรือ residual clay) มักมีหินเดิมปะปน เช่น หินพันม้า และหินควอตซ์ เป็นต้น เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ ดินจะถูกกระแสน้ำลมพัดพาทำให้แหล่งดินเคลื่อนย้ายออกไปจากแหล่งหินเดิม น้ำแยกเอาส่วนที่เป็นหินออกไป ทำให้เม็ดดินละเอียดขึ้น และจะตกตะกอนสะสมในบริเวณน้ำนิ่งเรียกดินชนิดนี้ว่า แหล่งตกตะกอน (secondary clay หรือ sedimentary clay) กลุ่มแร่ดินส่วนใหญ่เป็นดินขาว (kaolinite) ดินขาวชนิดนี้เป็นวัตถุดิบที่สำคัญอันดับหนึ่ง สามารถนำมาขึ้นรูปต่าง ๆ ได้ง่าย เผาแล้วเป็นสีขาว มีความหนาแน่นและแข็งแรงดี ดินขาวชนิดเม็ดละเอียดมีความเหนียวมาก เรียกว่าดินเหนียวขาว (white ball clay) เผาแล้วเป็นสีขาว-ครีม เวลาผสมต้องการปริมาณน้ำมาก ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูงขณะตากแห้งและเผา (กรมวิทยาศาสตร์. 2529 : 20) การสลายตัวของหินจนกลายเป็นดินปะปนกับสารอื่น ทำให้คุณภาพของดินเปลี่ยนไปแต่ยังสามารถนำคุณสมบัตินี้ไปใช้ประโยชน์ได้ มีการแบ่งแยก และเรียกชื่อของดินแตกต่างกันออกไปซึ่งมีดังต่อไปนี้ (อนันต์ภักดิ์ รัชติมงคล. 2531 : 16-22)

8.1.1 ดินเหนียวหรือดินท้องถิ่น เป็นดินที่พบเห็นอยู่ทั่วไป ตามท้องทุ่งท้องนา ซึ่งอันที่จริงก็คือ ดินขาวที่ถูกพัดพาไป และเกิดการทับถมกันมาเป็นเวลานาน และมีสารจำพวกอินทรีย์เป็นซากพืชหรือสัตว์และมีสารเจือปนอย่างอื่น เช่น สารเหล็กปนอยู่ด้วย ดินชนิดนี้จึงมีความเหนียวมาก เวลาเผามีสีแดง หรือสีฟาง โดยจะเห็นตัวอย่างได้ง่าย ๆ ก็คือ ดินจังหวัดปทุมธานีที่เกิดตามริมแม่น้ำ ซึ่งราษฎรขุดนำมาใช้ในการทำกระถางต้นไม้อันมีชื่อที่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี หรือดินตามท้องนาใน จ.ปทุมธานี ที่นำมาใช้ทำอิฐก่อสร้าง และดินในจังหวัดอื่น ๆ ที่ราษฎรนำมาใช้ทำอิฐและผลิตภัณฑ์จำพวกหม้อและไหใส่น้ำ เช่น อิฐบางบัวทอง อิฐสระบุรี และหม้อไหที่ จ.มหาสารคาม และ จ.อุบลราชธานี เป็นต้น

8.1.2 ดินขาว (kaolin) เป็นแร่ชนิดหนึ่งซึ่งเกิดตามธรรมชาติ จากการผุพัง

และการสลายตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมีของหินอัคนี และหินแปรบางชนิด แร่ดินขาวจึงมีชื่อเรียกทางธรณีวิทยาว่า เกาลินไนท์ หรือ เกาลิน สำหรับคำว่า เกาลินนี้ เป็นคำที่มาจากภาษาจีน "เกาลิง" ซึ่งหมายถึงสันเขาสูง อันเป็นบริเวณที่มีการค้นพบแหล่งดินขาวขึ้น ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการทำเครื่องปั้นดินเผา โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความขาว ทั้งนี้เนื่องจากมีคุณสมบัติที่จะปั้นขึ้นรูปได้ และเมื่อเผาแล้วจะให้สีขาว แหล่งดินขาวที่ขุดพบในเมืองไทย และได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาแล้ว ได้แก่ที่ อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง ที่หาดส้มแป้น อ.เมือง จ.ระนอง และดินขาว จ.นครนายก นอกจากนี้ยังมีแหล่งที่ อ.สุโขทัย จ.สุโขทัย ซึ่งทำใช้ในอุตสาหกรรมการทำกระดาษ

8.1.3 ดินดำเหนียว (black ball clay) เป็นดินขาวที่ถูกธรรมชาติพัดพาและได้ทับถมกันกลายเป็นแหล่งดินอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้น แหล่งดินดำเหนียวจึงมักจะเกิดหรือพบตามบริเวณที่ราบใกล้ชายทะเล หรือบริเวณใกล้ ๆ ลำธารหรือลำห้วย และเป็นดินที่มีความละเอียดและความเหนียวมาก มักจะมีสิ่งเจือปนพวกสารอินทรีย์ทำให้มีสีดำ และเมื่อเผาแล้วจะมีสีขาวหรือสีครีม จึงมีประโยชน์ที่จะนำไปใช้ผสมกับดินชนิดอื่น เพื่อเพิ่มความเหนียวให้กับส่วนของเนื้อ Body ทำให้ง่ายต่อการขึ้นรูป แหล่งดินชนิดนี้จะพบที่ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี อ.ปากพลี จ.นครนายก ต.พลพลี จ.สุราษฎร์ธานี

8.1.4 ดินขาวเหนียว (white ball clay) เป็นดินขาวที่เกิดจากการผุร่อนของหิน ถูกน้ำฝนหรือลมพัดพามาทับถมเป็นแหล่งดินอีกแหล่งหนึ่ง ด้วยเหตุนี้แหล่งดินประเภทนี้มักเกิดบริเวณที่ราบหรือใกล้บริเวณชายทะเล เป็นดินที่มีความเหนียวและเม็ดละเอียด ใช้ผสมกับดินชนิดอื่น เพื่อให้การขึ้นรูปง่ายพบที่แหล่งบางละมุง จ.ชลบุรี จ.ปราจีนบุรี อ.แม่ทวน จ.ลำปาง อ.แกลง จ.ระนอง และทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช

8.1.5 ดินเบนโทไนท์ (bentonite clay) เป็นดินที่มีจุดหลอมละลายสูงและทนไฟ มีความเหนียว คุณสมบัติข้อนี้จึงเหมาะที่จะใช้ผสมวัตถุดิบไฟสำหรับใช้ในอุณหภูมิสูง เช่น อิฐทนไฟใช้กับเตาเผาหีบดินสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ดินทนไฟอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ คือ

8.1.5.1 ดินเบนโทไนท์ที่มีความเหนียว พบอยู่ทั่วไปและบางครั้งอาจพบในดินขาวเหนียว ถ้าหากมีปริมาณของเหล็กออกไซด์เจือปนอยู่มาก จะทำให้ดินที่มีสีเหลือง

จนถึงสีแดง สำหรับแหล่งที่พบในเมืองไทยก็ได้ดินทนไฟที่ จ.ปราจีนบุรี

8.1.5.2 ดินเบนโทไนท์ที่มีซิลิกาสูง ดินชนิดนี้จึงมีปริมาณของซิลิกอนไดออกไซด์ค่อนข้างสูง (หรือทราย) ซึ่งเป็นสารที่มีความทนไฟ จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งที่จะใช้ทำวัตถุนทนไฟ

8.1.5.3 ดินเบนโทไนท์ที่มีอะลูมินาสูง (อะลูมิเนียมออกไซด์) ซึ่งได้แก่แร่ดินบ็อกไซต์ จิบไซต์ ดินชนิดนี้จึงมีความทนไฟสูงมาก จึงเหมาะที่จะนำไปทำวัตถุนทนไฟที่ต้องการใช้ในอุณหภูมิสูง ๆ แต่ไม่พบในเมืองไทย (อนันต์ศักดิ์ โชติมงคล. 2531 : 17-18)

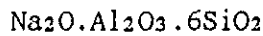
8.2 วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว (non plastic raw material) ในกลุ่มนี้ มีวัตถุดิบหลายชนิดดังต่อไปนี้

8.2.1 ซิลิกา (SiO_2) โดยมากเกิดในหินแกรนิต (granite) ในรูปของหินเขียวทึบมาน ใช้ผสมเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ นอกจากนี้ยังใช้ในการทำแก้ว และวัตถุนทนไฟ ทั้งนี้เพราะมีความทนไฟสูง หินเขียวทึบมานมีลักษณะแตกต่างกันแล้วแต่การเกิดในธรรมชาติ เช่น พวกที่เป็นผลึกจะมีผิวเรียบและวาวคล้ายแก้ว ถ้ามีความบริสุทธิ์สูงจะไม่มีสี สีที่เห็นทั่ว ๆ ไปมีทั้งเหลือง แดง ชมพู น้ำตาล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่เจือปนอยู่ด้วย ควอตซ์นอกจากจะเกิดเป็นผลึกแล้วอาจเกิดในรูปของก้อนหิน (massive rock) พวกนี้จะมีเนื้อหยาบและไม่โปร่งใสเหมือนชนิดที่เป็นผลึก หินเขียวทึบมานเมื่อเผาที่อุณหภูมิต่ำ รูปโครงสร้างเรียกว่า ควอตซ์ (quartz) ถ้าได้รับความร้อนสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิ 573 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นอีกชนิดหนึ่ง มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นเป็น เบต้า ควอตซ์ (quartz) และเมื่อเผาถึงอุณหภูมิที่ 870 องศาเซลเซียส ควอตซ์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงถ้าไม่มีวัตถุดิบมาปะปน

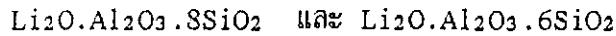
8.2.2 หินฟ้าน้ำ (feldspar) ในงานเครื่องปั้นดินเผาใช้หินฟ้าน้ำเป็นตัวช่วยหลอมละลาย (flux) ผสมทั้งในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ หินฟ้าน้ำเป็นอัลคาไลน์หรืออัลคาไลน์เอิร์ธ อลูมิเนียมซิลิเกตเป็นหินแร่ที่เกิดในหินอัคนี (igneous rock) โดยมากเกิดรวมกับหินควอตซ์และไม่ทำในธรรมชาติ ส่วนที่เป็นอัลคาไลน์และอัลคาไลน์เอิร์ธของหินฟ้าน้ำมีโซเดียม โพแทสเซียม ปะปนอยู่ในเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ จึงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันดังนี้

8.2.2.1 โพแทส เฟลสปาร์ (potash feldspar) มีสูตรทางเคมี $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

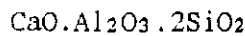
8.2.2.2 โซดา เฟลสปาร์ (Soda feldspar) มีสูตรทางเคมี



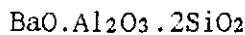
8.2.2.3 ลิเทียม เฟลสปาร์ (lithium feldspar) มีสูตรทางเคมี



8.2.2.4 หินปูน เฟลสปาร์ (lime feldspar) มีสูตรทางเคมี



8.2.2.5 แบเรียม เฟลสปาร์ (Barium feldspar) มีสูตรทางเคมี



คุณสมบัติของหินพัมมาแตกต่างกันตามชนิดของหินควอตซ์ และสารอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ หินพัมมามีลักษณะคล้ายแก้ว และวาวเหมือนมุก (pearly luster) สีมืดตั้งแต่สีขาว ครีมนมพูน น้ำตาลอ่อน แดง เทา เขียว มีทั้งชนิดใสและขุ่น

8.2.3 คัลเซียมและคัลเซียมซิลิเกต ใช้ร้อยละ 2-3 ผสมทำเนื้อดินปั้นประเภทเอิซเซนแวร์ เพื่อถนอมการราน ญี่ปุ่นนิยมทำดินกระเบื้องฝาผนัง (wall tile bodies) โดยผสมร้อยละ 10-15 จะทำให้เนื้อเบา มีการหดตัวน้อยลง สุกตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส ถึง 1,130 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์ดูดซึมน้ำร้อยละ 18-22 ไม่ทำให้เกิดการรานและร่อนง่าย เคลือบที่มีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) อยู่ในส่วนผสมจะมีคุณสมบัติพิเศษมีความแข็งดี ทนต่อการกัดกร่อนของกรดเจือจาง ช่วยลดการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน วัตถุดิบที่ให้แคลเซียมออกไซด์ คือ หินปูน หินอ่อน คัลไซต์ wollastonite

8.2.4 อลูมินา (alumina Al_2O_3) ที่เกิดเป็นผลึกคือ คอร์รันดัม (corundum) ใช้ในการทำหินขัด นอกจากนี้ลูมินายังเกิดในรูปที่มีน้ำอยู่ด้วย เช่น ไดอสปอร์ (diaspore $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) บอกไซด์ (bauxite Al_2O_3) และกิบไซด์ (gibbsite $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) ถ้านำเอาอลูมินามาเผาไล่น้ำออก และเพิ่มอุณหภูมิให้สูงพอไม่ทำให้หดตัวอีกต่อไป ใช้ทำวัตถุดิบไฟประเภทที่มีอุณหภูมิสูง เช่น หัวเทียน เทอร์โมคอปเปิล (thermo-couple) หลอด (tube) เป็นต้น (ปริศา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 41-56)

8.2.5 หินไดอะตอมไมต์ (diatomite) เป็นสารจำพวกซิลิโคนไดออกไซด์ เหมือนกับหินควอตซ์ และทราย แต่เกิดจากการทับถมของซากสัตว์ที่มีชื่อว่า ไดอะตอม ซึ่งมีขนาดเล็กมาก หินชนิดนี้จะมีพรุนตัวสูงจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ทำอิฐทนความร้อน

8.2.6 หินปูน (lime stone) หินปูนเป็นสารประกอบจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งพบอยู่ทั่วไปในประเทศไทยและมีมากที่ จ.สระบุรี และ จ.ราชบุรี เมื่อนำมาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส จะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแคลเซียมออกไซด์หรือปูนขาวนั่นเอง หินปูนมีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาในการใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ และส่วนผสมของเนื้อดินปั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับกระเบื้องบุผนัง สารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต นอกจากจะได้จากหินปูนแล้วยังเกิดจากหินอ่อน หินปะการัง เปลือกหอยและดินสอพอง เป็นต้น

8.2.7 หินโดโลไมท์ (dolomite) หินชนิดนี้ประกอบไปด้วยสารแคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมคาร์บอเนตปนกันอยู่มีประโยชน์ใช้สำหรับทำน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น นอกจากนั้นยังใช้ทำวัสดุทนไฟหรืออิฐทนไฟ

8.2.8 ทัลค์ (talc) เป็นวัตถุดิบที่มีลักษณะนุ่ม-ลื่นคล้ายสบู่และมีสีเหลือง ซึ่งประกอบไปด้วยสารแมกนีเซียมซิลิเกตทัลค์มีประโยชน์สำหรับผสมในเนื้อดินปั้นเพื่อทำลูกถ้วยไฟฟ้า ทำน้ำเคลือบ ปอร์ซเลน และทำเนื้อดินปั้นกระเบื้องบุผนัง

8.2.9 หินไพโรฟิลไลต์ (pyrophyllite) มีลักษณะคล้ายกับทัลค์ คือ นุ่มและลื่นเมื่อแต่หินไพโรฟิลไลต์ เป็นสารประกอบพวกอะลูมิเนียมซิลิเกต หินชนิดนี้มีประโยชน์ในการทำวัสดุทนไฟ กระเบื้องบุผนังและทำน้ำเคลือบ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าวัตถุดิบนี้ใช้ในการทำเครื่องปั้นดินเผา มี 2 ประเภทใหญ่ คือ ประเภทที่มีความเหนียวกับไม่มีความเหนียว ฉะนั้นในการเตรียมส่วนผสมของเนื้อดินปั้นมีหลักทั่ว ๆ ไปว่าจะต้องใช้ส่วนที่มีความเหนียวครึ่งหนึ่ง (ดิน) ผสมกับส่วนที่ไม่มีความเหนียว (หิน) อีกครึ่งหนึ่ง สำหรับหลักเกณฑ์อันนี้จะใช้เพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผาชนิดคุณภาพดี เช่น เอิตเทนแวร์ และปอร์ซเลน ซึ่งมีการขึ้นรูปด้วยวิธีเปียกเช่น การขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์ (slip casting) หรือการขึ้นรูปด้วยใบมีด (jiggering) เป็นต้น สำหรับการขึ้นรูปที่ใช้ความชื้นต่ำ เช่น การขึ้นรูปด้วยการกด ก็ใช้ปริมาณของดินเหนียวน้อยลง ในกรณีที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทพื้นบ้านหรือชนิดคุณภาพต่ำ เช่น พวงหม้อ ไห กระถาง หรือโถงน้ำ ซึ่งเมื่อเผาแล้วจะมีสีแดง ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจะได้แก่ ดินเหนียวเพียงอย่างเดียว หรืออาจจะผสมทรายเข้าไปบ้างเล็กน้อย หากว่าดินนั้นมีความหดรัดสูง หรือไม่ก็ผสมดินเชื้อแทน

(ดินเชื้อคือ ที่เผาแล้วประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส และบดละเอียดเป็นเม็ดเล็ก ๆ) และการคัดเลือกดินเหนียวที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาแบบพื้นบ้าน ควรเลือกดินที่มีความเหนียวที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้ ไม่มีเศษไม้หรือรากไม้ปนอยู่และมีทรายปนอยู่ไม่มากนักเมื่อบนขึ้นรูปและเผ่งให้แห้งหรือนำไปเผาจะต้องไม่แตกสลายหรือบิดเบี้ยว

9. วัตถุดิบที่ใช้ทำการวิจัย

แหล่งวัตถุดิบในประเทศที่ผ่านการวิเคราะห์ทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ จากศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงอุตสาหกรรม ได้วิเคราะห์ไว้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้ผู้สนใจได้ศึกษา แหล่งวัตถุดิบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ เฉพาะที่ต้องใช้ในงานศึกษาวิจัยเท่านั้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้

9.1 ดินขาวระนอง ดินขาวแหล่งนี้อยู่ที่บริเวณเหมืองแร่ดีบุก ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง เกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิตมาเป็นดินขาวปะปนอยู่กับหินควอตซ์ หินแกรนิต และแร่ดีบุก มีผู้ผลิตดินขาวแหล่งนี้เป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก ในขณะที่ทำการจมน้ำเพื่อแยกแร่ออกจากหินตามภูเขา ดินขาวละลายออกมากับแร่ดีบุกไหลตามน้ำมาด้วย ดีบุกจะตกอยู่ตามรางที่น้ำไหลผ่านมา แล้วแยกน้ำดินขาวออกมาจากหินและดินทรายที่ติดมา โดยใช้เครื่องมือไฮดรไซโคลน (Hydrocyclone) ปลอยให้น้ำดินจมตัวในบ่อพัก แล้วสูบเข้าเครื่องกรองอัดเป็นแผ่นออกจำหน่าย ดินขาวแหล่งนี้เป็นดินขาวชนิดที่พบเป็นแห่งแรกในประเทศไทย มีปริมาณของอลูมินาสูง และปริมาณของเหล็ก (iron oxide) น้อย เหมาะสำหรับการใช้ผสมทำเนื้อดินปั้นและน้ำยาเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาชนิดดีได้ และมีปริมาณมาก

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดินที่ล้างแล้ว

Loss on Ignition	ร้อยละ	12.00
Silica (SiO_2)	ร้อยละ	47.90
Alumina (Al_2O_3)	ร้อยละ	36.60
Titania (TiO_2)	ร้อยละ	0.02

Iron oxide (Fe_2O_3)	ร้อยละ	0.80
Calcium oxide (CaO)	ร้อยละ	0.25
Magnesium oxide (MgO)	ร้อยละ	0.51
Alkalies ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$), by difference	ร้อยละ	1.94
(ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2513 : 63)		

ผลทดสอบทางกายภาพเพื่อดูสี การหดตัว และดูดซึมน้ำ โดยการเผาในอุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิการเผา	สีของดิน	การหดตัว	การดูดซึมน้ำ
องศาเซลเซียส		ร้อยละ	ร้อยละ
800	ขาว	3.9	40.5
900	ขาว	3.9	40.3
1,000	ขาว	4.4	40.3
1,100	ขาว	5.2	39.5
1,200	ขาว	9.4	32.7
1,300	ขาว	11.8	30.0

(ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2513 : 63)

สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกดินขาวระนองเป็นวัตถุดิบในงานวิจัยครั้งนี้ เพราะเนื้อดินหลังการเผามีสีขาวกว่าเนื้อดินจากแหล่งอื่น มีปริมาณแร่เหล็กและทาทาเนียในเนื้อดินต่ำ เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ และการเผาที่ดี จะส่งผลให้เนื้อดินนั้นมีความขาว

9.2 ดินเหนียวขาวลำปาง มีแหล่งดินอยู่ในตำบลแม่ทาน อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ดินเหนียวชนิดนี้เหมาะในการผสมทำเนื้อดินปั้นผลิตภัณฑ์เพราะมีความเหนียวดี

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดินที่ล้างแล้ว

Loss on Ignition	ร้อยละ	8.30
Silica (SiO_2)	ร้อยละ	58.10
Alumina (Al_2O_3)	ร้อยละ	27.20

Titania (TiO_2)	ร้อยละ	0.5
Iron oxide (Fe_2O_3)	ร้อยละ	1.40
Calcium oxide (CaO)	ร้อยละ	2.00
Magnesium oxide (MgO)	ร้อยละ	1.70
Alkalies ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$), by difference	ร้อยละ	1.20

(ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2513 : 65)

ผลทดสอบทางกายภาพเพื่อดูสี การหดตัว และดูดซึมน้ำ โดยการเผาในอุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิการเผา	สีของดิน*	การหดตัว	การดูดซึมน้ำ
องศาเซลเซียส		ร้อยละ	ร้อยละ
800	สีเนื้ปนชมพู	2.5	46.2
900	สีเนื้ปนชมพู	2.9	46.0
1,000	สีเนื้ปนชมพู	3.3	44.5
1,100	สีเนื้ปนชมพู	3.5	42.1
1,200	สีเนื้ปนชมพู	5.1	39.4
1,300	สีเนื้ปนชมพู	7.8	35.3

(ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2513 : 65)

สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกดินเหนียวขาวลำปางเป็นวัตถุดิบในงานวิจัย เพราะคุณสมบัติความเหนียวของดิน ซึ่งจะมีผลต่อการทรงตัวในการขึ้นรูปโดยวิธีหล่อพิมพ์ ปริมาณของเหล็กออกไซด์ แม้จะสูงกว่าดินขาวระนอง แต่ก็ต่ำกว่าดินเหนียวขาวในกลุ่มเดียวกัน สีเนื้ดินหลังการเผาเป็นสีเนื้ปนชมพู เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมวัตถุดิบที่สีคุณภาพของสีจะขาวมากกว่าเดิม และปริมาณที่ใช้น้อยมาก เมื่อรวมกับวัตถุดิบอื่นจะส่งผลให้คุณสมบัติตรงกับสีของเนื้ดินวิจัย

9.3 หินพั้แม่น้ำชนิดโซดา ผลิตออกจำหน่ายโดยบริษัทเคลมิน หินพั้แม่น้ำแหล่งนี้มีความบริสุทธิ์สูง มีคุณภาพดี มีบางโรงงานใช้หินพั้แม่น้ำจากแหล่งนี้ผสมทำเครื่องปั้นดินเผา เป็นหินพั้แม่น้ำชนิด Soda feldspar มีจุดสุกตัวต่ำกว่าหินพั้แม่น้ำจากแหล่งผลิตอื่น ๆ

ผลการวิเคราะห์หินพื้นผ้าชนิดโซดา บริษัทเคลมิน

Loss on Ignition	ร้อยละ 0.67
Silica (SiO ₂)	ร้อยละ 69.20
Alumina (Al ₂ O ₃)	ร้อยละ 17.80
Titania (TiO ₂)	ร้อยละ 0.40
Iron oxide (Fe ₂ O ₃)	ร้อยละ 0.25
Calcium oxide (CaO)	ร้อยละ 1.59
Magnesium oxide (MgO)	ร้อยละ 0.57
Alkalies (K ₂ O+Na ₂ O), by difference	ร้อยละ 9.51

(บริษัทเคลมิน. 2538 : 1)

สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกหินพื้นผ้าชนิดนี้ เป็นวัตถุดิบในงานวิจัย เพราะหินพื้นผ้าเป็นวัตถุดิบหลักในการทำวิจัยครั้งนี้ ทำหน้าที่ตัวทำละลาย ในเนื้อดินปั้นให้อุณหภูมิต่ำลงและหลอมเป็นเนื้อเดียวกัน ปริมาณของโซดาเชี่ยมออกไซด์ในหินพื้นผ้าชนิดนี้มีปริมาณสูง มีจุดหลอมละลายที่ 1,187 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าหินพื้นผ้าในแหล่งอื่น ๆ ปริมาณเหล็กออกไซด์มีปริมาณต่ำเหมาะต่อการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความขาว ช่วงของการสูกัดตัวในการเผายาว (long firing range) และส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงดีขึ้น

ปกติเนื้อดินปั้นจะมีส่วนผสมของซิลิกา โดยการใช้หินเขียวหนุมานเป็นส่วนผสมเสมอ แต่คุณสมบัติของซิลิกา ถ้ามีในเนื้อดินมากอุณหภูมิในการเผาจะสูงมากขึ้นด้วย ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัย ประกอบกับซิลิกาที่ต้องการเพียงเล็กน้อยแทรกอยู่ในดินขาว ดินเหนียว หินพื้นผ้าซึ่งพอเพียงต่อการผลิตเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน

10. เนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน

10.1 เนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน จากการศึกษาเอกสารตำรา งานวิจัย ได้กล่าวถึงเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน ดังต่อไปนี้

10.1.1 สไตน์ (stein) อ้างว่า ในปี ค.ศ.1850 ในอังกฤษและอเมริกา ได้มีการแนะนำเนื้อดินผสมพอร์สเลนที่มีความขาว ผิวผลิตภัณฑ์มีความแข็ง และผ่านการเผาเพียงครั้งเดียว (Stein. 1968 : 967)

10.1.2 ซิงเกอร์ (Singer) อ้างว่า ผลิตภัณฑ์แพเรียน เป็นผลิตภัณฑ์พอร์สเลนที่ไม่ต้องเคลือบใช้ทำรูปปั้นต่าง ๆ ทำแม่พิมพ์เนื้อดินส่วนผสม หินฟันม้าเป็นจำนวนมาก (Singer. 1960 : 445)

10.1.3 เวบสเตอร์ (Webster) อ้างว่า แพเรียน คือเนื้อดินพอร์สเลนชนิดหนึ่งที่มีเนื้อผลิตภัณฑ์คล้ายหินอ่อน เเผาโดยไม่ผ่านการเคลือบ ใช้ทำรูปด้วยการหล่อพิมพ์ขนาดเล็ก แจกกันและอื่น ๆ (Webster. 1971 : 1303)

10.1.4 เอ็นนิสท์ (Entnistle) อ้างว่า ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดต่าง ๆ ของยุโรป ได้ถูกอเมริกาเรียนแบบไปผลิตในประเทศตนคือ ผลิตภัณฑ์แพเรียน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พอร์สเลนสีขาว ที่ผ่านการเผาเพียงครั้งเดียว มีลักษณะเหมือนหินอ่อนสีขาว เนื้อดินนี้ใช้ทำรูปปั้นขนาดเล็ก อีกที่หนึ่งที่ลอกเลียนแบบคือ บริษัท Bellerk ของไอร์แลนด์ ส่วนของอเมริกาคือ บริษัทโลดัส แวร์ (Entwistle. 1979 : 178)

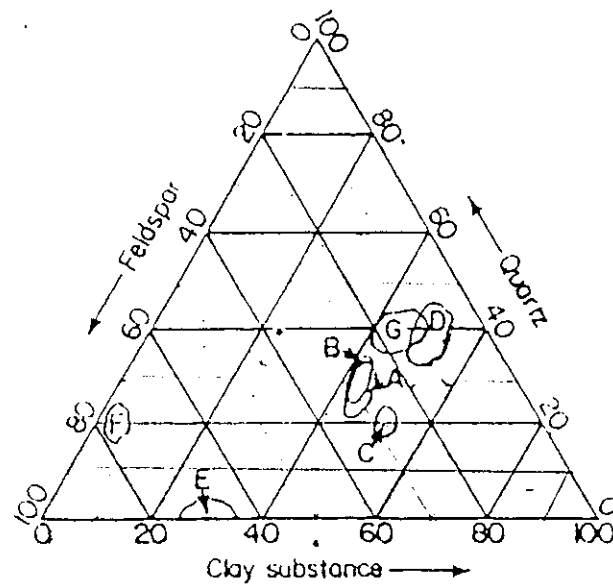
10.1.5 ลิชต์ (Leach) อ้างว่า ผลิตภัณฑ์แพเรียน มีอัตราส่วนผสมของเฟลสปาร์ 2 ส่วน และดินขาว 1 ส่วน เเผาที่ 1,150-1,200 องศาเซลเซียส แต่ที่สำคัญของเนื้อดินนี้คือ ใช้ปั้นรูปปั้นขนาดเล็กทั่วไปที่ไม่ต้องเคลือบ (Leach. 1963 : 62)

10.1.6 บิลลิงตัน (Billington) อ้างว่า ผลิตภัณฑ์แพเรียน คือผลิตภัณฑ์พอร์สเลนไฟต่ำที่เผาเพียงครั้งเดียว เกิดขึ้นในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 19 (Billington. 1962 : 209)

จากข้อมูลผู้วิจัยสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์แพเรียน พอร์สเลน คือ เครื่องปั้นดินเผาพอร์สเลนชนิดหนึ่งเกิดในอังกฤษในปี ค.ศ.1850 มีเนื้อผลิตภัณฑ์สีขาวคล้ายหินอ่อน ผ่านการเผาเพียงครั้งเดียว ไม่เคลือบ ใช้ทำรูปปั้นขนาดเล็ก แจกกัน แม่พิมพ์ และอื่น ๆ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใช้การหล่อพิมพ์

10.2 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัย ได้กล่าวถึงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน ไว้ดังนี้

10.2.1 ตารางไตรคูลยภาคเนื้อดินปั้นของอเมริกา



- เนื้อดินปั้นอเมริกาจากตาราง (A) พอร์สเลนงานไฟฟ้า
 (B) เครื่องสุขภัณฑ์ (C) กระเบื้องปูพื้น
 (D) เครื่องครัว (E) เพรียน พอร์สเลน (F) ฟันปลอม
 (G) สโตนแวร์

ภาพประกอบ 2 อัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นของอเมริกา

(ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532: 97)

จากภาพประกอบ 2 กลุ่มเนื้อดินแพรียน พอร์สเลน มีอัตราส่วนผสม หินพื้นน้ำร้อยละ 65-75 ดินร้อยละ 25-35 หินเขียวทนุมนร้อยละ 0-5

10.2.2 Nagomo จัดตารางการแบ่งลำดับเครื่องปั้นดินเผาไว้ดังต่อไปนี้

(Nagomo. 1963 : 27)

ตาราง 2 การแบ่งระดับเครื่องปั้นดินเผา

ชนิด	เคลือบ	โปร่งแสง	การดูดซึมน้ำ	สี	ชนิดสี
พอร์สเลนไฟต่ำ โบนไซนา	เคลือบ	โปร่งแสง	ไม่ดูดซึม	ขาว	ขาว-นวล
เบอร์ลิน	เคลือบ	โปร่งแสง	ไม่ดูดซึม	ขาว	ขาว-นวล
แพเรียน	ไม่เคลือบ	โปร่งแสง	ไม่ดูดซึม	ขาว	ขาว-นวล

จากตาราง 2 แพเรียนอยู่ในกลุ่มของพอร์สเลนชนิดซอพท์ พอร์สเลน ที่ไม่ต้องเคลือบ มีความโปร่งใส ไม่มีการดูดซึมน้ำ มีสีขาว โทนสีขาวนวล

10.2.3 นอร์ตัน ได้เสนอตารางในเอกสาร ดำรงต่อไปนี้ (Norton. 1957 : 124)

10.2.3.1 ได้จัดตารางส่วนผสมเนื้อดินปั้นสีขาวไว้ดังนี้

ตาราง 3 ส่วนผสมเนื้อดินปั้นสีขาว

ชนิดของดินปั้น	จุดสุกตัว	ดินขาว	ดินเหนียว	หินพัมมา	ฟลันท์	แคลเซียมคาร์บอเนต	แบริยมัลไฟต์	ฟrit	เถ้ากระดูก	อัตราส่วนผสม ร้อยละ
โบนไซนา	10	13		15	32				40	100
แพเรียน	8	30	10	60						100
พอร์สเลน	16	35	15	25	25					100

จากตาราง 3 ส่วนผสมเนื้อดินปั้นสีขาวของนอร์ตัน แพเรียน พอร์สเลนมีจุดสุกตัวที่
 ทุ่นวัดไฟหมายเลข 8 (1,225 องศาเซลเซียส) มีอัตราส่วนผสม ดินขาว 30
 ดินเหนียวขาว 10 หินพัมมา 60

10.2.3.2 ตารางเนื้อดินและน้ำเคลือบ (Norton. 1957 : 224)

ตาราง 4 เนื้อดินปั้นกลุ่ม 2

กลุ่ม	เนื้อดินปั้น			
	ช่วงอุณหภูมิ	ชนิดเนื้อดินปั้น	สีผลิตภัณฑ์	การขึ้นรูป
2	1,145-1,165 องศาเซลเซียส	(2) พอร์สเลน	ขาว-ครีม	หล่อพิมพ์
		(3) แพรเรียน	ขาว	หล่อพิมพ์
		(4) เทอรา คอตตา	ชมพูเข้ม	อัด
		(5) สโตนแวร์	แดง	ปั้นหมุน

ตาราง 4 แพรเรียน พอร์สเลน มีสีขาวหลังการเผา ขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ ไม่เคลือบ

10.2.3.3 ตารางความทนไฟของเนื้อดินไตรดูลยภาค

ช่วงอุณหภูมิสุกตัวของเนื้อดินปั้นตามตารางไตรดูลยภาค

ตาราง 5 ช่วงอุณหภูมิสุกตัวของเนื้อดินปั้นตามตารางไตรดูลยภาค

ชนิดของเนื้อดิน	แท่งวัดความร้อน ไพโรเมตริก	ช่วงอุณหภูมิที่เผา เป็นองศาเซลเซียส
แพรเรียน	3-4	1,145-1,165
พอร์สเลนไฟต่ำ	2-6	1,135-1,190
อิเล็กทรอนิกส์พอร์สเลน	8-12	1,225-1,310
โซนาโซเทล	10-13	1,310-1,350
พอร์สเลนไฟสูง	10-18	1,310-1,500

จากตาราง 5 เนื้อดินแพะเรียนมีความหนาไฟที่หน่วยวัดความร้อนหมายเลข 5 และ 6
(1,177-1,201 องศาเซลเซียส)

10.2.3.4 ตารางส่วนผสมเนื้อดิน (Norton. 1957 : 225)

ตาราง 6 อัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นที่หน่วยวัดความร้อนหมายเลข 5, 6

อัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้น			
หมายเลขดิน	1	2	3
ชนิดเนื้อดินปั้น		พอร์สเลนไฟต่ำ	แพะเรียน
อุณหภูมิสุกตัว	1,177-1,201 °C		
หน่วยวัดไฟ	5-6		
หินพื้นน้ำชนิดปริมาตร			600
หินชนิด		540	
ดินเหนียวขาวเอตก้า		80	150
ดินขาวเอตก้า เอน.ซี.		80	
ดินขาวลุนตี เอน.ซี.		80	150
ดินเหนียวดำเบล		80	
ดินเหนียวแคนฯ โอลมีน เบอร์ 4	100	80	100
แปะเรียบคาร์บอนเนต	10		20
น้ำ	1500	1500	1500
ชั่วโมงการเผา	12	12	12
จำนวนชั่วโมงในการบดเนื้อดินปั้น	15	15	15
เบอร์ตะแกรงร่อน	100	100	100
ผ่านเครื่องแยกแร่เหล็ก	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
เติมสารลอยตัว ซีซี	--	8.5	8.5
ความถ่วงจำเพาะน้ำดิน	--	1.72	1.75
ความเหนียวเนื้อดิน	ดี	ปานกลาง	ไม่ดี
การหดตัวไม่แห้งจากการหล่อพิมพ์ ร้อยละ	--	4	5
การหดตัวเมื่อแห้งจากการอัด ร้อยละ	6	--	--
การหดตัวหลังการเผา ร้อยละ	4	9	10
การดูดซึมน้ำหลังการเผา ร้อยละ	9	2	0
สีเนื้อดินปั้นหลังการเผา	น้ำตาลแดง	ครีม	ขาว
ความโปร่งแสง	ไม่โปร่งแสง	โปร่งแสง	โปร่งแสง

สรุปจากการนำเสนอเอกสารตำรา งานวิจัย จากแหล่งต่าง ๆ เกี่ยวกับเนื้อดินปั้น
แพเรียนพอร์สเลนได้ดังนี้ เนื้อดินปั้นแพเรียนพอร์สเลนอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์พอร์สเลน
ไม่ต้องเคลือบ เผาถึงจุดสุกตัวโปร่งแสง มีเนื้อคล้ายหินอ่อนสีขาว ผ่านการเผาเพียงครั้งเดียว
ใช้ทำรูปปั้นขนาดเล็ก แจกัน แม่พิมพ์ และอื่น ๆ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใช้การหล่อพิมพ์ โดยมี
ส่วนผสมของหินพัมมาจำนวนมาก ซึ่งคุณสมบัติหลักของหินพัมมาเป็นเนื้อดินปั้นเป็นตัวช่วย
หลอมละลาย นอกจากนั้นส่วนผสมของเนื้อดินแพเรียนพอร์สเลนอีกชนิดหนึ่งคือดิน โดยถูกกำหนด
ให้เป็นดินขาว ซึ่งจะส่งผลให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความขาวหลังการเผา นอกจากนั้นยังมีดินเหนียว
ปริมาณเล็กน้อย เพื่อความแข็งแรงในการทรงตัวผลิตภัณฑ์ก่อนการเผา

การกำหนดวัตถุดิบหลัก 3 ชนิดคือ หินพัมมา ดินขาว และดินเหนียวขาว เป็นส่วน
ประกอบ โดยไม่กล่าวถึง หินเขียวทูนาน (quartz) ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักชนิดหนึ่งของ
เนื้อดินปั้นโดยทั่วไป สาเหตุที่ไม่กล่าวถึงเพราะใช้หินเขียวทูนานปริมาณน้อยมาก ปริมาณ
หินเขียวทูนานที่เป็นส่วนผสมของเนื้อดินขาวและดินเหนียวขาวมีปริมาณเพียงพอสำหรับเนื้อดินปั้น
แพเรียนพอร์สเลน นอกจากนั้นปริมาณหินเขียวทูนานที่น้อยจะทำให้การสุกตัวของเนื้อดินต่ำลง ซึ่ง
จะส่งผลให้เกิดการหลอมเป็นเนื้อเดียวกันจนเนื้อดินไม่ดูดซึมน้ำ และมีความโปร่งแสงของเนื้อ
ดินปั้นหลังการเผา

11. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทั่วไปและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์งานวิจัย

11.1 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทั่วไป การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีอยู่หลายวิธี สามารถแยกได้
เป็นกลุ่มตามลักษณะงานได้ 5 วิธี ดังต่อไปนี้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา.
2529 : 83-85)

11.1.1 ปั้นวิธีอิสระ (free hand) หรือการปั้นด้วยมือ (building by
hand) เป็นการปั้นให้มีรูปเหมือนของจริงหรือเป็นการปั้นภาชนะเครื่องใช้ต่าง ๆ ด้วยมือ เป็น
การปั้นที่ใช้ในการทำแม่แบบเพื่อนำไปทำแบบบนพลาสติกเตอร์มีเครื่องใช้ คือ ไม่สำหรับตีให้มีรูปกลม
มีก้อนหินสำหรับรองรับภายใน

11.1.2 ปั้นบนแบนหมุน (throwing) การปั้นบนแบนหมุนนี้ จะปั้นได้เฉพาะ

ลักษณะที่มีรูปกลมหรือทรงกลม แบ่งออกเป็น 2 อย่าง

11.1.2.1 ขึ้นครึ่งเดียวเสร็จ เป็นการขึ้นของขนาดเล็ก เช่น แจกัน อ่าง กระถาง หรือโถขนาดเล็ก

11.1.2.2 ขึ้นสองตอนหรือสามตอน เป็นการขึ้นของขนาดใหญ่ ใช้วิธีขึ้นตอนล่างก่อนขึ้นให้หมด ขุดดินต่อขึ้นไปแล้วนำไปรีดบนแบนหมุน นำไปขึ้นให้หมด แล้วต่อขึ้นไปอีกตอนหนึ่ง ถ้าเป็นสามตอน แล้วจึงรีดบนแบนหมุนทำเป็นปาก เช่น การขึ้นโถเคลือบราชบุรี การขึ้นแบบนี้ต้องมีการวัดส่วนสูง และความกว้างของปากและกันเพื่อให้มีขนาดเท่ากัน แต่ถึงกระนั้นก็มีความหนาที่ยังแตกต่างกันอยู่

11.1.3 การหล่อพิมพ์ เป็นการขึ้นรูปในทางอุตสาหกรรมได้ปริมาณมาก ในวันหนึ่ง ๆ และได้ขนาดสม่ำเสมอทุกชิ้น ต้องทำแม่แบบก่อนแล้วจึงนำมาทำแบบพิมพ์

11.1.4 ขึ้นด้วยจิกเกอร์และจอยลี (jiggering and jolleying) ต้องมีแบบเหมือนกับการหล่อในแบบพิมพ์

11.1.4.1 ของกลม ทรงแบน กว้าง เช่น จาน ใช้แบบพิมพ์ที่ว่า

11.1.4.2 ของกลม ทรงลึก เช่น ถ้วย ชาม ใช้แบบพิมพ์ที่ทแยง

11.1.5 อัดลงในแบบ เป็นพวกกระเบื้องอิฐ กระเบื้องมุงหลังคา รางระบายน้ำ แบบพิมพ์ (mold) แบ่งออกเป็น

11.1.5.1 ปูนพลาสเตอร์ (plaster of paris) สำหรับขึ้นรูปด้วยใบมีด (jiggering)

11.1.5.2 เหล็กหล่อ ทองเหลือง สำหรับ dry or simi dry pressing

11.1.5.3 ไม้เนื้อแข็ง สำหรับ stiff-mud หรือ soft-mud pressing

11.1.5.4 ซีเมนต์หรือดินที่เผาแล้ว สำหรับ stiff-mud pressing

11.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์งานวิจัย ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดดังนี้

11.2.1 การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ (slip casting) การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ เป็นการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการเทน้ำเนื้อดินปั่นลงไปในแบบ ซึ่งเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ความหนาของผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ ก่อตัวขึ้น เมื่อแบบที่ใส่เริ่มดูดของเหลวเข้าสู่เนื้อแบบเนื้อผลิตภัณฑ์เริ่มด้วยความเหนียวเกาะกันและเริ่มแข็งขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากปล่อยให้แห้งแล้ว ถอดออกจากแบบ อบให้แห้งสนิทแล้วจึงนำไปเผาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 110) การผลิตด้วยวิธีการหล่อพิมพ์นี้สามารถผลิตงานได้เหมือนกัน ขนาดเท่ากัน แบบพิมพ์ชิ้นหนึ่ง ๆ ในวันหนึ่งอาจผลิตได้ไม่มากนัก เนื่องจากพิมพ์มีความชื้นมาจากการหล่อ การหล่อพิมพ์ในระยะแรก ๆ อัตราการดูดซึมน้ำได้รวดเร็ว แต่ในระยะหลังอัตราการดูดน้ำจะช้าลงตามลำดับ (ทวี พรหมพฤษ. 2523 : 42) การหล่อพิมพ์แบ่งออกเป็น 2 วิธี (Norton. 1957 : 95) คือ

11.2.1.1 การหล่อพิมพ์แบบกลวง (drain casting) หมายถึง การหล่อพิมพ์ เมื่อได้ความหนาของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการแล้ว จะเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบ

11.2.1.2 การหล่อพิมพ์แบบตัน (solid casting) หมายถึง การหล่อพิมพ์เมื่อเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์แล้ว จะปล่อยให้แห้งในแบบพิมพ์โดยไม่มีการเทน้ำดินออก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะตัน

ในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ จะมีอยู่ 2 วิธีดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งจะใช้วิธีการแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ แต่สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้วิธีการหล่อพิมพ์แบบกลวง เพราะจะนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทภาชนะ

11.2.2 แบบปูนปลาสเตอร์ ในการทำปูนปลาสเตอร์นั้น ใช้น้ำผสมลงไปในปูนปลาสเตอร์ประมาณร้อยละ 50-55 โดยน้ำหนัก กวนให้เข้ากันและพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดฟองอากาศในขณะกวนได้ เพราะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะทำให้แบบที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นในระหว่างการผสมน้ำกับปูนปลาสเตอร์ควรพยายามไล่ฟองอากาศออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นอกจากนี้ อาจมีการปรับเวลาของการแข็งตัวของปูนปลาสเตอร์ โดยการเติมสารบางอย่างลงไปทำให้ปูนปลาสเตอร์แข็งตัวช้าหรือเร็วได้ตามความต้องการ กล่าวคือ ถ้าต้องการเร่งการแข็งตัวของปูนปลาสเตอร์ก็เติมเกลือแกง หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จำนวนเล็กน้อยลงไป แต่ถ้าต้องการในการแข็งตัวช้าก็เติมสารส้ม หรือน้ำส้มสายชูจำนวนเล็กน้อยลงไป

(ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. ม.ป.ป. : 50) วิธีการผลิตแบบปูนปลาสเตอร์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปแบบหล่อพิมพ์มี 4 ขั้นตอน (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 127) คือ

11.2.2.1 การสร้างแม่พิมพ์ (original model) หลังจากการออกแบบหรือกำหนดแบบของผลิตภัณฑ์ การสร้างแม่แบบเหมือนของจริง โดยมีอัตราเพิ่มของขนาดเท่ากับการหดตัวของเนื้อดิน โดยใช้น้ำดิน ชี้ผึ้ง ไม้ ปูนปลาสเตอร์ หรือโลหะในการสร้างแม่พิมพ์

11.2.2.2 ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ (block mold) แม่แบบที่กำหนดในการสร้างผลิตภัณฑ์จะถูกสร้างโดยแบ่งแยกออกหลายชนิด โดยผู้ที่มีความชำนาญในการสร้างแบบ เพื่อวัตถุประสงค์ในการนำผลิตภัณฑ์ออกจากแบบง่ายขึ้น

11.2.2.3 แบบหล่อชิ้นส่วนแม่พิมพ์ (case mold) ในกรณีที่ต้องการแบบหล่อผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ชุด จะต้องนำชิ้นส่วนแม่พิมพ์มาทำแบบแยกผลิตชิ้นส่วนอีกครั้ง ถ้าต้องการแบบหล่อผลิตภัณฑ์เพียงชุดเดียวไม่ต้องทำแบบหล่อชิ้นส่วนแม่พิมพ์

11.2.2.4 แบบหล่อผลิตภัณฑ์ (working mold) คือ ชิ้นส่วนที่ประกอบรวมได้ 1 ชุด ที่สามารถใช้หล่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้น้ำดินได้โดยปกติแบบนั้นจะมีไม่ต่ำกว่า 3 ชิ้น เพื่อนำมาประกอบกัน จะถูกยึดติดกันด้วยยางหรือวิธีอื่น ๆ เพื่อป้องกันน้ำดินไหลออกขณะปฏิบัติงาน แบบหล่อผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นส่วนจะเหมือนกับชิ้นส่วนแม่พิมพ์

11.2.3 น้ำดิน (slip) ที่ใช้สำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ ประกอบด้วย ดิน และวัสดุอื่น ๆ ซึ่งกระจายลอยตัวอยู่ในน้ำ น้ำในน้ำดินควรมีอัตราส่วนต่ำเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่น้ำดินก็ต้องมีการไหลตัวดี การที่จะทำให้ น้ำดินมีคุณสมบัติเช่นนี้ จะต้องนำสารเคมีซึ่งมีคุณสมบัติช่วยทำให้กลุ่มดินมีการกระจายและลอยตัวได้ดีใส่ลงไปช่วยน้ำดินที่ใช้ในการเทแบบชนิดมีการเท น้ำดินที่เหลือทิ้ง ควรมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.65 ถึง 1.80 ส่วนน้ำดินที่ใช้ในการเทแบบชนิดให้น้ำดินแข็งอยู่ในแบบเลย ควรมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.75 ถึง 1.95 (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 30)

11.2.4 การเตรียมน้ำดินสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์มี 2 วิธี (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 136) ดังนี้

11.2.4.1 กวนผสมเนื้อดินบดที่เตรียมมาเรียบร้อยแล้ว กับสารละลาย

ระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายและลอยตัวในปริมาณที่เหมาะสม วิธีการนี้จะช่วยลดปริมาณเกลือแร่ที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ติดมากับพวกวัตถุคิบัที่ใช้ผสมทำเนื่อดินนั้น นอกจากนี้ยังทำให้การร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงสะดวกขึ้น

11.2.4.2 ผสมวัตถุคิบัที่จะใช้เป็นเนื่อดินนั้นกับสารละลายระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายและลอยตัวในปริมาณที่เหมาะสม โดยทำให้น้ำดินมีความถ่วงจำเพาะ 1.80 แล้วร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงและให้น้ำดินไปผ่านเครื่องแยกสารแม่เหล็กเพื่อแยกเอาสารประกอบของเหล็กออก การเตรียมน้ำดินโดยวิธีนี้ประหยัด เพราะว่าจะไม่ต้องเตรียมเนื่อดินนั้นมาก่อน

12. อิทธิพลของความร้อนที่มีต่อเนื่อดินนั้น

เนื่อดินนั้นจะประกอบไปด้วย ดิน หิน และแร่ ซึ่งจะต้องผ่านขั้นตอนการเผา ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวัตถุคิบัเหล่านี้ ขณะที่เนื่อดินนั้นถูกเผาด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญทำให้ทราบว่าวัตถุคิบัเหล่านี้เมื่อถูกเผาแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงและมีคุณสมบัติอย่างไร เนื่อผลิตภัณฑ์เมื่อเผาถึงจุดสุกตัวแล้วจะมีเนื้อเป็นแก้วเกิดขึ้นภายในนั้นเกิดขึ้นอย่างไร กระบวนการเผาอาจแยกได้หลายขั้นตอนตามอุณหภูมิต่าง ๆ ขั้นตอนเหล่านี้จะเกิดต่อเนื่องกันจนไม่สามารถแยกแต่ละขั้นตอนให้เด่นชัดได้ ขั้นตอนในการเผาและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากความร้อนในการเผามีดังนี้ คือ

12.1 การอบแห้งที่สมบูรณ์ ขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดความชื้นที่อยู่บนผิวของอนุภาคในเนื่อดินนั้น ที่ยังคงหลงเหลืออยู่หลังจากการปล่อยหรืออบผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปใหม่ให้แห้ง ซึ่งน้ำจะเริ่มระเหยตั้งแต่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้งสนิทที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้ำนอกโมเลกุลของดินจะระเหยออกไปหมด (ตามปกติดินจะมีน้ำอยู่ 2 ชนิด คือน้ำในโมเลกุล ได้แก่ น้ำที่เป็นโครงสร้างของโมเลกุลของดินและน้ำนอกโมเลกุล ซึ่งเป็นน้ำที่ช่วยให้ดินเกิดความเหนียว) การเผาในช่วงนี้ถ้าหยุดการเผาแล้วยังสามารถนำดินไปผสมน้ำให้ดินยุ่ยตัว และมีความเหนียวเหมือนอย่างเดิมได้

12.2 การเผาไหม้พวกอินทรีย์สารและการจัดน้ำในดิน ดินทุกชนิดจะมีอินทรีย์สาร

เจือปนอยู่ในรูปของลิกันท์เสมอ อินทรีย์สารเหล่านี้จะเกิดการเผาไหม้รวมตัวกับออกซิเจน ตั้งแต่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และเมื่อถึงอุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส (838 องศาฟาเรนไฮต์) ดินจะเริ่มสูญเสียน้ำในโครงสร้างของโมเลกุล ทำให้เกิดความแข็งและไม่สามารถยุ่ยตัวได้อีกต่อไป โครงสร้างของผลึกจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเมตาเคโอลิน (Metakaolin) ที่มีโครงสร้างจาก $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ เปลี่ยนไปเป็น $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ที่ทำให้เกิดการหดตัว และมีรูพรุนเกิดขึ้นในโครงสร้าง หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากการเรียงตัวใหม่ของอะตอมในหนึ่งหน่วย จนกระทั่งอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส โมเลกุลของน้ำจึงถูกขจัดออกไปหมด อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะเกิดการประสานเนื้ออนุภาคเข้าด้วยกัน การพรุนตัวจะลดน้อยลงอีกเรื่อย ๆ ถ้าหากดำเนินการเผาต่อไป อนุภาคของคาร์บอนและซิลิเกตจะสลายตัวออก สีของดินจะเปลี่ยนไป น้ำหนักลดลงและขนาดเล็กลงด้วย

12.3 การเปลี่ยนแปลงของหินเขียวหนุมาน หินเขียวหนุมานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของซิลิกาในช่วงอุณหภูมิ 560–580 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการขยายตัวออก มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการขยายตัวเช่นกัน และหลังจากนั้นจะหดตัวไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดสุกตัว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ควอตซ์ อินเวอร์ชัน (quartz inversions) และที่อุณหภูมิ 980 องศาเซลเซียส (1,825 องศาฟาเรนไฮต์) ในเนื้อดินจะมีการจัดเรียงตัวขึ้นใหม่เกิดเป็นผลึกรูปเข็ม (spinal) เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก ๆ

12.4 การเกิดแก้ว หินพื้นผิวเมื่อเผาถึงอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส จะมีแก้วเกิดขึ้น แก้วนี้จะเกิดตามบริเวณรอบอนุภาคของหินพื้นผิวซึ่งผสมกับเนื้อดิน นอกจากนั้นแก้วอาจเกิดจากการหลอมตัวของไมก้า ซึ่งเจือปนมากับดิน เมื่อเผาสูงขึ้นไปอีกปริมาณจะมากขึ้น หินพื้นผิวจะหลอมบริเวณที่มีข้อบกพร่อง เช่น รอยแตกร้าว ดังนั้น หินพื้นผิวส่วนที่เป็นของแข็งก็จะเล็กลง เมื่ออุณหภูมิสูงมากขึ้นหินพื้นผิวจะหลอมตัวหมดเกิดเป็นแก้วขึ้นในเนื้อดิน ซึ่งตามทฤษฎีที่จะเกิดแก้วคือ อุณหภูมิ 1,550 องศาเซลเซียส แต่ที่เป็นเช่นนี้เพราะมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ในเนื้อดินนั้น เช่น การแพร่ตัวของพวกแอลคาไลน์ การละลายของดินและหินเขียวหนุมานในเนื้อแก้วจะขึ้นอยู่กับขนาดของดินและหินเขียวหนุมาน ซึ่งถ้ามีขนาดเล็กก็อาจละลายได้หมดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

12.5 การเกิดมูไลต์ มูไลต์ที่มีผลึกรูปเข็มเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ

12.5.1 มูลโล่ที่เกิดจากการแยกผลึกออกมาจากดิน ซึ่งมีขนาดของผลึกเล็กมาก

12.5.2 มูลโล่ที่เกิดจากการตกผลึกออกมาของหินพัมมาหรือหินเขียวหนามาน

มูลโล่ที่จะละลายได้ดีในเนื้อแก้วที่มีซิลิกาสูง

การเกิดผลึกรูปเข็มของมูลโล่ในเนื้อดินนั้นจะมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง ผลึกรูปเข็มนี้จะฝังตัวอยู่ในเนื้อแก้ว ทำตัวเปรียบเสมือนเป็นเหล็กเส้นในคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้น การพัฒนามูลโล่ให้เกิดขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็น แอลกะไลจะช่วยให้มูลโล่ที่สลายตัวเป็นอลูมินาและแก้วใต้ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ปฏิบัติงานจะช้าลงหรือหยุดได้เมื่อซิลิกามากเกินไป

12.6 การหดตัวทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อแน่น ความพรุนตัวของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุดระหว่างอุณหภูมิ 1,100–1,200 องศาเซลเซียส และจะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของรูพรุน รูพรุนนี้เกิดจากก๊าซซึ่งมาจากน้ำ คาร์บอนเตต และซิลเฟต หรือเกิดจากการเผาไหม้ของคาร์บอน รูพรุนที่กล่าวนี้จะซ่อนตัวอยู่ภายในเนื้อของผลิตภัณฑ์ ไม่เชื่อมต่อกับภายนอก ส่วนรูพรุนอีกชนิดหนึ่งเกิดจากพองอากาศที่ถูกกักอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นเสร็จใหม่ ๆ และเชื่อมต่อกับภายนอกได้ ในระหว่างการเผาไหม้อาจเชื่อมโยงรูพรุนเหล่านี้ให้ปิดสนิทได้ แต่สามารถลดรูพรุนชนิดนี้ลงได้ด้วยการควบคุมสภาวะการเผาให้ช้าลง ซึ่งจะทำให้เนื้อแก้วที่เกิดขึ้นประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และเกิดความตึงผิวของเนื้อแก้วที่พยายามทำตัวให้มีพื้นผิวน้อยที่สุดจนทำให้เกิดมีความดันภายใน และทำให้ก๊าซที่อยู่ในรูพรุนเชื่อมโยงถึงด้านนอกถูกขจัดออกมาได้ง่าย โดยการเคลื่อนตัวออกมาตามรูพรุนที่มีระบบคล้ายหลอดที่เป็นรูเข็มเล็ก ๆ ส่วนก๊าซที่ซ่อนอยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์จะถูกขจัดออกมาโดยการแพร่ออกมาทางเนื้อแก้วเท่านั้น

12.7 การเสียรูประหว่างทำการเผา เนื้อผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นแก้ว คือ เนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีเปอร์เซนต์เนื้อแก้วสูง มีแนวโน้มจะเสียรูปได้ง่ายระหว่างทำการเผาที่จุดสุกตัว ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากน้ำหนักตัวของผลิตภัณฑ์เอง การแก้ปัญหาทำได้โดยการรองรับผลิตภัณฑ์ให้ดีก่อนนำเข้าเตาเผา การยุบตัวของผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะการเคลื่อนตัวของของที่มีความเหนียว ซึ่งเกิดจากการยุบตัวของเนื้อแก้ว เป็นการยากที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูพรุนน้อยและมีความแข็งแรงสูง ฉะนั้นการแก้ปัญหาการสูญเสียระหว่างการทำเผาที่ดีที่สุด คือ การรองรับผลิตภัณฑ์ที่ (ปริดาพิมพ์ขาวจำ. 2532 : 267–275)

13. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการสุกตัวของเนื้อดินนั้น

การผลิตเครื่องเคลือบดินเผา มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการสุกตัวของเนื้อดินนั้น ดังนี้คือ

13.1 ธรรมชาติของดิน ในเนื้อดินนั้น ดินที่ใช้อาจใช้ดินขาวล้วน ๆ หรือใช้ดินขาวปนกับดินเหนียว ในเนื้อดินจะมีพวกอินทรีย์สาร จึงจำเป็นต้องเผาไหม้สิ่งเหล่านี้ให้หมดไปก่อนที่รูปทรงจะถูกปิดซ่อนไว้ในเนื้อดินนั้น มิฉะนั้นจะเกิดแกนดำหรือการบวมขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดจากความพยายามหนีออกมาของก๊าซ ผลิตภัณฑ์ที่มีความบางเช่น ถ้วยจาน ชาม การเผาไหม้จะเป็นไปอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างหนาและหนามาก เช่น ผลิตภัณฑ์จำนวนมากไฟ้าขนาดใหญ่ การเผาไหม้อินทรีย์สารต้องกระทำให้หมดไปที่อุณหภูมิต่ำ

ที่อุณหภูมิสูงชนิดของดินมีความสำคัญมากเช่นกัน เพราะสิ่งเจือปนจะมีผลต่อปริมาณและชนิดของแก๊วที่จะเกิดขึ้น เช่น ดินขาวที่มีไมก้าอยู่มากจะทำให้เกิดแก๊วมากขึ้นตามไปด้วย ในดินเหนียวบางชนิดอาจมีสารประกอบที่เป็นตัวช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำได้ เช่น เหล็กออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต และแอลกะไลน์ ดินชนิดนี้ก็จะช่วยให้เกิดเนื้อแก๊วขึ้นมากกว่าดินที่ไม่มีสารเหล่านี้ผสมอยู่

13.2 ธรรมชาติของซิลิกา ซิลิกาในเนื้อดินนั้น อาจได้จากหินเขียวหนุมานที่บดให้ละเอียดหรือวัตถุดิบชนิดอื่น เช่น ทราย หรือหินเหล็กไฟ แต่หินเขียวหนุมานจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงมากกว่า การใช้ทรายละเอียดหรือหินเหล็กไฟ

13.3 ธรรมชาติของหินฟันม้า การใช้หินฟันม้าในเนื้อดินนั้น ไม่ว่าจะเป็นชนิดโรซดาหรือโบแตส ไม่มีผลแตกต่างกันในพฤติกรรมการเผา แต่ถ้าใช้หินฟันม้าที่มีอัตราส่วนของโบแตสต่อโรซดาสูง จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความโปร่งแสงมากขึ้น การใช้หินฟันม้าชนิดโรซดาจะมีพองอากาศขนาดเล็กมาก ในขณะที่การใช้หินฟันม้าชนิดโบแตสจะมีพองอากาศขนาดใหญ่แต่จำนวนน้อย พองอากาศนี้เกิดจากสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในหินฟันม้า ดังนั้นเนื้อแก๊วที่เกิดจากหินฟันม้าชนิดโบแตสจึงมีความโปร่งแสงได้มากกว่าแก๊วที่เกิดจากหินฟันม้าชนิดโรซดา

13.4 อิทธิพลของอุณหภูมิและเวลา ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาต้องการวงจรการเผาที่รวดเร็ว สิ่งที่น่าคิดก็คือ เราจะเผาได้เร็วขนาดไหนโดยที่ไม่ทำให้โครงสร้าง

เล็ก ๆ และคุณสมบัติส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง นอร์ตัน (Norton) พบว่าการเผาช้าจะทำให้หินเขียวหนาแน่นและละลายได้มาก และเกิดผลึกรูปเข็มของมุลไลต์มากขึ้นเช่นกัน ส่วนการเผาเร็วจะเกิดผลตรงกันข้าม นอกจากนี้นักเซรามิกส์บางคนยังให้เหตุผลว่า การเผาเร็วจะได้เนื้อแก้วที่ไหลตัวดี ซึ่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงดีขึ้น แต่การเผาเร็วก็นำไปสู่รูพรุนที่ซ่อนอยู่ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์มากขึ้นด้วย และยังพบว่าการควบคุมการเผาผลิตภัณฑ์ที่จุดสุดท้ายเพียง ชั่วโมง ก็เพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงดี ถึงแม้ว่าเราจะเร่งอุณหภูมิการเผาถึงชั่วโมงละ 180 องศาเซลเซียส และที่น่าสนใจสิ่งหนึ่งก็คือ การบดเนื้อดินนั้นให้มีความละเอียดมาก ๆ จะช่วยลดรูพรุนในเนื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยให้สามารถเผาได้เร็วขึ้น

13.5 การปล่อยให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัว ‘ ขอบเขตจำกัดของการเผาเร็วอยู่ในช่วงการปล่อยให้ผลิตภัณฑ์เย็นลง เช่น อาจมีรอยแตกเนื่องจากเกิดแรงเค้นที่มากจากการเปลี่ยนแปลงของหินเขียวหนาแน่นที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการหดตัวทันทีทันใด การแก้ปัญหานี้โดยบดหินเขียวหนาแน่นให้ละเอียดมากขึ้นหรืออาจใช้ลูนินาแทน หินเขียวหนาแน่นบางส่วน (ปริดา พิมพ์ขาวดำ. 2532 : 276-278)

14. เตาและชนิดของเตาเผา

เตาและชนิดของเตาเผา เตาเผาเครื่องปั้นดินเผาที่ใช้กันอยู่ตามโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาทั่ว ๆ ไป จะคำนึงถึงสัดส่วนรูปแบบของเตาให้เหมาะสมกับความต้องการและมีประสิทธิภาพสูง ประหยัดเชื้อเพลิง ความปลอดภัยและควบคุมสะดวก

การแบ่งประเภทเตาเผาเครื่องปั้นดินเผา แบ่งได้ดังนี้ (Norton. 1940 : 294)

แบ่งตามประเภทการใช้งานของเตา

แบ่งตามประเภททางเดินของลมร้อน

แบ่งตามลักษณะของเปลวไฟ

แบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิง

จากการแบ่งประเภทเตาเผาเครื่องปั้นดินเผา วิศวกรรมศาสตร์ได้ยึดโครงสร้างของการแบ่งเช่นเดียวกับนอร์ตัน แต่มีรายละเอียดและแยกย่อยมากกว่า ซึ่งมีดังต่อไปนี้

(กรมวิทยาศาสตร์. 2513 : 97-98)

- 14.1 จำแนกตามวิธีการเผา ได้แก่
 - 14.1.1 เตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง
 - 14.1.2 เตาเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง
 - 14.1.3 เตาเผาแบบต่อเนื่อง
- 14.2 จำแนกตามลักษณะทางเดินของลมร้อน
 - 14.2.1 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนในแนวนอน
 - 14.2.2 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนลง
 - 14.2.3 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนลง
- 14.3 จำแนกตามลักษณะของเปลวไฟ
 - 14.3.1 เตาเผาเปลวไฟสัมผัส
 - 14.3.2 เตาเผาแบบกึ่งป้องกันเปลวไฟ
 - 14.3.3 เตาเผาแบบเตาปิด
- 14.4 จำแนกตามลักษณะของเชื้อเพลิง
 - 14.4.1 เตาฟืน
 - 14.4.2 เตาถ่านหิน
 - 14.4.3 เตาน้ำมัน
 - 14.4.4 เตาแก๊ส
 - 14.4.5 เตาไฟฟ้า
- 14.5 จำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์
 - 14.5.1 เตาเผาดิบ
 - 14.5.2 เตาเผาผลิตภัณฑ์สำเร็จ
 - 14.5.3 เตาเผาเคลือบ
 - 14.5.4 เตาเผาสี
- 14.6 จำแนกตามรูปลักษณะของเตาเผา
 - 14.6.1 เตากลม

14.6.2 เตาสี่เหลี่ยม

14.6.3 เตาแนวราบ

14.6.4 เตาอุโมงค์

14.6.5 เตาวงแหวน

ชนิดของเตาที่ใช้ในงานวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะเผาผลิตภัณฑ์ทดลองด้วยเตาแก๊ส เนื่องจากเป็นเตาเผาชนิดที่นิยมใช้ในสถานศึกษาและในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาทั่วไป และยังสามารถเผาในบรรยากาศแบบรีดักชัน ซึ่งจะส่งผลให้การวิจัยนี้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

ปัจจุบันนับว่าเตาแก๊สเป็นเตาที่กำลังนิยมในหมู่บรรดาผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา เป็นเตาที่ค่อนข้างสะอาด เเผาในอุณหภูมิสูง มีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย การสร้างเตาแก๊ส จะต้องใช้อิฐเบา (insulating brick) ในการก่อเตาชนิดที่มีความทนไฟสูง เพราะจะช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้ดี

เตาแก๊สที่สร้างแบบมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ

1. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น (up draft kiln) การสร้างเตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้นเป็นเตาที่ไม่มีปล่องไฟ แต่มีช่องระบายความร้อน ทำหน้าที่แทนปล่องไฟอยู่ในตอนบนของเตา ช่วงล่าง (ก้นเตา) ให้ความร้อนผ่านแผ่นรองชนิดทนไฟสูง (hearth slab) โดยไม่ผ่านผลิตภัณฑ์โดยตรง แผ่นรองนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี (thermal conductivity) รับน้ำหนัก และช่วยเฉลี่ยความร้อนให้สม่ำเสมอทั่วทั้งเตา

เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น นิยมออกแบบเตาเป็นรูปสี่เหลี่ยม ชนิดเปิดหน้า (front loading) ชนิดเปิดบน (top loading) เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้นเป็นเตาที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก เป็นเตาที่เหมาะสมสำหรับงานทดลอง งานวิจัยต่าง ๆ ได้ดี

2. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง (down draft kiln) เป็นเตาที่ออกแบบสร้างส่วนมากเป็นเตาขนาดใหญ่ และเผาผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมาก การบรรจุผลิตภัณฑ์โดยการใส่รอด ซึ่งทำให้สะดวกและคล่องตัว ถ้าต้องการเพิ่มผลผลิตก็เพิ่มรอดใส่สำรองอีก ซึ่งเท่ากับเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงได้ดี ซึ่งสามารถเผาติดต่อกันไป กำลังเป็นที่นิยมกันอยู่ เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลงจะต้องสร้างให้มีปล่องเตา ซึ่งจะช่วยให้การเผาไหม้หรือสันดาปได้อย่างดี

การก่อสร้างเตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง ซึ่งจะเป็นเตาขนาดใหญ่รับน้ำหนักมาก ผู้ทำการก่อสร้างเตาจะต้องสร้างฐานรากให้แข็งแรง นอกจากนี้เตาแก๊สชนิดนี้การลงทุนค่อนข้างสูงกว่าแบบทางลมร้อนขึ้น (ทวิ พรหมพฤกษ์, 2525 : 33)

15. การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ขั้นตอนสำคัญในการเปลี่ยนโครงสร้างของดินทางเคมี ซึ่งหลังจากผ่านขบวนการนี้แล้วไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้ จึงนับเป็นขั้นสุดท้ายของการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในโรงงานหรือห้องปฏิบัติการ ได้มีการแบ่งชนิดของการเผาออกเป็น 2 ขั้น คือ การเผาดิบ (biscuit firing) และการเผาเคลือบ (glost firing) (ทวิ พรหมพฤกษ์, 2525 : 152)

15.1 การเผาดิบ เป็นการเผาครั้งแรกหลังจากที่มีการตกแต่ง และฟุ้งผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว วัตถุประสงค์ของการเผาดิบเพื่อให้เนื้อดินเปลี่ยนโครงสร้างให้มีความแข็งแรงมากขึ้น (mechanical strength) สามารถคงสภาพไม่เปลี่ยนกลับไปเป็นสภาพเดิมได้อีก นอกจากนี้ยังเป็นการเผาเพื่อสำรวจผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเคลือบ และยังคงตกแต่งผิวของผลิตภัณฑ์หลังการเผาให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความเรียบ สวยงาม การเผาดิบแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา, 2529 : 154)

15.1.1 เผาดิบที่อุณหภูมิสูงแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำ ในกรณีที่ใช้耐火土เคลือบที่มีจุดหลอมละลายต่ำ จำเป็นต้องใช้วิธีนี้เพื่อให้เนื้อดินมีความแข็งแรง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาสูงหรือต่ำเป็นไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์

15.1.2 เผาดิบที่อุณหภูมิต่ำแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 700 ถึง 900 องศาเซลเซียส

15.2 การเผาเคลือบ หมายถึง การเผาผลิตภัณฑ์ที่อาจจะตกแต่งสีแล้ว หรือไม่ได้ตกแต่งสีก็ได้ แต่ได้ชุบเคลือบแล้วและจะเผาเพื่อให้耐火土เคลือบละลายจับผิวผลิตภัณฑ์เป็นมันแวววาวคล้ายแก้ว หรือบางชนิดอาจจะเป็นเคลือบด้านก็ได้ การเผาเคลือบเป็นการเผาขั้นสุดท้าย จะได้ผลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้ การเผาขั้นนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งและต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ มิฉะนั้นจะเสียหายได้ง่ายที่สุด (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้น

ดินเผา. 2529 : 156) การเผาเคลือบไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟต่ำหรือไฟสูงก็ตาม จะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกินยอมทำให้น้ำเคลือบไหลมากอาจจะติดพื้นเตา หรือชั้นรองผลิตภัณฑ์ ยากแก่การนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึงจะทำให้เคลือบไม่สุกเกิดความดำไม่มันแวววาวเท่าที่ควร (ทวี พรหมพฤษ. 2523 : 155)

การวิจัยครั้งนี้ เเผาผลิตภัณฑ์โดยวิธีแรก คือ การเผาที่อุณหภูมิสูงเพียงครั้งเดียว โดยไม่ต้องเคลือบ ซึ่งเป็นข้อกำหนดของเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน

16. อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ในการเผาเครื่องปั้นดินเผา มีการกำหนดอุณหภูมิในการเผาที่แน่นอนในกรณีที่เผาเนื้อดินและเคลือบจะยังไม่สุก เคลือบจะดำไม่มันแวว ในกรณีที่เผาเกินดินจะหลอมบิดเบี้ยวเสียรูปทรง เคลือบอาจไหม้ไหลย้อย ทำให้ผลิตภัณฑ์ติดแผ่นรองผลิตภัณฑ์ จึงต้องมีอุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 148)

16.1 ไพโรมิตรีค เทอร์โมคอปเปิล (pyrometric thermocouple) มีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ

16.1.1 ไพโรมิตรีค เทอร์โมคอปเปิล ชนิดสเกล (pyrometric thermocouple scale) วัดได้ไม่เกิน 1,600 องศาเซลเซียส ประกอบขึ้นด้วยเส้นโลหะต่างชนิดอยู่ภายในของหลอดหุ้ม (protection tube) ซึ่งอาจจะเป็นหลอดที่ทำมาจากพอร์สเลน หรือโลหะผสมก็ได้ เพื่อป้องกันไม่ให้อัตราอุณหภูมิความร้อนโดยตรง มีสายเชื่อมโยงไปถึง scale ที่แสดงอุณหภูมิในการวัด

16.1.2 ไพโรมิตรีค เทอร์โมคอปเปิล ชนิดดิจิตอล (pyrometric thermocouple digital) มีส่วนประกอบอื่น ๆ เช่นเดียวกับชนิดที่ใช้สเกล แตกต่างกันที่อ่านค่าจากสเกลเป็นตัวเลข

16.2 ออปติคัล ไพโรมิตรีค เรดิเอชัน (optical pyrometric radiation)

วัดได้เกินกว่า 1,600 องศาเซลเซียส เป็นเครื่องวัดความร้อนชนิดส่องดู มีสเกลที่เครื่องบอกอุณหภูมิ ใช้วัดอุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมแก้ว เตาถลุงเหล็ก

16.3 ท่อนวัดไฟ มีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ

16.2.1 ท่อนวัดไฟของเชกเกอร์ ใช้กันในประเทศญี่ปุ่น เยอรมัน

16.2.2 ท่อนวัดไฟของออร์ตัน ใช้ในสหรัฐอเมริกา และยุโรป

ลักษณะเป็นแท่งวัดความร้อน เมื่อถึงอุณหภูมิถึงจุดสุดท้ายตามอุณหภูมิที่กำหนด ท่อนวัดไฟจะงอตัวลง ซึ่งจะเป็นตัวชี้ถึงความร้อนในการเผาผลิภัณฑ์ในเตาเผาครั้งนั้น และรู้อุณหภูมิที่แน่นอนของจุดที่ตั้งท่อนวัดความร้อนนั้น

16.4 บูลเลอร์ ริง (buller's ring) ลักษณะเป็นแผ่นกลม ใช้วางไว้ในเตาเผาตามจุดต่าง ๆ เหมือนท่อนวัดความร้อน เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิด้วยจุดต่าง ๆ แต่ต้องนำ bullers ring ถ้าเผาแล้วมาวัดกับเครื่องมือ เพื่อให้ทราบว่าหดตัวเท่าใด แล้วนำเอาค่าที่วัดได้ไปเปิดตารางอ่านค่าอุณหภูมิ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 2 ชนิดคือ ไพโรมेटริก เทอร์โมคอปเปิล ระบบดิจิตอล (pyrometric thermocouple) และท่อนวัดไฟของออร์ตัน

17. การทดสอบคุณสมบัติเนื้อดินแพเรียนพอร์สเลน

การทดสอบคุณสมบัติเนื้อดินแพเรียนพอร์สเลน มีคุณสมบัติต้องทดสอบดังนี้

17.1 ความทนไฟของเนื้อดินแพเรียนพอร์สเลนที่ 1,201 องศาเซลเซียส
ท่อนวัดไฟของออร์ตัน เบอร์ 6 เนื้อดินทดสอบสามารถคงสภาพรูปทรงอยู่ได้โดยไม่บิดเบี้ยว โค้งงอ ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

17.1.1 นำดินทดลองมาหล่อพิมพ์ดิน มีขนาดพิมพ์ หน้า 1.0 เซนติเมตร กว้าง 2.0 เซนติเมตร ยาว 12.0 เซนติเมตร และ 0.2 เซนติเมตร กว้าง 5.0 เซนติเมตร ยาว 5.0 เซนติเมตร

17.1.2 หลังจากฟุ้งแห้งนำเข้าเตาเผาโดยให้ปลายของชิ้นงานวางอยู่บนคาน

ทั้ง 2 ข้าง ในช่วงของการเผา เพิ่มอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสต่อ 1 ชั่วโมง จนถึงอุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส (หน่วยไฟฟ้าเบอร์ 6)

17.1.3 ตรวจสอบเนื้อดินทดลองยังคงรูปเดิม ไม่บิดเบี้ยว รังงอ ถือว่าเนื้อดินการวิจัยอยู่ในเกณฑ์ไม่เกินอุณหภูมิสุกตัว

17.2 ปริมาณของสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำดินจะอยู่ระหว่างร้อยละ 24-36 โดยน้ำหนักของดิน แล้วเติมโซเดียมซลิเกตผสมลงไปประมาณร้อยละ 0.20 ถึง 0.80 ก็จะทำให้ดินเกิดการลอยตัวได้ดี (Rhodes. 1972 : 30) ซึ่งต้องหาอัตราส่วนผสมของโซเดียมที่ใช้ผสมในน้ำดิน

17.3 ความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน* น้ำดินที่ใช้ในการเทแบบพิมพ์ชนิดมีการเทน้ำดินที่เหลือทิ้ง ควรมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.66-1.80 หรือมีความหนืดระหว่าง 1-5 poises การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของน้ำดินจะทดสอบหลังจากที่ได้ทดสอบปริมาณสารที่ทำให้เกิดการลอยตัวแล้ว

17.4 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น เป็นการทดสอบหาความเหนียวของเนื้อดินปั้น เพราะเนื้อดินที่มีความเหนียวมากเมื่อแห้งจะมีความแข็งแรงมากเช่นกัน มีการทดสอบดังนี้

17.4.1 นำดินทดลองมาหล่อพิมพ์ตัน มีขนาดเท่ากับการทดสอบอุณหภูมิสุกตัว

17.4.2 ฟึ่งแห้งทดลองให้แห้ง อบที่ 150 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

17.4.3 นำแท่งทดลองทดสอบแรงอัด นำค่าแรงที่กระทำต่อชิ้นงานมาคำนวณตามสูตร (Singer. 1963 : 337)

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

โดย R = ค่าความแข็งแรงของดิน (ก.ก./ซ.ม.²)

w = น้ำหนักที่กดลงจนแท่งทดลองหัก (ก.ก.)

l = ระยะห่างของแท่นรองรับแท่งทดลอง (ซ.ม.)

b = ความกว้างของแท่งทดลอง (ซ.ม.)

h = ความหนาของแท่งทดลอง (ซ.ม.)

17.5 การหดตัวเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อพิมพ์ การทดสอบการหดตัวเมื่อแห้งของเนื้อดินทดลองหลังจากการหล่อพิมพ์แล้ว มีลำดับขั้นตอนทดสอบดังนี้

- 17.5.1 นำดินทดลองมาหล่อพิมพ์ดิน มีขนาดเท่ากับการทดสอบอุณหภูมิสุกตัว
- 17.5.2 เมื่อเนื้อดินหมาด ทำเครื่องหมายเส้นตรงความยาว 10 เซนติเมตร
- 17.5.3 ผึ่งแห้งทดลองให้แห้ง อบที่ 150 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง
- 17.5.4 วัดระยะความยาวที่ทำเครื่องหมายจดบันทึกทุกแห่ง เนื้อดินทดลอง
- 17.5.5 คำนวณตามสูตร (Rhodes. 1972 : 200)

จำนวนร้อยละการหดตัวเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อพิมพ์ = $\frac{\text{ความยาวดินเปียก} - \text{ความยาวดินแห้ง}}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$

ความยาวดินเปียก

17.6 การหดตัวหลังการเผา จากการทดสอบเนื้อดินวิจัย เกี่ยวกับการหดตัวเมื่อแห้ง แล้วนำไปใช้ในการทดสอบเกี่ยวกับการทดสอบหลังการเผา ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 17.6.1 นำแห้งทดลองไปเผาที่อุณหภูมิที่กำหนด
- 17.6.2 นำแห้งทดลองผึ่งให้ความร้อนอยู่ที่อุณหภูมิปกติ
- 17.6.3 วัดความยาวแห้งทดลอง
- 17.6.4 นำความยาวคำนวณตามสูตร (Rhodes. 1972 : 290)

จำนวนร้อยละของการหดตัวหลังการเผา = $\frac{\text{ความยาวของดินก่อนเผา} - \text{ความยาวของดินหลังเผา}}{\text{ความยาวของดินก่อนเผา}} \times 100$

ความยาวของดินก่อนเผา

17.7 การดูซึมน้ำหลังการเผา การทดสอบนี้เป็นการทดสอบหาความพรุนตัว (vitrification) ของเนื้อดินวิจัย มีลำดับขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 17.7.1 นำแห้งทดลองที่ผ่านการเทแบบพิมพ์และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,180-1,201 องศาเซลเซียส
- 17.7.2 ชั่งน้ำหนักแห้งทดลองที่จะทดสอบ บันทึกน้ำหนักให้ละเอียด
- 17.7.3 นำแห้งทดลองต้มน้ำเดือดเวลา 2 ชั่วโมง แช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- 17.7.4 เช็ดแห้งทดลองให้แห้งปราศจากน้ำบริเวณผิว แล้วนำกลับไปยังอีก

ครั้งหนึ่ง

- 17.7.5 คำนวณตามสูตร (Rhodes. 1972 : 220)

$$A = \frac{W - D}{D} \times 100$$

โดย A = เปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำ

w = น้ำหนักดินที่อิ่มตัว

D = น้ำหนักดินที่แห้ง

17.8 สีเนื้อดินหลังการเผา จากสีของพื้นดินหลังการเผา คือสีขาว แต่สีขาวนั้นแยกออกได้หลายลักษณะ การตัดสินใจว่าผู้วิจัยอาจจะต้องเท่าใดนัก จึงใช้ลักษณะการเทียบลักษณะสีโดยผู้เชี่ยวชาญที่ผ่านงานเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษาระดับอุดมศึกษาหรือหน่วยงาน สถาบันทางราชการเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผาที่มีเวลาปฏิบัติงานไม่ต่ำกว่า 10 ปี หรือผู้มีประสบการณ์ในสถานประกอบการ มีเวลาปฏิบัติงานไม่น้อยกว่า 10 ปี เป็นผู้ตัดสินจำนวน 3 ท่าน

17.9 ความโปร่งแสง จากเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน มีความโปร่งแสง การทดสอบในเรื่องดังกล่าวผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเดียวกัน เป็นผู้ทดสอบความโปร่งแสง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ มุ่งที่จะวิจัยโดยการทดลอง เพื่อให้ได้เนื้อดินเพเรียน พอร์สเลน โดยใช้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่กำหนด ได้แก่ ดินขาวระนอง ดินเหนียวขาวลำปาง หินฟันม้าชนิดเซตา โดยใช้ตารางไครดุลยภาพ กำหนดอัตราส่วนผสมวัตถุดิบโดยน้ำหนัก การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ กำหนดรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

1. วัตถุดิบและกลุ่มตัวอย่าง
2. ตัวแปรที่ทำการวิจัย
3. เกณฑ์การตัดสินเนื้อดินเพเรียน พอร์สเลน
4. วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
5. ลำดับขั้นตอนการทำการวิจัย
6. การทดสอบและสูตรที่ใช้ในการวิจัย
7. สถานที่และเวลาที่ใช้ในการวิจัย
8. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วัตถุดิบและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย การคัดเลือกวัตถุดิบ จากการวิจัยของโครงการ พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา โครงการศูนย์วิจัยและอบรมการผลิตเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม ที่คาดหวังว่าจะส่งผลให้งานวิจัยสำเร็จตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ มีวัตถุดิบในการทำการวิจัย 3 รายการดังต่อไปนี้

- 1.1.1 ดินขาวระนอง ที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ที่บริเวณเหมืองแร่ดิบูก ต.หาดส้มแป้น อ.เมือง ระนอง
- 1.1.2 ดินเหนียวขาวลำปาง ที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ที่ ต.แม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

1.1.3 หินพัห้มาชนดิโรชดา พลิตและจำหน่ายโดยบริษัท เกลมิน

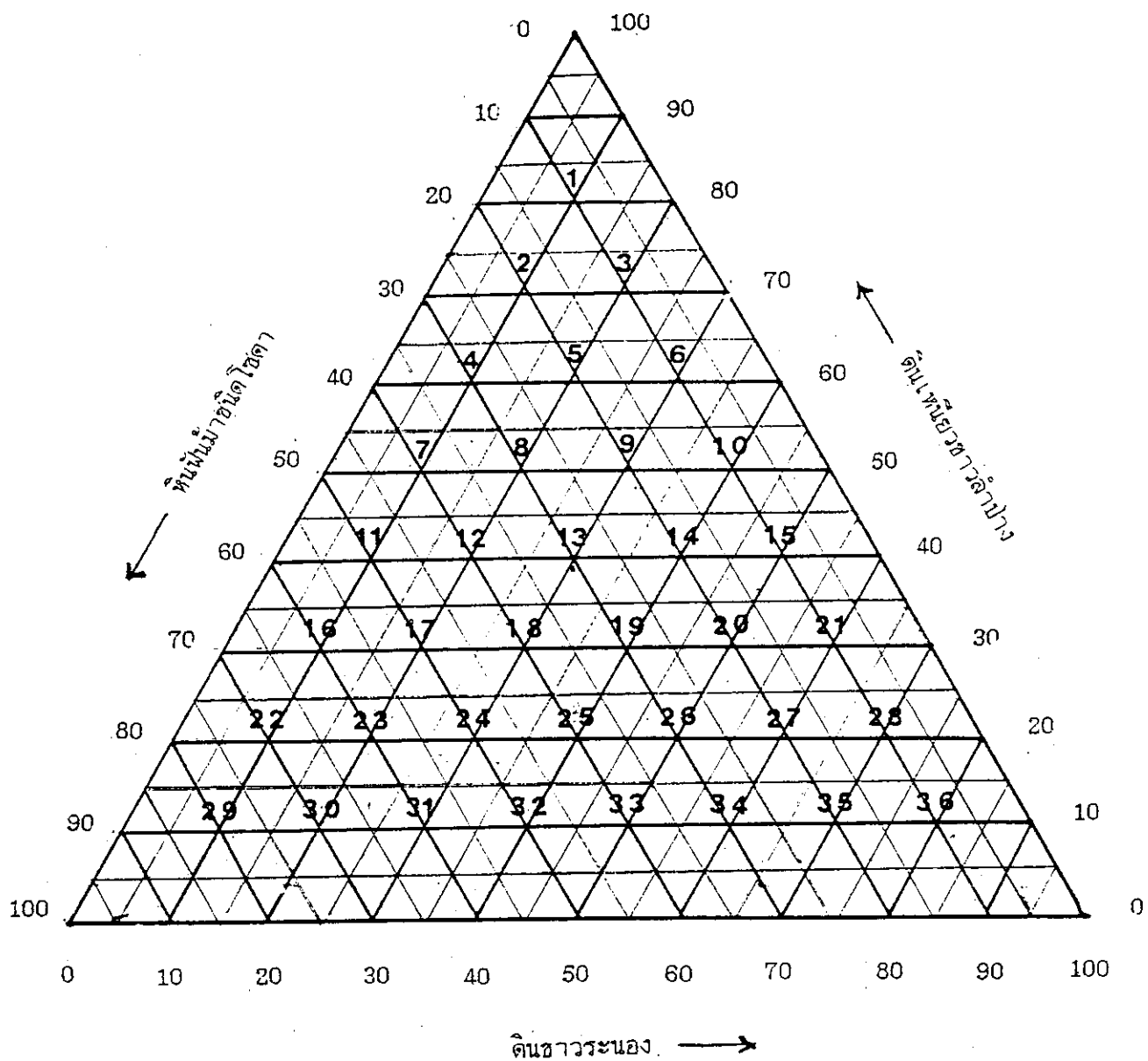
1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ ส่วนผสมของวัตถุดิบที่เป็นกลุ่มประชากร จำนวน 3 รายการ ผสมกันตามสัดส่วน โดยการสุ่มแบบเจาะจง ตามตารางไตรดูลยภาค

2. ตัวแปรที่ทำการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรในการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ทำการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ชุด ดังต่อไปนี้

2.1.1 การทดลองชุดที่ 1 เป็นการทดลองที่กำหนดเข้าหมายหยาบ เพื่อหาตัวอย่างเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน การนำวัตถุดิบในประเทศที่เลือกและเป็นกลุ่มประชากรของการวิจัย กำหนดลงในจุดของวัตถุดิบ บนตารางไตรดูลยภาค เนื่องจากอัตราส่วนผสมล็กย่อยของวัตถุดิบต่างสถานที่ย่อมแตกต่างกันออกไป เพื่อการหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน ที่คลาดเคลื่อน ผู้วิจัยขอกำหนดจุดการทดลองของวัตถุดิบจุดเนื้อดิน แพเรียนพอร์สเลน ลงบน แผนภูมิไตรดูลยภาค ในการทดลองครั้งที่ 1 มีอัตราความห่างของจุดทดลอง 10 หน่วย และแต่ละจุดต้องมีวัตถุดิบครบ 3 รายการ ซึ่งจะได้ตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 36 ตัวอย่าง ซึ่งอยู่ในแผนภูมิไตรดูลยภาคดังนี้



ภาพประกอบ 3 ตารางไตรตุลยภาคการทดลองชุดที่ 1

จากภาพประกอบ 3 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในงานวิจัยดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 7 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินวิจัยที่อ่านค่าได้จากภาพประกอบ 3 ซึ่งมีดังนี้

จุดที่	หินพื้นน้ำโชดา บริษัทเคลมิน	ดินขาวระนอง	ดินเหนียวขาว ลำปาง
1	10	10	80
2	20	10	70
3	10	20	70
4	30	10	60
5	20	20	60
6	10	30	60
7	40	10	50
8	30	20	50
9	20	30	50
10	10	40	50
11	50	10	40
12	40	20	40
13	30	30	40
14	20	40	40
15	10	50	40
16	60	10	30
17	50	20	30
18	40	30	40
19	30	40	30
20	20	50	30

ตาราง 7 (ต่อ)

จุดที่	หินพื้นน้ำโชดา บริษัทเคลมิน	ดินขาวระนอง	ดินเหนียวขาว ลำปาง
21	10	60	30
22	70	10	20
23	60	20	20
24	50	30	20
25	40	40	20
26	30	50	20
27	20	60	20
28	10	70	20
29	80	10	10
30	70	20	10
31	60	30	10
32	50	40	10
33	40	50	10
34	30	60	10
35	20	70	10
36	10	80	10

หมายเหตุ ทุกจุดการทดลองเติมแบเรียมคาร์บอเนตร้อยละ 2

จากอัตราส่วนผสมเนื้อดินที่ทำการวิจัยชุดที่ 1 เสาที่ช่วงอุณหภูมิที่ 1.201 องศาเซลเซียส โดยเตาแก๊สในบรรยากาศแบบรีดิกชัน ได้ตัวอย่างการวิจัยในชุดที่ 1 รวม 36 ตัวอย่าง นำไปทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนดเป็นเกณฑ์ของการวิจัยในครั้งนี้ คัดเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุด 1 ตัวอย่างนำไปทำการทดลองในชุดที่ 2

2.1.2 การทดลองชุดที่ 2 จากตัวอย่างการทดลองชุดที่ 1 ที่ถูกคัดเลือกตามเกณฑ์กำหนดของการวิจัย 1 ตัวอย่าง เพื่อที่จะได้อัตราส่วนผสมเนื้อดินแพริเรียน พอร์สเลน ที่ดีที่สุดของการวิจัย ผู้วิจัยกำหนดการทดลองชุดที่ 2 โดยขยายจากจุดที่คัดเลือก 5 หน่วยตามรัศมี จะได้ตัวอย่างการวิจัยชุดที่ 2 จำนวน 6 ตัวอย่าง

จากการทดลองชุดที่ 2 หลังจากทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด เลือกเนื้อดินวิจัยที่ดีที่สุดเป็นเนื้อดินแพริเรียน พอร์สเลนของงานวิจัย

2.2 ตัวแปรตาม ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ของเนื้อดินปั้นที่วิจัยในหัวข้อต่าง ๆ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1. ความทนไฟ
2. ปริมาณของสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว
3. ความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน
4. ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น
5. การหดตัวเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อพิมพ์
6. การหดตัวหลังการเผา
7. การดูดซึมน้ำหลังการเผา
8. สีของเนื้อดินปั้นหลังการเผา
9. ความโปร่งแสงของเนื้อดินปั้น

3. เกณฑ์การตัดสินเนื้อดินปั้นแพริเรียน พอร์สเลน

จากเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินปั้นแพริเรียน พอร์สเลน ซึ่งมีดังต่อไปนี้

3.1 ความทนไฟของเนื้อดินปั้นที่ทนวัดไฟของออรัตัน หมายเลข 6 (1.201 องศาเซลเซียส)

- 3.2 ปริมาณของสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว คิดเป็นร้อยละ 0.20-0.80
- 3.3 ความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน 1.65-1.80
- 3.4 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น
- 3.5 การหดตัวเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อพิมพ์ จำนวนร้อยละ 3-7
- 3.6 การหดตัวหลังการเผาจำนวนร้อยละ 7-12
- 3.7 ไม่มีการดูดซึมน้ำหลังการเผาจำนวน
- 3.8 สีของเนื้อดินปั้นหลังการเผา สีขาว
- 3.9 มีความโปร่งแสงของเนื้อดินปั้น

4. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 4.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัยมีดังต่อไปนี้
 - 4.1.1 ดินขาวระนอง
 - 4.1.2 ดินเหนียวขาวลำปาง
 - 4.1.3 หินฟันม้าชนิดโรซดา ของบริษัทเคลมิน
 - 4.1.4 ปูนปลาสเตอร์ตรามือเกรด A
 - 4.1.5 น้ำประปา
 - 4.1.6 ทัลค์
 - 4.1.7 แบเรียม คาร์บอเนต
 - 4.1.8 รัชเดียมซิลิเกต
- 4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังต่อไปนี้
 - 4.2.1 เตาเผาเครื่องปั้นดินเผาชนิดใช้แก๊สความร้อนสูง
 - 4.2.2 ตู้อบผลิตภัณฑ์
 - 4.2.3 เครื่องแยกแร่เหล็ก
 - 4.2.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าระบบดิจิทัล
 - 4.2.5 หม้อบด

- 4.2.6 เครื่องคิดเลข
- 4.2.7 เวอร์เนียร์
- 4.2.8 ไม้บรรทัด
- 4.2.9 ตะแกรงร่อน
- 4.2.10 ถ้วยตวง
- 4.2.11 ถังน้ำพลาสติกขนาด 50 ลิตร
- 4.2.12 อ่างกระโละดิน
- 4.2.13 ชั้นผึ่งอุปกรณ์
- 4.2.14 ไร่รงบดดิน
- 4.2.15 ถาดพลาสติก
- 4.2.16 ฟองน้ำ
- 4.2.17 กระดาษบันทึก
- 4.2.18 ดินสอ ปากกา

5. ลำดับขั้นการทำการวิจัย

จากเป้าหมายของการวิจัยตลอดจนความละเอียดของแต่ละช่วงของการวิจัย เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งผู้วิจัยแยกออกเป็น 3 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหากลุ่มเนื้อดินปั้นแพเรียน

พอร์สเลน

5.2 การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน

ที่ดีที่สุด

5.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์

5.1 การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 1 มีลำดับขั้นการทดลองดังต่อไปนี้

5.1.1 จากการสุ่มตัวอย่างตารางไตรดูลยภาคที่ผู้วิจัยกำหนดตัวอย่างเพื่อทำการ

ทดลอง 36 ตัวอย่าง

5.1.2 นำวัตถุดิบที่ในการวิจัยได้แก่ หินพื้นน้ำชนิดร็อค ดินขาวระนอง ดินเหนียวขาวลำปาง นำมาผสมตามอัตราส่วนที่สุ่มตัวอย่างจากตารางไตรคูณภาค มาชั่งน้ำหนัก

5.1.3 บดด้วยหม้อบด เติมน้ำในหม้อบดร้อยละ 27 ใช้เวลาในการบดนาน 15 ชั่วโมง เติมโซเดียมซัลเฟต จำนวนร้อยละ 0.3

5.1.4 นำน้ำดินที่ผ่านการบดครบตามกำหนด 15 ชั่วโมง มาผ่านตะแกรงกรอง เบอร์ 150

5.1.5 นำน้ำดินที่ผ่านการกรองแล้วนำมาเข้าเครื่องแยกเหล็ก (magnetic separator) จำนวน 10 ครั้ง เพื่อแยกเนื้อเหล็กที่ผสมอยู่ในเนื้อดินปั้นออก เพื่อต้องการให้ดินสะอาดปราศจากเหล็กออกไซด์

5.1.6 นำน้ำดินที่ผ่านเครื่องแยกเหล็กไปเกรอะดินเพื่อแยกน้ำออกจากเนื้อดิน เพื่อที่จะนำไปขึ้นรูปในขั้นตอนต่อไป

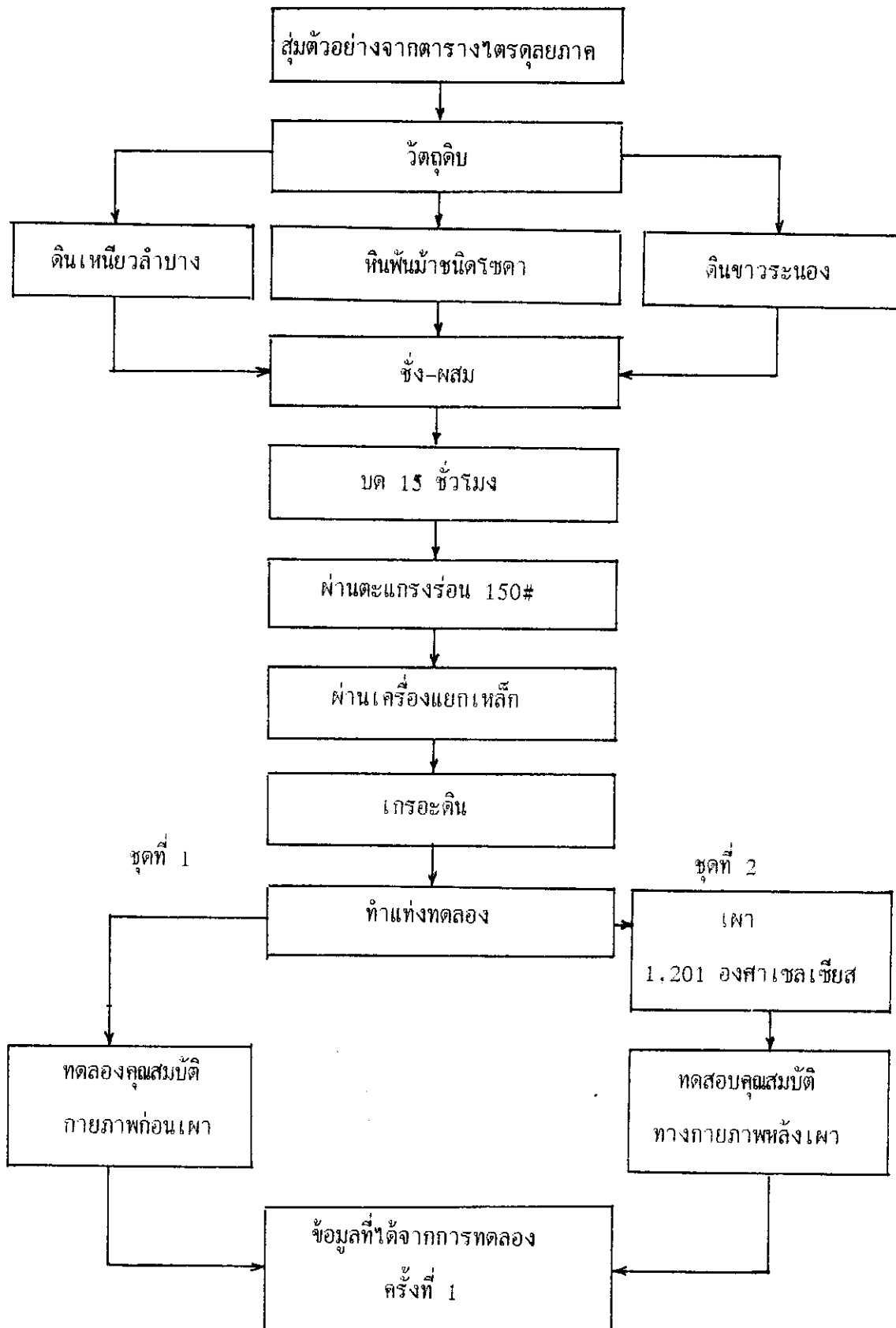
5.1.7 ขึ้นรูปแท่งทดลองด้วยการอัดรีดแยกออกเป็น 2 ขนาดคือ

5.1.7.1 แท่งดินทดลองขนาด หน้า 1 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 12 เซนติเมตร เพื่อใช้ทดสอบก่อนการเผา ได้แก่ ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น การหดตัวก่อนการเผา ส่วนการทดสอบหลังการเผา ได้แก่ จุดสุกตัวของเนื้อดินปั้น การหดตัวหลังการเผาและการดูดซึมน้ำ

5.1.7.2 แท่งดินทดลอง หน้า 0.2 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร เพื่อใช้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา คือ ความขาว และความโปร่งแสง

5.1.8 นำแท่งทดลองแยกทดสอบ แท่งทดลองส่วนหนึ่งต้องนำไปเผาที่ 1,201 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชัน นำแท่งทดลองที่ผ่านการเผาทดสอบคุณสมบัติตามเกณฑ์การทดสอบ

5.1.9 จากผลการทดลองชุดที่ 1 ตรวจสอบรอยเกณฑ์ที่กำหนดทางกายภาพ คัดเลือกเนื้อดินทดลองที่ดีที่สุด 1 ตัวอย่าง เพื่อการทดลองละเอียดในครั้งที่ 2



ภาพประกอบ 4 การเตรียมเนื้อดินขึ้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 1

5.2 การเตรียมเนื้อดินขึ้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 2 มีลำดับขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

5.2.1 จากตัวอย่างที่คัดเลือกเนื้อดินทดลองที่ดีที่สุดจากการทดลองครั้งที่ 1

จำนวน 1 ตัวอย่าง

5.2.2 สุ่มตัวอย่างจากตารางไตรคูณภาคโดยขยายแนวการทดลองรอบตัวอย่างที่กำหนด 19 ตัวอย่าง

5.2.3 ชั่งวัตถุดิบจากตารางไตรคูณภาค ได้ตัวอย่างการทดลอง 19 ตัวอย่าง

5.2.4 บดด้วยหม้อบดเติมน้ำในการบดร้อยละ 27-29 ใช้เวลาในการบดนาน 15 ชั่วโมง

5.2.5 นำน้ำดินที่ผ่านการบดจำนวน 15 ชั่วโมง ผ่านตะแกรงกรองเบอร์ 150

5.2.6 นำน้ำดินที่ผ่านการกรองไปผ่านเครื่องแยกเหล็กที่ผสมอยู่ในเนื้อดินขึ้นออก เพื่อคืนเป็นปราศจากเหล็กออกไซด์

5.2.7 นำน้ำดินเกรอะเพื่อแยกน้ำออกจากเนื้อดิน

5.2.8 แยกเนื้อดินออกเป็น 2 ส่วน โดยให้ส่วนหนึ่งนำไปอัดแท่งทดลอง ตามขนาดที่กำหนดในการทดลองครั้งที่ 1 และทดสอบก่อนการเผาและหลังการเผาเช่นเดียวกัน

5.2.9 ดินอีกส่วนหนึ่งนำไปอบแห้งที่ 110 องศาเซลเซียส

5.2.10 นำน้ำลงไปผสมเนื้อดินทดลองร้อยละ 29 เติมน้ำเค็มชนิดเกล็ดร้อยละ

0.2 ทำการบดผสมด้วยหม้อบดนาน 3 ชั่วโมง เพื่อให้เนื้อดินขึ้นผสมกัน

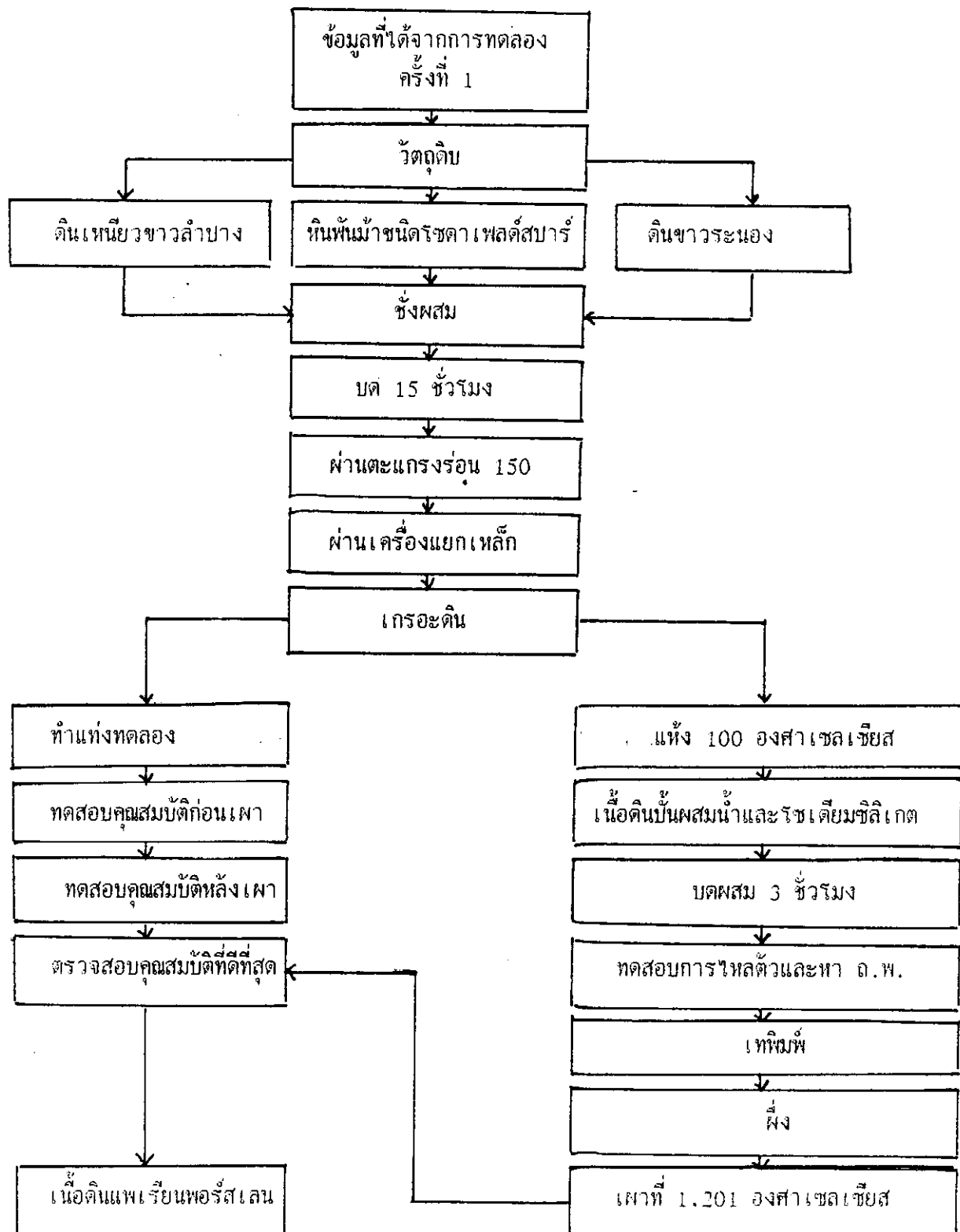
5.2.11 นำน้ำดินที่ผ่านการบดผสมมาแยกทดสอบอัตราการใช้หัว โดยการเติมน้ำเค็มชนิดเกล็ดร้อยละ 0.2-0.8 ทดสอบหาอัตราการใช้หัวที่ดีที่สุด พร้อมทั้งวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน

5.1.12 คัดเนื้อดินที่มีอัตราการใช้หัวที่ดีที่สุดนำไปเทแบบพิมพ์ทรงกระบอก

5.1.13 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ฝังให้แห้งตากแห้งผึ่งขึ้นงานทดลอง

5.1.14 นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งเข้าเผาในเตาแก๊สที่อุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบรีดักชั่น

5.1.15 นำข้อมูลการทดสอบแท่งทดลองและผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบการหล่อพิมพ์มาเปรียบเทียบ เพื่อหาตัวอย่างเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลนของงานวิจัย



ภาพประกอบ 5 การเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อการทดลองครั้งที่ 2

5.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์ มีลำดับขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

5.3.1 ชั่งอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจากวัตถุดิบงานวิจัย อันได้แก่ หินฟันม้า ชนิดโรดา ดินขาวระนอง ดินเหนียวขาวลำปาง ตามอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน ของงานวิจัย ที่ได้จากการทดลองชุดที่ 2

5.3.2 นำอัตราส่วนของวัตถุดิบผสมให้รวมกัน ใส่หม้อบดเติมน้ำร้อยละ 27 บดอัตราส่วนผสมน้ำดินปั้น 15 ชั่วโมง

5.3.3 นำน้ำดินปั้นที่ผ่านการบดแล้วมาผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 150

5.3.4 นำน้ำดินปั้นที่ผ่านการกรองไปผ่านเครื่องแยกเหล็กจำนวน 10 ครั้ง

5.3.5 นำน้ำดินไปเกรอะ เพื่อแยกน้ำออกจากเนื้อดินปั้น

5.3.6 เนื้อดินที่ได้นำไปอบแห้งที่ 110 องศาเซลเซียส

5.3.7 ดินปั้นที่แห้งผสมกับน้ำร้อยละ 27 ไซเคียมซิลิเกตตามสัดส่วนที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 ที่เลือกเป็นเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน ของงานวิจัย

5.3.8 บดผสมด้วยหม้อบด 3 ชั่วโมง

5.3.9 ทดสอบการไหลตัวและหาความถ่วงจำเพาะของเนื้อดินปั้น

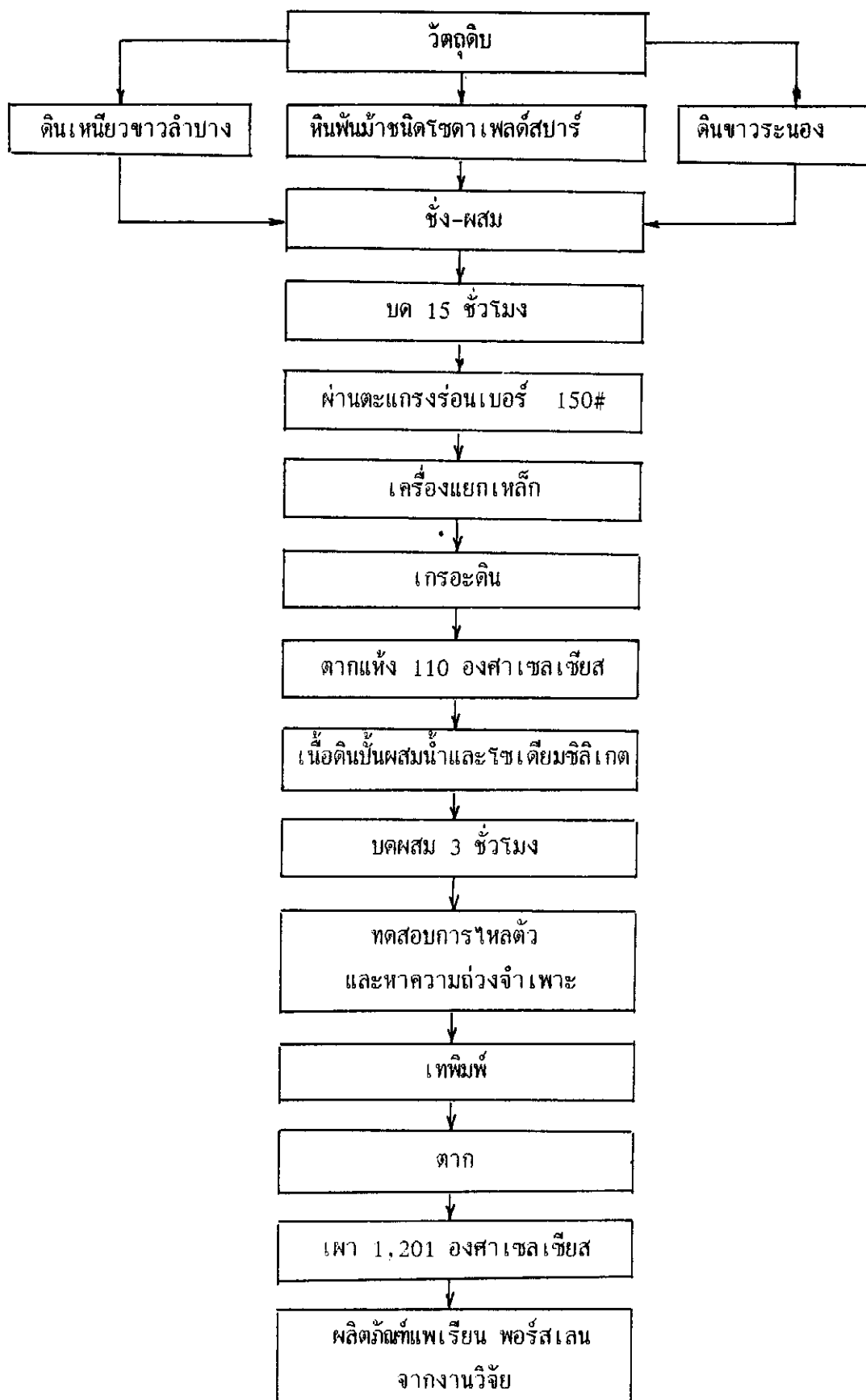
5.3.10 เทพิมพ์รูปลอยตัวขนาดเล็ก

5.3.11 ตากแห้งผลิตภัณฑ์ในห้องให้แห้ง

5.3.12 นำผลิตภัณฑ์ที่แห้ง เผาในเตาแก๊สในบรรยากาศแบบรีดักชัน ที่อุณหภูมิ 1.201 องศาเซลเซียส

5.3.13 ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ผลิตภัณฑ์แพเรียนพอร์สเลนจากงานวิจัย

5.3.14 นำผลิตภัณฑ์แพเรียนพอร์สเลนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง



ภาพประกอบ 6 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์

6. การทดสอบและสูตรที่ใช้ในงานวิจัย

การตรวจสอบเนื้อดินปั้นของการวิจัยตามเกณฑ์ที่กำหนด มีการทดสอบและใช้สูตรในการคำนวณดังต่อไปนี้

6.1 อุณหภูมิสุกตัวของเนื้อดิน จากการสุ่มตัวอย่างของการเผาที่ช่วงอุณหภูมิ 1,145 และ 1,201 องศาเซลเซียส เพื่อหาเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลนของการวิจัยเพียงตัวอย่างเดียว การทดสอบเป็นการตรวจสอบด้วยสายตาในด้านการคงสภาพเดิม ไม่บิดเบี้ยว โค้งงอ ถือได้ว่าเนื้อดินการวิจัยอยู่ในเกณฑ์อุณหภูมิสุกตัว ซึ่งต้องตรวจสอบด้วยเกณฑ์อื่น ๆ ต่อไป

6.2 ปริมาณของสารที่ทำให้เนื้อดินสลายตัว เป็นการหาปริมาณของโซเดียมซิลิเกตที่ละลายในน้ำดิน ในช่วงร้อยละ 0.20-0.80 แล้วนำเข้าสู่เครื่องวัดเพื่อหาอัตราการสลายตัวของน้ำดิน

6.3 ความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน โดยการนำน้ำดินที่ผ่านการทดสอบ หาปริมาณของสารที่ทำให้เนื้อดินสลายตัวที่ดีที่สุดแต่ละตัวอย่างมาวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน

6.4 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น ได้จากนำแท่งงานวิจัยผ่านการอบแห้งเข้าเครื่องทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดิน ใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

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

R = ความแข็งแรงของเนื้อดิน (ก.ก./ซม²)

w = น้ำหนักที่กดแท่งทดลองหัก

l = ระยะห่างที่รองรับแท่งทดลอง (ซ.ม.)

b = ความกว้างแท่งทดลอง (ซ.ม.)

h = ความหนาแท่งทดลอง (ซ.ม.)

6.5 การหดตัวเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อพิมพ์ โดยการนำเนื้อดินที่ผ่านการหล่อแบบ ทำเครื่องหมายกำหนดความยาว 10 เซนติเมตร ฝังให้แห้ง อบให้แห้งที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

จำนวนร้อยละการหดตัวเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อพิมพ์ = $\frac{\text{ความยาวดินเปียก} - \text{ความยาวดินแห้ง} \times 100}{\text{ความยาวดินเปียก}}$

ความยาวดินเปียก

6.6 การหดตัวหลังการเผา ทดสอบเมื่อเนื้อดินผ่านการเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด

นำดินที่วิจัยผ่านการคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{จำนวนร้อยละของการหดตัวหลังการเผา} = \frac{\text{ความยาวของดินก่อนการเผา} - \text{ความยาวของดินหลังเผา} \times 100}{\text{ความยาวของดินก่อนการเผา}}$$

6.7 การดูดซึมน้ำหลังการเผา ทดสอบเมื่อเนื้อดินผ่านการเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด

นำดินที่ผ่านการวิจัยมาคำนวณตามสูตร

$$A = \frac{W - P}{D} \times 100$$

A = เปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำ

W = น้ำหนักดินที่ดูดซึมน้ำ

D = น้ำหนักดินเมื่อแห้ง

6.8 สีของเนื้อดินหลังการเผา ตรวจสอบความขาวของเนื้อดินโดยผู้เชี่ยวชาญ โดย

แบ่งระดับความขาวออกเป็น 3 ระดับคือ ขาวน้อย ขาว ขาวมาก ผ่านการตรวจโดยผู้เชี่ยวชาญ

จำนวน 3 ท่าน

6.9 ความโปร่งแสง ตรวจสอบความโปร่งแสงโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยแบ่งระดับความ

โปร่งแสงเป็น 3 ระดับคือ ไม่โปร่งแสง โปร่งแสง โปร่งแสงมาก ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ชุดเดียวกัน

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองตามกระบวนการที่กำหนดไว้ ได้ข้อมูลจากการทดลอง ที่นำมาวิเคราะห์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. การทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหาคุณสมบัติดินแพะเรียน พอร์สเลน
2. การทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาคุณสมบัติดินแพะเรียน พอร์สเลน
3. การทดลองครั้งที่ 3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์

1. การทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหาคุณสมบัติดินปั้นแพะเรียน พอร์สเลน จากการกำหนด ตัวอย่างในตารางไตรศุลยภาค จำนวน 36 ตัวอย่าง การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของดินปั้น ทดลองที่ดีที่สุด จำนวน 36 ตัวอย่าง โดยแบ่งการหาคุณสมบัติออกเป็น 2 ระยะ คือ การหา คุณสมบัติดินปั้นก่อนการเผาและการหาคุณสมบัติดินปั้นหลังการเผา ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

1.1 การหาคุณสมบัติดินปั้นก่อนการเผาจากการทดลองครั้งที่ 1 มีผลการ วิเคราะห์ตามตารางต่อไปนี้

ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเนื้อดินบ้นก่อนการเผาจากการทดลองครั้งที่ 1

จุดที่	ความแข็งแรงของเนื้อดินบ้น (กก/ซม ²)	การหดตัวของเนื้อดินเมื่อแห้ง (ร้อยละ)
1	0.70	6.35
2	1.21	5.04
3	0.86	6.00
4	0.70	5.53
5	0.75	5.72
6	0.27	6.04
7	0.39	6.04
8	0.61	5.50
9	0.47	4.07
10	0.69	4.06
11	0.46	5.34
12	0.62	4.03
13	0.38	4.02
14	0.56	3.02
15	0.46	4.53
16	0.51	5.34
17	0.13	5.34
18	0.50	4.05
19	0.52	4.34
20	0.45	4.53
21	0.64	5.07

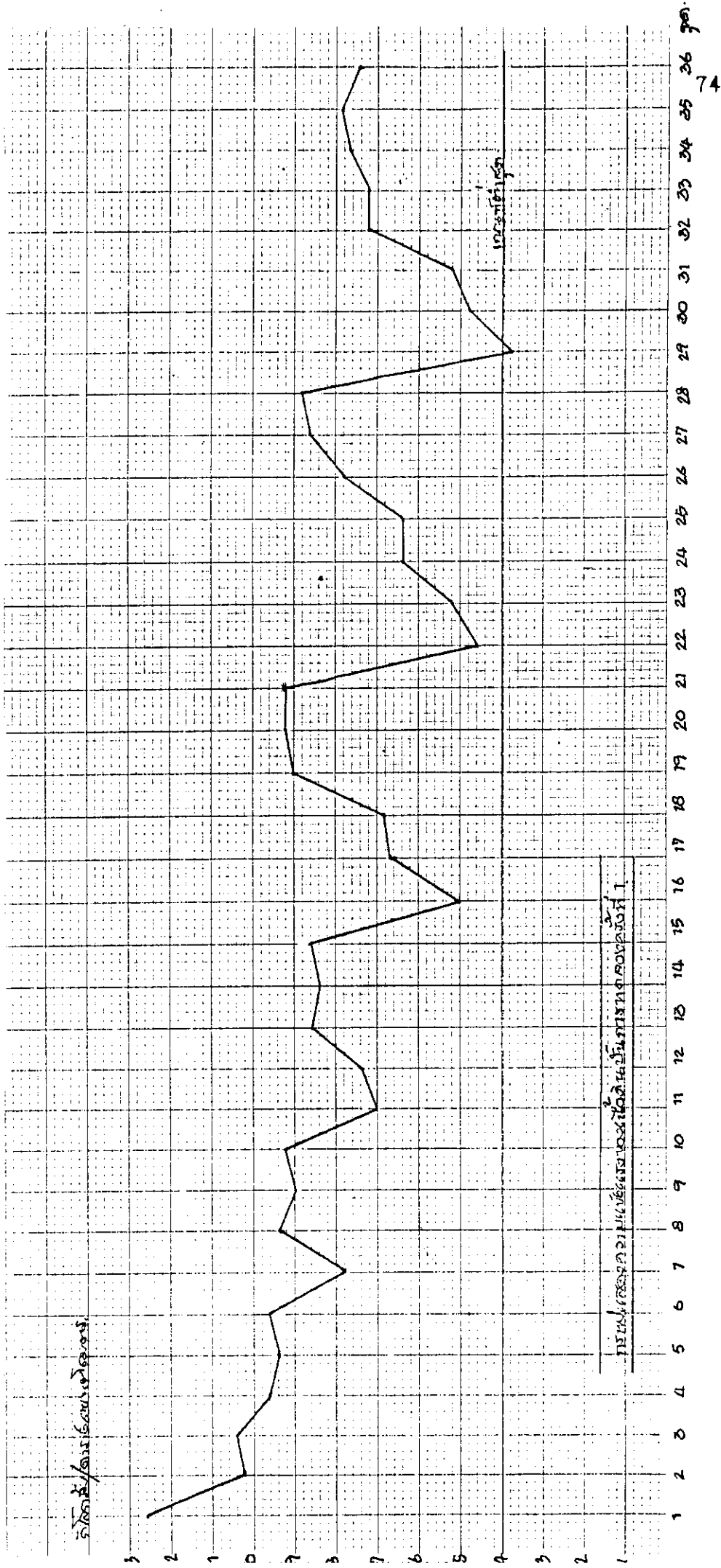
ตาราง 8 (ต่อ)

จุดที่	ความแข็งแรงของเนื้อดินปน (กก/ซม ²)	การหดตัวของเนื้อดินเมื่อแห้ง (ร้อยละ)
22	0.38	4.55
23	0.36	4.36
24	0.46	4.08
25	0.37	3.82
26	0.73	4.04
27	0.81	4.53
28	0.55	4.37
29	0.17	3.81
30	0.93	3.84
31	0.51	4.10
32	0.46	3.61
33	1.11	3.84
34	0.58	3.86
35	0.83	3.53
36	0.92	4.08

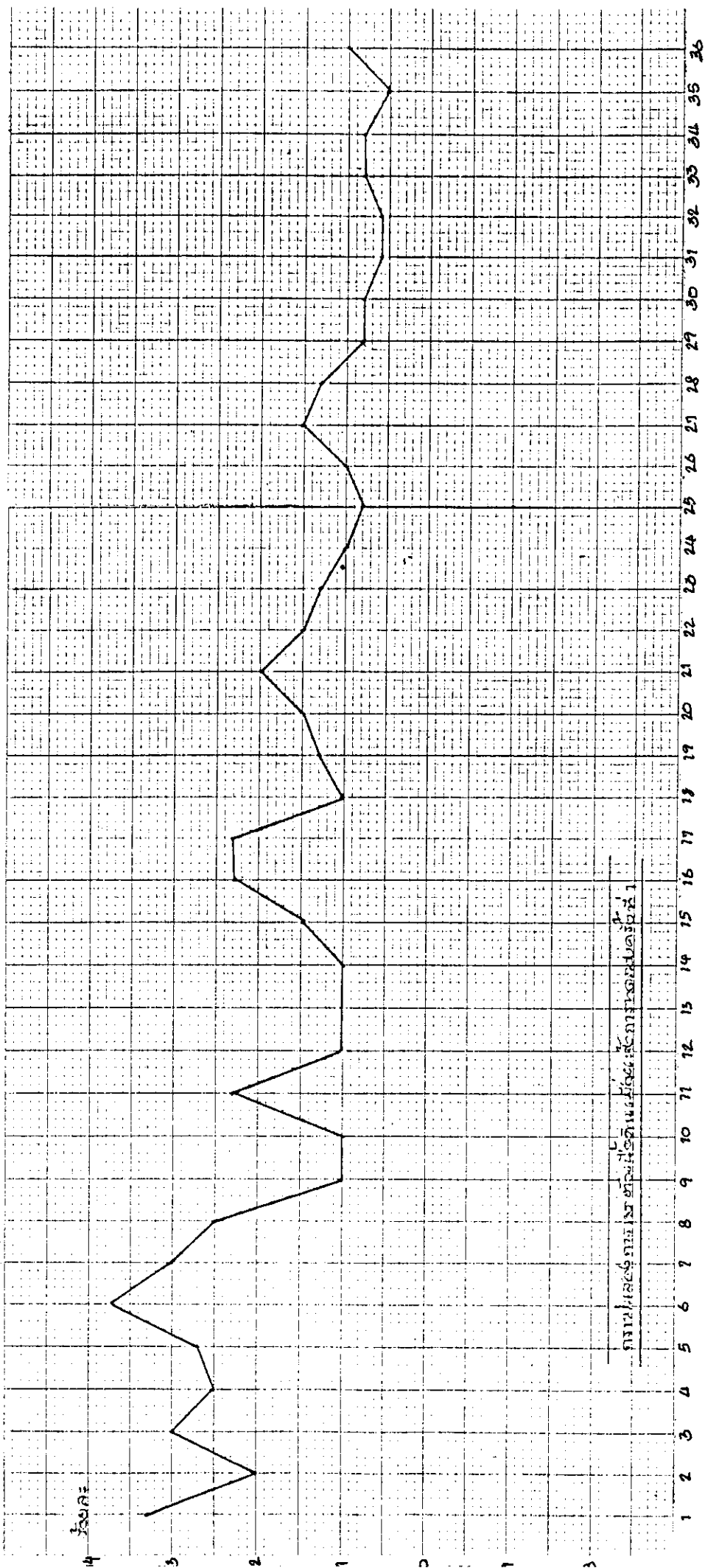
จากตาราง 8 ผลวิเคราะห์เนื้อดินนํ้าก่อนการเผา จากการทดลองชุดที่ 1 มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

1.1.1 ความแข็งแรงของเนื้อดินนํ้า เนื้อดินทดลองที่มีความแข็งแรงของเนื้อดินมากที่สุดคือ จุดที่ 2 ค่าที่วัดได้ 1.21 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และจุดที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุดคือ จุดที่ 17 ค่าที่วัดได้ 0.13 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

1.1.2 การหดตัวของเนื้อดินเมื่อแห้ง เนื้อดินทดลองที่มีการหดตัวมากที่สุดคือจุดที่ 1 จำนวนร้อยละ 6.35 และเนื้อดินทดลองที่มีการหดตัวน้อยที่สุดคือจุดที่ 14 จำนวนร้อยละ 3.02 จากเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน กำหนดให้มีการหดตัวร้อยละ 3-7 เนื้อดินที่ผ่านเกณฑ์กำหนดจำนวน 36 ตัวอย่าง



ภาพประกอบ 7 กราฟแสดงความแข็งแรงของใยในกระบวนการทดลองครั้งที่ 1



ภาพประกอบ 8 ภาพแสดงการหดตัวของดินเมื่อเกิดการทดลองครั้งที่ 1

1.2 การหาคุณสมบัติเนื้อดินบ้นหลังการเผาจากการทดลองครั้งที่ 1 มีผลการวิเคราะห์ตามตารางต่อไปนี้

ตาราง 9 คุณสมบัติเนื้อดินบ้นหลังการเผาจากการทดลองครั้งที่ 1

จุดที่	ความทนไฟ ที่ 1,201 °C	การหดตัว หลังการเผา (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ หลังการเผา (ร้อยละ)	สีเนื้อดิน หลังการเผา	ความโปร่งแสง
1	ทนไฟ	8.41	10.30	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
2	ทนไฟ	9.53	10.30	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
3	ทนไฟ	8.45	10.35	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
4	ทนไฟ	8.65	9.73	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
5	ทนไฟ	8.35	10.64	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
6	ทนไฟ	8.35	11.30	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
7	ทนไฟ	8.45	6.75	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
8	ทนไฟ	8.35	9.31	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
9	ทนไฟ	8.45	11.30	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
10	ทนไฟ	8.40	12.10	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
11	ทนไฟ	8.80	0	ขาว	โปร่งแสง
12	ทนไฟ	8.55	0.70	ขาว	ไม่โปร่งแสง
13	ทนไฟ	8.90	7.30	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
14	ทนไฟ	8.45	13.70	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
15	ทนไฟ	8.60	13.40	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
16	ไม่ทนไฟ	8.75	0	ขาวมาก	โปร่งแสงมาก
17	ทนไฟ	8.70	0	ขาว	โปร่งแสง

ตาราง 9 (ต่อ)

จุดที่	ความทนไฟ ที่ 1201 °C	การหดตัว หลังการเผา (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ หลังการเผา (ร้อยละ)	สีเนื้อดิน หลังการเผา	ความโปร่งแสง
18	ทนไฟ	8.50	3.10	ขาว	ไม่โปร่งแสง
19	ทนไฟ	8.35	10.30	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
20	ทนไฟ	8.35	11.35	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
21	ทนไฟ	8.25	12.45	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
22	ไม่ทนไฟ	8.65	0	ขาวมาก	โปร่งแสงมาก
23	ทนไฟ	8.55	0	ขาวมาก	โปร่งแสงมาก
24	ทนไฟ	8.40	0	ขาว	โปร่งแสง
25	ทนไฟ	8.35	4.35	ขาว	ไม่โปร่งแสง
26	ทนไฟ	8.40	8.70	ขาว	ไม่โปร่งแสง
27	ทนไฟ	8.45	13.25	ขาว	ไม่โปร่งแสง
28	ทนไฟ	8.60	13.50	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง
29	ไม่ทนไฟ	8.60	0	ขาวมาก	โปร่งแสงมาก
30	ไม่ทนไฟ	8.60	0	ขาวมาก	โปร่งแสงมาก
31	ทนไฟ	8.60	0	ขาวมาก	โปร่งแสง
32	ทนไฟ	8.50	4.00	ขาว	ไม่โปร่งแสง
33	ทนไฟ	8.40	6.50	ขาว	ไม่โปร่งแสง
34	ทนไฟ	8.35	10.34	ขาว	ไม่โปร่งแสง
35	ทนไฟ	8.30	10.93	ขาว	ไม่โปร่งแสง
36	ทนไฟ	8.30	13.00	ขาวน้อย	ไม่โปร่งแสง

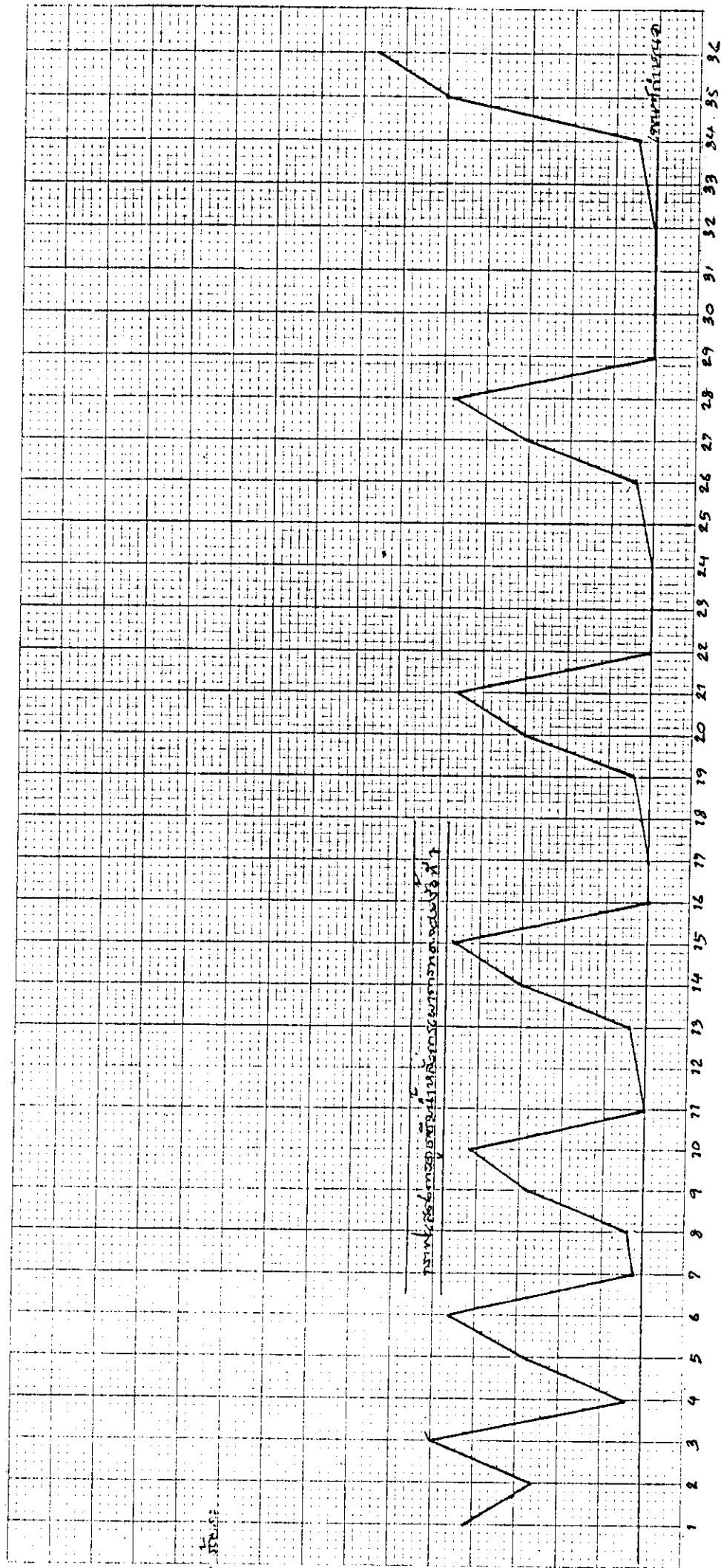
จากตาราง 9 ที่มีผลวิเคราะห์เนื้อดินปั่นหลังการเผาจากการทดลองชุดที่ 1 มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

1.2.1 ความทนไฟจากการเผาที่หน่วยวัดโพหมายเลข 6 (1,201 องศาเซลเซียส) มีเนื้อดินที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงสุดที่กำหนดจำนวน 32 ตัวอย่าง ส่วนจุดที่ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงสุดที่กำหนดได้ จำนวน 4 ตัวอย่าง คือจุดที่ 16, 22, 29, 30 เนื้อดินที่ถือว่าผ่านการทดลองในจุดนี้คือเนื้อดินที่ทนต่ออุณหภูมิที่กำหนดได้จำนวน 32 ตัวอย่าง

1.2.2 การหดตัวหลังการเผา เนื้อดินที่หดตัวมากที่สุดคือ จุดที่ 2 มีการหดตัวร้อยละ 9.53 เนื้อดินที่หดตัวน้อยที่สุดคือจุดที่ 21 มีการหดตัวร้อยละ 8.25 จากเกณฑ์ที่กำหนดการตัดสินเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน มีการหดตัวหลังการเผา จำนวนร้อยละ 7-12 เนื้อดินที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือ จำนวน 36 ตัวอย่าง

1.2.3 การดูดซึมน้ำหลังการเผา เนื้อดินที่ดูดซึมน้ำหลังการเผามากที่สุดคือจุดที่ 14 มีการดูดซึมน้ำหลังการเผาร้อยละ 13.70 เนื้อดินที่ไม่ดูดซึมน้ำ คือจุดที่ 16, 22, 23, 24, 29, 30, 31 จากกำหนดเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน ต้องไม่มีการดูดซึมน้ำ เนื้อดินที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 7 ตัวอย่าง

1.2.4 สีของเนื้อดินหลังการเผา กำหนดให้มีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน กำหนดค่าสีของเนื้อดินออกเป็น 3 กลุ่มคือ ขาวน้อยจำนวน 18 จุด สีขาวจำนวน 12 จุด ขาวมากจำนวน 6 จุด จากกำหนดเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน สีของเนื้อดินหลังการเผาเป็นสีขาว เนื้อดินที่ผ่านการทดลอง จำนวน 18 ตัวอย่าง



ภาพประกอบ 10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรตามเวลา

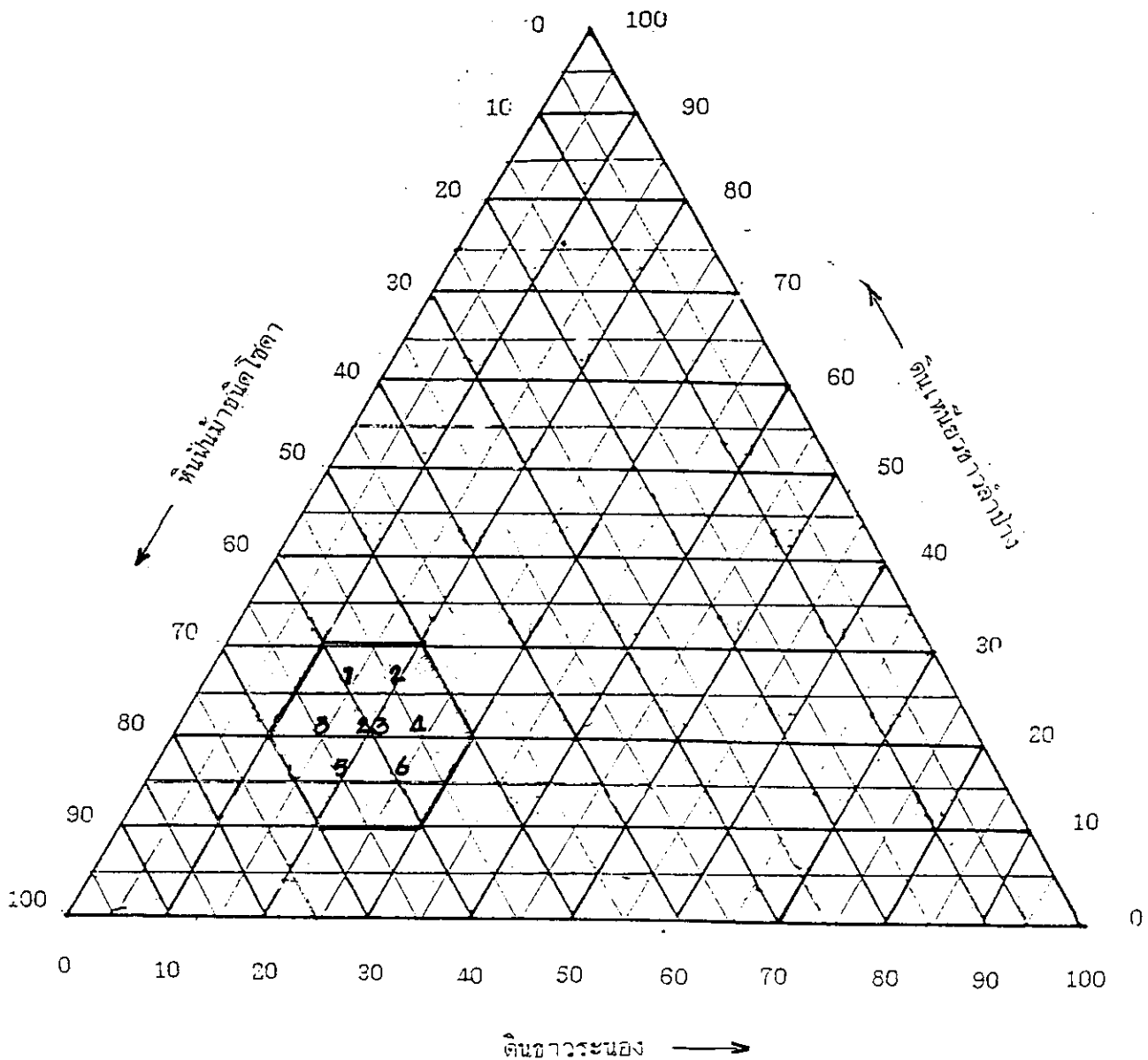
1.2.5 ความโปร่งแสง กำหนดให้มีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน กำหนดค่าความโปร่งแสงออกเป็น 3 กลุ่ม ไม่โปร่งแสงจำนวน 28 จุด โปร่งแสงจำนวน 4 จุด โปร่งแสงมาก 4 จุด จากกำหนดเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน ต้องมีความโปร่งแสงเนื้อดินที่ผ่านการทดสอบจำนวน 8 ตัวอย่าง

ตาราง 10 การเปรียบเทียบเนื้อดินปั้นที่ผ่านการทดสอบครั้งที่ 1 ครอบคลุมเกณฑ์ที่กำหนด

ผลวิเคราะห์เนื้อดินก่อนเผา			ผลการวิเคราะห์เนื้อดินหลังการเผา				
จุดที่	ความแข็งแรง กก/ซม ²	การหดตัวเมื่อแห้ง (ร้อยละ)	ความทนไฟที่ 1201 °C	การหดตัวหลังการเผา (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	สีเนื้อดิน	ความโปร่งแสง
11	0.46	5.34	ทนไฟ	8.80	0	ขาว	โปร่งแสง
17	0.13	5.34	ทนไฟ	8.70	0	ขาว	โปร่งแสง
23	0.36	4.36	ทนไฟ	8.55	0	ขาวมาก	โปร่งแสงมาก
24	0.46	4.08	ทนไฟ	8.40	0	ขาว	โปร่งแสง
31	0.51	4.10	ทนไฟ	8.60	0	ขาวมาก	โปร่งแสง

จากการคัดเลือกเนื้อดินปั้นก่อนการเผาและหลังการเผาตามเกณฑ์การตัดสินของเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลนของงานวิจัย การทดสอบครั้งที่ 1 เนื้อดินปั้นที่อยู่ในเกณฑ์ และได้รับการคัดเลือกคือจุดที่ 23 ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำไปทำการวิจัยในครั้งที่ 2 เพื่อหาเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลนที่ดีที่สุดต่อไป

2. การทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลนที่ดีที่สุด การทดลองในครั้งนี้เป็นการหาเนื้อดินนั้นที่ละเอียดโดยการยึดจุดที่ 23 ของการทดลองครั้งที่ 1 เป็นหลัก ขยายจากจุดตัดเลือก 5 หน่วยตามแนวรัศมีในตารางไตรคูลยภาค กำหนดค่าความถี่ของตัวอย่าง การทดลอง 5 หน่วย ได้ตัวอย่างการทดลองครั้งที่ 2 จำนวน 6 ตัวอย่าง ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 11 ตารางไตรคูลยภาคการทดลองครั้งที่ 2

จากภาพประกอบ 11 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบงานวิจัยดังต่อไปนี้

ตาราง 11 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นงานวิจัย การทดลองครั้งที่ 2 ที่อ่านได้จาก
ภาพประกอบ 7 มีดังนี้

จุดที่	หินพื้นม้าไรดาบริษัทเคลมิน	ดินขาวระนอง	ดินเหนียวขาวลำปาง
1	60	15	25
2	55	15	25
3	65	15	20
4	55	25	20
5	65	20	15
6	60	20	15

หมายเหตุ ทุกจุดการทดลองเติมแบเรียมคาร์บอเนตร้อยละ 2

จากผลของการหาคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นการวิจัยของการทดลองครั้งที่ 2 ผู้วิจัยแบ่ง
ผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ระยะ คือ การหาคุณสมบัติเนื้อดินปั้นก่อนการเผา และการหา
คุณสมบัติเนื้อดินปั้นหลังการเผา ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 การหาคุณสมบัติเนื้อดินปั้นก่อนการเผาจากการทดลองครั้งที่ 2 มีผลการ
วิเคราะห์ตามตารางต่อไปนี้

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเนื้อดินบ้นก่อนการเผาจากการทดลองครั้งที่ 2

จุดที่	ปริมาณของสารทำให้ เนื้อดินลอยตัว	ความถ่วงจำเพาะ ของเนื้อดินบ้น	ความแข็งแรงของ เนื้อดินบ้น (กก/ซม ²)	การหดตัวเนื้อดิน (ร้อยละ)
1	0.30	1.65	0.51	4.82
2	0.30	1.73	0.56	4.80
3	0.40	1.67	0.44	4.46
4	0.40	1.75	0.41	4.10
5	0.30	1.70	0.37	4.61
6	0.40	1.74	0.33	4.57

จากตาราง 12 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเนื้อดินบ้นก่อนการเผาจากการทดลองครั้งที่ 2 มีดังต่อไปนี้

2.1.1 ปริมาณของสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว ในการทดลองใช้รัชเดียมซัลเฟต เป็นสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว ปริมาณของสารมากที่สุดคือจุดที่ 3,4,6 คือจุดที่ปริมาณของสารที่น้อยที่สุดคือจุดที่ 1,2,5 จากกำหนดเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน ปริมาณสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัวกำหนดให้อยู่ในช่วง ร้อยละ .30-.40 เนื้อดินที่ผ่านการทดลองจำนวน 6 ตัวอย่าง

2.1.2 ความถ่วงจำเพาะของเนื้อดิน เนื้อดินบ้นที่มีความถ่วงจำเพาะมากที่สุดคือจุดที่ 6 เนื้อดินที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยที่สุดคือ 1.65 จากกำหนดเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน กำหนดให้มีความถ่วงจำเพาะของเนื้อดิน 1.65-1.80 เนื้อดินที่ผ่านการทดลอง จำนวน 6 ตัวอย่าง

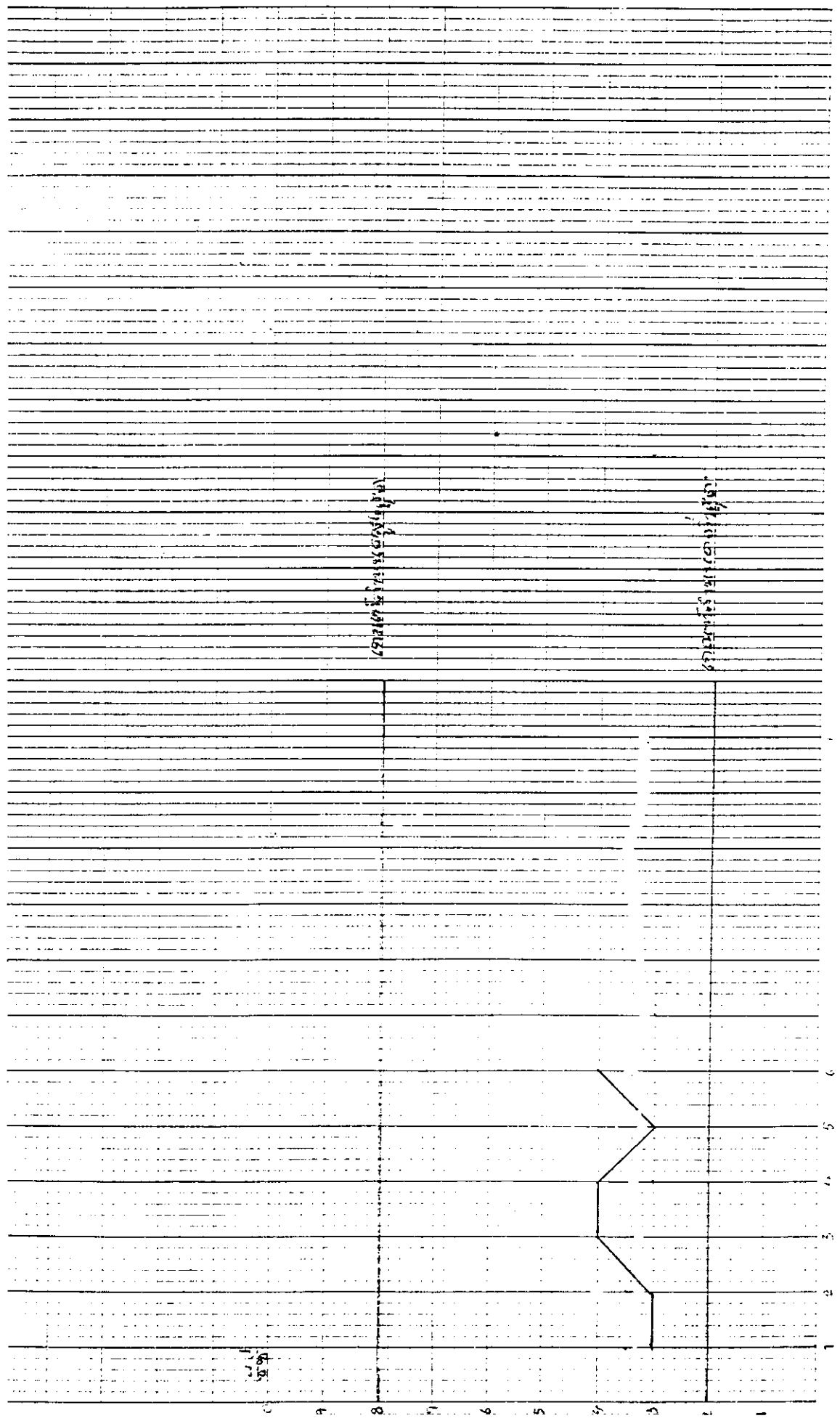
2.1.3 ความแข็งแรงของเนื้อดินนั้น เนื้อดินทดลองที่มีความแข็งแรงของเนื้อดินมากที่สุดคือจุดที่ 2 ค่าที่วัดได้ 0.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และจุดที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุดคือจุดที่ 6 ค่าที่วัดได้ 0.33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.1.4 การหัดตัวเนื้อดินเมื่อแห้งโดยวิธีหล่อพิมพ์ เนื้อดินทดลองที่มีการหัดตัวมากที่สุดคือจุดที่ 1 จำนวนร้อยละ 4.82 และเนื้อดินที่มีการหัดตัวน้อยที่สุดคือจุดที่ 4 มีการหัดตัวร้อยละ 4.10 จากเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน กำหนดให้มีค่าหัดตัวร้อยละ 3-7 เนื้อดินที่ผ่านเกณฑ์กำหนดจำนวน 6 ตัวอย่าง

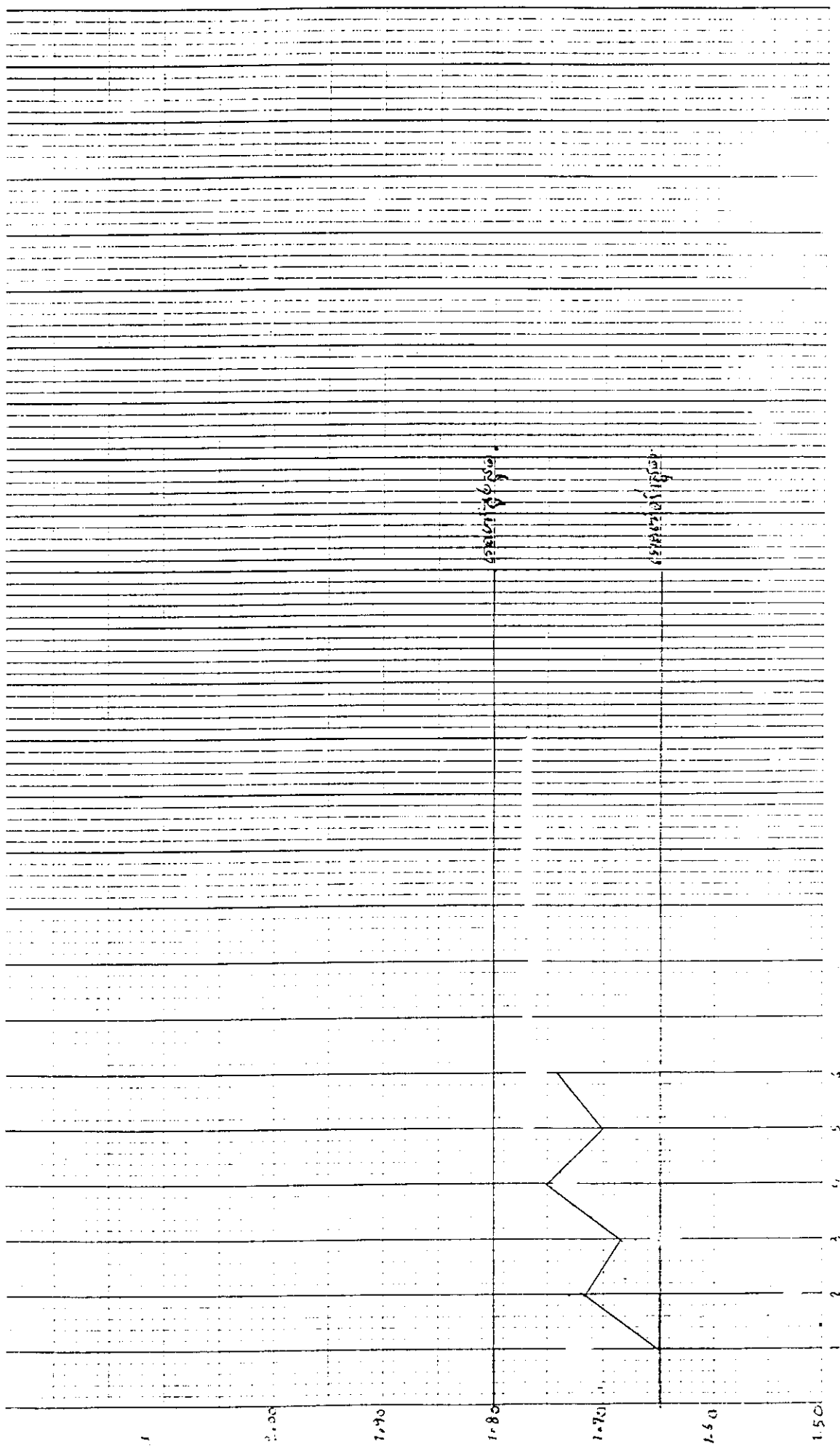
ตาราง 13 แสดงผลการทดสอบน้ำดินและปริมาณโซเดียมซัลไฟต์ที่แตกต่างกัน

จุดที่	ปริมาณ โซเดียมซัลไฟต์เกิด (ร้อยละ)	ความถ่วง จำเพาะ น้ำดิน	ความหนืด (พอยซ์)	ลักษณะชิ้นงานหลังการหล่อพิมพ์		
				ลักษณะผิว	การถอดพิมพ์	การทรงตัว
1	0.30	1.65	3.0	เรียบ	ไม่ติดพิมพ์	ดี ไม่แตก
2	0.30	1.73	3.0	เรียบ	ไม่ติดพิมพ์	ดี ก้นร้าว
3	0.40	1.67	3.0	เรียบ	ไม่ติดพิมพ์	ดี ไม่แตก
4	0.40	1.75	3.0	เรียบ	ไม่ติดพิมพ์	ดี ไม่แตก
5	0.40	1.70	2.5	เรียบ	ไม่ติดพิมพ์	ดี ไม่แตก
6	0.40	1.74	2.5	เรียบ	ไม่ติดพิมพ์	ดี ไม่แตก

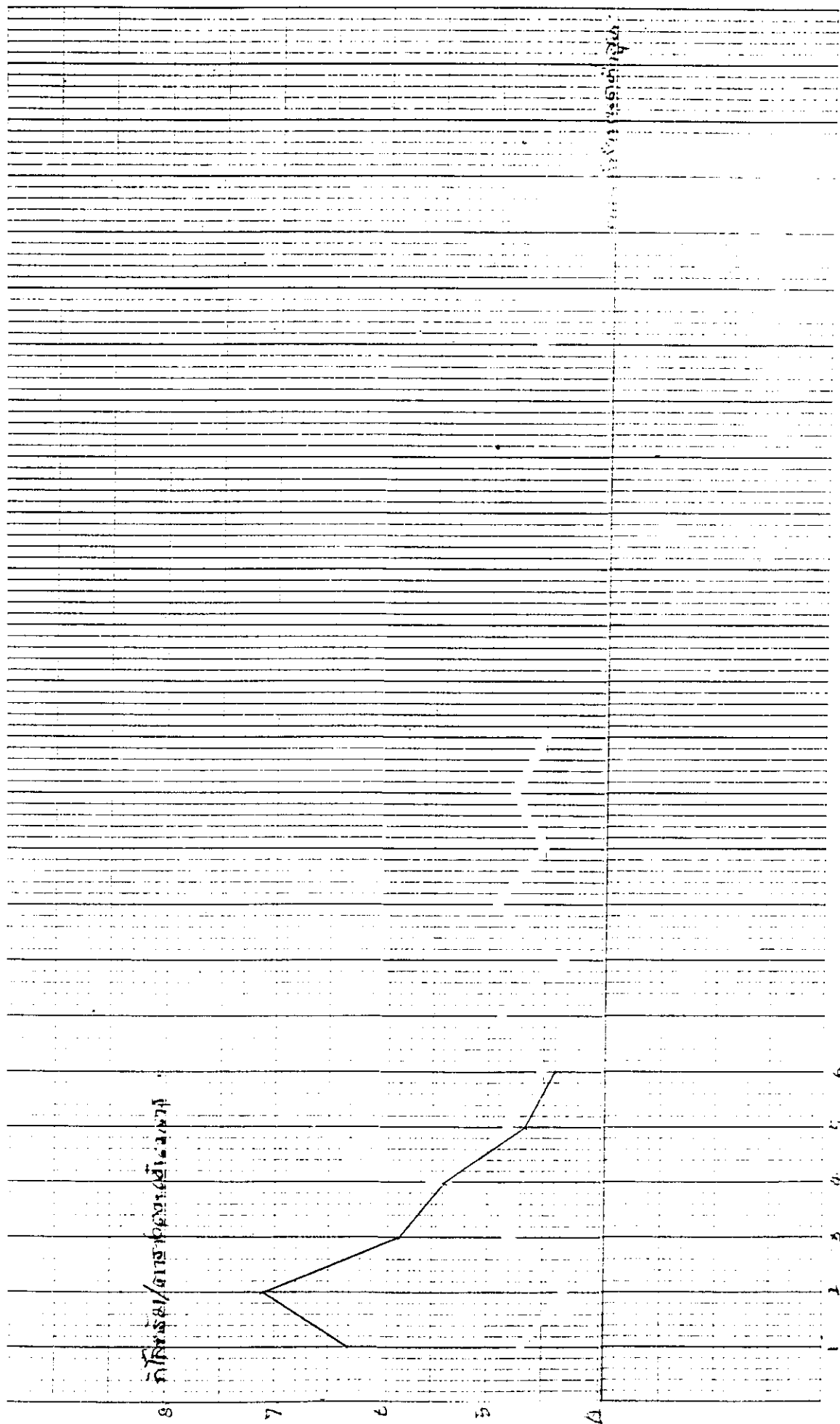
จากตาราง 13 แสดงผลการทดสอบน้ำดินและปริมาณโซเดียมซัลไฟต์ที่แตกต่างกัน ในช่วงร้อยละ 0.20-0.80 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมน้ำดินร้อยละ 32 การทดสอบ 6 จุด ตัวอย่างการทดลอง มีความถ่วงจำเพาะ 1.80 ความหนืด 2.5-3.0 พอยซ์ ลักษณะผิวงาน มีความเรียบ ไม่ติดแบบ การทรงตัวดีไม่แตกร้าว แต่จุดที่ 2 มีบางครั้งในการหล่อกันแตกร้าว



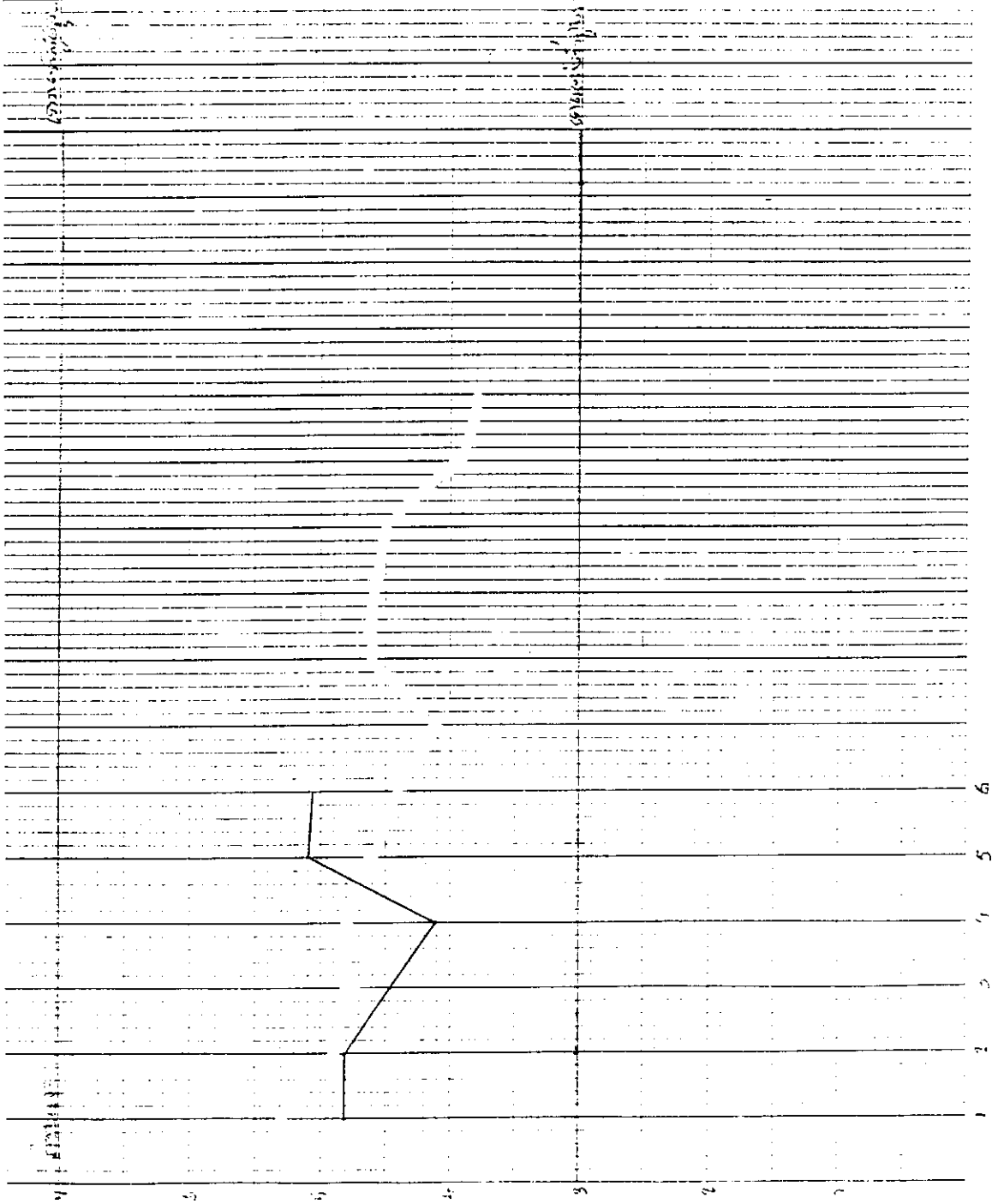
ภาพประกอบ 12 กราฟแสดงปริมาณของสว่านที่ทำให้น้ำใต้ดินลดลงด้วยการทดลองครั้งที่ 2



ภาพประกอบ 13 กราฟแสดงความกว้างจำเพาะของเมล็ดเป็นทศนิยมครั้งที่ 2



ภาพประกอบ 14 กราฟแสดงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นการทดลองครั้งที่ 2



ภาพประกอบ 15 กราฟแสดงการหดตัวเนื้องานนี้ตั้งแต่ต้นจนถึงการทดลองครั้งที่ 2

2.2 การหาคุณสมบัติเนื้อดินบ้นหลังการเผาจากการทดลองครั้งที่ 2 มีผลการวิเคราะห์ตามตารางต่อไปนี้

ตาราง 14 คุณสมบัติเนื้อดินบ้นหลังการเผาจากการทดลองครั้งที่ 2

จุดที่	ความทนไฟ 1201 °C		การหดตัวหลัง การเผา (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ หลังการเผา (ร้อยละ)	สีเนื้อดิน หลังการเผา	ความ โปร่งแสง	หมายเหตุ
	แท่งทดลอง	หล่อพิมพ์					
1	ทนไฟ	ทนไฟ	8.55	0	ขาว	โปร่งแสง	
2	ทนไฟ	ทนไฟ	8.57	0	ขาว	โปร่งแสง	
3	ไม่ทนไฟ	ไม่ทนไฟ	8.60	0	ขาว	โปร่งแสงมาก	
4	ทนไฟ	ทนไฟ	8.51	0	ขาว	โปร่งแสง	
5	ทนไฟ	ทนไฟ	8.49	0	ขาว	โปร่งแสงมาก	
6	ทนไฟ	ทนไฟ	8.51	0	ขาว	โปร่งแสง	

จากตาราง 14 ผลการวิเคราะห์เนื้อดินบ้นหลังการเผาจากการทดลองจุดที่ 2 มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

2.2.1 ความทนไฟ จากการเผาที่แท่งวัดความร้อนหมายเลข 6 (1,201 องศาเซลเซียส) ชิ้นงานทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

2.2.1.1 แท่งทดลอง มีเนื้อดินที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงสุดตามที่กำหนดจำนวน 5 จุด และจุดที่ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงสุดตามที่กำหนดไว้จำนวน 1 จุด

2.2.1.2 หล่อพิมพ์ เนื้อดินทดลองที่นำมาหล่อพิมพ์ทรงกระบอกสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงสุดตามที่กำหนดได้จำนวน 5 จุด และจุดที่ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงสุด

ที่กำหนดได้จำนวน 1 จุด

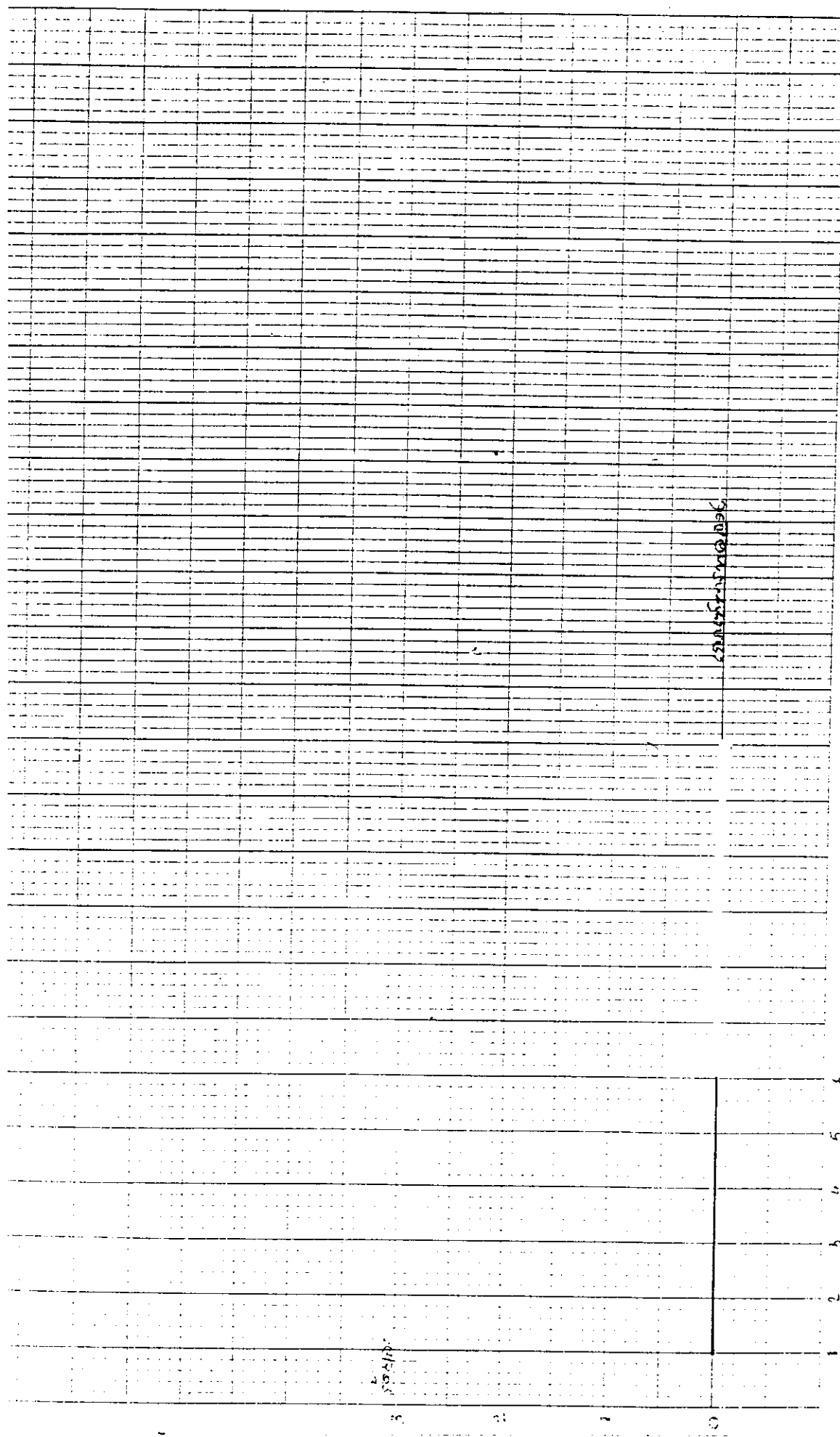
2.2.2 การหัตถ์หลังการเผา เนื้อดินที่หัตถ์มากที่สุดคือจุดที่ 3 มีการหัตถ์ร้อยละ 8.60 เนื้อดินที่หัตถ์น้อยที่สุดคือจุดที่ 5 มีการหัตถ์ร้อยละ 8.49 จากกำหนดเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน มีการหัตถ์หลังการเผาจำนวนร้อยละ 7-12 เนื้อดินที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 6 จุด

2.2.3 การดูดซึมน้ำหลังการเผา จากกำหนดเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน ต้องไม่มีการดูดซึมน้ำ เนื้อดินที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 6 จุด

2.2.4 สีของเนื้อดินหรือการเผา กำหนดให้มีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยกำหนดค่าสีของเนื้อดินออกเป็น 3 กลุ่ม คือ สีขาวจำนวน 6 จุด จากกำหนดเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน สีของเนื้อดินหลังการเผาเป็นสีขาว เนื้อดินที่ผ่านการทดลองจำนวน 6 จุด

2.2.5 ความโปร่งแสง กำหนดให้มีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน กำหนดค่าความโปร่งแสงออกเป็น 3 กลุ่ม คือ โปร่งแสงจำนวน 4 จุด โปร่งแสงมากจำนวน 2 จุด จากข้อกำหนดเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน ต้องมีความโปร่งแสงเนื้อดินที่ผ่านการทดลองจำนวน 6 จุด

จากการคัดเลือกเนื้อดินขึ้นก่อนการเผาและหลังการเผาตามเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลนของงานวิจัย การทดลองครั้งที่ 2 เนื้อดินนั้นที่อยู่ในเกณฑ์ และได้รับการคัดเลือกคือจุดที่ 5 ซึ่งจะได้นำไปทำการทดลองครั้งที่ 3 โดยขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์ต่อไป



ภาพประกอบ 16 กราฟแสดงการหาค่าเบื้องต้นหลังการเผาการทดลองครั้งที่ 2

3. การทดลองครั้งที่ 3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์ จากการทดลองครั้งที่ 2 เลือกจุดที่ 5 ของการทดลองเป็นเนื้อดินแพเรียบน พอร์สเลนของการวิจัย ในการทดลองครั้งที่ 3 เป็นการทดสอบการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์จากแบบพิมพ์ ขึ้นงานเพื่อตรวจสอบการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งปรากฏผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตาราง 15 การตรวจสอบผลิตภัณฑ์แพเรียบน พอร์สเลน ที่ได้จากงานวิจัย

จำนวน การเพิ่มพิมพ์	ผลิตภัณฑ์แพเรียบน พอร์สเลน			หมายเหตุ
	ไม่ดี	พอใช้	ดี	
1			/	
2			/	
3			/	
4			/	
5			/	
6			/	
7			/	
8			/	
9			/	
10			/	

จากตาราง 15 ผลของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แพเรียบน พอร์สเลนที่ได้จากงานวิจัย อยู่ในเกณฑ์ดี สามารถใช้หล่อผลิตภัณฑ์ได้ไม่มีการยุบตัว หรือแตกร้าวจากการขึ้นรูปและการทรงตัวหลังการเผาสามารถนำไปหล่อผลิตภัณฑ์ได้

บทที่ 5

สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน โดยใช้เฟลสปาร์ชนิดโซดา
ดินขาวระนอง ดินเหนียวขาวลำปาง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ ได้แก่ หินฟันม้า
ชนิดโซดา บริษัทเคลมิน ดินขาวระนอง ดินเหนียวขาวลำปาง ผสมกันตามสัดส่วน โดยการสุ่ม
ตัวอย่างแบบเจาะจง ตามตารางไตรศุลยภาค แบ่งย่อยออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. การทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหาส่วนผสมเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน จำนวน 36 ตัวอย่าง
2. การทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาส่วนผสมเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลนที่ดีที่สุด จำนวน 6 ตัวอย่าง
3. การทดลองครั้งที่ 3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์

วัตถุดิบ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุดิบและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อหาส่วนผสมเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลนในการวิจัย
มีดังนี้

1. วัตถุดิบงานวิจัย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้
 - 1.1 วัตถุดิบหลัก ได้แก่ หินฟันม้าชนิดโซดาบริษัทเคลมิน ดินขาวระนอง
ดินเหนียวขาวลำปาง

1.2 วัตถุที่ย่อย ได้แก่ โซเดียมซัลเฟต ทัลค์ แบเรียมคาร์บอเนต ปูน
พลาสติก แก๊สหุงต้ม น้ำที่ใช้ในงานวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ เครื่องบดผสมเนื้อดินปั้น ตู้อบผลิตภัณฑ์ เครื่อง
แยกเหล็ก เครื่องชั่งไฟฟ้าระบบดิจิทัล แบบหล่อแท่งทดสอบ และผลิตภัณฑ์ เครื่องทดสอบ
ความแข็ง เตาแก๊สเผาผลิตภัณฑ์ ที่วัดอุณหภูมิ อ่างเกรอะดิน ถังน้ำ ตะแกรงร่อน

การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3. ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเตรียมเนื้อดินปั้น การทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหากลุ่มเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน
มีขั้นตอนในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1.1 กำหนดตัวอย่างเนื้อดินปั้นงานวิจัยตามตารางไตรคูลยภาค จำนวน 36
ตัวอย่าง

1.2 นำวัตถุดิบมาชั่งตามอัตราร้อยละโดยน้ำหนักตามตารางไตรคูลยภาค

1.3 บดอัตราส่วนผสมด้วยหม้อบด

1.4 ผ่านตะแกรงร่อน

1.5 ผ่านเครื่องแยกเหล็ก

1.6 เกรอะดิน

1.7 ทำแท่งทดลอง

1.8 ทดสอบคุณสมบัติ ชุดที่ 1 แยกออกไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ก่อนการ
เผาที่ 1,201 องศาเซลเซียส ได้แก่ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น การหดตัวเมื่อแห้ง นำไปทดสอบ
คุณสมบัติหลังการเผาได้แก่ อุณหภูมิที่เนื้อดินปั้นสุกตัว การหดตัวหลังการเผา การดูดซึมน้ำ
ความขาว ความโปร่งแสง ได้ตัวอย่างการทดลอง 36 ตัวอย่าง คัดเลือกเนื้อดินปั้น 1 ตัวอย่าง
ไปทำการทดลองครั้งที่ 2

2. การเตรียมเนื้อดินปั้นการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลนที่ดี
ที่สุด มีขั้นตอนในการดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 1 เป็นการขยายผลการทดลอง

ให้ละเอียดขึ้นไปอีก ได้ตัวอย่างการทดลอง 6 ตัวอย่าง จากการทดสอบคุณสมบัติก่อนการเผา และหลังการเผา คัดเลือกเนื้อดินปั้น 1 ตัวอย่างเป็นเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลนงานวิจัย

3. การทดลองครั้งที่ 3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์เป็นการทดสอบเนื้อดินปั้นที่ได้จากงานวิจัยว่าสามารถใช้ในการหล่อพิมพ์ได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ทางกายภาพก่อนการเผา และหลังการเผา การทดลองครั้งที่ 1 เพื่อคัดเลือกเนื้อดินปั้นจากกลุ่มเนื้อดินที่ทำการวิจัย
2. การวิเคราะห์ทางกายภาพก่อนการเผา และหลังการเผา การทดลองครั้งที่ 2 เพื่อคัดเลือกเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลนที่ดีที่สุด
3. การตรวจสอบการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิจัย ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดในงานวิจัย ปรากฏผล ดังนี้

1. การทดลองครั้งที่ 1 เพื่อหาเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน จาก 36 ตัวอย่าง ที่ดีที่สุด 1 ตัวอย่างคือ จุดที่ 23 ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ก่อนการเผาและหลังการเผายู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้

- 1.1 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น 0.36 กก/ซม.²
- 1.2 การหดตัวเมื่อแห้ง ร้อยละ 4.36
- 1.3 มีความทนไฟที่อุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส
- 1.4 มีอัตราการหดตัวหลังการเผา ร้อยละ 8.55

1.5 ไม่มีอัตราการดูดซึมน้ำหลังการเผา

1.6 มีสีของเนื้อดินขาวมาก

1.7 มีความโปร่งแสงมาก

2. การทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาเนื้อดินบนแพเรียน พอร์สเลนที่ดีที่สุดของงานวิจัย โดยการขยายผลการทดลองจากจุดที่ 23 ออกไปในแนวรัศมีได้จำนวนตัวอย่าง 6 ตัวอย่าง ได้ผลอย่างที่ดีที่สุดคือจุดที่ 5 ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ก่อนการเผาและหลังการเผายู่ในเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

2.1 ปริมาณของโซเดียมซิลิเกตที่ทำให้เนื้อดินลอยตัว ร้อยละ 0.40

2.2 ความถ่วงจำเพาะของเนื้อดินบน 1.70

2.3 ความแข็งแรงของเนื้อดินบน 0.37 กก/ซม.²

2.4 การหดตัวเมื่อแห้งร้อยละ 4.61

2.5 มีความทนไฟของแท่งทดลอง และการหล่อพิมพ์ใช้ได้

2.6 การหดตัวหลังการเผาร้อยละ 8.49

2.7 ไม่มีอัตราการดูดซึมน้ำหลังการเผา

2.8 มีสีของเนื้อดินขาวมาก

2.9 มีความโปร่งแสงมาก

3. การทดลองครั้งที่ 3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อพิมพ์จากการคัดเลือกตัวอย่างจุดที่ 5 ของการทดลองครั้งที่ 2 เป็นเนื้อดินบนงานวิจัย สามารถใช้หล่อผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถหล่อผลิตภัณฑ์ได้ไม่มีการยุบตัว หรือแตกร้าวจากการขึ้นรูป และการทรงตัวหลังการเผา

อภิปรายผล

จากเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลนที่ได้ตั้งไว้ตามเกณฑ์เนื้อดินแพเรียน พอร์สเลน เนื้อดินจุดที่ 5 ของการทดลองครั้งที่ 2 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถเทียบได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 16 การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินบนแพเรียน พอร์สเลน กับเนื้อดินบนที่ได้จากการวิจัย

หัวข้อ	เกณฑ์การตัดสิน	เนื้อดินบนงานวิจัย
1. ความหนาไฟที่ 1,201 องศาเซลเซียส	ทนไฟ	ทนไฟ
2. ปริมาณสารที่ทำให้เนื้อดินลอยตัวร้อยละ	0.20-0.80	0.40
3. ความถ่วงจำเพาะของเนื้อดิน	1.65-1.80	1.70
4. ความแข็งแรงของเนื้อดินบนก่อนการเผา	-	0.37 กก/ซม. ²
5. การหดตัวเมื่อแห้งจํานวนร้อยละ	3-7	4.61
6. การหดตัวหลังการเผาจํานวนร้อยละ	3-12	8.49
7. การดูดซึมนํ้าหลังการเผา	ไม่มีการดูดซึม	ไม่มีการดูดซึม
8. สีของเนื้อดินหลังการเผา	ขาว	ขาว
9. มีความโปร่งแสงของเนื้อดิน	โปร่งแสง	โปร่งแสง

จากตาราง 16 การเปรียบเทียบเกณฑ์การตัดสินเนื้อดินบนแพเรียน พอร์สเลน กับเนื้อดินบนที่ได้จากการวิจัย จะเห็นว่าการคัดเอาวัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศมาใช้ผลิตเนื้อดินบนที่นิยมใช้ในต่างประเทศ สามารถกระทำได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดที่วางเอาไว้ ซึ่งการพัฒนาวัตถุดิบให้สามารถผลิตเนื้อดินบนแพเรียน พอร์สเลนได้ เป็นการเพิ่มคุณค่าของการใช้วัตถุดิบที่มีค่าสูงขึ้น เป็นการมุ่งที่จะให้ผลตอบแทนจากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สูงมากขึ้น สนองต่อการพัฒนาของข้าวสวยและเครื่องประดับเพื่อการส่งออกที่มียอดในการส่งออกสูงมากขึ้นโดยตลอด การทดลองในครั้งนี้อาจจะส่งผลให้โรงงาน สถานประกอบการขนาดเล็ก สามารถผลิตเนื้อดินบนแพเรียน พอร์สเลนขึ้นใช้ในโรงงานสถานประกอบการของตน ซึ่งประหยัดรายจ่าย และลดการนำเข้าเนื้อดินจากต่างประเทศ ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้อีกทางหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองงานวิจัยในครั้งนี้ถึงแม้ว่าจะเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเอาไว้ แต่ผู้วิจัยยังขาดประสบการณ์ และความรู้ในการใช้เทคโนโลยีในการผลิต ซึ่งมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว จึงมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ถึงแม้ว่าการทดลองงานวิจัยในครั้งนี้จะประสบผลสำเร็จระดับหนึ่ง ปัญหาที่ผู้วิจัยพบในการทำการทดลองคือ ความเที่ยงตรงของคุณภาพวัตถุดิบในประเทศยังไม่เที่ยงตรงเท่าที่ควร การจะนำไปใช้ควรมีการทดสอบเสียก่อน ตามขั้นตอนของการทดลองที่ผู้วิจัยได้นำเสนอมา โดยเตรียมวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิตต้องมีมากพอต่อการปฏิบัติงาน จึงจะเป็นการดีต่อการลงทุน ไม่ต้องทดสอบหลายครั้ง
2. การทดลองงานวิจัยในครั้งต่อไป ผู้วิจัยมีแนวคิดต่อการวิจัยในครั้งต่อไปดังนี้
 - 2.1 ควรมีการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบในประเทศ ซึ่งมีการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติ แหล่งวัตถุดิบจากแหล่งที่ค้นพบใหม่จากกระทรวงอุตสาหกรรม
 - 2.2 ควรมีการทดลองวิจัยถึงวัตถุดิบจากแหล่งอื่น ๆ ซึ่งจะพบแหล่งวัตถุดิบที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์แพ็คเกจรี่สเลน จะทำให้มีตัวเลือกในการนำไปใช้ในการผลิตมากขึ้น
3. ควรมีการศึกษาวิจัยถึงความแตกต่างในเนื้อดินบนในหลายช่วงอุณหภูมิซึ่งอาจจะได้เนื้อดินบนที่มีคุณภาพ และคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป
4. ควรมีการทดลองและพัฒนาเนื้อดินบนไปขึ้นรูปวิธีอื่น ๆ เช่น ปั้นอิสระ การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ จิกเกอร์ ซึ่งจะทำให้งานแพ็คเกจรี่สเลน มีขอบข่ายกว้างขึ้นกว่าการหล่อพิมพ์เพียงอย่างเดียว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กอบกิต วิฑิตวัฒนกุล. รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมเชรามิกส์. กรุงเทพฯ : กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม 2527.
- โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น. นนทบุรี : โรงเรียนมารดานุเคราะห์, 2531.
- จรัสศรี สมบัติทวี. "เครื่องปั้นดินเผาชนิดเอิร์ทเซนแวร์," ม.ป.ท. : 2518.
- จุมพล คินตีก และคนอื่น ๆ. ดิน. กรุงเทพฯ : กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2521.
- ทวี พรหมพุกภัย. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2523, 2525.
- บัญญัติ บรรทัดฐาน. "คำกล่าวเปิดการสัมมนาเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีเชรามิกส์เพื่อการส่งออก," เอกสารการพัฒนาเทคโนโลยีเชรามิกส์เพื่อการส่งออก ม.ป.ท.: 2531.
- ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. เชรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2535.
- วรณี ธีรมงคล. "ไบนาโซนา," วารสารเทคโนโลยี 16(88) : 50; ธันวาคม 2532.
- พรสวรรค์ เพชรแดง. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535-2539) : กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พิสิสส์เซนเตอร์, 2535.
- ศิริชัย โพธิ์ตาบะ. "วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเชรามิกส์," เชรามิกส์ไทย. 5(1) : 20; ธันวาคม 2532.
- ศุภกา ดอกไม้. การทดลองหาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินปากเกร็ด ดินขาว หินเขียวหุมนาน และแทลคัม. ปรินญานินท์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2535. อัดสำเนา.
- ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เชียงใหม่ : โรงพิมพ์ช้างเผือก ม.ป.ป.
- ศูนย์วิจัย และพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์, 2513.

- ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : องค์การทหารผ่านศึก, 2529.
- สุภารัตน์ อุ่นชัยยา. "อุตสาหกรรมเซรามิก," วารสารเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ : ธนาคารกรุงเทพ, 2534.
- เสริมศักดิ์ นาคบัว. เตาเผาเครื่องปั้นดินเผาทางภาคเหนือของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2526.
- อนันต์ศักดิ์ โชติมงคล. "วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," เซรามิกส์ไทย. 5(1) ธันวาคม 2531.
- Bernard Leach. A Potter's Book. London : Faber and Faber LTD. 1963.
- Billing Ton Doram. The Technique of Pottery. London : B.T. Batsford 1962.
- Charleston. Robert J. World Ceramics. London : Hamlyn, 1981.
- Cushion John P. Pottery & Porcelain. New York : Hearst Books, 1972.
- Entnistle. Concise Encyclopedia of the Arts. London : Purnell Book, 1979.
- Norton F.H. Element of Ceramics. California : Addison Wesley Publication Company Inc., 1957.
- Nagomo Ryn. Japanese Pottery as a Body. Tokyo : TOTO Shuppan Company Ltd., 1965.
- Rhodes. Daniel. Clay and Glases for the potter. London : Pitman Publishing Company, 1972.
- _____. Stoneware and Porcelai the Art of High-fired Pottery. Pennsylvania : Chilton Book Company, 1959.
- Singer, Felik and Singer Sonta S. Industrial Ceramic's. London : Champan and Hall Ltd., 1960.

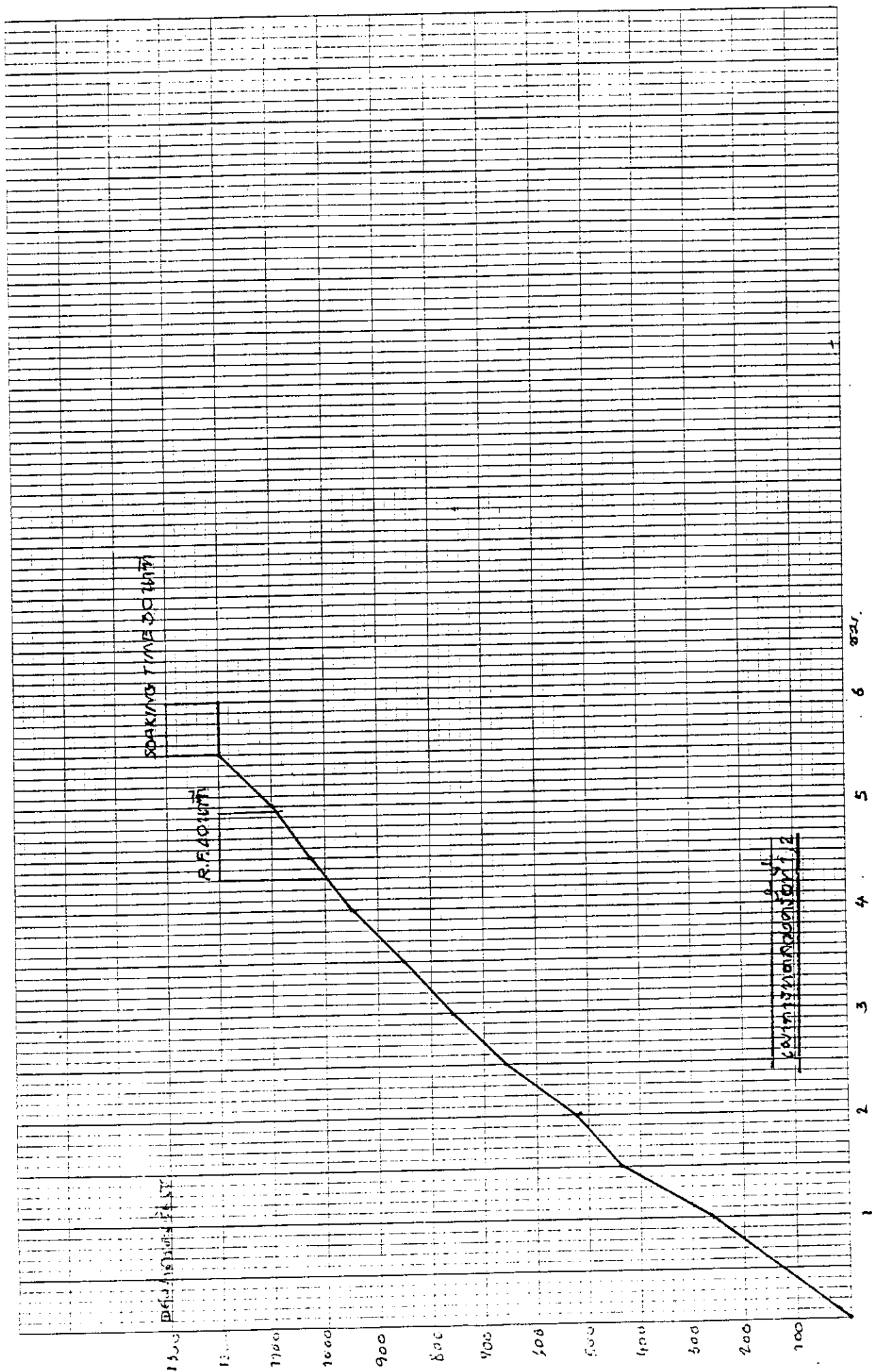
Stein Jess. The Random House dictionary of the English language :
New York, Random House, 1968.

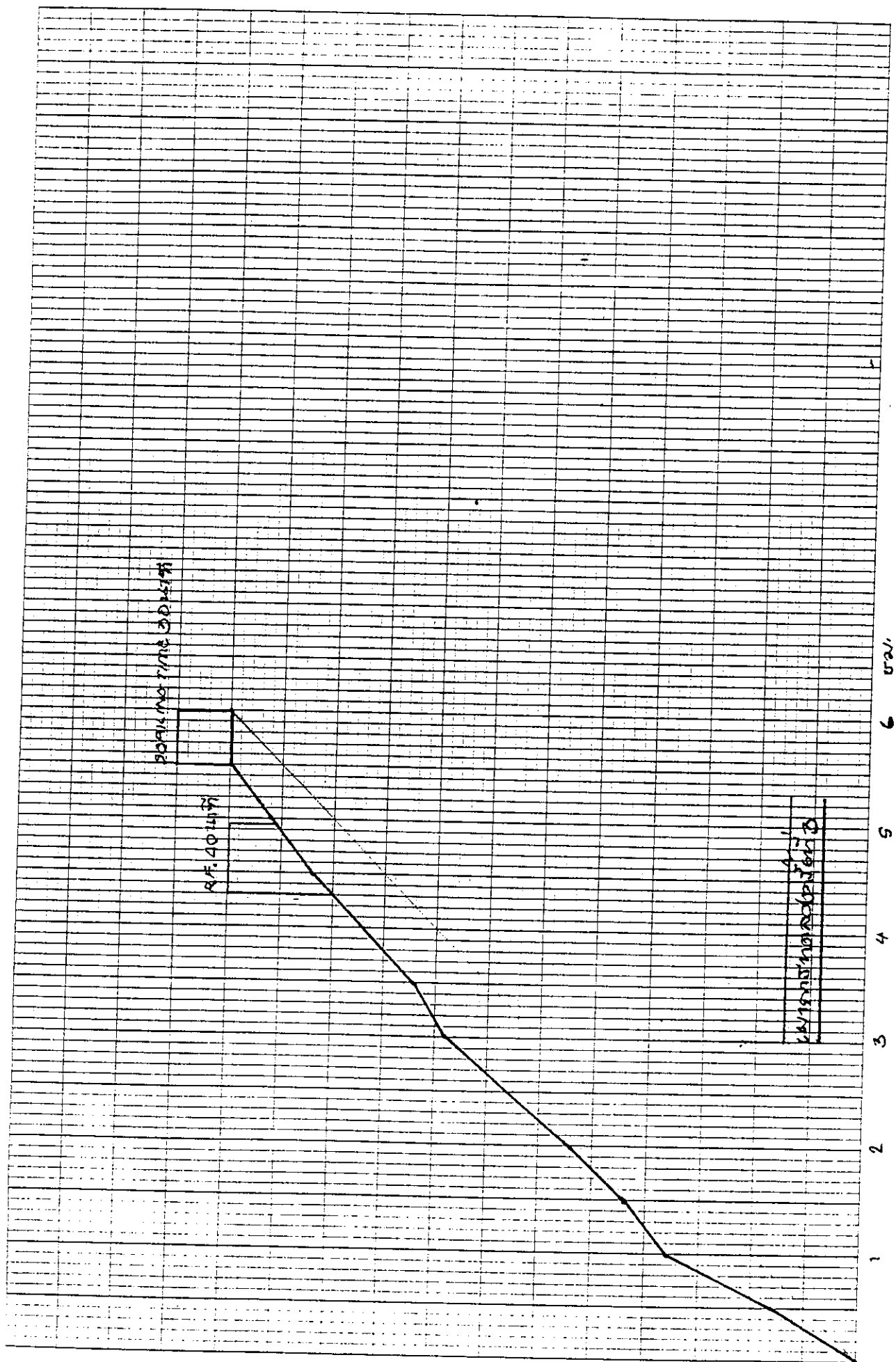
Webster Norh. New Webster's Dictionary of the English Language :
London, New York : Grolier, 1971.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา





ภาคผนวก ข

หนังสือขอความอนุเคราะห์และประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ที่ ทม 1007/๐589



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑3 มกราคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏพระนคร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายฉัตรชัย พงศ์กระวี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินการเรียงพอร์สเลนจากดินขาว ดินเหนียวขาว และหินฟันม้า
ชนิดโรซดา

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.โกมล รักษ์วงศ์

ประธาน

ผศ.พูนเกียรติ ประถมบุตร

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตฯขอความอนุเคราะห์ คือ ขอใช้สถานที่และเครื่องมือสำหรับทดลองเนื้อดินปั้น การเรียง
พอร์สเลน ที่ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2539
เพื่อเป็นข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดฯให้แก่บัณฑิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/๐๕๙๐



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๓ มกราคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏเทพสตรี

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายจักรชัย พงศ์กระวี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินการเรียงพอร์สเลนจากดินขาว ดินเหนียวขาว และหินฟันม้า
ชนิดโรซดา

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ. โกมล รักษ์วงศ์

ประธาน

ผศ. พูนเกียรติ ประถมบุตร

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตฯ ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอใช้สถานที่และเครื่องมือสำหรับทดลองเนื้อดินปั้น การเรียง
พอร์สเลน ที่ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2539
เพื่อเป็นข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดฯ ให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริรูกา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการบัณฑิตวิทยาลัย มศว. ประสานมิตร โทร. 268
ที่ ทม 1007/๐๕๘๘ วันที่ ๑๓ มกราคม 2539
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายฉัตรชัย พงศ์กระวี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินการเขียนพอร์สเลนจากดินขาว ดินเหนียวขาว และหินฟันม้า
ชนิดโรดา

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.โรกมล รักษ์วงศ์

ประธาน

ผศ.พูนเกียรติ ประถมบุตร

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ อ.สมศักดิ์ ขวาลาวัลย์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและ
คัดเลือกผลการทดลองเนื้อดินปั้นการเขียนพอร์สเลน

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดฯให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ที่ ทม 1007/ 0543

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๓ มกราคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน คณบดีคณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายฉัตรชัย พงศ์กระวี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินการปั้นพอร์สเลนจากดินขาว ดินเหนียวขาว และหินฟันม้า
ชนิดรชดา

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ. โกมล รักษ์วงศ์

ประธาน

ผศ. พูนเกียรติ ประถมบุตร

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ ผศ. เวณิช สุวรรณโณลี และ อ.ปรีชา อมรวัฒน์
เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดทำแก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายสมศักดิ์ ขวาลาวัณย์ ตำแหน่ง หัวหน้าภาควิชาทัศนศิลป์
สถานที่ทำงาน ภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร

วุฒิทางการศึกษา กศ.ม. เอกศิลปศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร
ประวัติทางการสอนสาขาวิชาเซรามิกส์

พ.ศ. 2522 อาจารย์ประจำโรงเรียนเทพศิรินทร์ เขตป้อมปราบ กรุงเทพฯ

พ.ศ. 2523-2536 อาจารย์ประจำภาควิชาศิลปะและวัฒนธรรม คณะมนุษยศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

พ.ศ. 2536-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำภาควิชาศิลปะและวัฒนธรรม คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

ประวัติการทำงานพิเศษ

พ.ศ. 2526-ปัจจุบัน อาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา
คณะอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร

พ.ศ. 2530 อาจารย์พิเศษสอนเซรามิกส์ ที่คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535 อาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่มหาวิทยาลัยรังสิต

ผลงานวิชาการ

พ.ศ. 2536 บทความเรื่อง อุตสาหกรรมเซรามิกส์คืออะไร จากนิตยสารวิมาน
เล่ม 4 ฉบับที่ 33 เดือนเมกราคม 2536

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

ได้รับรางวัลดีเด่นจากผลงานแสดงเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 4 พ.ศ. 2533

ประเภทศิลปกรรม

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ อาจารย์ เวนิช สุวรรณโณ ตำแหน่งอาจารย์ 2 ระดับ 5

สถานที่ทำงาน ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วุฒิทางการศึกษา ปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมศิลป์) สาขาเครื่องปั้นดินเผา

ประวัติทางการสอนสาขาวิชาเซรามิกส์

พ.ศ. 2523 - ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะมัณฑนศิลป์
มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์

พ.ศ. 2527 - ปัจจุบัน เป็นผู้จัดการและเจ้าของกิจการ บริษัท เวนิช เซรามิกส์ จำกัด
ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

1. รางวัลเหรียญทอง การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 2
2. รางวัลเหรียญทองแดง การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 1
3. รางวัลดีเด่น การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 3
4. รางวัลดีเด่น (ประเภทอุตสาหกรรม) การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ
ครั้งที่ 3

ประวัติย่อผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ อาจารย์ปรีชา อมรรัตน์ ตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 4
สถานที่ทำงาน ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
วุฒิทางการศึกษา อนุปริญญา จิตรกรรม-ประติมากรรมและภาพพิมพ์
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมศิลป์)
สาขาเครื่องปั้นดินเผา

ประวัติทางการสอนสาขาวิชาเซรามิกส์

พ.ศ. 2529-ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะมัณฑนศิลป์
มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงานในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์

พ.ศ. 2512-2519 บริษัทอเมริกันแอสเทนดาร์ด

พ.ศ. 2519-ปัจจุบัน เป็นผู้จัดการและเจ้าของกิจการบริษัทปรีชาสตูดิโอ

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

รางวัลเหรียญทองแดง การแสดงศิลปะ เครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 1

ประวัติของผู้วิจัย

ชื่อ นายฉัตรชัย พงศ์กระวี

เกิด 6 มกราคม พ.ศ. 2493

สถานที่เกิด 46 สระแก้ว อ.เมือง จ.ลพบุรี

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 60/38 หมู่บ้านมณฑลวรรณ สายไหม เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน อาจารย์ 2 ระดับ 6

สถานที่ทำงาน โรงเรียนหอวัง เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2503 ประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุบาลลพบุรี

พ.ศ. 2506 มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวินิตศึกษา ลพบุรี

พ.ศ. 2509 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวินิตศึกษา ลพบุรี

พ.ศ. 2511 บ.กศ. วิทยาลัยครูเทพสตรี ลพบุรี

พ.ศ. 2514 บ.กศ.สูง วิชาเอกอุตสาหกรรมศิลป์ สาขาเครื่องปั้นดินเผา
วิทยาลัยครูพระนคร

พ.ศ. 2519 คบ. วิชาเอกอุตสาหกรรมศิลป์ สาขาเครื่องปั้นดินเผา
วิทยาลัยครูพระนคร

พ.ศ. 2539 กศ.ม. วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร

การทดลองหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินแพะเรียน พอร์สเลน จากดินขาว ดินเหนียวขาว
และหินพัม้วาชินโครดา

บทคัดย่อ

ของ

ฉัตรชัย พงศ์กระวี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2539

การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อหาอัตราส่วนผสมเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลน โดยใช้ดินขาวระนอง ดินเหนียวขาวลำปาง หินพัมพ์มาชนิดโรซดาของบริษัทเคลวิน โดยการสุ่มตัวอย่างตามไตรตูลยภาค จำนวน 36 จุด เเผที่อุณหภูมิ 1,201 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศรีดักชัน เพื่อหาสูตรเนื้อดินปั้นแพเรียน พอร์สเลนที่ดีที่สุด 1 ตัวอย่าง จุดที่ได้คือตัวอย่างที่ 23 มีอัตราส่วนผสมของดินขาวระนองร้อยละ 20 ดินเหนียวขาวลำปางร้อยละ 20 หินพัมพ์มาชนิดโรซดาร้อยละ 60 จากนั้นนำไปทดลองครั้งที่ 2 จำนวน 6 จุด ปรากฏว่าสูตรที่ 5 เป็นเนื้อดินแพเรียน พอร์สเลนที่ดีที่สุด มีอัตราส่วนผสมของดินขาวระนองร้อยละ 20 ดินเหนียวขาวลำปางร้อยละ 15 หินพัมพ์มาชนิดโรซดาร้อยละ 65

อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำกับเนื้อดินปั้นที่เหมาะสม สำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำสลับใช้น้ำร้อยละ 27 ความถ่วงจำเพาะ 1.70 ใช้ปริมาณช่วยการกระจายลอยตัวอยู่ร้อยละ 0.40 ความหนืด 2.5 พอยซ์ ผลิตภัณฑ์แพเรียน พอร์สเลน ที่ผ่านการทดลองมีเนื้อสีขาว โปร่งแสง ผิวกึ่งด้านกึ่งมัน

AN EXPERIMENT STUDY OF PARIAN PORCELAIN BODIES
FROM KAOLIN BALLCLAY AND SODAFELDSPAR

AN ABSTRACT

BY

CHATCHAI PONGKRAVEE

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 body materials to be fired at 1,201 °C under reduction, from the mixing of Ranong kaolin, Lampang white ballclay, and claymin's sodafeldspar. Using triaxial grid 36 samples to select a best mixture for parian porcelain. The result were the best mixture for parian porcelain was the formula number 23 which compound of 20 percent of Ranong kaolin, 20 percent of Lampang white ball clay, and 60 percent of Claymin's soda feldspar. The second experiment result using triaxial grid 6 samples to select a best mixture for parian porcelain again. The result were the best mixture for parian porcelain was the formula number 5 which compound of 20 percent of Ranong kaolin, 15 percent of Lampang white ballclay, and 65 percent of Claymin's sodafeldspar.

The best mixture for casting body used 27 percent of water, 1.70 specgravity 0.40 defluculation and viscosity 2.5 poise. Product made from the above mixture was white color, transparent and semi glossy.