การทดลองเนื้อดินปั้นโบนไชนา

ปริญญานิพนธ์

ของ

สุชาดา สุขขี

29 ต.ค. 2539

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

ธันวาคม 2538

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

B 51167

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รกมล รักษ์วงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พูนเกียรติ ประถมบุตร)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รกมล รักษ์วงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พูนเกียรติ ประถมบุตร)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รองศาสตราจารย์ทวี พรหมพฤกษ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 8 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2539

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์โกมล รักษ์วงศ์ และท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์พูนเกียรติ ประถมบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จอย่างดียิ่งมาโดยตลอด รวมทั้งท่านรองศาสตราจารย์ทวี พรหมพฤกษ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบ อีกทั้งยังให้คำแนะนำ เสนอแนะ เพื่องานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ ท่านอาจารย์สมศักดิ์ ชวาลาวัลย์ และคุณพินิจ วรรณีเวชศิลป์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและคัดเลือกผลการทดลอง

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เพ็ญสิทธิ์ โพธิจินดา ที่กรุณาตรวจสอบบทคัดย่อภาคภาษาอังกฤษ และให้คำแนะนำต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร และศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือสำหรับใช้ในการทดลอง

ความสำเร็จส่วนหนึ่งเกิดจากผู้วิจัยได้รับกำลังใจและความช่วยเหลือด้านการเงินจากท่านอาจารย์ธวัชชัย สุขขี คุณวรศักดิ์ เพ็ญบุญมี และคุณแดน ศิริรณรงค์ จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้วิจัยขอมอบความดีทั้งหมดของงานวิจัยแด่ บิดา มารดา และครู-อาจารย์ ที่มีพระคุณต่อผู้วิจัยตลอดมา

สุชาดา สุขขี

การทดลองเนื้อดินปั้นโบนไชนา

บทคัดย่อ

ของ

สุชาดา สุขขี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
ธันวาคม 2538

การทดลองครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาวัตถุดิบภายในประเทศทดแทนหินคอร์นิชจากประเทศอังกฤษ เพื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำเนื้อดินปั้นรับนไชนา โดยใช้ทฤษฎีการคำนวณทางเซรามิกส์ในการหาวัตถุดิบ แล้วนำไปทดสอบจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้จากการทดลองไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับเนื้อดินปั้นรับนไชนา โดยเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส และนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ หลังจากนั้นคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดนำมาทดลองหาปริมาณน้ำและโซเดียมซิลิเกตที่เหมาะสมสำหรับทำน้ำดินที่ใช้ในการหล่อแบบ เมื่อได้อัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดของการทดลองทั้งหมดแล้วนำมาทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

ผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช ประกอบด้วย โปแตสเฟลสปาร์ ร้อยละ 38.79 โซดาเฟลสปาร์ ร้อยละ 19.08 หินฟูน ร้อยละ 3.43 หินเขี้ยวหนุมาน ร้อยละ 4.57 และดินขาว ร้อยละ 34.14 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรับนไชนาที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลอง ประกอบด้วย เถ้ากระดูก ร้อยละ 35 วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช ร้อยละ 45 ดินขาว ร้อยละ 20 ดินเหนียว ร้อยละ 3 สำหรับน้ำดินที่ใช้หล่อแบบใช้ปริมาณน้ำร้อยละ 32 โดยน้ำหนักดิน และโซเดียมซิลิเกต ร้อยละ 0.30

เมื่อนำอัตราส่วนผสมดังกล่าวมาทดลองทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างและเคลือบผิวด้วยเคลือบใส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาว โปร่งแสง และเคลือบเป็นมันวาวดี

AN EXPERIMENT STUDY ON BONE CHINA BODY

AN ABSTRACT

BY

SUCHADA SUKKHEE

Presented in Partial fulfillment of the requirements for the Master

of Education degree in Industrial Education

at Srinakharinwirot University

December 1995

The purpose of this experimental research was to find local materials to substitute imported English Cornish stone for making Bone China product. By employing theoretical ceramic formula, the material was derived and tested at temperature of 1,150°C melting. The suptitud material was then mixed with others substance to create Bone China and fired at temperature of 1,230°C. Then a physical property was tested before the best mixture was tested for water and Sodium silicate contents. Products of Bone China created by molding method were made from Slip.

The result indicated that raw material to be used as substitution for emported English Conish stone of 38.79 percents of Potash feldspar, 19.08 percents of Soda feldspar, 3.43 percents of Lime stone, 4.57 percents of Quartz and 34.14 percents of Kaolin. The body material of Bone China product consisted of 30 percents of Bone ash, Cornish stone sbstituton 45 percents, Kaolin 20 percents and Ball clay 3 percents. The body for casting required 32 percents water and 0.30 Sodium silicate.

Products made from the above mixture and glazed with clear glaze exhibited white color, transperent and glossy.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	จุดมุ่งหมายของการทดลอง	3
	ความสำคัญของการทดลอง	3
	ขอบเขตของการทดลอง	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น	12
	เนื้อดินปั้นรับนไชนา	18
	วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นรับนไชนาและเคลือบ	19
	การคำนวณหาวัตถุดิบทดแทนหินคอร์นิช	31
	การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีหล่อพิมพ์	39
	น้ำเคลือบและการเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา	41
	อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่อการหลอมละลายของเนื้อดินปั้นและวัตถุดิบในเนื้อดินปั้น	43
	เตาและการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา	46
	การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น	51
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศและต่างประเทศ	56
3	วิธีการดำเนินการทดลอง	59
	วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	59
	ตัวแปรที่ศึกษา	60
	เกณฑ์ในการตัดสินความเป็นเนื้อดินปั้นรับนไชนา	67

บทที่		หน้า
	วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	68
	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	68
	ลำดับขั้นในการทดลอง	69
	สูตรที่ใช้ในการทดลอง	79
	สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง	80
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	81
	ผลการทดลอง	82
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	104
	จุดมุ่งหมายของการทดลอง	104
	วิธีดำเนินการทดลอง	104
	ตัวแปรที่ศึกษา	105
	วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	106
	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	106
	ลำดับขั้นในการทดลอง	107
	การวิเคราะห์ข้อมูล	108
	สรุปผลการทดลอง	109
	อภิปรายผล	111
	ข้อเสนอแนะ	113
	บรรณานุกรม	115
	ภาคผนวก	119
	ประวัติย่อของผู้วิจัย	133

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

รบนไชนา (Bone China) เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาชนิดหนึ่งจัดอยู่ในประเภทของผลิตภัณฑ์พอร์สเลน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นเป็นพิเศษ โดยส่วนประกอบของเนื้อดินปั้นประกอบไปด้วยเถ้ากระดูก (Bone ash) ดินขาว (Kaolin) และหินคอร์นิช (Cornish stone) ลักษณะของผลิตภัณฑ์รบนไชนาจะมีเนื้อดินละเอียด มีสีขาว โปร่งแสง เคลือบเป็นมันเงา มีผิวที่บอบบาง เมื่อมองด้วยสายตาจะให้ความรู้สึกที่อ่อนหวาน นุ่มนวล น่าทะนุถนอมน่าใช้เป็นอย่างยิ่ง แต่ความเป็นจริงรบนไชนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแกร่งสูง (วรุณี ถิรมงคล. ม.ป.ป. : 3) จึงเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ประเภทถ้วยชามที่มีคุณภาพเครื่องประดับ และเครื่องตกแต่ง เพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีขาวสวยงามมากยิ่งขึ้น จนกล่าวกันว่าผลิตภัณฑ์รบนไชนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาสีขาวชั้นสูงที่มีคุณภาพดีที่สุดและมีราคาแพงที่สุดด้วย (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2531 : 3)

ผลิตภัณฑ์รบนไชนาส่วนใหญ่จะผลิตขึ้นในประเทศอังกฤษ แต่ในประเทศอื่นมีการผลิตน้อยมาก ทั้งนี้เพราะวิธีการผลิตค่อนข้างยาก สำหรับประเทศไทยก็เช่นกัน การทำผลิตภัณฑ์รบนไชนายังมีจำนวนน้อย เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตแต่ละขั้นตอนมีความยุ่งยากซับซ้อน เพราะเนื้อดินปั้นมีความเหนียวน้อย ทำให้ขึ้นรูปลำบาก ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปใหม่ ๆ ไม่แข็งแรง ผลิตภัณฑ์มักเสียรูปร่างระหว่างการเผา ทำให้การควบคุมลำบาก (ปรีดา พิมพ์ขาว. 2535 : 403) นอกจากนี้วัตถุดิบบางตัวประเทศไทยไม่มี ได้แก่หินคอร์นิช ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์รบนไชนา จำเป็นต้องสั่งซื้อจากประเทศอังกฤษ เป็นผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีโรงงานที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ไม่กี่แห่ง คือโรงงานที่ทำผลิตภัณฑ์ประเภทดอกไม้ประดับสตรีเพียง 2 แห่ง โดยซื้อเนื้อดินปั้นรบนไชนาและเคลือบสำเร็จจากต่างประเทศ และมีโรงงานขนาดใหญ่อีก 1 แห่งที่จังหวัดสระบุรี ทำผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องใช้ในครัวเรือน

โดยการซื้อวัตถุดิบจากต่างประเทศมาผสมทำเนื้อดินปั้นใช้เองเช่นเดียวกัน (วรุณี ถิรมงคล. 2532 : 50)

สำหรับประเทศไทยได้มีผู้ทำการทดลองเนื้อดินปั้นเรบนไซนา โดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศทดแทนวัตถุดิบจากต่างประเทศไว้เช่นกัน คือ จรัสศรี สมบัติทวี (2514 : 7.5-7.6) ได้ทดลองใช้คามาโดเฟลสปาร์ (kamado feldspar) และหินเขี้ยวหนุมาน (quartz) แทนหินคอร์นิช โดยผสมกับเถ้ากระดูก ดินขาวระนองและดินขาวปากพลี เพื่อใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเรบนไซนา ผลการทดลองพบว่า เนื้อดินปั้นหลังเผามีสีไปทางสีฟ้า ความโปร่งแสงดี แต่เนื้อดินปั้นมีความเหนียวน้อย ขึ้นรูปลำบาก มีการแตกร้าวมาก ต่อจากนั้น วรุณี ถิรมงคล และคณะ (2535 : 18) ได้ทำการพัฒนาเนื้อดินปั้นเรบนไซนาต่อ โดยใช้วัตถุดิบคือ เถ้ากระดูก ดินขาว และเฟลสปาร์ และได้ปรับปรุงความเหนียวของเนื้อดินปั้น โดยการเติมเบนโทไนต์ (bentonite) ลงในส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ผลการทดลองพบว่า เนื้อดินปั้นมีความเหนียวมากขึ้น ทำให้ขึ้นรูปง่าย ความโปร่งแสงดี แต่ความขาวของเนื้อดินลดลง จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นจากการนำวัตถุดิบภายในประเทศมาใช้เพื่อทำเนื้อดินปั้นเรบนไซนานั้น คือปัญหาในด้านความขาว และความเหนียวของเนื้อดินปั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าหากมีการปรับปรุงการใช้วัตถุดิบภายในประเทศใหม่สำหรับใช้แทนหินคอร์นิช โดยใช้หลักทฤษฎีการคำนวณทางเซรามิกส์ ในการหาวัตถุดิบที่ใช้แทนของเดิม วัตถุดิบใหม่ที่ได้ก็จะมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับวัตถุดิบเดิม ซึ่งเป็นการสร้างวัตถุดิบใหม่เพื่อแทนวัตถุดิบที่ขาดแคลน ดังที่ ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2532 : 84) ได้กล่าวไว้เช่นกัน ประกอบกับประเทศไทยยังมีวัตถุหลักสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นจำนวนมาก ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพโดยกระจัดกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ เช่น ดินขาว ดินเหนียว หินฟูน เฟลส์ปาร์ หินเขี้ยวหนุมาน ทรายแก้ว และอื่น ๆ เป็นต้น (ศิริชัย โพธิตาปนะ. 2532 : 54) ก็น่าที่จะนำวัตถุดิบเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์

เมื่อดูองค์ประกอบทางเคมีของหินคอร์นิชจากประเทศอังกฤษ ประกอบด้วยซิลิกา (SiO_2) ร้อยละ 71.10 อลูมินา (Al_2O_3) ร้อยละ 16.82 เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ร้อยละ 0.16 แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 1.60 แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 0.05 โปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) ร้อยละ 6.57 โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) ร้อยละ 2.29 และแคลเซียมฟลูออไรด์ (CaF_2) ร้อยละ 0.50 (Singer. 1963 : 105)

จากการใช้ทฤษฎีการคำนวณทางเซรามิกส์พบว่าใช้วัตถุดิบ 5 ชนิด จึงจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับหินคอร์นิชจากประเทศอังกฤษ วัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ โปแตสเฟลสปาร์ โซดาเฟลสปาร์ หินเขี้ยวหนุมาน หินปูน และดินขาว

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิด เพื่อใช้แทนหินคอร์นิชจากประเทศอังกฤษ และศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับทำเนื้อดินปั้นรับนไชนาจากการนำวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ได้จากการทดลองมาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรับนไชนา ซึ่งประกอบด้วย วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช เถ้ากระดูก ดินขาว และดินเหนียว โดยเลือกใช้วัตถุดิบภายในประเทศเท่านั้น ซึ่งผลจากการทดลองครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในด้านลดการนำเข้าของวัตถุดิบจากต่างประเทศ อีกทั้งเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์รับนไชนาในลำดับต่อไป

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

1. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช ซึ่งได้แก่ โปแตสเฟลสปาร์ โซดาเฟลสปาร์ หินปูน หินเขี้ยวหนุมาน และดินขาว โดยทดสอบการหลอมละลายของวัตถุดิบจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส

2. เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้นรับนไชนา จากการนำวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ได้จากการทดลอง เถ้ากระดูก ดินขาว และดินเหนียว โดยเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรับนไชนา ก่อนการเผาและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

ความสำคัญของการทดลอง

ผลการทดลองเนื้อดินปั้นรับนไชนา จะมีความสำคัญดังต่อไปนี้

1. สามารถหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อทำผลิตภัณฑ์รับนไชนา โดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศได้ และยังส่งผลให้มีการใช้วัตถุดิบภายในประเทศให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

2. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าในด้านการทำผลิตภัณฑ์โบนไชนาต่อไป

ขอบเขตของการทดลอง

เพื่อให้การทดลองครั้งนี้บรรลุตามจุดมุ่งหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง การทดลองครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท

1.1 วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมทดแทนหินคอร์นิช ซึ่งจะนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา ได้แก่

1.1.1 โปแตสเฟลสปาร์ (potash feldspar)

1.1.2 โซดาเฟลสปาร์ (soda feldspar)

1.1.3 หินปูน (lime stone)

1.1.4 หินเขี้ยวหนุมาน

1.1.5 ดินขาว

1.2 วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา ได้แก่

1.2.1 วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ได้จากการทดลอง

1.2.2 ดินขาว

1.2.3 เถ้ากระดูก

1.2.4 ดินเหนียว (ball clay)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

2.1.1 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชจำนวน 10 อัตราส่วนผสม

2.1.2 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา จากการอ่านค่าในตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 การหลอมละลายของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชจำนวน 10 อัตรา

ส่วนผสมจากการเผาที่อุณหภูมิ 1.150 องศาเซลเซียส

2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรีบนไซนาก่อนการเผาและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1.230 องศาเซลเซียส ดังรายละเอียดต่อไปนี้

คุณสมบัติก่อนการเผา ได้แก่

1. ความแข็งแรงของเนื้อดิน
2. ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบ
3. การหดตัว

คุณสมบัติหลังการเผา ได้แก่

1. การหดตัว
2. การดูดซึมน้ำ
3. ความขาว
4. ความรีปร่งแสง
5. ความทนไฟ

4. การทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรีบนไซนา จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือ

การทดลองชุดที่ 1 เป็นการทดลองเบื้องต้น เพื่อให้ได้จุดที่จะหาอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้นสำหรับการทดลองขั้นต่อไป

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการทดลองอัตราส่วนผสมที่ได้จากการเลือกจุดที่ดีที่สุดจากการทดลองชุดที่ 1 มากระจายหาอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้น

5. ทุกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรีบนไซนาจะเพิ่มดินเหนียวในอัตราส่วนผสมที่คงที่ คือ ร้อยละ 3

6. การขึ้นรูปชิ้นทดลอง (speciment) ใช้วิธีอัดในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้

7. การทดสอบคุณสมบัติด้านความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ จะทำการทดลองเฉพาะจุดที่ดีที่สุดจากการทดลองชุดที่ 2 เท่านั้น โดยน้ำดิน (slip) ที่ใช้ในการเทพิมพ์จะใช้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการทดลองที่ดีที่สุดผสมน้ำและโซเดียมซิลิเกต (sodium silicate) จากนั้นทดสอบปริมาณน้ำและปริมาณของโซเดียมซิลิเกตที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำน้ำดินและทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการหล่อผลิตภัณฑ์โดยให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร

8. คุณสมบัติในด้านความขาวและความโปร่งแสงจะใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านในการตรวจสอบ โดยเปรียบเทียบเนื้อดินปั้นในแต่ละอัตราส่วนผสม

9. ทุกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรีบนไชนาผ่านเครื่องแยกเหล็ก (magnatic separater) อัตราส่วนผสมละ 5 ครั้ง

10. เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิของเตาเผาได้แก่ เทอร์โมคอปเปิล ไพโรเมตริก (thermo-couple pyrometic) และทุ่นวัดไฟ (pyrometric cone) ของเซกเกอร์ (Segger)

11. อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช ได้จากการนำผลวิเคราะห์ทางเคมีหินคอร์นิชจากประเทศอังกฤษมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งมีองค์ประกอบเคมีดังนี้ (Singer. 1963 : 105)

SiO_2	ร้อยละ	71.10
Al_2O_3	ร้อยละ	16.82
Fe_2O_3	ร้อยละ	0.16
CaO	ร้อยละ	1.60
MgO	ร้อยละ	0.05
K_2O	ร้อยละ	6.57
Na_2O	ร้อยละ	2.29
CaF_2	ร้อยละ	0.50
L.O.I. (loss on ignition)	ร้อยละ	1.25

12. น้ำเคลือบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นด้วยเตาแก๊ส มีอัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

โปแตสเฟลสปาร์	ร้อยละ	44.70
โคลีมาไนต์ (colemanite)	ร้อยละ	22.00
โดโลไมต์ (dolomite)	ร้อยละ	3.97
ทัลค์ (talc)	ร้อยละ	4.49
แบเรียมคาร์บอเนต (barium carbonate)	ร้อยละ	5.27
สังกะสีออกไซด์ (zinc oxide)	ร้อยละ	1.30

ดินขาว	ร้อยละ	4.14
หินเขี้ยวหนุมาน	ร้อยละ	14.13

13. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อดินปั้นรบนไชนาและน้ำเคลือบ ได้จากแหล่งดังต่อไปนี้

โปแตสเฟลสปาร์	จากตำบลสวนผึ้ง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี
โซดาเฟลสปาร์	จากบริษัทภัทราเซรามิกส์
หินปูน	จากจังหวัดสระบุรี
หินเขี้ยวหนุมาน	จากเขาหินแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
ดินขาว	จากบริเวณหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง
ดินเหนียว	จากตำบลพรุฟี อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี
เถ้ากระดูก	ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป
โคลีมาไนต์	ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป
โดโลไมต์	ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป
ทัลค์	ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป
แบเรียมคาร์บอเนต	ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป
สังกะสีออกไซด์	ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป
โซเดียมซิลิเกต	ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป

14. การเผาเนื้อดินปั้นรบนไชนาเผาที่ระดับอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ตามแบบออกซิเดชั่นด้วยเตาแก๊ส

15. ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างทำเป็นรูปแจกัน มีขนาดกว้าง 9 เซนติเมตร สูง 13 เซนติเมตร และหนา 2 มิลลิเมตร

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. โบนไชนา หมายถึง เครื่องเคลือบดินเผาสีขาว โปร่งแสง เผาถึงจุดสุกตัว ที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบคือ เถ้ากระดูก ดินขาว ดินเหนียว และวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช

2. อัตราส่วนผสม หมายถึง อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละตัวที่นำมาผสมด้วยกัน ปริมาณของวัตถุดิบคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก

3. วัตถุดิบที่ใช้ทดแทนหินคอร์นิช หมายถึง วัตถุดิบที่เตรียมขึ้นใหม่โดยให้มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนหินคอร์นิชจากประเทศอังกฤษ โดยใช้ทฤษฎีคำนวณทางเซรามิกส์ ในการคำนวณเพื่อหาวัตถุดิบและปริมาณส่วนผสมของวัตถุดิบ จากการทดลองครั้งนี้ได้แก่ โปแตสเฟลสปาร์ โซดาเฟลสปาร์ หินปูน หินเขี้ยวหนุมานและดินขาว

4. วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา หมายถึง วัตถุดิบที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้แทนหินคอร์นิช เถ้ากระดูก ดินขาว และดินเหนียว

5. โปแตสเฟลสปาร์ หมายถึง สารประกอบของโปแตสเซียมอลูมิเนียมซิลิเกต ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลายหรือจุดสุกตัว การทดลองครั้งนี้ใช้โปแตสเฟลสปาร์จากตำบลสวนผึ้ง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

6. โซดาเฟลสปาร์ หมายถึง หินฟันม้าชนิดหนึ่งที่เป็นสารประกอบของโซเดียมอลูมิเนียมซิลิเกต ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลาย การทดลองครั้งนี้ใช้ชนิดที่ใช้ทางการค้าทั่วไป ของบริษัทภัทราเซรามิกส์

7. ดินขาว หมายถึง ดินที่เกิดในบริเวณที่ราบสูง เนื้อหยาบ มีสีขาว เนื้อดินมีความเหนียวน้อย ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น จะทำให้เนื้อดินปั้นมีสีขาว การทดลองครั้งนี้ ใช้ดินขาวจากหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง

8. ดินเหนียว หมายถึง ดินที่เกิดบริเวณที่ราบลุ่ม มีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก มีความเหนียวดี เนื้อดินมีดำหรือเทา ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นเพื่อเพิ่มความเหนียวให้แก่เนื้อดิน ทำให้การขึ้นรูปง่ายยิ่งขึ้น การทดลองครั้งนี้ใช้ดินเหนียวจากตำบลพรุพี อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี

9. เถ้ากระดูก หมายถึง สารที่ทำจากกระดูกวัวนำมาเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส จนเป็นขี้เถ้า การทดลองครั้งนี้ใช้ชนิดที่ใช้ทางการค้าทั่วไป

10. หินเขี้ยวหนุมาน หมายถึง ผลึกของซิลิกา ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นเพื่อเพิ่มความแข็งและลดการบิดเบี้ยว ผสมในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแข็งเป็นแก้ว มีความมันแววววาวดีขึ้น การทดลองครั้งนี้ใช้หินเขี้ยวหนุมานที่เขาหินแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี

11. โซเดียมซิลิเกต หมายถึง สารประกอบระหว่างโซเดียมกับซิลิกาใช้เติมลงในน้ำดิน เพื่อให้น้ำดินไหลตัวดี การทดลองครั้งนี้ใช้ชนิดที่ใช้ทางการค้าทั่วไป

12. การหลอมละลาย หมายถึง ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ผ่านการทดสอบ

เผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส ตามเกณฑ์การหลอมละลายของทินคอร์นิช โดยลักษณะของวัตถุดิบมีการสุกตัว คือ มีผิวมันเนื้อเรียบ น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ การวิจัยครั้งนี้ใช้การเปรียบเทียบลักษณะของอัตราส่วนผสมทั้ง 10 อัตราส่วนผสม โดยสังเกตผิวและการยุบตัวเมื่อเกิดการหลอม

13. ความแข็งแรงของเนื้อดินก่อนเผา หมายถึง คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกดที่กระทำต่อเนื้อดินปั้น โดยใช้เครื่องมือในการทดสอบความแข็ง ค่าที่วัดได้จะมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

14. ความเหมาะสมในการขึ้นรูป หมายถึง ลักษณะของเนื้อดินปั้นรูบนไชนาที่ผู้วิจัยได้ทดสอบในด้านดังต่อไปนี้

14.1 เนื้อดินปั้นสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ได้โดยไม่แตกร้าว เมื่อผลิตภัณฑ์แห้งสามารถถอดจากแบบพิมพ์ได้ไม่ติดแบบพิมพ์ มีผิวเรียบและสามารถทรงตัวอยู่ได้ไม่เกิดการยุบตัวเมื่อถอดจากแบบ

14.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการหล่อแบบโดยให้ผลิตภัณฑ์มีความหนา 2 มิลลิเมตร แต่ละอัตราส่วนผสมใช้เวลาในการหล่อเท่าใด อัตราส่วนผสมใดที่ใช้เวลาน้อยที่สุด แสดงว่าใช้เวลาในการหล่อแบบได้เร็ว

15. การหดตัวของเนื้อดินปั้นก่อนการเผา หมายถึง ค่าที่คิดเป็นร้อยละของการหดตัวในเนื้อดินปั้นรูบนไชนา เมื่อปล่อยทิ้งให้แห้ง กำหนดให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 10

16. การหดตัวของเนื้อดินปั้นหลังการเผา หมายถึง ค่าที่วัดเป็นร้อยละของการหดตัวในเนื้อดินปั้นรูบนไชนา เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส กำหนดให้อยู่ในช่วงร้อยละ 12-20

17. การดูดซึมน้ำ หมายถึง ค่าที่วัดเป็นร้อยละของความสามารถในการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นรูบนไชนาที่ผ่านการเผาที่ระดับอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส จะดูดซึมน้ำได้ไม่เกินร้อยละ 0.50

18. ความขาว หมายถึง สีของเนื้อดินปั้นรูบนไชนาที่ปราศจากสีของเหล็กออกไซด์เมื่อผ่านการเผาที่ระดับอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

19. ความโปร่งแสง หมายถึง ลักษณะของเนื้อดินปั้นรูบนไชนาที่ยอมให้แสงผ่านได้แต่สะท้อนกลับไม่หมด หากนำเนื้อดินปั้นรูบนไชนาส่องกับแสงสว่าง สามารถเห็นเงาของวัตถุ

ด้านหลังแต่ไม่ชัดเจนเหมือนมองผ่านกระจกใส

20. ความทนไฟ หมายถึง ความทนทานต่อความร้อนของเนื้อดินปั้นรับนไซนา โดยเนื้อดินไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพโครงสร้างทางกายภาพ (การหลอม) และสามารถคงสภาพเดิมได้โดยไม่เกิดการเสียรูป บิดเบี้ยว หรือคดงอ เมื่อผ่านการเผาที่ระดับอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

21. เวลาที่ใช้ในการหล่อแบบ หมายถึง จำนวนเวลาที่ใช้ในการหล่อน้ำดิน โดยให้ผลิตภัณฑ์มีความหนา 2 มิลลิเมตร ต้องใช้เวลาเท่าใด

22. ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า หมายถึง ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นรบนไซนา เมื่อรวมอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละมุมของสามเหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับ 100

23. เทอร์โมคอปเปิลไพโรเมตริก หมายถึง เครื่องมือวัดอุณหภูมิในเตาเผา โดยใช้ลวด 2 ชนิดต่างกัน เมื่อสายโลหะทั้งคู่ได้รับความร้อนจะเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า ผ่านระบบเครื่องวัดทางไฟฟ้าแล้วจึงแปลงค่าเป็นอุณหภูมิ สามารถบอกค่าเป็นองศาฟาเรนไฮต์และองศาเซลเซียสปรากฏที่หน้าปัด

24. ทุ่นวัดไฟ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตาเผา เป็นแท่งสามเหลี่ยมปลายแหลมคล้ายปิรามิด

25. การเผาแบบออกซิเดชั่น หมายถึง การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาที่มีการเผาไหม้หมดจด ไม่มีกลุ่มควันและเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตา

26. เกณฑ์ความเป็นเนื้อดินปั้นรบนไซนา หมายถึงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรบนไซนา ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในด้านดังต่อไปนี้

26.1 ความแข็งแรง

26.2 ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ

26.3 การหดตัวเมื่อแห้ง

26.4 การหดตัวหลังการเผา

26.5 การดูดซึมน้ำ

26.6 ความขาว

26.7 ความโปร่งแสง

26.8 ความทนไฟ

27. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่เกี่ยวข้องในสาขาเครื่องเคลือบดินเผาได้แก่ ผู้สอนในระดับอุดมศึกษา หรือผู้ที่ทำงานในสถานประกอบการ หรือนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการวิจัย โดยมีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 10 ปี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้กล่าวเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น
2. เนื้อดินปั้นรบนไชนา
3. วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นรบนไชนาและเคลือบ
4. การคำนวณหาวัตถุดิบทดแทนหินคอร์นิช
5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีหล่อพิมพ์
6. น้ำเคลือบและการเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา
7. อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่อการหลอมละลายของเนื้อดินปั้นและวัตถุดิบในเนื้อดินปั้น
8. เตาและการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา
9. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศและต่างประเทศ

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น

ความหมายและการกำเนิดของดิน ดิน หมายถึง วัตถุดิบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยเกิดจากการแปรสภาพของหินพื้นม้า เนื่องจากความชื้นเป็นตัวกระทำให้หินพื้นม้าเกิดการผุพังเปลี่ยนสภาพเป็นดิน ปฏิกริยานี้เรียกว่า เกาลินไนต์เซชั่น (kaolinitzation) (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 3) ดินเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต ที่มีสารประกอบอื่น ๆ ปะปนอยู่มากมาย เป็นสาเหตุให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารเหล่านี้ได้แก่ หินเชี้ยวหนุมาน ไมก้า เหล็กออกไซด์ ฟลูออไรด์ มังกานีส แคลเซี่ยม แมกนีเซียม เป็นต้น ดินแต่ละประเภทจะมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างเป็นแบบแผ่น (sheet structure) แต่ก็มีบางชนิดที่มีโครงสร้างจับตัวกันเหมือนลูกโซ่ (chain silicates) ดินทุกประเภทจะมี

ความเหนียวในขณะที่มีน้ำผสมอยู่ ความเหนียวของดินขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดดิน หากเม็ดดินมีความละเอียดมากความเหนียวจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อดินแห้งก็ยังสามารถรักษารูปร่างเดิมไว้ได้ ความแข็งแกร่งเพิ่มแต่ค่อนข้างเปราะ เมื่อนำไปเผาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น ขนาดเล็กลง ความแข็งแกร่งมากยิ่งขึ้น หากนำมาผสมน้ำดินจะไม่เกิดความเหนียวอีกต่อไป (สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์. 2535 : 21) ดินเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา โดยเฉพาะภาชนะรองรับอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้อง วัสดุก่อสร้าง ฉนวนไฟฟ้า และอื่น ๆ ดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์มีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามลักษณะของดิน นับตั้งแต่แหล่งกำเนิดของดิน โครงสร้าง คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น สีของดินต่างกัน ความเหนียวต่างกัน ปริมาณซิลิกาต่างกัน เป็นต้น (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 41)

ดินที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการกำเนิดของแหล่งดิน ทำให้มีผลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ อย่างมากมาย เช่น สีของดิน ความทนไฟ การหดตัว และความเหนียวของดิน ซึ่งแบ่งตามแหล่งกำเนิดเป็น 2 ชนิดคือ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2526 : 58)

1. ดินที่เกิดครั้งแรก (primary clay)

2. ดินที่เกิดครั้งที่สอง (secondary clay)

1. ดินที่เกิดครั้งแรก คือดินที่เกิดในบริเวณที่ราบสูง ได้แก่ ดินขาว มีเนื้อดินหยาบให้สีขาวหรือสีขาวหม่น ความทนไฟสูง ความเหนียวไม่ดีพอที่จะขึ้นรูปได้ ต้องนำไปผสมกับวัตถุชนิดอื่น

2. ดินที่เกิดครั้งที่สอง คือดินที่เกิดในบริเวณที่ราบต่ำ หรือที่ราบสุ่มได้แก่ ดินบอลเคย์หรือดินเหนียว เนื้อดินละเอียด มีความเหนียวดี เหมาะกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ให้ความแข็งแรงต่อผลิตภัณฑ์เมื่อยังไม่เผา มีการหดตัวมากกว่าดินขาว เมื่อนำไปเผาแล้วผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองได้ง่าย พบในธรรมชาติ มีสีเทา สีเทาดำ แต่เมื่อนำไปเผาแล้วให้สีขาว ใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

การแบ่งประเภทของดิน ดินที่พบในธรรมชาติสามารถแบ่งเป็น 4 ประเภทดังนี้ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 8)

1. ดินขาว

2. ดินเหนียว

3. ดินทนไฟ เป็นดินที่สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส มีความเหนียวมากเมื่อเป็นวัตถุดิบ อาจพบเป็นสีน้ำตาลอ่อน สีเทา หรือเข้ม นิยมนำไปใช้ทำอิฐทนไฟ ใช้ทำส่วนต่าง ๆ ของเตาเผา เตาถลุง เตาต้มน้ำ มีผู้นิยมนำไปผสมเป็นเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ เพื่อทำหีบดินทนไฟ

4. ดินเบนโทไนต์ เป็นดินที่มีความเหนียวและทนความร้อนสูงเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ต้องการความเหนียวสูง มีการหดตัวมาก ไม่เหมาะกับการใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประเภทสีขาว

นอกจากนี้ ซิงเกอร์ (Singer. 1963 : 26) ได้แบ่งประเภทของดินไว้ดังนี้

1. ดินขาวหลังจากการเผา
   1.1 ดินขาว
   1.2 ดินเหนียว
2. ดินทนไฟ
   2.1 ดินที่มีส่วนประกอบของซิลิกาสูง
   2.2 ดินที่มีส่วนประกอบของอลูมินาสูง
3. ดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางก่อสร้าง
4. ดินสโตนแวร์

ความหมายของเนื้อดินปั้นและการเตรียมเนื้อดินปั้น เนื้อดินปั้น หมายถึง การนำวัตถุดิบหลาย ๆ ชนิดมาผสมเข้าด้วยกันตามสัดส่วน โดยมีเป้าหมายที่แน่นอนที่จะทำผลิตภัณฑ์ชนิดใด ทั้งนี้เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติถูกต้องและมีคุณภาพที่ดีตามต้องการ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2527 : 77) การทำเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดจะใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะให้ได้คุณสมบัติตามความต้องการ เช่น ต้องการให้ทนความร้อนทนต่อกรดและด่าง ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกระทันหัน (thermal shock) ให้มีความแข็งสูง ให้มีความพรุนตัว หรือไม่มีความพรุนตัว เป็นต้น (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 127) การเตรียมเนื้อดินปั้นอาจใช้ดินล้วน ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ หรือเตรียมขึ้นจากส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดิน เฟลสปาร์ และหินเขี้ยวหนุมาน โดยใช้สัดส่วนจากตารางสามเหลี่ยม แล้วนำไปทดลองเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมและดีที่สุดสำหรับทำผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง (Singer. 1963 : 393)

วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นจำเป็นจะต้องวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะต่าง ๆ ทั้งนี้จะได้

สะดวกต่อการเตรียมเนื้อดินปั้นเมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบใหม่ทดแทนวัตถุดิบเก่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบชนิดหนึ่งขาดแคลน หรืออาจเป็นเหตุผลเพื่อการประหยัดหรือลดต้นทุนการผลิต เช่น ใช้วัตถุดิบภายในประเทศแทนวัตถุดิบที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ เป็นต้น การรู้ลักษณะเฉพาะของเนื้อดินปั้นจะสามารถทำให้สร้างเนื้อดินปั้นจากวัตถุดิบใหม่ ให้เนื้อดินปั้นที่สร้างขึ้นมาใหม่มีคุณสมบัติเหมือนเนื้อดินปั้นเดิมได้ ซึ่งเท่ากับเป็นการควบคุมคุณภาพระหว่างการทำผลิตภัณฑ์ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 84)

ประเภทของเนื้อดินปั้น เนื้อดินปั้นในงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา แบ่งตามประเภทได้ดังนี้ (สมหวัง นรพัลลภ. 2527 : 36)

1. เนื้อดินปั้นเอิทเธินแวร์ เป็นเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของดินมากกว่าส่วนผสมอย่างอื่น และเผาอุณหภูมิสูงไม่มากนัก ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส เนื้อดินมีความพรุนตัว น้ำสามารถซึมผ่านได้

2. เนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ สำหรับชนิดนี้มีส่วนผสมของหินและดินเท่า ๆ กัน หรืออาจจะมีดินมากกว่าเล็กน้อย แต่เผาในอุณหภูมิค่อนข้างสูงกว่าชนิดแรก คือตั้งแต่ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเนื้อดินที่เผาถึงจุดสุกตัว เนื้อดินแข็งแกร่ง น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ เนื้อดินค่อนข้างหยาบ

3. เนื้อดินปั้นชนิดพอร์สเลน ส่วนผสมคล้ายกับชนิดสโตนแวร์ แต่จะต้องเป็นเนื้อดินที่เผาสุกตัวแล้วให้สีขาวโปร่งแสง เนื้อละเอียด มีความแข็งแกร่งสูง

4. เนื้อดินปั้นชนิดโบนไชนา เป็นเนื้อดินปั้นชนิดพิเศษที่มีส่วนผสมของเถ้ากระดูกสัตว์มีปริมาณสูง และเป็นเนื้อดินที่ค่อนข้างจะมีกรรมวิธีสลับซับซ้อนตั้งแต่เริ่มผลิตจนกระทั่งสำเร็จรูป ส่วนมากจะใช้ผลิตงานที่เป็นเครื่องประดับเป็นส่วนใหญ่

เนื้อดินปั้นทั้ง 4 ชนิดที่กล่าวข้างต้น เป็นที่รู้จักในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อดินปั้นชนิดพอร์สเลน เนื่องจากเนื้อดินชนิดนี้พบเห็นอยู่ทุกวันและเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันเสมอ เพราะลักษณะของพอร์สเลนนั้นมีความแข็งแกร่งดี โปร่งแสง ผ่านการเผาจนถึงจุดสุกตัว น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้

เนื้อดินปั้นชนิดไตรแอกเชียล (triaxial) เนื้อดินปั้นชนิดไตรแอกเชียล เป็นเนื้อดินปั้นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ประกอบไปด้วยวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดิน หินเขี้ยวหนุมาน และหินฟันม้า ซึ่งเป็นสินแร่ตามธรรมชาติที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก ความบริสุทธิ์จะเปลี่ยนแปลงไป

ตามแหล่งที่พบ เมื่อผสมกันในอัตราส่วนที่พอเหมาะจะทำให้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น การกล่าวถึงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นอาจกล่าวได้ 3 ลักษณะ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 84-86) ดังนี้

ลักษณะที่ 1 การกล่าวถึงโดยเขียนเป็นค่าร้อยละของวัตถุดิบ เช่น

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

ลักษณะที่ 2 การกล่าวถึงโดยเขียนเป็นค่าร้อยละของออกไซด์ต่าง ๆ เช่น

SiO_2	ร้อยละ	66.7
Al_2O_3	ร้อยละ	21.6
Fe_2O_3	ร้อยละ	0.5
CaO	ร้อยละ	0.6
MgO	ร้อยละ	0.4
K_2O, Na_2O	ร้อยละ	4.5
L.O.I.	ร้อยละ	5.7

ลักษณะที่ 3 การกล่าวถึงโดยการเขียนเป็นสูตรทั่วไป เช่น

RO, R_2O	R_2O_3	RO_2
0.36	1	5.27

RO, R_2O หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ ซึ่งมีวาเลนซี่ 1 และ 2 ตามลำดับ เช่น CaO, MgO, K_2O และ Na_2O เป็นต้น

R_2O_3 หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ ซึ่งมีวาเลนซี่ 3 เช่น Al_2O_3, Fe_2O_3 เป็นต้น

RO_2 หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ ซึ่งมีวาเลนซี่ 4 เช่น SiO_2, SnO_2 และ TiO_2 เป็นต้น

สำหรับการทดลองในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นตามลักษณะที่ 1 คือ เขียนเป็นค่าร้อยละของวัตถุดิบ เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และผู้อ่าน

สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกว่าการกล่าวถึงในลักษณะอื่น ส่วนผสมของค่าที่อ่านได้จะมีค่าเป็นร้อยละของวัตถุดิบแต่ละตัว ซึ่งมีวิธีการหาค่าของอัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

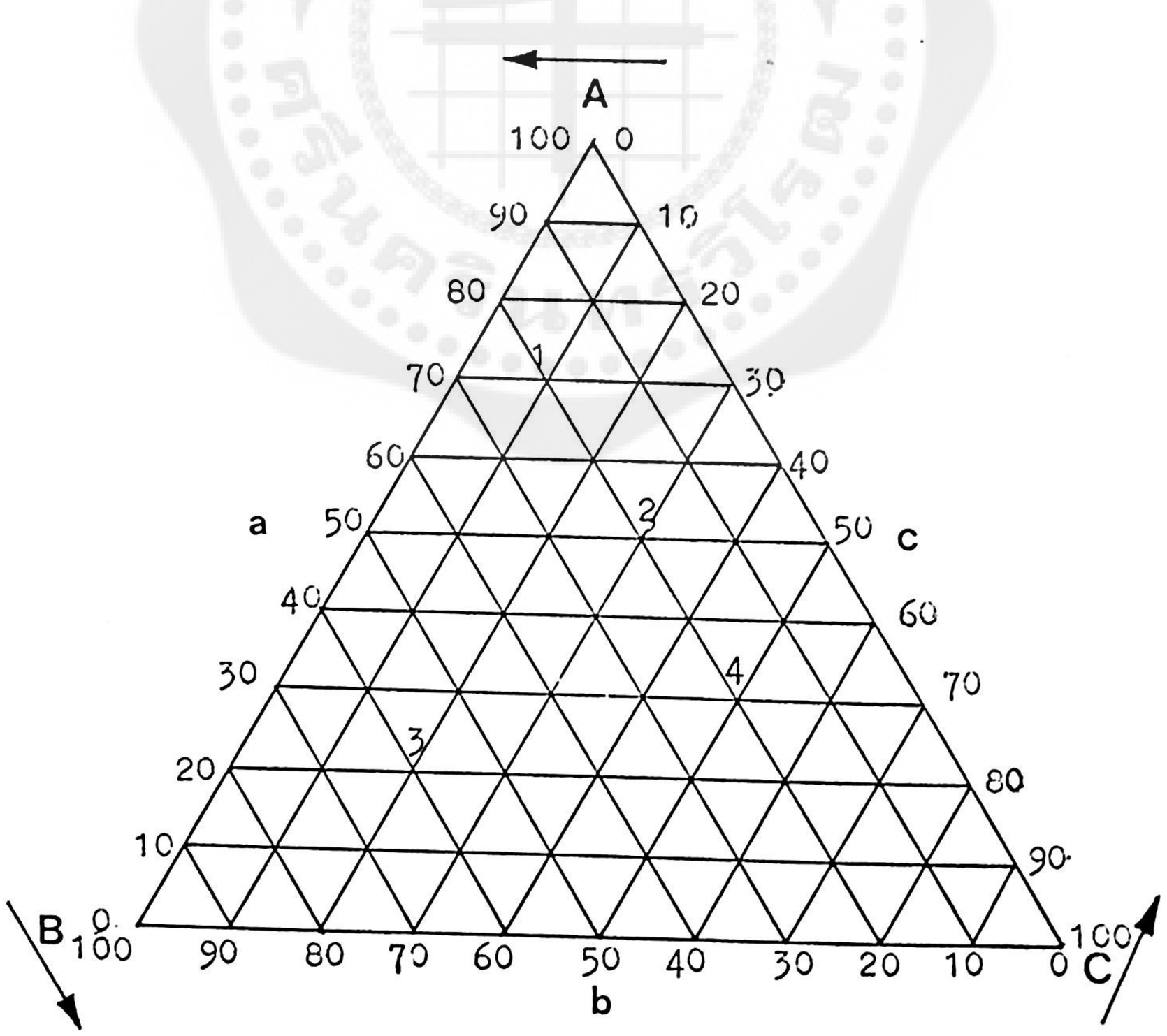
วิธีการหาค่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า โดยวางวัตถุดิบไว้ตรงมุมของสามเหลี่ยมด้านเท่าแต่ละมุม แล้วอ่านค่าออกมาเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบที่รวมกันอยู่ในแต่ละจุดบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ค่าของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ที่อ่านได้ในแต่ละจุด เมื่อรวมกันแล้วจะต้องได้ 100 พอดี หากรวมกันแล้วได้มากกว่าหรือน้อยกว่า 100 แสดงว่าอ่านค่าใดค่าหนึ่งผิด วิธีการหาค่าของอัตราส่วนบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า มีดังนี้คือ

สามเหลี่ยมด้านเท่า ABC ให้ A, B, C เป็นวัตถุดิบ 3 ชนิด

การอ่านค่าของวัตถุดิบ A ให้อ่านค่าตามแกนนอน (←) ที่ด้าน a

การอ่านค่าของวัตถุดิบ B ให้อ่านค่าตามแกนนอน (↘) ที่ด้าน b

การอ่านค่าของวัตถุดิบ C ให้อ่านค่าตามแกนนอน (↗) ที่ด้าน c



ภาพประกอบ 1 ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าแสดงสัดส่วนของเนื้อดินปั้น

จากภาพประกอบ 1 แสดงให้เห็นว่า จุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ A, B และ C ในแต่ละจุดตามตาราง 1

ตาราง 1 แสดงค่าของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าในภาพประกอบ 1

จุดที่	วัตถุดิบ A	วัตถุดิบ B	วัตถุดิบ C	รวม
1	70	20	10	100
2	50	20	30	100
3	20	60	20	100
4	30	20	50	100

(Hopper. 1984 : 67-72)

2. เนื้อดินปั้นโบนไชนา

ความหมายของโบนไชนา มาตรฐานของซิงเกอร์ (Singer. 1963 : 457) คือ เครื่องเคลือบดินเผาชนิดโปร่งแสง ซึ่งมีส่วนผสมของวัตถุดิบคือ เถ้ากระดูก ร้อยละ 50 ดินขาว ร้อยละ 25 และหินคอร์นิช ร้อยละ 25

ในประเทศอเมริกาตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุของอเมริกัน (ASTM-C 242) ได้ให้คำนิยามของโบนไชนาคือ สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์สีขาวชนิดโปร่งแสงชนิดใดก็ได้ ซึ่งมีส่วนผสมของเถ้ากระดูกอย่างน้อย ร้อยละ 25 (วรุณี ถิรมงคล. 2532 : 46)

สำหรับมาตรฐานของประเทศอังกฤษ กล่าวว่าโบนไชนาประกอบด้วยฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์ ร้อยละ 30 ซึ่งฟอตเฟตนี้คำนวณในรูปของไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Dodd. 1964 : 378)

สำหรับประเทศไทยได้ให้คำจำกัดความของโบนไชนาคือเป็นเครื่องปั้นดินเผาชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในพวกพอร์สเลนชนิดพิเศษที่มีเถ้ากระดูกเป็นส่วนผสมในปริมาณสูง มีลักษณะเด่นคือ มี

ความโปร่งแสง ถ้ามองดูภาชนะโดยเอานิ้วมือทาบด้านหลังภาชนะ จะเห็นเงานิ้วมืออย่างชัดเจน ผลิตภัณฑ์มีความขาวและเคลือบมันเป็นเงาสวยงาม (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. 2532 : 4) การที่เนื้อดินโบนไชนามีเถ้ากระดูกผสมในปริมาณสูง เถ้ากระดูกจะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลาย (flux) เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,250 องศาเซลเซียส เนื้อดินจะเกิดความโปร่งแสง (Nelson. 1966 : 124) นอกจากความสวยงามจากความโปร่งแสงและความวาวแล้ว โบนไชนายังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแกร่งทนทานมากอีกด้วย ซึ่งตรงข้ามกับลักษณะที่เห็นจะรู้สึกว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อนุ่ม บอบบาง น่าใช้น่าทะนุถนอมอย่างยิ่ง (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 18) การเผาโบนไชนาใช้อุณหภูมิต่ำกว่าผลิตภัณฑ์พอร์สเลน แต่ทนต่อแรงกระแทกดีกว่าพอร์สเลนถึง 2 เท่า และทนต่อการบิ่นของขอบจานดีกว่าพอร์สเลนถึง 4 เท่า ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลัน ในการใช้งานตามปกติได้ดีมาก มีเคลือบที่ทนต่อสารเคมี ทนต่อแรงกด และทนต่อการขูดขีดได้ดีพอสมควร แต่น้อยกว่าพอร์สเลน ดังนั้นผลิตภัณฑ์พวกถ้วย จาน เครื่องตั้งโต๊ะเนื้อโบนไชนาจึงมีคุณภาพดีที่สุด (กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2531 : 3)

โบนไชนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นครั้งแรกในประเทศอังกฤษโดย โจเซียช สโปดี (Josiah Spode) ในปี ค.ศ.1794 เป็นที่นิยมแพร่หลายทั่วไป ในปัจจุบันมีโรงงานหลายโรงงานทั้งในอังกฤษ สวีเดน รัสเซีย และอเมริกา ผลิตเครื่องถ้วย ชาม และชุดน้ำชากาแฟ โดยใช้เนื้อดินปั้นโบนไชนา สำหรับประเทศทางตะวันออก เช่น ญี่ปุ่น ได้ทำการผลิตโบนไชนาเช่นกันนอกจากทำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้ว ยังทำพวกเครื่องประดับและเครื่องตกแต่ง สินค้าพวกนี้เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นสีขาวชั้นสูง ราคาจึงค่อนข้างแพงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ (กรมวิทยาศาสตร์. ม.ป.ป. : 71)

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อดินปั้นโบนไชนาและน้ำเคลือบ

เนื้อดินปั้นโบนไชนา ประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก 3 ชนิด เป็นส่วนผสมคือ เถ้ากระดูก หินคอร์นิช และดินขาว เนื่องจากผลิตภัณฑ์โบนไชนาต้องการความโปร่งแสงมาก ดังนั้นวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้จึงต้องมีคุณภาพดีคือ มีสิ่งเหลือเจือปนอยู่น้อย รายละเอียดกับวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้เตรียมเนื้อดินโบนไชนา มีดังนี้คือ

3.1 เถ้ากระดูก เดิมทีเดียวใช้กระดูกขาวัว ในปัจจุบันใช้กระดูกของสัตว์ชนิดอื่นด้วย แต่ต้องเลือกเฉพาะกระดูกสัตว์ที่ให้ปริมาณแคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) สูง และปริมาณของเหล็กต่ำ ส่วนมากเป็นพวกกระดูกวัวและควาย สำหรับกระดูกม้าและหมูจะมีปริมาณเหล็กสูงกว่าของวัวและควาย ถ้าหากนำกระดูกที่มีเหล็กออกไซด์สูงมาใช้จะทำให้ความขาวของโบนไชนาลดน้อยลง

เถ้ากระดูกจะมีส่วนประกอบดังนี้

แคลเซียมฟอสเฟต	ร้อยละ	65-85
แคลเซียมคาร์บอเนต	ร้อยละ	3-10
แมกนีเซียมฟอสเฟต	ร้อยละ	2-3

นอกนั้นเป็นคอสติกส์ ไลม์ (caustic lime) และแคลเซียมฟลูออไรด์ (calcium fluoride) (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 55)

เถ้ากระดูกทำหน้าที่เป็นตัวลดจุดหลอมละลายของเนื้อดินปั้นให้ต่ำลง โดยละลายผสมกับตัวลดจุดหลอมละลายของวัตถุดิบอื่น ๆ เช่น เฟลสปาร์ หรือหินคอร์นิช ทำให้เนื้อดินปั้นโปร่งแสง

การเตรียมเถ้ากระดูก นำกระดูกมาต้มและล้างเศษเนื้อ เมือก ไข และสิ่งอื่น ๆ ที่ติดมากับกระดูกออกให้สะอาดเสียก่อน นิยมใช้กระดูกวัว ควาย มากกว่ากระดูกของสัตว์อื่น เพราะมีปริมาณของเหล็กต่ำ ถ้าหากใช้กระดูกที่มีปริมาณเหล็กสูง จะทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์ออกสีค่อนข้างเหลืองได้ หลังจากนั้นก็นำไปเผาภายใต้บรรยากาศที่มีออกซิเจน (oxidation firing) อย่างช้า ๆ เพื่อให้คาร์บอนและสารอินทรีย์ต่าง ๆ ถูกเผาหมดไป ถ้าหากเผาเร็วเกินไปการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เถ้ากระดูกจะมีสีดำ เพราะยังมีคาร์บอนเหลืออยู่ การเผากระดูกนี้ใช้อุณหภูมิประมาณ 850-1,050 องศาเซลเซียส หลังจากการเผาแล้วนำเถ้ากระดูกไปบดเปียกให้ละเอียดด้วยหม้อบด (ball mill) จนกระทั่งเถ้ากระดูกมีความละเอียดดีซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน ประมาณร้อยละ 70-80 แล้วแช่น้ำทิ้งไว้ 3-4 อาทิตย์ จะทำให้เถ้ากระดูกมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ล้างเถ้ากระดูกด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้สิ่งสกปรกที่อาจเหลืออยู่หมดไป และเพื่อให้มีความเป็นด่างน้อยที่สุด ถ้ามีความเป็นด่างสูงจะทำให้เนื้อดินปั้นของโบนไชนามีระยะการสุกตัว (firing range) ที่สั้นมากยิ่งขึ้น หลังจากล้างแล้วนำเถ้ากระดูกไปอบให้แห้ง แล้วบดอีกครั้งไม่ให้เถ้ากระดูกจับกันเป็นก้อน จึงนำไปใช้งานได้

เถ้ากระดูกที่บดละเอียดจะมีความเหนียวเล็กน้อยซึ่งเป็นผลดีในการขึ้นรูป จึงได้มีการพยายามหาสารทดแทนเถ้ากระดูก โดยใช้แร่หรือสารเคมีที่มีส่วนประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับเถ้ากระดูก เช่น แร่อะพาไทต์ (apatite) สารเคมีไตรแคลเซียมฟอสเฟต (tricalcium phosphate) เป็นต้น แต่โรงงานอุตสาหกรรมทำโบนไชนาส่วนใหญ่ ยังนิยมใช้เถ้ากระดูกเป็นส่วนผสมอยู่ เนื่องจากสารทดแทนเถ้ากระดูกมีคุณภาพสู้เถ้ากระดูกไม่ได้ เช่น ไม่ช่วยเพิ่มความเหนียว ทำให้ขึ้นรูปยากกว่า มีมลทินอื่นปะปนอยู่ ซึ่งอาจมีผลต่อความขาวของผลิตภัณฑ์และเมื่อเผาแล้วผลิตภัณฑ์เสียรูปหรือยุบตัวได้ง่ายกว่า เพราะมีการหดตัวมากกว่า และช่วงการเผามีระยะสุกตัวสั้นกว่า (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. 2532 : 4)

คุณสมบัติของเถ้ากระดูก เถ้ากระดูกมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.1 ส่วนประกอบทางเคมี ผลวิเคราะห์เคมีของเถ้ากระดูก คือ

CaO	ร้อยละ	52.0
P_2O_6	ร้อยละ	39.9
K_2O	ร้อยละ	1.3
Na_2O	ร้อยละ	0.8
C_2	ร้อยละ	5.5
SiO_2	ร้อยละ	0.7
Fe_2O_3	ร้อยละ	0.002

1.2 ความถ่วงจำเพาะ 3.14

1.3 จุดหลอมละลาย 1,670 องศาเซลเซียส (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 55)

นอกจากนี้เถ้ากระดูกสามารถนำไปผสมในน้ำเคลือบได้ แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้เคลือบทึบ เถ้ากระดูกเป็นตัวทำให้เกิดทึบในเคลือบ ซึ่งสามารถใช้แทนดีบุกออกไซด์ (tin oxide) ได้ แต่เถ้ากระดูกอาจทำให้เกิดการหนีตัวของเคลือบ (crawling) และเคลือบเป็นตุ่มพอง (blistering) ได้

3.2 หินคอร์นิช เป็นหินที่ใช้มากในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ใช้ผสมทำเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ หินคอร์นิชเป็นหินแกรนิตชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ คือ เฟลสปาร์ หินเขี้ยวหนุมาน ดินขาว ไมก้า (mica) นอกจากนั้นยังมีแร่ฟลูออสปาร์ (fluorspar) ปนอยู่

เล็กน้อย การแบ่งชนิดของหินคอร์นิชจะใช้ปริมาณของเฟลสปาร์ที่มีอยู่ในหินคอร์นิชเป็นเกณฑ์กำหนด โดยแบ่งเป็น 4 ชนิด คือ (Singer. 1963 : 103-104)

3.2.1 ฮาร์ด เพอเพิล (hard purple) เป็นชนิดที่มีเฟลสปาร์สูงที่สุด หลอมตัวดีที่สุด มีราคาสูง

3.2.2 มายด์ เพอเพิล (mild purple) มีเฟลสปาร์น้อยลง มีดินขาวมากขึ้น จุดหลอมตัวสูงขึ้น

3.2.3 กายไวท์ (dry white) มีเฟลสปาร์น้อยลงไปอีก มีดินขาวมากขึ้น และมีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิสูงสุด เนื้อแร่นิ่มกว่าชนิด hard purple และ mild purple แทบไม่มีฟลูออไรด์

3.2.4 บัฟฟ์ สโตน (buff stone) เนื้อออกสีเหลืองอ่อนเนื่องจากสารประกอบพวกเหล็ก ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเนื้อสีขาว แต่ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เนื้อมีสีคล้ำได้

ความแตกต่างระหว่างเกรดต่าง ๆ คือ ปริมาณดินขาวที่เพิ่มมากขึ้น และเฟลสปาร์ที่ลดลง และจุดหลอมตัวจะเพิ่มขึ้น แต่ความแข็งจะลดลง

ตาราง 2 แสดงปริมาณของแร่ในหินคอร์นิช

ชนิดของเฟลสปาร์	หินเชื้ยวหนุมาน	ไฮโดรรัสมิกส์	เกาลินไนต์	เฟลสปาร์	แร่อื่น ๆ
ฮาร์ด เพอเพิล	30.1	21.2	0.3	45	4.0
มายด์ เพอเพิล	28.2	23.5	2.7	41	5.0
ดายไวท์	36.4	26.0	9.6	25	3.0
บัฟฟ์ สโตน	26.4	32.7	5.8	30	5.0

แร่อื่น ๆ หมายถึง ฟลูออไรด์ อะพาไทต์ โรแตส ทัวร์มาลีน รูไทล์ โดยมากแล้วพบแร่เหล่านี้ทุกตัวปนอยู่เล็กน้อย

คุณสมบัติของหินคอร์นิช เนื่องจากหินคอร์นิชไม่ได้หมายถึงแร่ใดแร่หนึ่งโดยเฉพาะ แต่ใช้หมายถึงส่วนผสมที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันของแร่ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้มีผู้ทดลองวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีไว้ดังนี้ (Singer.'1963 : 105)

SiO_2	ร้อยละ	71.10
Al_2O_3	ร้อยละ	16.82
Fe_2O_3	ร้อยละ	0.16
CaO	ร้อยละ	1.60
MgO	ร้อยละ	0.05
K_2O	ร้อยละ	6.57
Na_2O	ร้อยละ	2.29
CaF_2	ร้อยละ	0.50
L.O.I.	ร้อยละ	1.25

คิดเป็น ceramic formular

0.200 CaO	1.171 Al_2O_3	8.450 SiO_2
0.492 K_2O	0.007 Fe_2O_3	
0.257 Na_2O		
0.007 MgO		
0.042 CaF_2		

หินคอร์นิชมีจุดหลอมละลายประมาณ 1,150 - 1,300 องศาเซลเซียส

หินคอร์นิชใช้มากในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ใช้ผสมทั้งในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ โดยทำหน้าที่เป็นตัวลดจุดหลอมละลายคล้ายเฟลสปาร์ แต่เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วหินคอร์นิชจะหลอมตัวได้น้อยกว่า และมีรอกาสปิดเปี้ยวในเตาได้น้อยกว่า จึงนิยมใช้ร่วมกันโดยเฉพาะในน้ำเคลือบ หินคอร์นิชเป็นแร่ที่จะให้ซิลิกา อลูมินา โปแตส ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อจะทำให้เกิดแก้วคุณภาพดี ระหว่างการเผาในเตา ช่วยหลอมละลายส่วนอื่น ๆ ของชิ้นงาน ช่วยเพิ่มความหนาแน่น และทำให้ความแข็งแรงสูงขึ้นภายหลังการเผา ในอังกฤษนิยมใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นชนิดรับนไชนา การนำมาใช้ต้องมีการลอยแร่เพื่อขจัดฟลูออไรด์ เนื่องจากการเผาจะทำให้เกิดการแพร่ของสารฟลูออรีนซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยมิได้ใช้ฟินคอร์นิช เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เนื่องจากประเทศไทยไม่มีวัตถุดิบชนิดนี้ ผู้วิจัยได้คำนวณใช้สารอื่นทดแทน โดยยึดส่วนประกอบทางเคมีของฟินคอร์นิชที่ซิงเกอร์ได้เขียนไว้ใช้ในการคำนวณ เพื่อให้ได้ส่วนประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับฟินคอร์นิช วัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ได้แก่ โปแตสเฟลสปาร์ โซดาเฟลสปาร์ หินเชี้ยวหนุมาน ดินขาวและหินปูน

3.3 ดินขาว ดินขาวที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมในประเทศไทย แบ่งไว้ตามลักษณะการนำมาใช้งานเครื่องเคลือบดินเผาได้เป็น 2 ประเภทด้วยนี้ (ชาญ จรรยาวนิชย์. 2522 : 18-19)

3.3.1 ดินขาวซึ่งประกอบด้วยแร่เกาลินไนต์เป็นส่วนใหญ่ มีคุณสมบัติตามแหล่งกำเนิดเช่นเดียวกับดินขาวมาตรฐานสากล คือ ดินขาวจาก จ.ระนอง จ.นราธิวาส และ จ.ปราจีนบุรี ดินทั้ง 3 แหล่งนี้ ปัจจุบันมีโรงล้างดินผลิตออกจำหน่าย ดินจาก จ.ระนอง และดินจาก จ.นราธิวาส มีความคล้ายคลึงกันคือมีความเหนียวน้อยเผาแล้วสีขาวมาก และมีความทนไฟสูง ดินนราธิวาสมีปริมาณความละเอียดสูงกว่าและมีปริมาณไมก้าละเอียดน้อยกว่าดินระนอง ดินจาก จ.ระนองค่อนข้างหยาบ แต่มีคุณสมบัติในการหล่อผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าดินนราธิวาส ดินขาวล้างแล้วจาก จ.ปราจีนบุรี เป็นดินที่มีปริมาณอลูมินาสูงเท่า ๆ กับสองแหล่งที่กล่าวมาแล้ว แต่มีความละเอียดและความเหนียวมากเป็นพิเศษ โดยมีความทนไฟต่ำกว่าดินจาก จ.ระนอง และ จ.นราธิวาส

3.3.2 ดินขาวซึ่งประกอบด้วยแร่เกาลินไนต์ในปริมาณน้อย หากมีพวกทรายหรือแร่อื่น ๆ ปนอยู่เป็นส่วนใหญ่ ส่วนมากมักไม่นิยมล้าง นำมาใช้งานได้เลย ที่ทำการล้างก็มี ดินขาวจาก อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง สำหรับแหล่งอื่น ๆ เช่น ดินขาว อ.งาว ดินขาวจากแหล่งต่าง ๆ ทางภาคตะวันออก และดินจาก อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี ดินพวกนี้ถึงแม้จะนำมาล้างก็มีปริมาณอลูมินาต่ำกว่ามาตรฐานสากล มีความหดตัวค่อนข้างสูง และทนไฟต่ำกว่าพวกแรก แต่มีราคาถูก

จากการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ดินขาวหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ เนื่องจากเป็นแหล่งดินที่มีคุณภาพดี ทนไฟสูง เมื่อเผาแล้วให้สีขาว

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง ของ

บริษัทบ้านปูจำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นเหมืองผลิตดินขาวจำหน่ายทั่วไป เป็นดินขาวชนิดแสตนดาร์ด มีองค์ประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้ (บริษัทบ้านปูจำกัด (มหาชน). 2537 : 2)

SiO_2	ร้อยละ	47.5
Al_2O_3	ร้อยละ	36.5
Fe_2O_3	ร้อยละ	1.00
TiO_2	ร้อยละ	0.03
CaO	ร้อยละ	<0.01
MgO	ร้อยละ	<0.05
K_2O	ร้อยละ	1.00
Na_2O	ร้อยละ	<0.05
CaF_2	ร้อยละ	0.50
L.O.I.	ร้อยละ	14.00

3.4 ดินเหนียว เป็นดินที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับดินขาว มีปริมาณของเหล็กค่อนข้างสูง ทนความร้อนได้สูงถึง 1,300 องศาเซลเซียส เนื้อดินละเอียด มีความเหนียวดีมาก พบในธรรมชาติจะมีสีเทา สีดำ เมื่อนำไปเผาแล้วให้สีขาวและหดตัวมากกว่าดินขาว จึงนิยมใช้สำหรับเพิ่มความเหนียวให้แก่เนื้อดินปั้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เนื้อดินปั้นก่อนเข้าเตาเผา และช่วยทำให้เนื้อดินปั้นหลังการเผามีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด

การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ดินเหนียวตำบลพรุพี อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี เนื่องจากมีความเหนียวดี เมื่อเผาแล้วจะมีสีขาว ทนความร้อนได้สูง และเป็นแหล่งดินที่นิยมใช้โดยทั่วไปในการทำเครื่องเคลือบดินเผา

ผลการวิเคราะห์เคมีของดินเหนียวตำบลพรุพี อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีดังนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 70)

SiO_2	ร้อยละ	59.8
Al_2O_3	ร้อยละ	25.3
Fe_2O_3	ร้อยละ	2.6
CaO	ร้อยละ	0.1
MgO	ร้อยละ	1.9

K_2O	ร้อยละ	0.5
Na_2O	ร้อยละ	0.05
L.O.I.	ร้อยละ	9.7

3.5 เฟลสปาร์ เป็นสารประกอบของอลูมิโนซิลิเกตของอัลคะไลน์ และอัลคะไลน์เอิร์ท โดยเฉพาะสารประกอบของโซเดียม (Na) โปแตสเซียม (K) และแคลเซียม (Ca) พบมาก และใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเฟลสปาร์จึงเป็นตัวส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแก้ว และช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น (ปรีดา พิมพ์ขาว ม.ป. 2532 : 61-62) เฟลสปาร์เป็นวัตถุดิบที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ เป็นตัวช่วยหลอมละลายวัตถุดิบอื่น ๆ ให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง (รถมล รักษ์วงศ์. 2531 : 35) เฟลสปาร์พบอยู่ในหินแกรนิตทั่ว ๆ ไป หรือเกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิตมาเป็นเฟลสปาร์ ลักษณะเป็นหินทึบสีขาวนวล ในบางก้อนมีเหลือบสีชมพูด้วย

ชนิดของเฟลสปาร์ เฟลสปาร์มีหลายชนิดด้วยกัน ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา มีอยู่ 3 ชนิด ดังนี้ (รถมล รักษ์วงศ์. 2531 : 36-37)

3.5.1 โปแตสเฟลสปาร์ หรือออร์โทเคลส (orthoclase) หรือไมโครไคลน์ (microcline) มีสูตรเคมีคือ $K_2O.\ Al_2O_3.\ 6SiO_2$ เป็นเฟลสปาร์ที่มีสารประกอบของโปแตสเซียม มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.56 ความแข็ง 6 จะมีสีแตกต่างกันแล้ว แต่แหล่งที่กำเนิดได้แก่ สีขาว สีเหลือง สีชมพู เป็นต้น เฟลสปาร์ประเภทนี้สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ดี มีส่วนประกอบมีดังนี้

SiO_2	ร้อยละ	65.7
Al_2O_3	ร้อยละ	18.4
K_2O	ร้อยละ	16.9

มีน้ำหนักโมเลกุล 557

3.5.2 โซดาเฟลสปาร์ หรืออัลไบต์ (albite) มีสูตรเคมีคือ $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ เฟลสปาร์ชนิดนี้เป็นสารประกอบของโซเดียม มีความถ่วงจำเพาะ 2.61-2.64 มีความแข็ง 6-6.5 เป็นผลึกสีเทาหรือสีขุ่นขาว นิยมใช้เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในเคลือบไฟสูง มีส่วนประกอบเคมีดังนี้

SiO_2	ร้อยละ	68.8
Al_2O_3	ร้อยละ	19.4
Na_2O	ร้อยละ	11.8

มีน้ำหนักโมเลกุล 524

3.5.3 แคลเซียมเฟลสปาร์ หรืออะโนไทต์ (anothite) มีสูตรเคมีคือ $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$ เฟลสปาร์ชนิดนี้เป็นสารประกอบของแคลเซียม มีความถ่วงจำเพาะ 2.7-2.76 ซึ่งสูงกว่า โปแตสเฟลสปาร์และโซดาเฟลสปาร์ อยู่ในรูปของผลึกไม่มีสี มีความแข็ง 6.0-6.5 นิยมใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบ มีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้

SiO_2	ร้อยละ	43.3
Al_2O_3	ร้อยละ	36.6
$CaCO_3$	ร้อยละ	20.1

มีน้ำหนักโมเลกุล 298

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปแตสเฟลสปาร์และโซดาเฟลสปาร์ ในการทดลองเพื่อหาวัตถุดิบทดแทนหินคอร์นิช ส่วนน้ำเคลือบใช้โปแตสเฟลสปาร์จากตำบลสวนผึ้ง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี เนื่องจากเป็นเฟลสปาร์ที่มีสีขาวสวย การหลอมตัวดี เหมาะที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์พอร์สเลน (ชาญ จรรยาวนิชย์. 2531 : 2) ส่วนโซดาเฟลสปาร์ใช้ชนิดที่ใช้การค้าทั่วไป

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของโปแตสเฟลสปาร์ ตำบลสวนผึ้ง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี มีดังนี้ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 44)

SiO_2	ร้อยละ	65.2
Al_2O_3	ร้อยละ	20.4
Fe_2O_3	ร้อยละ	1.0
CaO	ร้อยละ	1.7
MgO	ร้อยละ	1.7
K_2O	ร้อยละ	6.7
Na_2O	ร้อยละ	1.5
L.O.I.	ร้อยละ	1.5

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของโซดาเฟลสปาร์ ชนิดที่ใช้ทางการค้าทั่วไป มีองค์ประกอบเคมีดังนี้ (บริษัทภัทราเซรามิกส์. ม.ป.ป. : ไม่มีเลขหน้า)

SiO_2	ร้อยละ	66.05
Al_2O_3	ร้อยละ	12.78
Fe_2O_3	ร้อยละ	0.72
CaO	ร้อยละ	0.04
MgO	ร้อยละ	0.03
K_2O	ร้อยละ	1.75
Na_2O	ร้อยละ	11.26

3.6 หินปูน เป็นสารประกอบจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต มีสูตรทางเคมีคือ $CaCO_3$ พบอยู่ทั่วไปในประเทศไทยและมีมากที่จังหวัดสระบุรีและจังหวัดราชบุรี เมื่อนำมาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส จะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแคลเซียมออกไซด์หรือปูนขาวนั่นเอง หินปูนใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ หรือเนื้อดินปั้นใช้ผสมทำน้ำเคลือบจำพวกเคลือบพอร์สเลน หรือเคลือบหินอื่น ๆ สารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตนี้นอกจากจะได้จากหินปูนแล้วยังเกิดจากหินอ่อน หินปะการัง เปลือกหอยและดินสอพอง เป็นต้น (อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล. 2531 : 20) การนำหินปูนไปผสมในเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแข็งแกร่งดียิ่งขึ้นและเป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลายในเคลือบไฟสูง ถ้าผสมในเนื้อดินจะช่วยลดความพรุนตัว (porosity) ของเนื้อดิน (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 8) หินปูนมีความถ่วงจำเพาะ 2.7 มีความแข็ง 2.3

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้หินปูนจากจังหวัดสระบุรี เพราะเป็นหินปูนที่ได้มาตรฐานและหาได้ง่ายในท้องตลาดราคาถูก ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมีคือ มีแคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 56 (บริษัทภัทราเซรามิกส์. ม.ป.ป. : อัดสำเนา)

3.7 หินเขี้ยวหนุมาน เป็นสารที่เกิดจากการตกผลึกของซิลิกา หินเขี้ยวหนุมานเป็นวัตถุดิบที่ให้ซิลิกาสูงมากถึงร้อยละ 99 มีความถ่วงจำเพาะ 2.7 มีความแข็ง 7 โครงสร้างเป็นรูปผลึก 6 เหลี่ยม จุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,728 องศาเซลเซียส ใช้ผสมในน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น การนำเอาหินเขี้ยวหนุมานผสมในเนื้อดินปั้นจะทำให้เนื้อดินปั้นแข็งแรง ป้องกันการหดตัว การบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ และยังเปลี่ยนสภาพเป็นแก้วได้ ทำให้เนื้อดินโปร่งแสงดี

ถ้าผสมในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแข็งเป็นแก้ว มีความมันแวววาวดีขึ้น (รักมล รักษ์วงศ์. 2531 : 25) เนื่องจากหินชนิดนี้มีความแข็งแกร่งมาก เมื่อจะนำมาใช้งานต้องทำการบดย่อยเสียก่อน ดังนั้นในบางครั้งตามโรงงานต่าง ๆ จะใช้ทรายแก้วผสมแทน เพราะทรายแก้วก็คือหินเขี้ยวหนุมานที่ถูกฝน น้ำ หรือลมพัดให้เกิดการผุกร่อนเป็นเม็ดเล็ก หินเขี้ยวหนุมานที่พบในประเทศไทยมีทั้งชนิดขาวใสและขาวขุ่นทึบ พบอยู่ทั่ว ๆ ไป แต่พบมากคือที่เขาหินแก้ว อ.เมือง จังหวัดจันทบุรี (ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. ม.ป.ป. : 28)

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้หินเขี้ยวหนุมานจากแห่งเขาหินแก้ว จังหวัดจันทบุรี เป็นส่วนผสมในการทำวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช เนื่องจากเป็นแหล่งมีคุณภาพดีมีปริมาณของซิลิกาสูง และเป็นที่นิยมใช้ของโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทั่วไป

ผลวิเคราะห์ทางเคมีหินเขี้ยวหนุมานเขาหินแก้ว จังหวัดจันทบุรี มีดังนี้ (สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์. 2535 : 36)

SiO_2	ร้อยละ	98.90
Al_2O_3	ร้อยละ	0.80
Fe_2O_3	ร้อยละ	0.10
CaO	ร้อยละ	0.05
MgO	ร้อยละ	0.09
L.O.I.	ร้อยละ	0.05

3.8 โคลีมาไนต์ มีสูตรเคมีคือ $2CaO.3B_2O_3.5H_2O$ เป็นแร่ที่พบมากในคาลิฟอร์เนีย เป็นสารที่ละลายน้ำได้ เช่นเดียวกับโบโรแคลไซต์ (borocalcite) มีส่วนประกอบเคมีดังนี้ (รักมล รักษ์วงศ์. 2531 : 58)

CaO	ร้อยละ	27.28
$3B_2O_3$	ร้อยละ	50.81
$5H_2O$	ร้อยละ	21.90

โคลีมาไนต์มีน้ำหนักโมเลกุล 411.18

3.9 ทัลค์ เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกต มีสูตรเคมีคือ $3MgO.4SiO_2.H_2O$ ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น ช่วยให้เนื้อดินปั้นมีความคงทนต่อการหดขยายตัวและทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกระทันหันได้ดี ใช้ในเคลือบเพียงเล็กน้อยจะทำให้ผิวเคลือบเรียบสวย ไม่มีฟอง

อากาศ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 9) ทัลค์มีจุดหลอมละลาย 1,490 องศาเซลเซียส 1,490 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะ 2.6-2.8 มีความแข็ง 1-2 และมีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 28)

SiO_2	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ	60
MgO	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ	30
Al_2O_3	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ	2.5

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ทัลค์ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ

3.10 แบเรียมคาร์บอเนต มีสูตรเคมีคือ $BaCO_3$ เป็นสารประกอบที่รู้จักกันในรูปของวิทเทอไรท์ นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาได้จากการเผาแร่แบไรท์ ($BaSO_4$) แล้วแตกตัวเป็นแบเรียมคาร์บอเนต โดยมีซัลเฟตเจือปนอยู่บ้าง ถ้านำมาผสมในเคลือบควรทำเป็นฟริตก่อน เพราะเป็นสารประกอบที่หลอมละลายช้า นิยมนำมาผสมกับวัตถุดิบอื่นเพื่อผลิตวัตถุทนไฟ แบเรียมคาร์บอเนตจะหลอมตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,420 องศาเซลเซียส ถ้าทำเป็นฟริตจะกลายเป็นตัวเร่งปฏิกริยาที่รุนแรงตัวหนึ่งหรือถ้าไม่ทำเป็นฟริตก็ควรผสมกับสารประกอบอื่นที่เป็นฟลักซ์รุนแรง เช่น ตะกั่ว บอแรกซ์ เป็นต้น (อายุวัฒน์ สว่างผล. ม.ป.ป. : 41)

3.11 สังกะสีออกไซด์ สูตรทางเคมีคือ ZnO เป็นออกไซด์ของสังกะสี มีความละเอียด 0.21 ถึง 0.26 ไมครอน และ 0.12 ถึง 0.18 ไมครอน สังกะสีออกไซด์ที่บริสุทธิ์ต้องผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,165 องศาเซลเซียส สังกะสีมีน้ำหนักโมเลกุล 81.38 มีความถ่วงจำเพาะ 5.5 มีจุดหลอมละลาย 1,975 องศาเซลเซียส สามารถละลายน้ำได้ในอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 75) การผสมสังกะสีออกไซด์ลงในเคลือบจะทำให้เคลือบเป็นเงาดีขึ้น ถ้าใช้ปริมาณน้อย ๆ จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลาย แต่ถ้าใช้ปริมาณมากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟและทำให้เกิดทึบในเคลือบ นอกจากนี้การผสมสังกะสีออกไซด์เล็กน้อยในเคลือบยังมีผลให้เคลือบมีการไหลตัวดีขึ้น ซึ่งทำให้ผิวเคลือบเรียบ แต่ถ้าใช้ปริมาณมากและเผาอุณหภูมิสูงพอจะเกิดการตกผลึก ถ้าผสมในเคลือบสีจะทำให้สีสดใสขึ้น (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 10)

จากการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ใช้สังกะสีออกไซด์เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ โดยใช้สังกะสีออกไซด์ชนิดที่ใช้ในการค้าทั่วไป

3.12 โดโลไมต์ มีสูตรทางเคมีคือ $MgCO_3.CaCO_3$ เป็นแร่ที่เกิดจากการตกผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีการเปลี่ยนแปลงภายในโครงสร้าง โดยแคลเซียมถูกแทนที่ด้วยแมกนีเซียมในขณะที่ตะกอนคาร์บอเนตเหล่านี้กำลังอยู่ในขบวนการที่จะกลายเป็นหิน ทำให้ผลึกเล็ก ๆ เหล่านี้กลายเป็นผลึกของโดโลไมต์ (สัญญา สราภิรมย์. 2522 : 29) การใช้โดโลไมต์ในเคลือบจะทำให้ได้ทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งให้คุณสมบัติเหมือนกับแคลเซียมและแมกนีเซียมรวมกัน แต่ราคาถูกกว่า (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 8) โดโลไมต์ มีความถ่วงจำเพาะ 2.8-2.9 มีความแข็ง 3.5-4 ทนความร้อนได้ถึง 1,700 องศาเซลเซียส มีส่วนประกอบทางเคมี คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 56 และแมกนีเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 44 มีน้ำหนักโมเลกุล 184

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของโดโลไมต์ อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี มีดังนี้ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 48)

SiO_2	ร้อยละ	0.12
Al_2O_3	ร้อยละ	1.20
Fe_2O_3	ร้อยละ	0.50
CaO	ร้อยละ	31.90
MgO	ร้อยละ	20.80
L.O.I.	ร้อยละ	46.30

จากการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้โดโลไมต์ชนิดที่ใช้ทางการค้าทั่วไปเป็นส่วนผสมน้ำเคลือบ

4. การคำนวณหาวัตถุดิบทดแทนหินคอร์นิช

การคำนวณหาวัตถุดิบที่ใช้ทดแทนหินคอร์นิช จะเป็นการคำนวณจากผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินคอร์นิช (composition of oxides) ให้เป็นสูตรที่บอกเป็นเอมไพริคัล (emprirical formulas) เพื่อสะดวกในการหาวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนวัตถุดิบที่ใช้ทดแทน การเขียนสูตรแบบเอมไพริคัลจะเขียนเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มแรก เป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (RO, R_2O group) จำนวนโมลของสาร

กลุ่มนี้เมื่อรวมกันจะมีค่าเท่ากับ 1.00 เสมอ เพื่อสะดวกในการเทียบอัตราส่วน

กลุ่มกลาง เป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (R_2O_3 group)

กลุ่มหลัง เป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (RO_2 group)

ดังเช่นตัวอย่างต่อไปนี้

0.20 K_2O	0.40 Al_2O_3	3.50 SiO_2
0.70 CaO		
0.10 MgO		

เมื่อทราบสูตรเอมไพริคัล เราสามารถคำนวณหาส่วนผสมของวัตถุดิบจากสูตรนั้นได้ แต่ควรที่จะมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งต่อไปนี้ (สุรศักดิ์ รักสิยพันธ์. 2531 : 51)

1. ต้องรู้สัญลักษณ์ทางเคมีของธาตุหรือสารประกอบ
2. ต้องรู้ว่าธาตุหรือสารประกอบนั้น ๆ มีอยู่ในสารประกอบหรือวัตถุดิบตัวใด
3. ต้องดูตารางแสดงน้ำหนักอะตอมของวัตถุดิบเป็น (ตารางธาตุ)
4. ต้องมีความรู้เกี่ยวกับคำต่าง ๆ ต่อไปนี้

4.1 น้ำหนักโมเลกุล (molecular or formula weight) หมายถึงน้ำหนักของสารประกอบทางเคมี 1 โมเลกุล หรือเท่ากับน้ำหนักของจำนวนอะตอมใน 1 โมเลกุล

4.2 น้ำหนักของสูตรเคลือบ 1 สูตร (formular batch weight) เช่น ส่วนผสมของเคลือบสูตรหนึ่งมีดังนี้

K_2O	28.3
CaO	16.8
BaO	30.7
MgO	8.1
Al_2O_3	35.7
SiO_2	192.3
ผลรวมคือ	311.9

formula batch weight ของเคลือบสูตรนี้คือ 311.9

4.3 ส่วนผสมของวัตถุดิบ (recipes) ส่วนมากจะมีหน่วยเป็นกรัม กิโลกรัม

4.4 ส่วนผสมที่เป็นผลวิเคราะห์ทางเคมี ส่วนมากนิยมคิดว่าเป็นร้อยละ

ขั้นตอนการคำนวณส่วนผสมของออกไซด์ เป็นสูตรเอมไพริคัล

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินดอร์นิช ที่ผู้วิจัยใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองมีดังนี้

SiO_2	ร้อยละ	71.10
Al_2O_3	ร้อยละ	16.82
Fe_2O_3	ร้อยละ	0.16
CaO	ร้อยละ	1.60
MgO	ร้อยละ	0.05
K_2O	ร้อยละ	6.57
Na_2O	ร้อยละ	2.29
CaF_2	ร้อยละ	0.50
L.O.I.	ร้อยละ	1.25

ขั้นตอนที่ 1 หาจำนวนโมลของออกไซด์แต่ละตัว โดยการนำน้ำหนักโมลหารด้วยน้ำหนักของออกไซด์แต่ละตัว

ตาราง 3 แสดงการหาจำนวนโมลของออกไซด์

ส่วนประกอบของหินดอร์นิช	น้ำหนักออกไซด์ / น้ำหนักโมเลกุล	จำนวนโมล
SiO_2	71.10 / 60.10	1.183
Al_2O_3	16.82 /101.94	0.164
CaO	1.60 / 56.08	0.028
K_2O	6.57 / 94.20	0.069
Na_2O	2.29 / 61.98	0.036
CaF_2	0.50 / 78.08	0.006
MgO	0.05 / 40.3	0.001

ขั้นตอนที่ 2 นำออกไซด์แต่ละตัวมาเรียงตามกลุ่ม รวมจำนวนโมลของออกไซด์กลุ่มต่าง (RO, R_2O) ให้เท่ากับ 1

0.028 CaO	0.164 Al_2O_3	1.183 SiO_2
0.069 K_2O	0.001 Fe_2O_3	
0.036 Na_2O		
0.001 MgO		
0.006 CaF_2		
0.140		

ทำจำนวนโมลของออกไซด์กลุ่มต่างให้เท่ากับ 1 โดยเอา 0.140 หารจำนวนโมลทุกตัว

0.20 CaO	1.171 Al_2O_3	8.450 SiO_2
0.492 K_2O	0.007 Fe_2O_3	
0.257 Na_2O		
0.007 MgO		
0.042 CaF_2		

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตัด MgO ออก เนื่องจากในดินมีแร่จำนวนน้อยมาก และตัด Fe_2O_3 ออก เนื่องจากต้องการเนื้อดินที่มีความขาว เช่น CaO และ CaF_2 นำมารวมกัน จะได้สูตรดังนี้

0.242 ($CaO+CaF_2$)	1.171 Al_2O_3	8.450 SiO_2
0.492 K_2O		
0.257 Na_2O		
0.991		

ทำกลุ่มต่างให้เท่ากับ 1 โดยนำ 0.991 หารจำนวนโมลทุกตัว จะได้สูตรเอมไพริคัลดังนี้

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อได้จำนวนโมลของวัตถุดิบแต่ละตัวแล้ว แยกดูว่าวัตถุดิบแต่ละตัวประกอบด้วยสารอะไรบ้าง จำนวนเท่าไร โดยดูจากสูตรของวัตถุดิบนั้น ๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงการคำนวณค่าวัตถุดิบโดยใช้การแทนค่า

วัตถุดิบ	K_2O 0.496	Na_2O 0.259	CaO 0.244	Al_2O_3 1.181	SiO_2 8.526
0.496 โปแตสเฟลสปาร์ ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$)	0.496	-	-	0.496	2.976
	-	0.259	0.244	0.685	5.550
0.259 โซดาเฟลสปาร์ ($Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$)	-	0.259	-	0.259	1.554
	-	-	0.244	0.426	3.996
0.244 หินปูน ($CaCO_3$)	-	-	0.244	-	-
	-	-	-	0.426	3.996
0.246 ดินขาว ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$)	-	-	-	0.426	0.852
	-	-	-	-	3.144
3.144 หินเขี้ยวหนุมาน (SiO_2)	-	-	-	-	3.144
	-	-	-	-	-

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาน้ำหนักส่วนผสม โดยนำจำนวนโมลวัตถุดิบคูณกับน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบนั้น

ตาราง 5 แสดงการหาน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	จำนวนโมล x น้ำหนักโมเลกุล	น้ำหนักส่วนผสม (กรัม)
โปแตสเฟลสปาร์	0.496 x 556.80	276.172
โซดาเฟลสปาร์	0.359 x 254.50	135.845
หินปูน	0.244 x 100.10	24.424
ดินขาว	0.426 x 258.09	109.946
หินเขี้ยวหนุมาน	3.144 x 60.10	188.954
	น้ำหนักรวม	735.341

ตาราง 6 แสดงการคำนวณวัตถุดิบโดยคิดค่าเป็นร้อยละของส่วนผสม

วัตถุดิบ	$\frac{\text{น้ำหนักส่วนผสม}}{\text{ผลรวมน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด}} \times 100$	ร้อยละส่วนผสม (กรัม)
โปแตสเฟลสปาร์	$\frac{276.172}{735.341} \times 100$	37.556
โซดาเฟลสปาร์	$\frac{135.845}{735.341} \times 100$	18.473
หินปูน	$\frac{24.424}{735.341} \times 100$	3.321
ดินขาว	$\frac{109.946}{735.341} \times 100$	14.951
หินเขี้ยวหนุมาน	$\frac{188.154}{735.341} \times 100$	25.596
	น้ำหนักรวม	99.997

ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทดแทนหินดอร์นิชจากการคำนวณมีดังต่อไปนี้

โปแตสเฟลสปาร์	ร้อยละ	37.56
โซดาเฟลสปาร์	ร้อยละ	18.47
หินปูน	ร้อยละ	3.32
ดินขาว	ร้อยละ	14.95
หินเขี้ยวหนุมาน	ร้อยละ	25.70

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดลองอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช โดยใช้สูตรที่คำนวณได้เป็นสูตรมาตรฐาน แล้วให้ค่าของวัตถุดิบกลุ่มด่างเป็นค่าคงที่ได้เพิ่มและลดเฉพาะกลุ่มกลางและกลุ่มกรด อัตราส่วนผสมละ 0.1 จำนวนอย่างละ 5 อัตราส่วนผสม ทั้งหมดรวม 10 อัตราส่วนผสมรวมทั้งอัตราส่วนผสมที่คำนาณได้ด้วย สาเหตุที่ผู้วิจัยได้เลือกปรับเฉพาะอัตราส่วนผสมของกลุ่มกลางและกลุ่มกรดเนื่องจากมีวัตถุดิบจำนวนน้อย สะดวกในการควบคุมตัวแปร และวัตถุดิบทั้ง 2 กลุ่มนี้เป็นวัตถุทนไฟ ดังนั้นค่าที่เปลี่ยนจะมีผลทำให้การหลอมตัวของวัตถุดิบเปลี่ยนแปลงด้วย สูตรที่ปรับได้แก่สูตรเอ็มไพริคัลดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1

0.496 K_2O 1.181 Al_2O_3 8.526 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

สูตรที่ 2

0.496 K_2O 1.281 Al_2O_3 8.426 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

สูตรที่ 3

0.496 K_2O 1.381 Al_2O_3 8.326 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

สูตรที่ 4

0.496 K_2O 1.481 Al_2O_3 8.226 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

สูตรที่ 5

0.496 K_2O 1.581 Al_2O_3 8.126 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

สูตรที่ 6

0.496 K_2O 1.681 Al_2O_3 8.026 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

สูตรที่ 7

0.496 K_2O 1.081 Al_2O_3 8.626 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

สูตรที่ 8

0.496 K_2O 0.981 Al_2O_3 8.726 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

สูตรที่ 9

0.496 K_2O 0.881 Al_2O_3 8.826 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

สูตรที่ 10

0.496 K_2O 0.871 Al_2O_3 8.926 SiO_2

0.259 Na_2O

0.244 CaO

นำแต่ละสูตรไปคำนวณหาวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

5. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีหล่อพิมพ์ (slip casting)

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีหล่อพิมพ์ เป็นการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการเทน้ำดินลงในแบบซึ่งเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ความหนาของผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ ก่อตัวขึ้น เมื่อแบบที่ใช้เริ่มดูดของเหลวเข้าสู่เนื้อแบบ เนื้อผลิตภัณฑ์จะเริ่มมีความเหนียวเกาะกันและเริ่มแข็งขึ้น

เรื่อย ๆ หลังจากปล่อยให้แห้งแล้วถอดจากแบบ อบให้แห้งสนิทแล้วจึงนำไปเผาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ปรีดา พิมพ์ขาวชำ. 2532 : 110) การหล่อแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์สามารถทำได้ 2 วิธีคือ การหล่อแบบตัน (solid casting) คือการเทน้ำดินลงในแบบปูนปลาสเตอร์ให้เต็ม แล้วปล่อยให้น้ำดินแห้งได้ผลิตภัณฑ์แข็งตัวในแบบ อีกวิธีหนึ่งคือ การหล่อแบบกลวง (drain casting) คือการทำโดยเทน้ำดินลงไปในแบบให้เต็ม และปล่อยให้อยู่ในแบบช่วงระยะเวลาหนึ่งจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาตามที่ต้องการ แล้วระบายน้ำดินออกจากแบบ ความหนาของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับเวลาในการหล่อ ถ้าเวลายิ่งมากความหนายิ่งเพิ่มขึ้น (ดนัย อารยะพงษ์. ม.ป.ป. : 2)

น้ำดิน ที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ ประกอบด้วย ดิน และวัสดุอื่น ๆ ซึ่งกระจายลอยตัวอยู่ในน้ำ น้ำในน้ำดินควรจะมีปริมาณต่ำเท่าที่จะเป็นได้ แต่น้ำดินก็ต้องมีการไหลตัวดี การที่จะทำให้น้ำดินมีคุณสมบัติเช่นนี้ จะต้องนำสารเคมีซึ่งมีคุณสมบัติช่วยทำให้กลุ่มดินมีการกระจายและลอยตัวได้ดีใส่ลงไปช่วยน้ำดินที่ใช้ในการเทแบบชนิดมีการเทน้ำดินที่เหลือทิ้งควรมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.65 ถึง 1.80 ส่วนน้ำดินที่ใช้ในการเทแบบชนิดให้น้ำดินแข็งอยู่ในแบบเลย ควรมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.75 และ 1.95 (ปรีดา พิมพ์ขาวชำ. 2532 : 135) การผสมดินกับน้ำเพียงอย่างเดียวไม่ถือว่าเป็นน้ำดินที่ดีน้ำดินที่ดีจะขึ้นอยู่กับจำนวนน้ำที่พอเหมาะ เนื้อดินจะลอยตัวได้ดี แต่ถ้าใส่น้ำมากจนเกินไปดินนั้นจะเหลวมาก เมื่อเมื่อเทลงแบบพิมพ์จะทำให้การหล่อช้า ดินตกตะกอน รอกาสแตกมีมากขึ้น ในทางปฏิบัติที่จะทำให้ดินเกิดการลอยตัวได้ดี ต้องใช้น้ำผสมปริมาณน้อยแล้วใช้โซเดียมซิลิเกตเติมลงไปด้วยจะทำให้ดินเกิดการลอยตัวได้ดีขึ้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 85) ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำดินจะอยู่ระหว่างร้อยละ 30-35 โดยน้ำหนักของดิน แล้วเติมโซเดียมซิลิเกตผสมลงไปประมาณร้อยละ 15 ถึง .35 ก็จะทำให้ดินเกิดการลอยตัวได้ดี (Rhodes. 1972 : 30)

การเตรียมน้ำดินสำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ สามารถเตรียมได้หลายวิธีคือ การผสมเนื้อดินปั้นที่เตรียมเรียบร้อยแล้วจากเครื่องเตรียมดิน (filter press) โดยใช้น้ำและปริมาณของสารที่ช่วยให้น้ำดินเกิดการกระจายและลอยตัวที่พอเหมาะ วิธีนี้ใช้กันมากเนื่องจากสามารถลดปริมาณซัลเฟตได้มาก อีกวิธีหนึ่งคือ กวนผสมวัตถุดิบแต่ละชนิดโดยตรงในน้ำและเติมสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายและลอยตัวลงไป น้ำดินจะต้องนำมาร่อนผ่านตะแกรง และผ่านเครื่องแยกเหล็ก วิธีนี้ประหยัดแต่การควบคุมขบวนการลำบากกว่า (ดนัย อารยะพงษ์.

ม.ป.ป. : 1)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เตรียมน้ำดินโดยการใส่วัตถุดิบต่าง ๆ พร้อมกับน้ำเติมสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายและลอยตัวลงไปในหม้อบดและบดแบบเปียกช่วงระยะเวลาหนึ่ง นำมาผ่านเครื่องแยกเหล็ก โดยที่เครื่องแยกเหล็กเป็นเครื่องมือที่อาศัยกำลังไฟฟ้า เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นแม่เหล็กโดยผ่านกริต (grid) ออกไซด์ของเหล็กที่ผสมอยู่ในเนื้อดินปั้นออกจากเนื้อดิน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาว หากไม่ผ่านเครื่องแยกเหล็กถ้าในเนื้อดินมีเหล็กออกไซด์ผสมอยู่จำนวนมาก เมื่อนำไปเผาสีผลิตภัณฑ์จะไม่ขาว (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 180)

คุณภาพของการหล่อพิมพ์ ผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพดีเพียงไร กรรมวิธีการขึ้นรูปมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง การทดสอบคุณสมบัติของการหล่อพิมพ์สามารถทดสอบได้ดังต่อไปนี้ (ดนัย อารยะพงษ์. ม.ป.ป. : 19-20)

1. อัตราการหล่อแบบ (rate of cast) วัดโดยการเทน้ำดินลงในแบบเป็นเวลาต่าง ๆ กัน เช่น 16 นาที 25 นาที 36 นาที เป็นต้น หลังจากเทน้ำดินออกแล้วปล่อยน้ำทิ้งไว้ในแบบนาน 15 นาที แล้วถอดผลิตภัณฑ์ออก วัดความหนาโดยเวอร์เนียร์ ความหนาที่ได้คือ อัตราการหล่อแบบ

2. คุณภาพของการเทแบบ (drain) การเทแบบที่ดีจะต้องเร็วและผิวสะอาด ไม่มีน้ำดินบางส่วนติดอยู่ที่ผิวของแบบ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องมีความหนาสม่ำเสมอ

3. ความแน่นของแบบ (firmness of cast) หลังจากเทน้ำดินออกและอยู่ในตำแหน่งของการเทแบบเป็นเวลา 15 นาที ใช้นิ้วมือกดที่ผนังข้างในหรือดึงดินส่วนที่เกินจากแบบมานวดดูสังเกตความแข็งหรืออ่อนของเนื้อดิน

6. น้ำเคลือบและการเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา

น้ำเคลือบ (glaze) คือสารประกอบของซิลิเกตผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายซึ่งเรียกว่า ฟลักซ์ อาจมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วย เพื่อทำให้เกิดสีและทึบในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบจนถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลาย น้ำเคลือบจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเหมือนแก้วบาง ๆ ฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 1)

วัตถุประสงค์ของการเคลือบ เคลือบเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเพิ่มความสวยงามให้แก่ผลิตภัณฑ์ ช่วยให้ทำความสะอาดง่าย ช่วยปิดบังผิวดินได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีความแข็งแกร่งและคงทนถาวรเป็นพิเศษ การเคลือบมีวัตถุประสงค์ คือ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 95)

1. เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้ของเหลวและก๊าซไหลผ่านได้
2. เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ให้มีความแข็งแกร่งทนต่อการกัดกร่อนต่าง ๆ
3. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกลี้ยงเกลา สะอาด และง่ายต่อการทำความสะอาดและรักษา
4. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม น่าใช้ และปิดบังผิวดินได้ดี
5. การเคลือบช่วยให้เพิ่มความต้านทานต่อการกระแทกเสียดสีได้ดี

การเตรียมน้ำเคลือบ การเตรียมเคลือบ หมายถึง การนำวัตถุดิบต่าง ๆ ตามสูตรมาชั่ง ตวง ผสมเข้าด้วยกัน แล้วนำไปบดในหม้อบด หรือโกร่ง ก่อนการนำวัตถุดิบมาชั่งควรนำวัตถุดิบมาผ่านตะแกรงร่อนเสียก่อน จะทำให้ประหยัดเวลาในการบดน้อยลง ขนาดของตะแกรงร่อนควรประมาณ 120-200 เมช (mesh) หรือขนาด 80 เมช ก็ได้ ปัจจุบันวัตถุดิบที่ขายในท้องตลาดมีความละเอียดตั้งแต่ 325 เมชขึ้นไป นับว่าสะดวกสบาย (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 112) สำหรับขนาดของเครื่องบดที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้บดผสม ซึ่งมีหลายขนาดเช่น โกร่งบด เป็นเครื่องมือที่ค่อนข้างหาง่าย ราคาไม่แพง ใช้กำลังคนในการบด ทำด้วยเนื้อพอร์สเลน มีขนาดปากกว้าง 6 นิ้ว 10 นิ้ว และ 12 นิ้ว เหมาะสำหรับวัตถุดิบที่มีจำนวนน้อย ส่วนวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมหากมีจำนวนมากควรบดด้วยหม้อบด ซึ่งมีหลายขนาด สามารถบรรจุได้ตั้งแต่ 1/2 กิโลกรัม จนถึง 100 กิโลกรัม เป็นหม้อบดที่ทำจากเนื้อพอร์สเลนเช่นกัน (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 67)

การเคลือบผลิตภัณฑ์ การเคลือบผลิตภัณฑ์ควรเลือกใช้วิธีที่เหมาะสม คือ ทำได้รวดเร็ว สะดวก และได้ผลดี ซึ่งมีวิธีการเคลือบที่นิยมใช้กันทั่วไปดังต่อไปนี้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 70-72)

1. เคลือบด้วยวิธีชุบหรือจุ่ม (dipping) การเคลือบด้วยวิธีนี้ทำได้รวดเร็วและง่ายกว่าวิธีอื่น เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบาและสามารถยกได้ โดยการเอาผลิตภัณฑ์จุ่มลงในน้ำเคลือบที่เตรียมไว้แล้ว ซึ่งน้ำเคลือบจะต้องมีจำนวนมากพอที่จะจุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งใบได้ เป็นวิธีการที่ประหยัดและนิยมใช้มาก

2. เคลือบด้วยวิธีเทหรือราด (pouring) วิธีนี้ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น โอ่ง หรือแจกันใหญ่ ๆ ซึ่งไม่สามารถจุ่มลงในอ่างน้ำเคลือบที่ไม่ค่อยเรียบนัก เนื่องจากรอยต่อระหว่างการเทราดแต่ละครั้ง

3. เคลือบด้วยวิธีทา (painting) วิธีนี้ใช้แปรงหรือพู่กันทา ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ทางด้านศิลปะที่ต้องการความหลากหลายของสี

4. เคลือบด้วยวิธีพ่น (spraying) เป็นวิธีที่ทำให้ได้เคลือบที่สม่ำเสมอ น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบด้วยวิธีนี้ต้องผสมให้ใสกว่าการเคลือบด้วย 3 วิธีแรกที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อสะดวกในการพ่น ถ้าน้ำเคลือบมีความเข้มข้นมากจะทำให้พ่นไม่ออก วิธีการเคลือบนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ เวลาพ่นเคลือบควรพ่นในตู้พ่น เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นเคลือบฟุ้งกระจาย

วิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์มีอยู่หลายวิธีดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งจะเลือกใช้วิธีการใดต้องขึ้นอยู่กับประเภทและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะเคลือบ แต่สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการชุบหรือจุ่ม เพราะเป็นวิธีที่ประหยัดและรวดเร็ว เหมาะกับผลิตภัณฑ์ทดลองซึ่งมีขนาดเล็ก

7. อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่อการหลอมละลายของเนื้อดินปั้นและวัตถุดิบในเนื้อดินปั้น

การหลอมละลาย หมายถึง ลักษณะของเนื้อดินปั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีและฟิสิกส์ เมื่อเนื้อดินปั้นได้รับความร้อนตามอุณหภูมิที่กำหนด ลักษณะของเนื้อดินปั้นที่เกิดขึ้นเมื่อมีการหลอมละลายนั้น เนื้อดินจะสุกตัว ความแข็งสูง ผิวเรียบเป็นมัน และมีลักษณะคล้ายแก้ว เคลือบที่ผิวของเนื้อดิน ปฏิกริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในขณะที่เนื้อดินปั้นเกิดการหลอมละลายนั้นสามารถแบ่งเป็นช่วงปฏิกริยาได้ดังนี้ (ศุภกา ดอกไม้. 2535 : 32-35)

7.1 การอบแห้งที่สมบูรณ์ ขั้นตอนนี้จะเป็นการขจัดความชื้นที่อยู่บนผิวของอนุภาคในเนื้อดินปั้น ที่ยังคงหลงเหลืออยู่หลังจากการปล่อยหรืออบผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปใหม่ให้แห้ง ซึ่งน้ำจะเริ่มระเหยตั้งแต่อุณหภูมิ 100-150 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้งสนิทที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้ำนอกโมเลกุลของดินจะระเหยออกไปหมด ซึ่งตามปกติดินจะมีน้ำอยู่ 2 ชนิด คือ น้ำในโมเลกุล ได้แก่ น้ำที่เป็นโครงสร้างของโมเลกุลของดินและน้ำนอกโมเลกุล ซึ่งเป็นน้ำที่ช่วยให้ดินเกิดความเหนียว การเผาในช่วงนี้ถ้าหยุดการเผาแล้วยังสามารถนำดินไปผสมน้ำให้

ดินยุ่ยตัว และมีความเหนียวเหมือนอย่างเดิมได้

7.2 การเผาไหม้พวกอินทรีสารและการขจัดน้ำในดิน ดินทุกชนิดจะมีอินทรีสารเจือปนอยู่ในรูปของลิกไนท์เสมอ อินทรีสารเหล่านี้จะเกิดการเผาไหม้รวมตัวกับออกซิเจนตั้งแต่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และเมื่อถึงอุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ดินจะเริ่มสูญเสียน้ำในโครงสร้างของโมเลกุล ทำให้เกิดความแข็งและไม่สามารถยุ่ยตัวได้อีกต่อไป โครงสร้างของผลึกจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเมตะเกาลิน (metakaolin) ที่มีโครงสร้างจาก $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ เปลี่ยนไปเป็น $Al_2O_3.2SiO_2$ ที่ทำให้เกิดการหดตัว และมีรูพรุนเกิดขึ้นในโครงสร้าง หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงเนื่องจากมีการเรียงตัวใหม่ของอะตอมในหนึ่งหน่วย จนกระทั่งอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียสโมเลกุลของน้ำจึงถูกขจัดออกไปหมด อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะเกิดการประสานเนื้ออนุภาคเข้าด้วยกัน การพรุนตัวจะลดน้อยลงอีกเรื่อย ๆ ถ้าหากดำเนินการเผาต่อไป อนุมูลของคาร์บอเนตและซัลเฟตจะสลายตัวออก สีของดินจะเปลี่ยนไป น้ำหนักลดลงและขนาดเล็กลงด้วย

7.3 การเปลี่ยนแปลงของหินเชื้ยวหนุมาน หินเชื้ยวหนุมานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของซิลิกาในช่วงอุณหภูมิ 560-580 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการขยายตัวออก มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการขยายตัวเช่นกัน และหลังจากนั้นจะหดตัวไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดสุกตัว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ควอตซ์อินเวอร์ชั่น (quartz inversions) และที่อุณหภูมิ 980 องศาเซลเซียส ในเนื้อดินจะมีการจัดเรียงตัวขึ้นใหม่เกิดเป็นผลึกรูปเข็ม (spinal) เป็นมูลไลท์ขนาดเล็ก ๆ

7.4 การเกิดแก้ว เฟลสปาร์เมื่อเผาถึงอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส จะมีแก้วเกิดขึ้น แก้วนี้จะเกิดตามบริเวณรอบอนุภาคของหินฟันม้าซึ่งผสมกับเนื้อดิน นอกจากนี้แก้วอาจเกิดจากการหลอมตัวของไมก้า ซึ่งเจือปนมากับดิน เมื่อเผาสูงขึ้นไปอีกปริมาณจะมากขึ้น เฟลสปาร์จะหลอมบริเวณที่มีข้อบกพร่อง เช่น รอยแตกร้าว ดังนั้น เฟลสปาร์ส่วนที่เป็นของแข็งก็จะเล็กลง เมื่ออุณหภูมิสูงมากขึ้นเฟลสปาร์จะหลอมตัวหมดเกิดเป็นแก้วขึ้นในเนื้อดิน ซึ่งตามทฤษฎีที่จะเกิดแก้วคือ อุณหภูมิ 1,550 องศาเซลเซียส แต่ที่เป็นเช่นนี้เพราะมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ในเนื้อดินนั้น เช่น การแพร่ตัวของพวกอัลคะไลน์ การละลายของดินและหินเชื้ยวหนุมานในเนื้อแก้วจะขึ้นอยู่กับขนาดของดินและหินเชื้ยวหนุมาน ซึ่งถ้ามีขนาดเล็กก็อาจละลายได้หมดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

7.5 การเกิดมูลไลท์ มูลไลท์ที่มีผลึกรูปเข็มเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ

7.5.1 มูลไลท์ที่เกิดจากการแยกผลึกออกมาจากดิน ซึ่งมีขนาดของผลึกเล็กมาก

7.5.2 มูลไลท์ที่เกิดจากการตกผลึกออกมาของเฟลสปาร์หรือหินเขี้ยวหนุมาน มูลไลท์จะละลายได้ดีในเนื้อแก้วที่มีซิลิกาสูง

การเกิดผลึกรูปเข็มมูลไลท์ในเนื้อดินปั้นจะมีส่วนช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแกร่ง ผลึกรูปเข็มนี้จะฝังตัวอยู่ในเนื้อแก้ว ทำตัวเปรียบเสมือนเป็นเหล็กเส้นในคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้น การพัฒนามูลไลท์ให้เกิดขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็น อัลคะไลน์จะช่วยให้มูลไลท์สลายตัวเป็นอลูมินาและแก้วได้ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ปฏิกิริยาจะช้าลงหรือหยุดได้เมื่อมีซิลิกามากเกินพอ

7.6 การหดรัดตัวทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่น ความพรุนตัวของผลิตภัณฑ์มีน้อยที่สุดระหว่างอุณหภูมิ 1,100-1,200 องศาเซลเซียส และจะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของรูพรุนนี้เกิดจากก๊าซซึ่งมาจากน้ำ คาร์บอเนต และซัลเฟต หรือเกิดจากการเผาไหม้ของคาร์บอน รูพรุนที่กล่าวนี้จะซ่อนตัวอยู่ภายในเนื้อของผลิตภัณฑ์ ไม่เชื่อมต่อถึงภายนอก ส่วนรูพรุนอีกชนิดหนึ่งเกิดจากพวกฟองอากาศที่ถูกกักอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ปั้นเสร็จใหม่ ๆ และเชื่อมต่อกับภายนอกได้ ในระหว่างการเผาไม่อาจเชื่อมรูยงรูพรุนเหล่านี้ให้ปิดสนิทได้ แต่สามารถลดรูพรุนชนิดนี้ลงได้ด้วยการควบคุมสภาวะการเผาให้ช้าลง ซึ่งจะทำให้เนื้อแก้วที่เกิดขึ้นประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และเกิดความตึงผิวของเนื้อแก้วที่พยายามทำตัวให้มีพื้นผิวน้อยที่สุดจนทำให้เกิดมีความดันภายใน และทำให้ก๊าซที่อยู่ในรูพรุนเชื่อมรูยงถึงด้านนอกถูกขจัดออกมาได้ง่าย โดยการเคลื่อนตัวออกมาตามรูพรุนที่มีระบบคล้ายหลอดที่เป็นรูเข็มเล็ก ๆ ส่วนก๊าซที่ซ่อนอยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์จะถูกขจัดออกมาโดยการแพร่ออกมาทางเนื้อแก้วเท่านั้น

7.7 การเสียรูประหว่างทำการเผา เนื้อผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นแก้ว คือ เนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเนื้อแก้วสูง มีแนวโน้มจะเสียรูปได้ง่ายระหว่างทำการเผาที่จุดสุกตัว ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากน้ำหนักตัวของผลิตภัณฑ์เอง การแก้ปัญหานี้โดยการรองรับผลิตภัณฑ์ให้ดีก่อนนำเข้าเตาเผา การยุบตัวของผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะการเคลื่อนตัวของของที่มีความเหนียว ซึ่งเกิดจากการย้อนตัวของเนื้อแก้ว เป็นการยากที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูพรุนน้อยและมีความแข็งแรงสูง ฉะนั้นการแก้ปัญหาการสูญเสียระหว่างการเผาที่ดีที่สุด คือ การรองรับผลิตภัณฑ์ที่ดี

8. เตาและการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา

เตาเผา (kiln) เป็นเครื่องมือที่ให้ความร้อน ควบคุมความร้อน การกระจายความร้อน ซึ่งจะต้องมีการศึกษาและออกแบบให้ถูกหลักวิชาการ สามารถเผาให้อุณหภูมิสูง รวมทั้งประหยัดและปลอดภัย เตาเผาจึงเป็นเครื่องมือที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้การเผาเครื่องปั้นดินเผามีคุณภาพดี เตาเผาจึงแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2524 : 11)

1. แบ่งตามประเภทการใช้งานของเตา
2. แบ่งตามประเภททางเดินลมร้อน
3. แบ่งตามลักษณะของเปลวไฟ
4. แบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอเฉพาะเตาเผาเครื่องเคลือบดินเผาที่แบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิง คือ เตาแก๊ส เนื่องจากเป็นเตาที่สามารถเผาได้อุณหภูมิสูงและสามารถเผาได้สองบรรยากาศคือบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นและบรรยากาศแบบรีดักชั่นครั้งเดียวกันได้

เตาแก๊ส ปัจจุบันนับว่าเป็นเตาที่กำลังนิยมในหมู่บรรดาผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา สามารถเผาในอุณหภูมิสูง มีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย นอกจากนี้ยังสามารถเผาได้ทั้งบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นและแบบรีดักชั่น แบบของเตาแก๊สที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 แบบ ดังนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 33)

1. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น (up draft kiln) เป็นเตาแก๊สที่ไม่มีปล่องไฟ แต่จะมีช่องระบายความร้อน ทำหน้าที่แทนปล่องไฟอยู่ที่ตอนบนของเตา ความร้อนจะผ่านแผ่นรองชนิดทนไฟสูง โดยไม่ผ่านผลิตภัณฑ์โดยตรง แผ่นรองนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี และช่วยเฉลี่ยความร้อนให้แผ่ไปทั่วทั้งเตาอย่างสม่ำเสมอ เตาชนิดนี้นิยมออกแบบเป็นรูปสี่เหลี่ยม มีทั้งชนิดเปิดหน้าและเปิดด้านบน เป็นเตาที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก จึงเหมาะสำหรับงานทดลองและงานวิจัยต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

2. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง (down draft kiln) เป็นเตาแก๊สที่ออกแบบสร้างให้มีขนาดใหญ่ สามารถเผาผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมาก ๆ การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาจะใช้รถเข็น ซึ่งทำให้สะดวกและคล่องตัว ถ้าต้องการเพิ่มผลผลิตก็จะเพิ่มรถไว้สำรองอีก สามารถ

เผาติดต่อกันได้ เตาชนิดนี้จะต้องสร้างให้มีปล่องเตา ซึ่งจะช่วยให้การเผาไหม้หรือสันดาปได้ดียิ่งขึ้น เตาแบบทางลมร้อนลงนี้จะให้อุณหภูมิในการเผาสูงมาก และสม่ำเสมอทั่วทั้งเตา จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์

การเผาผลิตภัณฑ์ (firing) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของขบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะดีหรือไม่เพียงใด จะสวยงามมากน้อยเพียงใด หรือมีคุณค่ามากน้อยเท่าใด ก็จะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ์นี้ทั้งสิ้น การเผาผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้คือ การเผาดิบ (biscuit firing) และการเผาเคลือบ (glost firing) (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 152)

การเผาดิบ หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ปั้นแต่งและผึ่งให้แห้งดีแล้วมาทำการเผา เพื่อให้คงรูปร่างอยู่ได้และป้องกันการเสียหายในการนำไปดำเนินการขั้นต่อไป การเผาดิบอาจทำได้ 2 วิธี (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 154) ดังนี้

1. เผาดิบที่อุณหภูมิสูงแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำ ในกรณีที่ใช้น้ำเคลือบที่มีจุดหลอมละลายต่ำ จำเป็นต้องใช้วิธีนี้เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีความแข็งแกร่ง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาสูงหรือต่ำ เป็นไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์

2. เผาดิบที่อุณหภูมิต่ำแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 700 ถึง 800 องศาเซลเซียส

การเผาเคลือบ เป็นการเผาที่ทำให้น้ำเคลือบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ไว้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน มีผิวเรียบ ด้าน หรือมันแวววาว ตามแต่ชนิดของเคลือบ มีความแข็ง และสามารถทนต่อกรดและด่างได้ดี การเผาเคลือบจะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นอาจเกิดการเสียหายได้ เช่น เผาไฟเกิน (overfire) ทำให้เคลือบไหลมาก อาจไหลติดพื้นเตาหรือชั้นรอง ยากแก่การเอาออกทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนดไว้ (underfire) มีผลให้เคลือบไม่เป็นมันเท่าที่ควร การเผาเคลือบที่ดีควรให้อัตราการเผาอยู่ในช่วง 100-150 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง แต่ถ้าผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่ค่อนข้างหนาควรยืดเวลาในการเผาให้ช้ากว่านี้ การเผาเคลือบไม่ควรเร่งการเผาให้เร็วเกินไป การเผาที่ใช้รคนเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมินั้น ภายหลังจากที่รคนล้มแล้วควรเผาแช่ไว้ (soaking peroide) อีกประมาณครึ่งชั่วโมงจะทำให้การเผาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น การปิดเตาหลัง

การเผาเคลือบได้ที่แล้ว ควรปล่อยเตาทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกเสียหาย (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 152-157)

บรรยากาศในการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา การเผาเครื่องเคลือบดินเผาโดยใช้บรรยากาศที่แตกต่างกัน จะมีผลให้สีของเนื้อดินและสีของน้ำเคลือบที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน ในการเผาเครื่องเคลือบดินเผาจะมีการเผาอยู่ 2 แบบ คือ แบบรีดักชั่น และแบบออกซิเดชั่น การเผาจะมีบรรยากาศเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของเตาเผาและเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผา ซึ่งการเผาแต่ละแบบจะมีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

1. **การเผาแบบออกซิเดชัน** เป็นการเผาที่กระทำให้บรรยากาศในการเผาไหม้หมดจด การเผาหรือการสันดาปเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ไม่มีกลุ่มควันและเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตา เพราะออกซิเจนและเชื้อเพลิงเหมาะสมกันดี เตาเผาที่สามารถเผาบรรยากาศออกซิเดชั่นได้ดีที่สุด คือ เตาเผาไฟฟ้า

2. **การเผาแบบรีดักชัน** เป็นการเผาที่ทำให้บรรยากาศในการเผาไหม้ไม่หมดจด การเผาไหม้เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ โดยการลดอากาศหรือออกซิเจนที่ใช้ในการเผาไหม้ให้น้อยกว่าปกติ ซึ่งจะมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์และน้ำเคลือบ การเผาแบบนี้จะกระทำได้โดยใช้เตาเผาชนิดที่ใช้น้ำมัน แก๊ส และฟืน เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ (มนัส ชาอ่อน. 2527 : 18)

การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เผาเนื้อดินปั้นรบนไชนาในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นด้วยเตาแก๊ส

อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือที่จำเป็นในการวัดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีคุณภาพดี ถูกต้อง ในสมัยรบราณ ใช้การสังเกตสีของไฟ หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์โดยการคาดคะเนด้วยสายตา ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญพิเศษ แต่ในปัจจุบันได้มีผู้คิดอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ หลายแบบ ที่ใช้วัดอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง ได้แก่ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ทุ่นวัดไฟ เครื่องมือวัดความร้อนโดยการเปรียบเทียบสีไฟ เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 107)

ทุ่นวัดไฟ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตา การใช้ก็ง่ายและสะดวก ผู้ที่คิดทำทุ่นวัดไฟเป็นครั้งแรก ได้แก่ ชาวเยอรมันชื่อ เซ็กเกอร์ จึงตั้งชื่อตามผู้คิดค้นว่า เซ็กเกอร์โคน โดยนำเอาวัตถุดิบผสมกับฟลักซ์ ทำเป็นแท่งสามเหลี่ยมทรงคล้ายปิรามิด ซึ่งสามารถวัด

อุณหภูมิได้ตั้งแต่ต่ำไปจนสูง

ทุ่นวัดไฟที่ใช้กันโดยทั่วไปเป็นขนาดมาตรฐาน ซึ่งมีหมายเลขต่างกันถึง 60 หมายเลข แต่ละหมายเลขจะมีจุดหลอมตัวต่างกันเป็นลำดับ คือ 10, 20 หรือ 30 องศาเซลเซียส ที่ข้างตัวทุ่นวัดไฟจะมีหมายเลขกำกับไว้ เพื่อใช้เปรียบเทียบเป็นองศาอุณหภูมิได้จากตาราง (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 185)

การใช้ทุ่นวัดไฟที่ถูกต้องนั้นจะใช้ครั้งละ 3 ตัว เรียงตามลำดับอุณหภูมิบนแท่งดิน โดยทำมุมเอียง 82 องศา การอ่านโคนจะยึดตัวกลางเป็นหลักและเป็นตัวอุณหภูมิที่ต้องการ การเผาที่ถูกต้องโคนจะล้มตามเข็มนาฬิกา ตัวแรกจะล้มราบ ตัวที่สองจะเอียงทำมุมประมาณสองนาฬิกา ตัวที่สามจะเอียงประมาณหนึ่งนาฬิกา เป็นต้น นอกจากนี้แล้วการวางทุ่นวัดไฟควรวางในส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และควรวางให้สามารถมองเห็นได้ง่าย (สมศักดิ์ วังศิริกุล. 2534 : 40)

ภาพประกอบ 2 แสดงการวางทุ่นวัดไฟและการล้มของทุ่นวัดไฟ

ตารางทุ่นวัดไฟ

ของเซกเกอร์

ตาราง 7 แสดงหมายเลขและการล้มของทุ่นวัดไฟ

No. S.K.	temp. C	No. S.K.	temp. C
022	600	8	1,250
021	650	9	1,280
020	670	10	1,300
019	690	11	1,320
018	710	12	1,350
017	730	13	1,380
016	750	14	1,410
015 a	790	15	1,435
014 a	815	16	1,460
013 a	835	17	1,480
012 a	855	18	1,500
011 a	880	19	1,520
010 a	900	20	1,530
09 a	920	26	1,580
08 a	940	27	1,610
07 a	960	28	1,630
06 a	980	29	1,650
05 a	1,000	30	1,670
04 a	1,020	31	1,690
03 a	1,040	32	1,710

ตาราง 7 (ต่อ)

No. S.K.	temp. C	No. S.K.	temp. C
02 a	1,060	33	1,730
01 a	1,080	34	1,750
1 a	1,100	35	1,770
2 a	1,120	36	1,790
3 a	1,140	37	1,825
4 a	1,160	38	1,850
5 a	1,180	39	1,880
6 a	1,200	40	1,920
7 a	1,230	41	1,960
		42	2,000

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ได้แก่เทอร์โมคอปเปิล ไพโรเมตริก เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการของการเกิดกระแสไฟฟ้าจากความร้อนโดยนำเอาโลหะสองชนิดที่ต่างกัน เมื่อสายโลหะทั้งคู่ได้รับความร้อนจะเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วจึงแปลงค่าเป็นอุณหภูมิปรากฏที่หน้าปัดซึ่งมีทั้งองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิและทุ่นวัดไฟควบคู่กัน เพราะทำให้ความเที่ยงตรงสูงกว่าใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนได้

9. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินมีความสำคัญมาก ทำให้สามารถจำแนกชนิดของเนื้อดิน

นั้นได้ว่าเป็นเนื้อดินปั้นชนิดไหน ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดลองคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นรบนไชนาในด้านต่าง ๆ ดังนี้

9.1 ความแข็งแรงของดิน ความแข็งแรงของดินเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกระทบหรือแรงกดที่กระทำต่อดินที่ขึ้นรูปแล้ว ดินที่มีความแข็งแรงเมื่อแห้งจะไม่เปราะแตกง่าย สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก โดยทั่วไปดินที่มีความเหนียวมากจะมีความแข็งแรงมาก เมื่อขึ้นรูปและผึ่งให้แห้ง (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532 : 186)

วิธีทดสอบความแข็งแรงของดิน

1. นำดินที่นวดผสมแล้วมาปั้นเป็นชิ้นทดลองด้วยวิธีการอัดลงในแบบพิมพ์ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาว กว้าง และหนา ตามที่กำหนดให้
2. นำชิ้นทดลองไปผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
3. นำชิ้นทดลองไปอัดให้หักโดยเครื่องมือทดสอบ (ดังภาพประกอบ 3)
4. จดแรงกดที่ทำให้ชิ้นทดลองหัก แล้วนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรงจากสูตรดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1972 : 200)

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

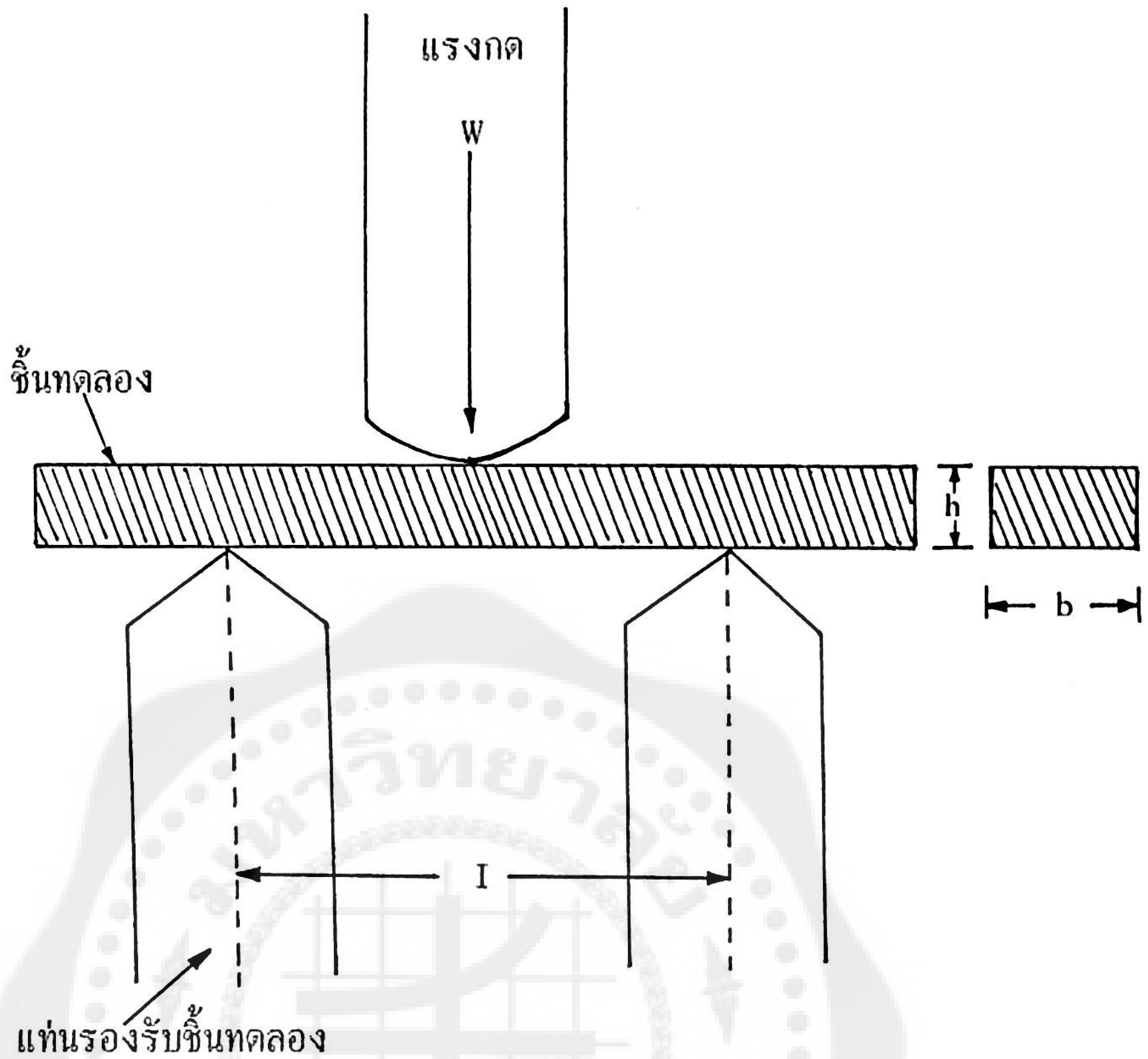
โดย R = ค่าความแข็งแรงของดิน (ก.ก./ซ.ม.^{2})

W = แรงกดที่ทำให้ชิ้นทดลองหัก (ก.ก.)

l = ระยะห่างของแท่นรองรับชิ้นทดลอง (ซ.ม.)

b = ความกว้างของชิ้นทดลอง (ซ.ม.)

h = ความหนาของชิ้นทดลอง (ซ.ม.)



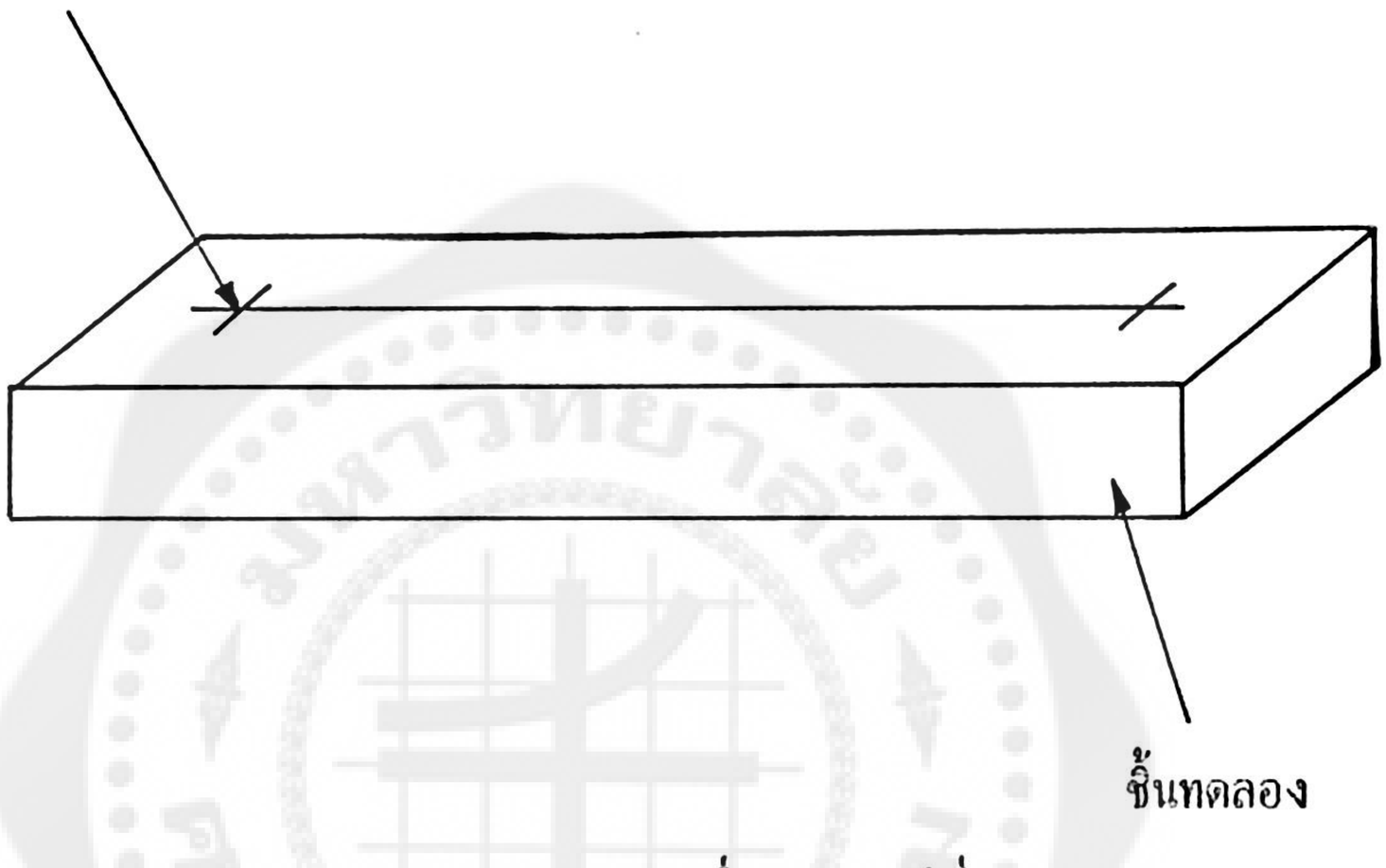
ภาพประกอบ 3 แสดงการกดน้ำหนักลงบนแท่งทดลองด้วยเครื่องมือทดสอบความแข็งแรง

9.2 การหดตัวของเนื้อดินปั้น คุณสมบัติเกี่ยวกับการหดตัวของดินมีความสำคัญ เพราะในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ๆ ถ้าดินมีการหดตัวมากก็จำเป็นที่จะต้องให้ดินนั้นแห้งอย่างช้า ๆ และแห้งอย่างสม่ำเสมอทั่วเนื้อผลิตภัณฑ์ สาเหตุที่ดินหดตัวก็เนื่องมาจากน้ำที่อยู่รอบ ๆ เนื้อดินระเหยออกไป ทำให้เนื้อดินเข้ามาติดกันจึงเกิดการหดตัว โดยปกติแล้วดินที่มีความละเอียดและเหนียวย่อมมีการหดตัวมากกว่าดินหยาบ การหดตัวของดินมีอยู่ 2 ระยะด้วยกันคือ หดตัวหลังจากการผึ่งให้แห้งหรือก่อนการเผา และการหดตัวหลังจากการเผา การหดตัวหลังจากการเผามีความสำคัญในการเผาผลิตภัณฑ์มาก เพราะถ้าดินมีค่าร้อยละของการหดตัวสูงจำเป็นจะต้องเผาผลิตภัณฑ์อย่างช้า และควบคุมอุณหภูมิให้มีความสม่ำเสมอ มิฉะนั้นผลิตภัณฑ์จะเกิดการบิดเบี้ยว หรือแตกเสียหายได้ นอกจากนี้การทดสอบหาค่าร้อยละของการหดตัวของดินทั้งก่อนเผาและหลังจากเผาแล้วยังเป็นประโยชน์ต่อการขยายแบบเพื่อจะให้ได้ผลิตภัณฑ์มีขนาดตามที่ต้องการได้อีกด้วย

วิธีทดสอบความหดตัวของดิน

1. นำดินที่เตรียมไว้ทำเป็นชิ้นทดลองเช่นเดียวกับการทดสอบความแข็งแรงของดิน แล้วทำเครื่องหมายตามด้านยาว โดยวัดจากริมของชิ้นทดลองเข้ามาด้านละเท่า ๆ กัน แล้วขีดทำเครื่องหมายไว้ดังภาพประกอบ 4

เครื่องหมายความยาวเมื่อทดสอบการหดตัว



ชิ้นทดลอง

ภาพประกอบ 4 แสดงการทำเครื่องหมายไว้ที่แท่งทดลอง

2. นำชิ้นทดลองไปผึ่งให้แห้งแล้ววัดความยาวจดบันทึกไว้

3. นำชิ้นทดลองไปเผาที่อุณหภูมิตามต้องการ

4. วัดความยาวของชิ้นทดลองหลังจากเผาแล้วจดบันทึกไว้

5. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าร้อยละของการหดตัวของดิน โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1972 : 200)

$$\text{ค่าร้อยละของการหดตัวของดินเมื่อแห้ง} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินแห้ง}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

9.3 การดูดซึมน้ำ การทดสอบหาค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ จะทำให้ทราบถึงความแตกต่างของดิน ดินที่มีการดูดซึมน้ำสูงจะมีจุดหลอมละลายสูง ทำให้สามารถเลือกดินที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผาชนิดต่าง ๆ

วิธีทดสอบการดูดซึมน้ำ

1. นำชิ้นทดลองที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกไว้

2. นำชิ้นทดลองไปต้มในน้ำรอจนกระทั่งน้ำเดือด จึงเริ่มจับเวลาแล้วต้มในน้ำเดือดต่อไปอีก 2 ชั่วโมง หยุดให้ความร้อนแก่หม้อต้ม

3. ทิ้งชิ้นทดลองไว้ในหม้อต้มอีก 24 ชั่วโมง

4. นำแท่งทดลองมาเช็ดน้ำออกด้วยผ้าแล้วนำมาชั่งน้ำหนักจดบันทึกไว้ แล้วนำข้อมูลไปคำนวณด้วยสูตรดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1972 : 200)

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

A = ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ

W = น้ำหนักของดินที่อิ่มตัว

D = น้ำหนักดินที่แห้ง

9.4 ความขาว คือลักษณะของเนื้อดินปั้นที่ไม่มีสีของเหล็กออกไซด์เจือปนอยู่ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ในการตรวจสอบใช้เกณฑ์จากสายตาของผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินความขาวของเนื้อดินโดยเปรียบเทียบจากชิ้นทดลองทุกชิ้นทดลองแล้วจึงสรุปผล

9.5 ความโปร่งแสง เป็นคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่ยอมให้แสงผ่านได้ แต่การสะท้อนกลับของแสงจะสะท้อนกลับไม่หมด ถ้านำเนื้อดินปั้นรบนไชนาส่องกับแสงสว่างโดยวางมือทาบอยู่ด้านนอกจะเห็นเงาของนิ้วมือ แต่ไม่สามารถเห็นชัดเหมือนมองผ่านกระจกใส การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านในการตรวจสอบ

9.6 ความทนไฟ เพื่อจำแนกว่าดินที่ได้ควรใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดทนไฟได้หรือไม่ โดยนำเนื้อดินปั้นไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

วิธีทดสอบความทนไฟของดิน

1. นำดินที่เตรียมไว้มาทำแท่งทดลองรูปทุ่นวัดไฟ ให้มีขนาดเท่ากับทุ่นวัดไฟขนาดใหญ่ตามมาตรฐานเซกเกอร์ แล้วผึ่งให้แห้งสนิท

2. นำแท่งทดลองที่แห้งสนิทแล้วมาวางเรียงบนแท่งดิน โดยทำมุมเอียง 82 องศา เช่นเดียวกับการวางทุ่นวัดไฟ แล้วทำรหัสไว้ด้านล่างของแท่งดิน

3. นำแท่งทดลองที่วางเรียงบนแท่งดินเข้าเตาเผา ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,230 องศาเซลเซียส สังเกตการเปลี่ยนแปลงของแท่งโคนแต่ละอัตราส่วนผสม

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศและต่างประเทศ

จรัสศรี สมบัติทวี (2514 : 7.5-7.16) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเนื้อดินปั้นโบนไชนา โดยใช้คามาโดเฟลสปาร์ และหินเขี้ยวหนุมานแทนหินคอร์นิชซึ่งมีอัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

เถ้ากระดูก	ร้อยละ	40
ดินขาวจังหวัดระนอง	ร้อยละ	20
ดินขาวปากพลี	ร้อยละ	10
หินเขี้ยวหนุมาน	ร้อยละ	5
คามาโดเฟลสปาร์	ร้อยละ	25

ผลจากการทดลองพบว่าเนื้อดินมีสีไปทางสีฟ้าหลังจากการเผา ความโปร่งแสงดี แต่ความละเอียดและความเรียบของผิวเนื้อดินเมื่อเทียบกับต่างประเทศยังน้อยกว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการผลิตคือความเหนียวของเนื้อดินปั้นน้อย ทำให้ขึ้นรูปลำบาก มีการแตกร้าวมาก ความสูญเสียในการผลิตสูงและจุดสุกตัวของเนื้อดินสั้น

วรุณี ถิรมงคล และคณะ (2535 : 18) ได้ทดลองอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นโบนไชนา อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดได้แก่

เถ้ากระดูก	ร้อยละ	47
ดินขาว	ร้อยละ	25
เฟลสปาร์	ร้อยละ	28

ได้เติมเบนโทไนต์ผสมเนื้อดินร้อยละ 0.05-2.00 ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถขึ้นรูปได้ง่ายขึ้น คุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำอยู่ในมาตรฐาน คือไม่เกินร้อยละ 2 แต่ความขาวของเนื้อดินลดลง

นอกจากนี้ยังได้ทดลองเนื้อดินปั้นโบนไชนา โดยใช้ไดแคลเซียมฟอสเฟต (dicalcium phosphate) แทนเถ้ากระดูก โดยใช้อัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

ไดแคลเซียมฟอสเฟต	ร้อยละ	47
ดินขาวนราธิวาส	ร้อยละ	25
เฟลสปาร์	ร้อยละ	28
หินเขี้ยวหนุมาน	ร้อยละ	5

กระบวนการผลิตเหมือนการผลิตเนื้อโบนไชนาที่ใช้เถ้ากระดูกเป็นส่วนผสม ผลการทดลองสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติของเนื้อดินโบนไชนาที่ทำจากไดแคลเซียมฟอสเฟต กับเนื้อดินที่เตรียมเถ้ากระดูกขึ้นมาเอง ดังต่อไปนี้

ตาราง 8 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นโบนไชนาที่ทำจากไดแคลเซียมฟอสเฟต กับเถ้ากระดูก

ชนิดของเนื้อดิน	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	การหดตัว (ร้อยละ)	ความขาวสว่าง (ร้อยละ)
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (D-10)	0.09	17.62	70.2
เถ้ากระดูก (B-10)	0.06	11.02	85.4

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เถ้ากระดูกเป็นส่วนผสมมีคุณภาพดีกว่า คือมีความขาวมากกว่ามีช่วงเผาสุกตัวยาวกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไดแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนผสมยุบตัวเสียหายง่ายกว่า คุณสมบัติทางกายภาพของ B-10 ดีกว่า D-10 จุดสุกตัวของ B-10 คือ ทุ่นวัดไฟหมายเลข 7 ประมาณ 1,210 องศาเซลเซียส แต่ D-10 จุดสุกตัวต่ำกว่าคือ ทุ่นวัดไฟหมายเลข 3 ประมาณ 1,160 องศาเซลเซียส ค่าความขาวของไดแคลเซียมฟอสเฟต หลังผ่านการเผาแล้วสูงกว่ากระดูกที่เตรียมขึ้น แต่เมื่อนำไปผลิตเป็นเนื้อดินและเผา กลับมีความขาวน้อยกว่าเนื้อดิน B-10

ซิงเกอร์ (Singer. 1960 : 457-458) ได้ทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา ซึ่งมีอัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

เถ้ากระดูก	ร้อยละ	50
ดินขาว	ร้อยละ	25
หินคอร์นิช	ร้อยละ	25

เนื้อดินที่ได้ทนต่อแรงกระแทกและทนต่อการบิ่นได้ดี เนื้อดินมีสีขาว โปร่งแสง เมื่อผสมบอลเคลย์ในส่วนผสมของเนื้อดินเล็กน้อยจะมีผลทำให้ความขาวและความโปร่งแสงลดน้อยลง สำหรับความโปร่งแสงจะมีความสัมพันธ์กับความหนาของเนื้อดิน หากเนื้อดินที่มีความหนาความโปร่งแสงจะลดน้อยลงเช่นกัน

ปิแอร์ (จรัสศรี สมบัติทวี. 2514 : 7-10; อ้างอิงมาจาก Pierre. n.d. : unpaged) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเนื้อดินปั้นโบนไชนาที่เผาแล้ว ชี้ให้เห็นว่า เนื้อดินปั้นที่เผาแล้วจะประกอบด้วยไตรแคลเซียมฟอสเฟต, อะโนไทต์ และส่วนที่เป็นแก้วซึ่งมีปริมาณมากกว่าชนิดอื่น ในการทำโบนไชนานั้นหากเผาไฟสูงเกินไป จะทำให้ส่วนที่เป็นแก้วมีมากขึ้น เนื้อดินจะยุบตัวในเวลาเผาได้ง่าย ส่วนข้อดีข้อแท้นั้นคือ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงมากขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

การทดลองรั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นโบนไชนา โดยเลือกใช้วัตถุดิบภายในประเทศแทนวัตถุดิบจากต่างประเทศ ซึ่งอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนาที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองนี้ประกอบไปด้วย วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ได้จากการทดลอง ดินขาวระนอง เถ้ากระดูก และดินเหนียวพรุพี โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าในการหาอัตราส่วนผสม เพื่อให้การทดลองครั้งนี้บรรลุตามจุดมุ่งหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการทดลองเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
2. ตัวแปรที่จะศึกษา
3. เกณฑ์ในการตัดสินความเป็นเนื้อดินปั้นโบนไชนา
4. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
6. ลำดับขั้นในการทดลอง
7. สูตรที่ใช้ในการทดลอง
8. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมเพื่อแทนหินคอร์นิช ซึ่งจะนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา ได้แก่

1.1.1 โปแตสเฟลสปาร์

1.1.2 โซดาเฟลสปาร์

1.1.3 หินฟูน

1.1.4 หินเชี้ยวหนุมาน

1.1.5 ดินขาว

1.2 วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรูบนไชนา ได้แก่

1.2.1 วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ได้จากการทดลอง

1.2.2 ดินขาว

1.2.3 เถ้ากระดูก

1.2.4 ดินเหนียว

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1 การทดลองอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช

2.1.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชจำนวน 10 อัตราส่วนผสม ที่ได้จากการใช้ทฤษฎีทางเซรามิกส์ในการคำนวณ โดยยึดหลักองค์ประกอบทางเคมีของหินคอร์นิชจากประเทศอังกฤษ ได้แก่อัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

ตาราง 9 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ได้จากการคำนวณจำนวน 10 อัตราส่วนผสม

อัตราส่วนผสมที่	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ				
	รีปแตสเฟลสปาร์	รีซดาเฟลสปาร์	หินปูน	ดินขาว	หินเชี้ยวหนุมาน
1	37.56	18.47	3.32	14.95	25.70
2	37.16	18.28	3.29	18.27	23.00
3	36.78	18.09	3.25	21.52	20.36
4	36.40	17.90	3.22	24.70	17.77
5	36.03	17.72	3.19	27.81	15.24
6	35.67	17.55	3.15	30.87	12.76
7	37.96	18.67	3.36	11.56	28.45
8	38.37	18.87	3.39	8.10	31.26
9	38.79	19.08	3.43	4.57	34.14
10	38.62	19.00	3.42	0.95	38.02

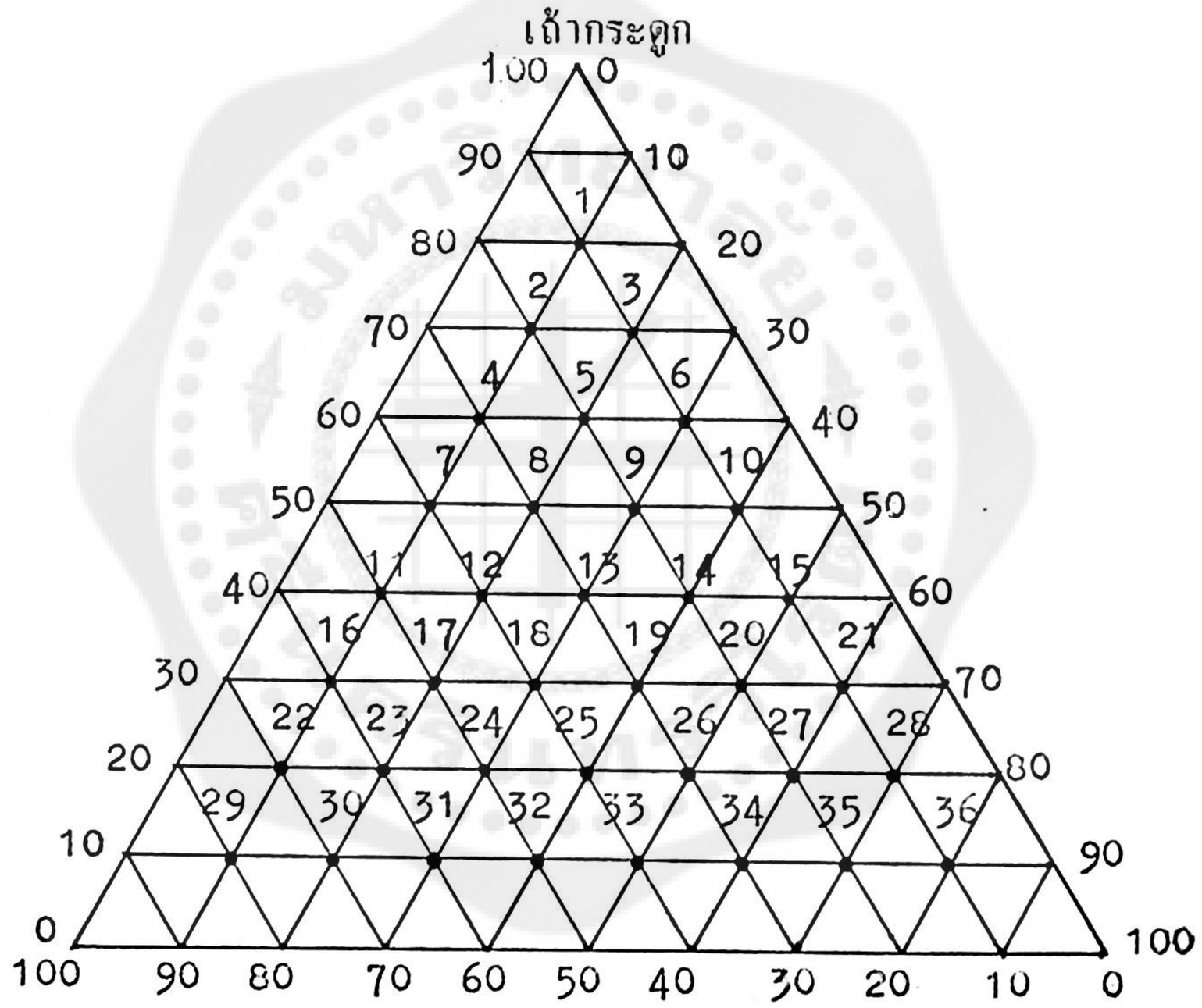
2.1.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ การหลอมละลายของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชจำนวน 10 อัตราส่วนผสมหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส

2.2 การทดลองเนื้อดินปั้นรีบนไซนา

2.2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรีบนไซนาที่ได้จากการอ่านค่าบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด คือ

การทดลองชุดที่ 1 เป็นการทดลองขั้นต้นเพื่อหาจุดของอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้นในลำดับต่อไป วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ได้

จากการทดลอง ดินขาวและเถ้ากระดูก อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบได้จากการสุ่มอย่างมีระบบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า โดยให้ห่างกันจุดละ 10 หน่วย จะได้จำนวน 36 จุด วัตถุดิบแต่ละตัวจะมีค่าเปลี่ยนไปตามตำแหน่งที่ตั้งของจุดบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า เมื่อนำค่าของอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดรวมกันในแต่ละจุดจะมีค่าเท่ากับ 100 ทุกจุดจะเพิ่มดินเหนียวในอัตราส่วนผสมที่คงที่ คือร้อยละ 3 ดังภาพประกอบ 5 ซึ่งแต่ละจุดจะมีอัตราส่วนผสมตามตาราง 10



ภาพประกอบ 5 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า จำนวน 36 อัตราส่วนผสม

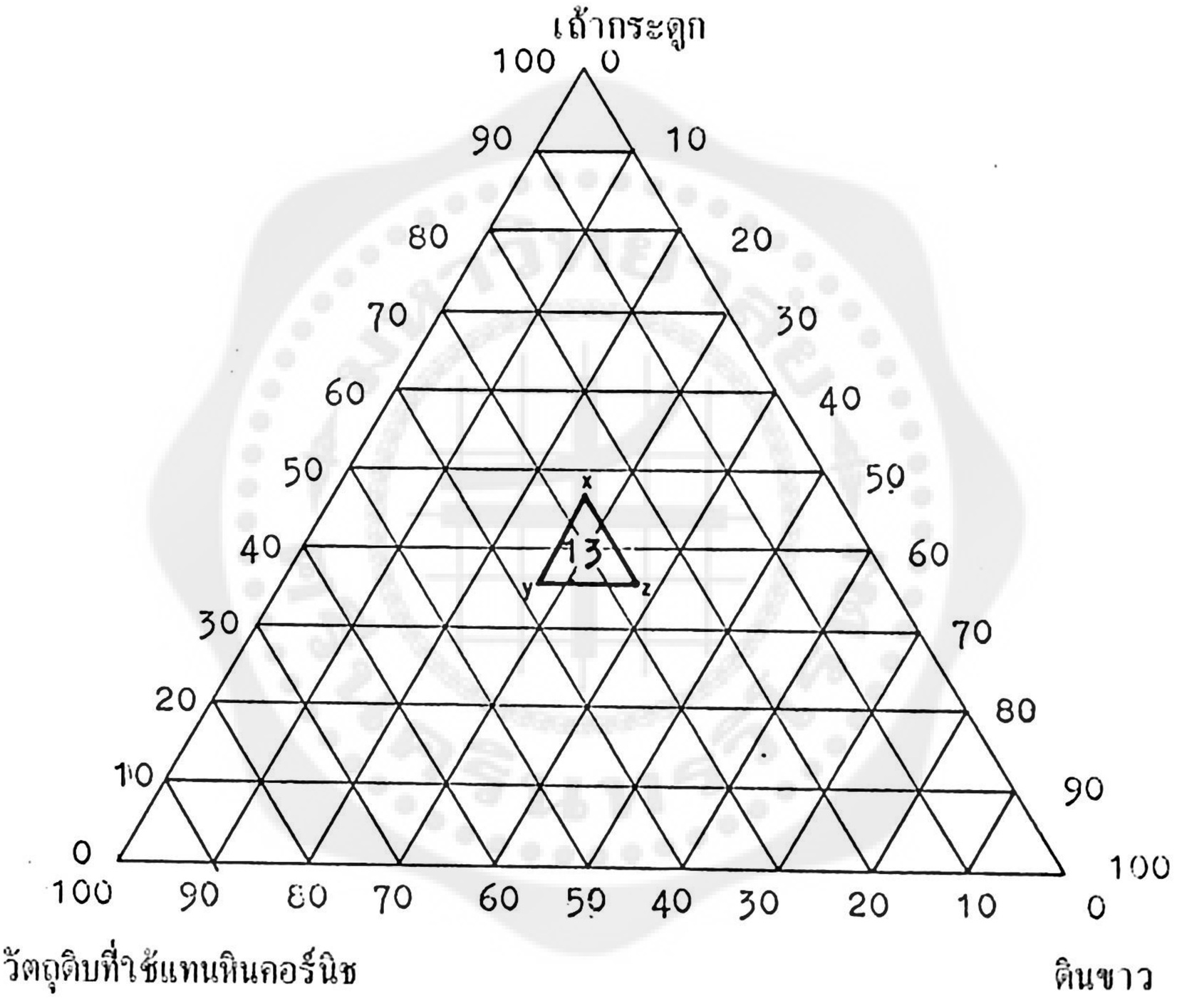
ตาราง 10 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรบนไซนา ที่อ้างอิงจากภาพประกอบ 5 แล้วนำมารวมกับดินเหนียวอัตราส่วนผสมร้อยละ 3 ทุกจุด

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ			
	เถ้ากระดูก	วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช	ดินขาว	ดินเหนียว
1	80	10	10	3
2	70	20	10	3
3	70	10	20	3
4	60	30	10	3
5	60	20	20	3
6	60	10	30	3
7	50	40	10	3
8	50	30	20	3
9	50	20	30	3
10	50	10	40	3
11	40	50	10	3
12	40	40	20	3
13	40	30	30	3
14	40	20	40	3
15	40	10	50	3
16	30	60	10	3
17	30	50	20	3
18	30	40	30	3
19	30	30	40	3
20	30	20	50	3

ตาราง 10 (ต่อ)

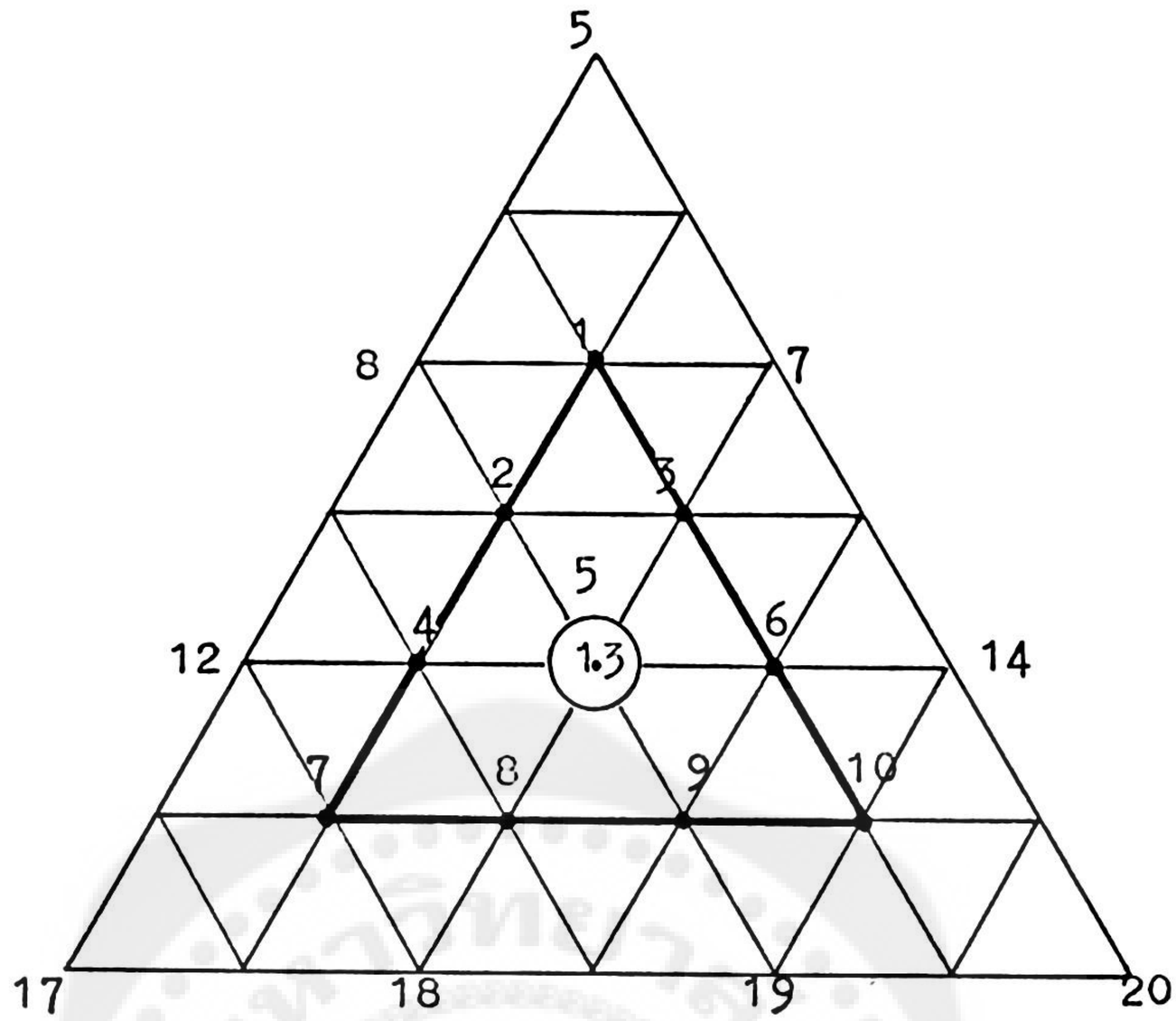
อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ			
	เถ้ากระดูก	วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช	ดินขาว	ดินเหนียว
21	30	10	60	3
22	20	70	10	3
23	20	60	20	3
24	20	50	30	3
25	20	40	40	3
26	20	30	50	3
27	20	20	60	3
28	20	10	70	3
29	10	80	10	3
30	10	70	20	3
31	10	60	30	3
32	10	50	40	3
33	10	40	50	3
34	10	30	60	3
35	10	20	70	3
36	10	10	80	3

<u>การทดลองชุดที่ 2</u> ได้จากการเลือกอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเบบนไซนาที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ในตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า มากระจายหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ละเอียดขึ้น โดยใช้อัตราส่วนผสมรอบบริเวณจุดที่เลือกได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าจากผลการทดลองชุดที่ 1 สมมติให้จุดที่ 13 เป็นจุดที่ดีที่สุด ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงตัวอย่างอัตราส่วนผสมที่เลือกได้จากการทดลองชุดที่ 1

จากภาพประกอบ 6 แสดงว่าจุดที่ 13 เป็นจุดที่ดีที่สุดจากการเลือกจากผลการทดลองที่ 1 นำมากระจายหาอัตราส่วนผสมรอบจุดที่ 13 โดยกระจายออกด้านละ 1 อัตราส่วนผสมแต่ละอัตราส่วนผสมมีค่าห่างกัน 5 หน่วย พื้นที่ที่ได้คือพื้นที่สามเหลี่ยมด้านเท่า XYZ จะได้อัตราส่วนผสมอีก 10 อัตราส่วนผสม ตามภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงตัวอย่างอัตราส่วนผสมของการทดลองชุดที่ 2 ที่กระจายโดยรอบจุดต้านละ 1 อัตราส่วนผสม โดยแต่ละอัตราส่วนผสมมีค่าห่างกัน 5 หน่วย

2.2.2 ตัวแปรตาม แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นก่อนการเผา และคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นหลังการเผา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

คุณสมบัติก่อนการเผา ได้แก่

1. ความแข็งแรงของเนื้อดิน
2. ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์
3. การหดตัว

คุณสมบัติหลังการเผา ได้แก่

1. การหดตัว
2. การดูดซึมน้ำ
3. ความขาว
4. ความโปร่งแสง
5. ความทนไฟ

3. เกณฑ์การตัดสินความเป็นเนื้อดินปั้นโบนไชนา

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นโบนไชนา มีดังนี้คือ คุณสมบัติก่อนการเผา และคุณสมบัติหลังการเผา

3.1 การทดสอบคุณสมบัติก่อนการเผา ได้แก่

3.1.1 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น ใช้เครื่องมือในการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดิน แล้วนำมาคำนวณหาค่าความแข็งแรง โดยค่าความแข็งแรงของเนื้อดินจะต้องไม่ต่ำกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3.1.2 ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์โดยการสังเกตลักษณะของเนื้อดินปั้นที่ใช้ในการหล่อแบบที่เตรียมในรูปน้ำดิน สามารถขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อได้โดยไม่แตกร้าว สามารถทรงตัวอยู่ได้เมื่อถอดจากแบบ มีผิวเรียบ และระยะเวลาที่ใช้ในการหล่อผลิตภัณฑ์โดยให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร โดยเลือกอัตราส่วนผสมที่ใช้เวลาในการหล่อน้อยที่สุด

3.1.3 การหดตัวของเนื้อดินเมื่อแห้ง กำหนดให้มีค่าไม่เกินร้อยละ 10 (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 52)

3.2 การทดสอบคุณสมบัติหลังการเผา ได้แก่

3.2.1 การหดตัวของเนื้อดินปั้น อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 12-20 (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 52)

3.2.2 การดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น จะดูดซึมน้ำได้ไม่เกินร้อยละ 0.50 (มอก. 564-2528 : 6)

3.2.3 ความขาวของเนื้อดินปั้น เนื้อดินจะต้องไม่มีสีของเหล็กออกไซด์ผสมอยู่ ใช้สายตาของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านในการตรวจสอบ

3.2.4 ความโปร่งแสงของเนื้อดินปั้นที่ผ่านเกณฑ์ คือ เมื่อนำเนื้อดินปั้นส่องกับแสงสว่างสามารถเห็นเงาของวัตถุด้านหลัง ถือว่าผ่านเกณฑ์ของความโปร่งแสง ใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านในการตรวจสอบ

3.2.5 ความทนไฟ คือลักษณะของเนื้อดินที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส เนื้อดินไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง สามารถคงสภาพเดิมได้ ไม่เกิดการเสียรูป บิดเบี้ยวหรือคดงอ การทดลองทำให้อยู่ในรูปของทุ่นวัดไฟ

4. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้ทดแทนหินเคอร์นิช วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นรับนไชนา และวัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำเคลือบ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

4.1 ดินขาว

4.2 ดินเหนียว

4.3 โปแตสเฟลสปาร์

4.4 โซดาเฟลสปาร์

4.5 หินปูน

4.6 หินเขี้ยวหนุมาน

4.7 เถ้ากระดูก

4.8 โคลีมาไนต์

4.9 โดโลไมต์

4.10 แบเรียมคาร์บอเนต

4.11 สังกะสีออกไซด์

4.12 โซเดียมซิลิเกต

5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

5.1 เครื่องชั่งระบบไฟฟ้าชนิดละเอียด

5.2 หม้อบดขนาดเล็กและขนาดใหญ่

5.3 ตะแกรงร่อนขนาด 80, 150 และ 200 เมช

5.4 กระบอกตวง

5.5 แบบพิมพ์สำหรับชิ้นทดลอง

5.6 เครื่องทดสอบความแข็ง

5.7 เครื่องทดสอบความหนืด

5.8 โกร่งบด

5.9 เตาแก๊ส

5.10 ฟุนวัดไฟของเซกเกอร์ หมายเลข 6, 7 และ 8

5.11 ไม้บรรทัด

5.12 เครื่องแยกเหล็ก

6. ลำดับขั้นในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ การทดลองอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทดแทนหินคอร์นิช เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมสำหรับทำเนื้อดินปั้นรับนไชนา การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้นรับนไชนา และการทดลองหาปริมาณน้ำและปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่เหมาะสมสำหรับทำน้ำดินที่ใช้หล่อแบบ ซึ่งแต่ละตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 การทดลองอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1.1 เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง นำมากรองด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช

6.1.2 ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมจำนวน 10 อัตราส่วนผสม อัตราส่วนผสมละ 10 ชุด

6.1.3 นำวัตถุดิบแต่ละอัตราส่วนผสมบดด้วยหม้อบดขนาดเล็กโดยการบดเปียก ใช้เวลาบด 8 ชั่วโมง

6.1.4 นำวัตถุดิบที่ได้จากการบดกรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 150 เมช นำมาเกอะในอ่างปลาสเตอร์เพื่อแยกน้ำออกจากวัตถุดิบแล้วนวดด้วยมือให้เป็นเนื้อเดียวกัน

6.1.5 นำวัตถุดิบที่นวดแล้วมาอัดในแบบปลาสเตอร์ที่มีรูปร่างคล้ายกรวยปลายมน อัตราส่วนผสมละ 10 ชิ้น รวมทั้งหมด 100 ชิ้น จากนั้นผึ่งให้แห้ง

6.1.6 นำชิ้นทดลองทั้งหมดเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส

6.1.7 ศึกษาจุดหลอมละลายของอัตราส่วนผสมทั้ง 10 อัตราส่วนผสม และดูผลของชิ้นทดลองทั้ง 10 ชิ้นที่มีอัตราส่วนผสมเดียวกัน ผลที่ได้เหมือนกันหรือไม่ จากนั้นเลือกอัตราส่วนผสมที่มีลักษณะสุกตัวที่ดีที่สุด และมีการหลอมละลายน้อยที่สุด เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรับนไชนาต่อไป

6.2 การทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรับนไชนา การทดลองอัตราส่วนผสม

ของเนื้อดินปั้นรบนไชนา ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ได้แก่

การทดลองชุดที่ 1 เพื่อหาจุดที่ดีที่สุดของอัตราส่วนผสมจำนวน 36 จุด

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการกระจายอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรบนไชนาจากจุดที่ดีที่สุดของการทดลองที่ 1

การทดลองแต่ละตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทดลองชุดที่ 1 มีลำดับขั้นในการทดลองดังนี้

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

2. นำวัตถุดิบแต่ละตัวกรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช

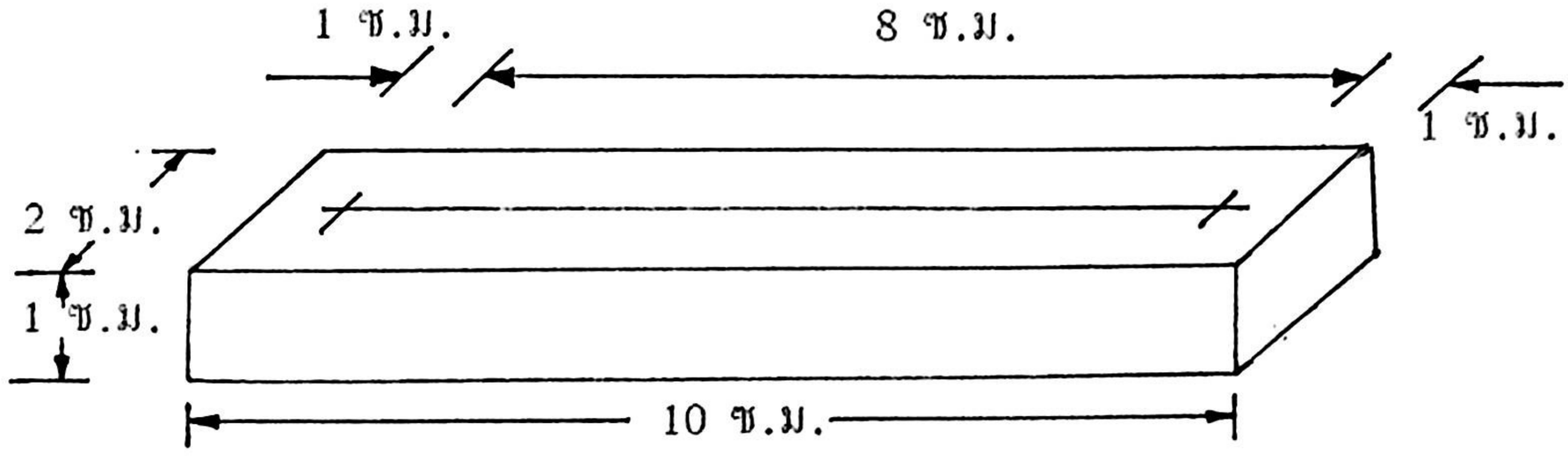
3. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของการทดลองที่ 1 ที่คำนวณจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าตามตาราง 10 ซึ่งมีจำนวน 36 จุด

4. นำวัตถุดิบที่ชั่งในแต่ละอัตราส่วนผสมไปบดในหม้อบดทีละอัตราส่วนผสมโดยบดเปียก ใช้เวลาบด 12 ชั่วโมง นำมากรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 200 เมช

5. นำเนื้อดินปั้นที่ผ่านการบดทุกอัตราส่วนผสมผ่านเครื่องแยกเหล็ก

6. นำเนื้อดินปั้นไปเกรอะในอ่างปลาสเตอร์เพื่อแยกน้ำออกจากดิน จากนั้นนวดเนื้อดินแต่ละอัตราส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

7. นำเนื้อดินปั้นแต่ละอัตราส่วนผสมมาอัดในแบบพิมพ์ปลาสเตอร์ที่มีขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร และหนา 1 เซนติเมตร ทำเครื่องหมาย ระยะความยาวและรหัสบนชิ้นทดลองทุกอัตราส่วนผสม



ภาพประกอบ 8 แสดงลักษณะของชิ้นทดลองและขนาดของชิ้นทดลอง

8. การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้นก่อนการเผาโดยนำชิ้นทดลองที่อัดในปลาสเตอร์ทุกอัตราส่วนผสมทิ้งไว้ให้แห้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวัดความยาวของเครื่องหมายอีกครั้ง เพื่อหาความแตกต่างเปรียบเทียบกับความยาวเดิมแล้วนำมาคำนวณเพื่อหาค่าร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินก่อนการเผา

9. การทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นก่อนการเผาโดยนำเนื้อดินปั้นแต่ละอัตราส่วนผสมอัดลงในแบบของชิ้นทดลอง ทิ้งไว้ให้แห้งและนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นำชิ้นทดลองไปทดสอบความแข็งแรงด้วยเครื่องมือวัดความแข็งแรง เมื่อได้ค่าของความแข็งแล้วนำมาคำนวณ

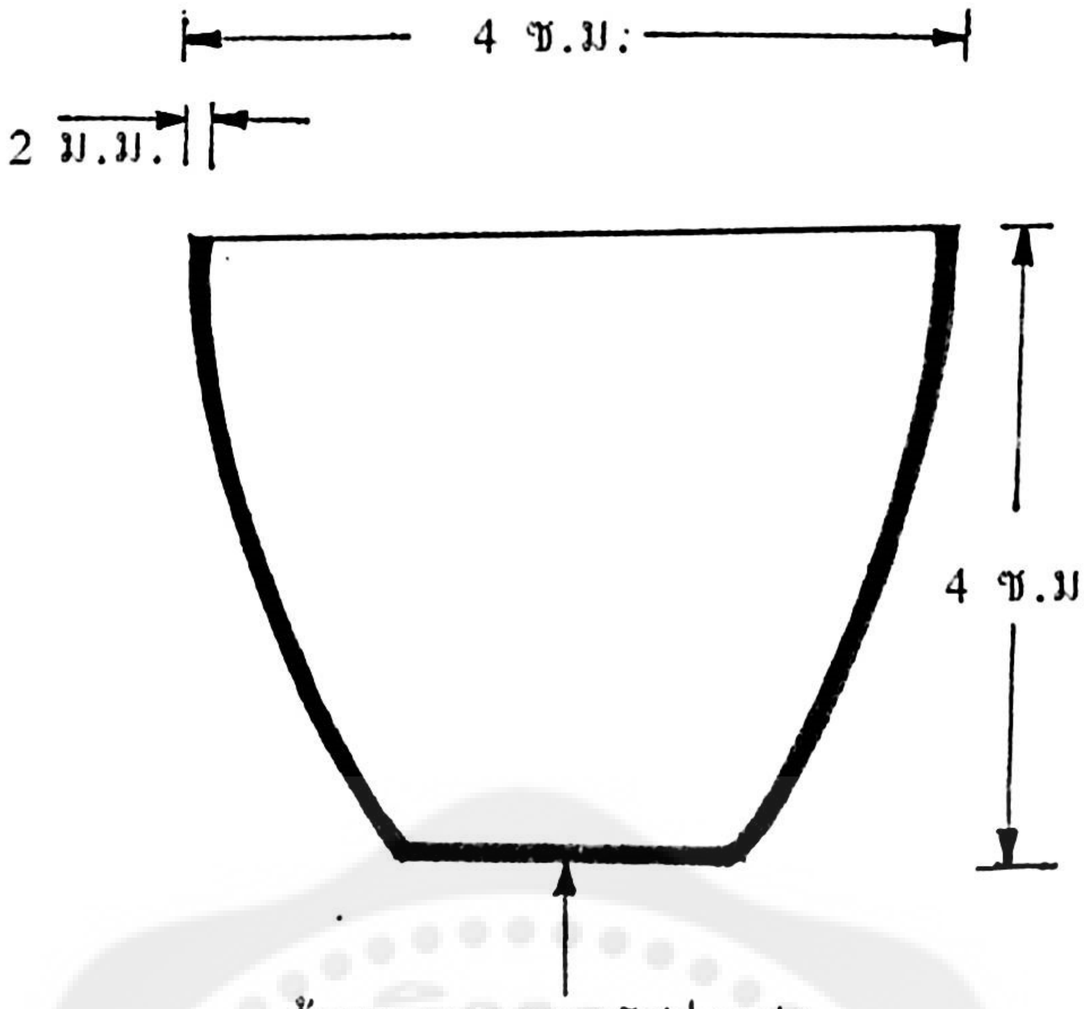
10. การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้นหลังการเผา โดยการนำชิ้นทดลองในแต่ละอัตราส่วนผสมในข้อ 8 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวัดค่าความยาวของเครื่องหมายอีกครั้ง นำมาคำนวณค่าการหดตัวหลังการเผาโดยคิดค่าเป็นร้อยละ

11. การทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น โดยการนำชิ้นทดลองในข้อ 10 มาชั่งน้ำหนักแต่ละชิ้น จดบันทึกไว้ จากนั้นนำชิ้นทดลองทุกชิ้นไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งทดลองไว้ในหม้อต้มเป็นเวลา 1 คืน นำชิ้นทดลองทุกชิ้นเช็ดให้แห้งสนิท นำแต่ละชิ้นทดลองมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง จดบันทึกไว้ จากนั้นนำค่าน้ำหนักก่อนต้มและหลังต้มมาคำนวณค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

12. การทดสอบความโปร่งแสง โดยนำเนื้อดินปั้นในแต่ละอัตราส่วนผสมหล่อในพิมพ์ถ้วยทดลอง (crucible) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร สูง 4 เซนติเมตร โดยหล่อน้ำดินให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร จากนั้นทิ้งไว้สักระยะหนึ่งพอให้ถอดจากแบบพิมพ์ได้ หลังจากนั้นถอดจากแบบพิมพ์แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส นำชิ้นทดลองแต่ละอัตราส่วนผสมส่องผ่านแสงสว่าง ตรวจสอบดูว่าเห็นเงาของวัตถุด้านหลังหรือไม่

13. การทดสอบความขาวของเนื้อดินปั้น ใช้วิธีสังเกตสีของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในแต่ละอัตราส่วนผสม นำมาเปรียบเทียบกัน

14. การทดสอบความทนไฟ นำเนื้อดินปั้นแต่ละอัตราส่วนผสมอัดในแบบที่พิมพ์ทุ่นวัดไฟเป็นรูปรถคน แกะจากแบบทิ้งไว้ให้แห้ง นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส สังเกตการล้มของทุ่นวัดไฟในแต่ละอัตราส่วนผสม



ภาพประกอบ 9 แสดงลักษณะของถ้วยทดลองความโปร่งแสง

15. ชิ้นทดลองที่ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพทั้งก่อนเผาและหลังเผาทุกด้าน จะทำชิ้นทดลองอัตราส่วนผสมละ 10 ชิ้น นำค่าที่ทดสอบได้ในแต่ละด้านของอัตราส่วนผสมละ 10 ชิ้น มาหาค่าเฉลี่ย จะเป็นค่าของการทดสอบแต่ละด้านในแต่ละอัตราส่วนผสม

16. เลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบทุกด้านตามที่กำหนด เพื่อนำอัตราส่วนผสมเหล่านี้ไปกระจายหาอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้นในลำดับต่อไปในการทดลองชุดที่ 2

การทดลองชุดที่ 2 มีลำดับขั้นการทดลองดังต่อไปนี้

1. นำอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพทุกด้านจากการทดลองชุดที่ 1 มากระจายอัตราส่วนผสมโดยรอบของอัตราส่วนผสมนั้นในตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า โดยกระจายออกมาด้านละ 1 อัตราส่วนผสม จะได้จำนวน 10 อัตราส่วนผสม

2. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นทั้งก่อนการเผาและหลังการเผาเหมือนการทดลองชุดที่ 1

3. เลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบความเป็นเนื้อดินปั้นโบนไชนา เพื่อนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อแบบ

6.3 การทดลองหาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนาสำหรับใช้ในการหล่อแบบ

จากการนำอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดจากการทดลองมาทำเป็นน้ำดินเพื่อใช้ในการหล่อแบบ โดยทดลองหาปริมาณน้ำและปริมาณของโซเดียมที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำน้ำดิน มีลำดับขั้นดังนี้

1. ชั่งอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุด

2. นำเนื้อดินปั้นไปผสมกับน้ำ โดยให้มีอัตราส่วนของน้ำร้อยละ 30, 32 และ 34 และปริมาณของโซเดียมซิลิเกตร้อยละ 0.15-0.35 โดยให้ปริมาณของโซเดียมซิลิเกตต่างกัน .05

3. นำอัตราส่วนผสมแต่ละอัตราส่วนผสมบด 12 ชั่วโมง กรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 200 เมช นำไปผ่านเครื่องแยกเหล็ก

4. นำน้ำดินแต่ละอัตราส่วนผสมไปทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยนำไปหล่อให้มีขนาดความหนาของผลิตภัณฑ์ 2 มิลลิเมตร และจับเวลาดูว่าใช้เวลาเท่าไรในแต่ละอัตราส่วนผสม จากนั้นเมื่อดินแห้งพอที่จะถอดจากแบบได้ สังเกตเนื้อดินแต่ละอัตราส่วนผสมว่าสามารถทรงตัวเมื่อถอดแบบได้หรือไม่

5. เลือกอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำและปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ มาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

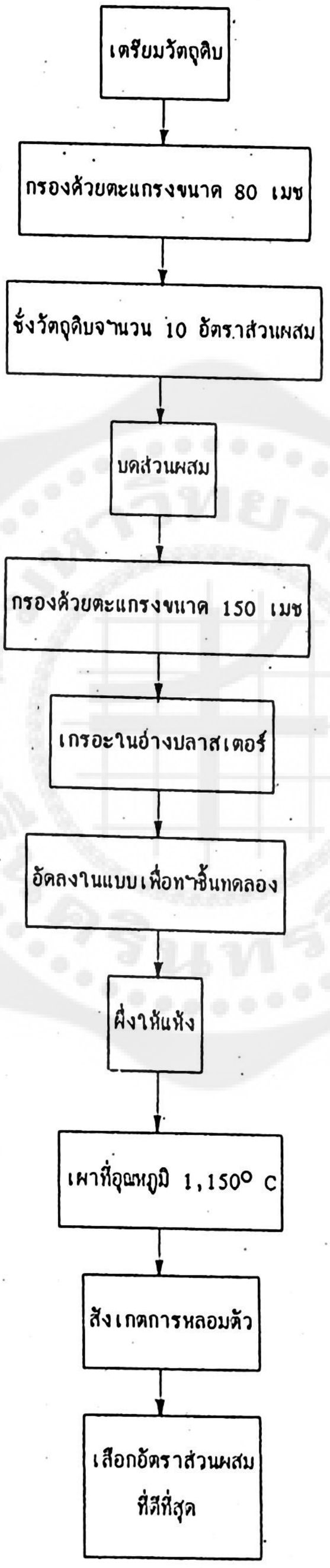
ตาราง 11 แสดงปริมาณโซเดียมซิลิเกตและน้ำที่ใช้ในการทำน้ำดิน

ปริมาณโซเดียมซิลิเกต (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ร้อยละ)		
0.15	30	32	34
0.20	30	32	34
0.25	30	32	34
0.30	30	32	34
0.35	30	32	34

6. ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง
7. ทิ้งผลิตภัณฑ์ให้แห้งสนิท
8. นำผลิตภัณฑ์ไปเผาครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส
9. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการเผาไปชุบเคลือบ
10. เผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส
11. ปล่อยให้เตาเย็น นำผลิตภัณฑ์ออกจากเตา
12. ตรวจสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โบนไชนาจากผู้เชี่ยวชาญ
13. สรุปผลการทดลอง

ตอนที่ 1

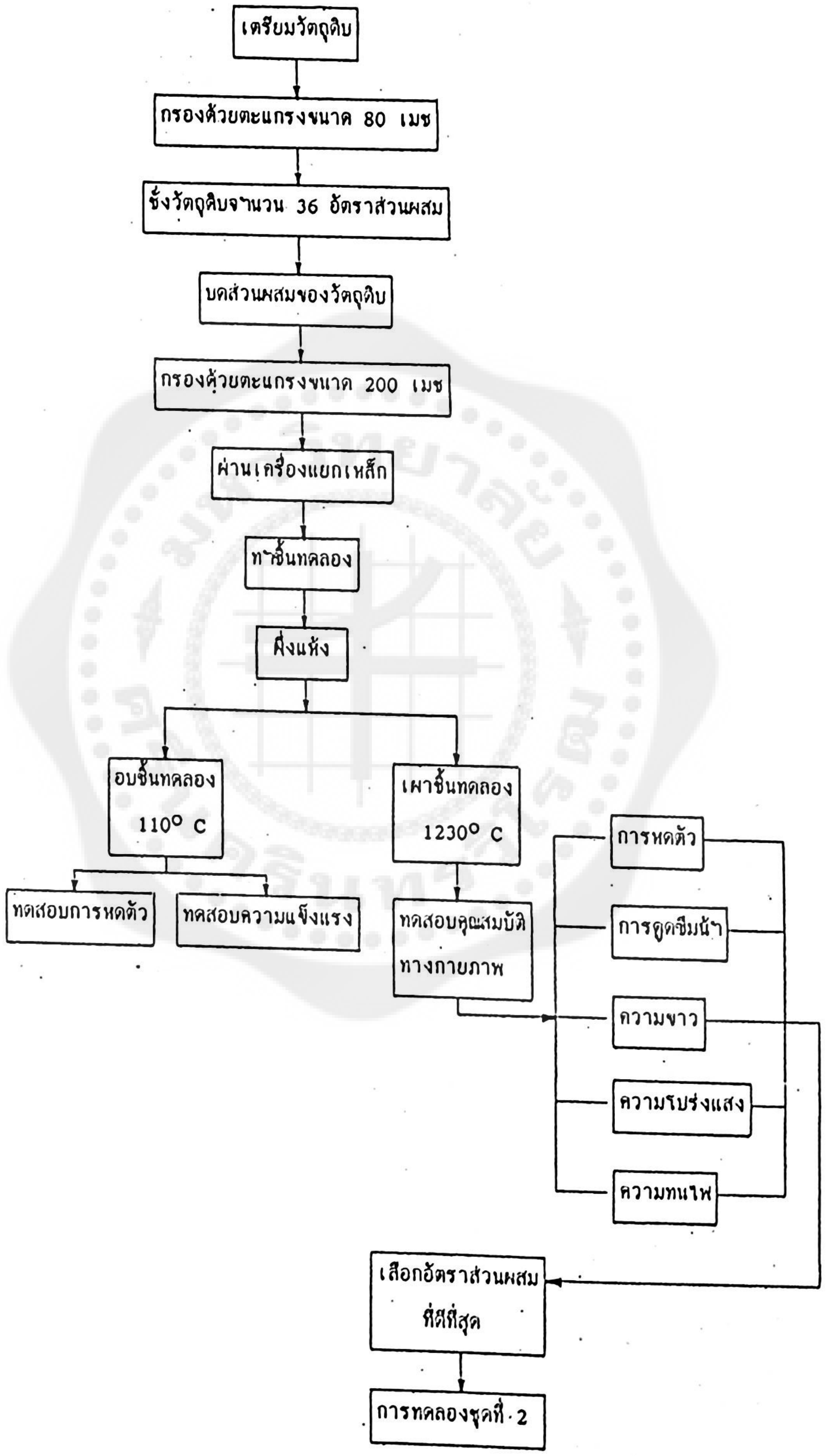
การทดลองหาวัตถุดิบทดแทนหินคอร์นิช



ภาพประกอบ 10 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลองหาวัตถุดิบแทนหินคอร์นิช

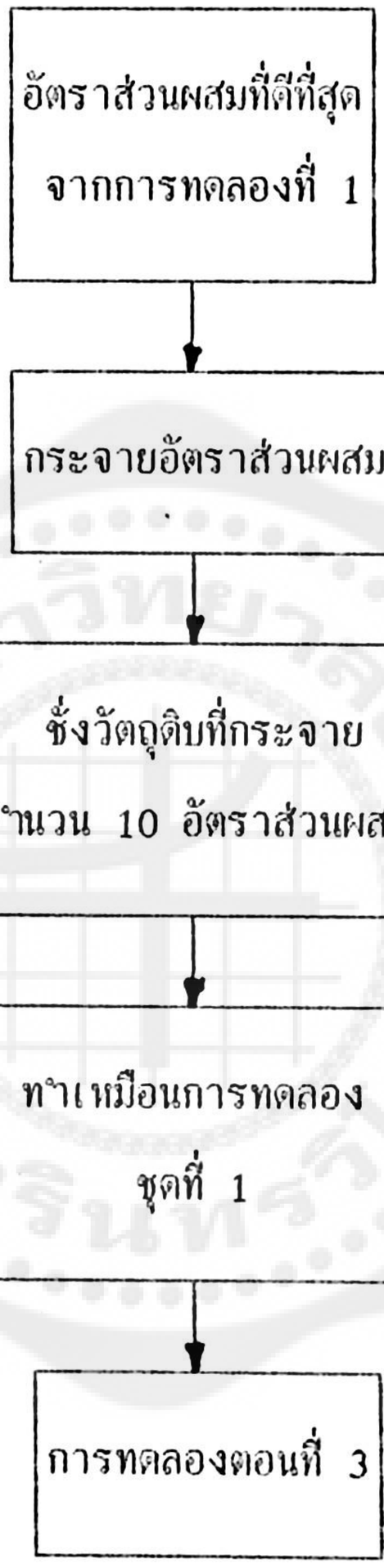
ตอนที่ 2

การทดลองเนื้อดินปั้นโบนไชนา ชุดที่ 1



ภาพประกอบ 11 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลองเนื้อดินปั้นโบนไชนา ชุดที่ 1

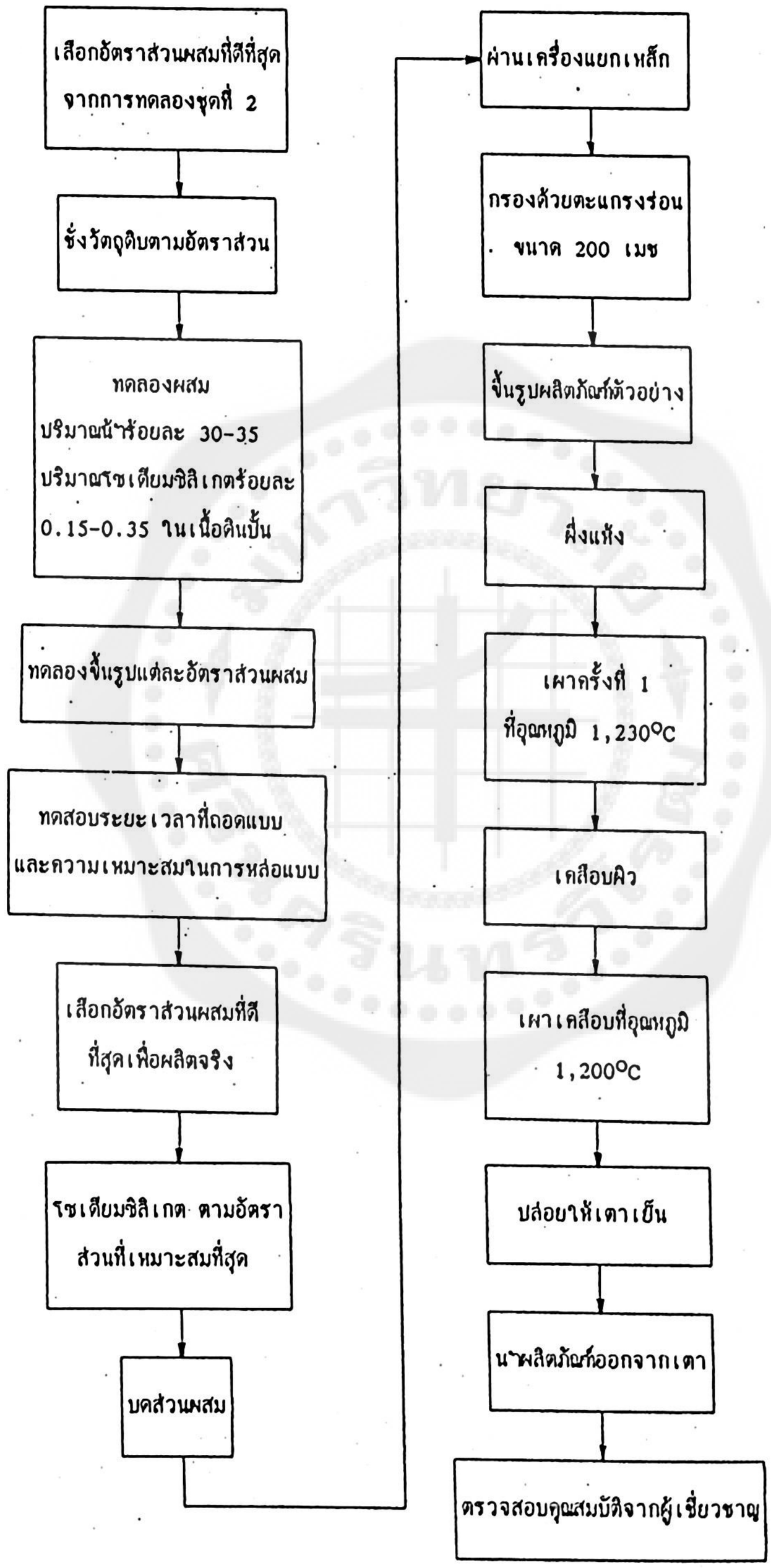
การทดลองเนื้อดินปั้นรูบนไชนาชุดที่ 2



ภาพประกอบ 12 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลองเนื้อดินปั้นรูบนไชนาชุดที่ 2

ตอนที่ 3

การทำเนื้อดินรีบนไซนาสำหรับการหล่อแบบ



ภาพประกอบ 13 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทำน้ำดินรีบนไซนาสำหรับทำเป็นผลิตภัณฑ์รีบนไซนา

7. สูตรที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้สูตรเพื่อคำนวณหาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรบนไชนา ดังต่อไปนี้

7.1 การหดตัวของเนื้อดินปั้นก่อนการเผา (Rhodes. 1972 : 200)

$$\text{ค่าร้อยละของการหดตัวของดินเมื่อแห้ง} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก-ความยาวของดินแห้ง}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

7.2 ความแข็งแรงของเนื้อดินก่อนการเผา (Rhodes. 1972 : 200)

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

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

W = แรงกลที่ทำให้ชิ้นทดลองหัก (ก.ก.)

I = ระยะห่างของแท่นรองรับชิ้นทดลอง (ซ.ม.)

b = ความกว้างของชิ้นทดลอง (ซ.ม.)

h = ความหนาของชิ้นทดลอง (ซ.ม.)

7.3 การหดตัวของเนื้อดินปั้นหลังการเผา (Rhodes. 1972 : 200)

$$\text{ค่าร้อยละของการหดตัวของดินหลังเผา} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก-ความยาวของดินที่เผาแล้ว}}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$$

7.4 การดูดซึมน้ำของเนื้อดิน (Rhodes. 1972 : 200)

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

A = ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ

W = น้ำหนักของดินที่อิ่มตัว

D = น้ำหนักดินที่แห้ง

8. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

8.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร และศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ

8.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง เริ่มจากเดือนมกราคม พ.ศ.2537 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2538

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามกระบวนการที่ได้กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยกำหนดการทดลองออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช

ตอนที่ 2 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา

ตอนที่ 3 การทดลองหาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนาสำหรับใช้ในการหล่อแบบ

ตอนที่ 1 การทดลองหาวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช โดยผู้วิจัยได้นำผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินคอร์นิชประเทศอังกฤษมาใช้ในการคำนวณหาวัตถุดิบภายในประเทศไทย โดยใช้ทฤษฎีการคำนวณทางเซรามิกส์ เมื่อคำนวณได้สูตรตามมาตรฐานแล้วนั้น ผู้วิจัยได้ปรับค่าสูตรให้เพิ่มอีก 9 สูตร จึงเป็น 10 สูตร จากนั้นนำมาทดสอบการหลอมละลายโดยทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นจุดหลอมของหินคอร์นิช จากนั้นเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้คัดเลือก แล้วนำอัตราส่วนผสมนั้นมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำเนื้อดินปั้นโบนไชนา

ตอนที่ 2 การทดลองอัตราส่วนที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา โดยใช้วัตถุดิบ คือ วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่เลือกจากการทดลองตอนที่ 1 เถ้ากระดูก ดินขาว และดินเหนียว ซึ่งการทดลองตอนที่ 2 นี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ

การทดลองชุดที่ 1 เป็นการทดลองขั้นต้นเพื่อหาจุดของอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้น อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนาได้จากการใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นตัวกำหนดจำนวนของวัตถุดิบ โดยที่ค่าของวัตถุดิบในแต่ละจุดบนตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าจะมีค่าห่างกัน 10 หน่วย ซึ่งจะได้จำนวน 36 จุด หรือ 36 อัตราส่วนผสม จากนั้นนำ 36 อัตราส่วนผสมนี้ไปทดลองตามกระบวนการ แล้วเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเป็นตัวกำหนด และสรุปอีกครั้งโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการนำอัตราส่วนผสมที่ผ่านการเลือกจากการทดลองชุดที่ 1 มากระจายหาค่าที่ละเอียดขึ้น โดยกระจายรอบจุดให้มีค่าห่างกันเพียง 5 หน่วย จะได้จำนวน 10 จุด หรือ 10 อัตราส่วนผสม นำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เหมือนการทดลองชุดที่ 1 ทุกประการ และเลือกจุดที่ดีที่สุดมาเพียง 1 อัตราส่วนผสม สำหรับทำเนื้อดินปั้นโบนไชนา

ตอนที่ 3 การทดลองหาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนาสำหรับใช้ในการหล่อแบบ โดยการทดลองหาปริมาณน้ำกับปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่เหมาะสมสำหรับทำน้ำดินโบนไชนา ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบ ปริมาณน้ำที่ใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 30-35 กำหนดให้ค่าของน้ำมีค่าห่างกัน 2 หน่วย คือ ร้อยละ 30, 32 และ 34 ส่วนปริมาณโซเดียมซิลิเกตอยู่ในช่วงร้อยละ 0.15-0.35 ให้ค่าห่างกัน 0.05 จะได้จำนวนโซเดียมซิลิเกตที่ใช้การทดลองคือ ร้อยละ 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 และ 0.35 ดังนั้นการทดลองตอนที่ 3 จะมีจำนวนอัตราส่วนผสมทั้งหมดจำนวน 15 อัตราส่วนผสม นำแต่ละอัตราส่วนผสมมาทดสอบคุณสมบัติในการหล่อแบบ และเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดไปใช้ในการผลิต

หลังจากผ่านการทดลองทั้ง 3 ตอนแล้วนั้น จะได้อัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดสำหรับทำผลิตภัณฑ์โบนไชนา นำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โบนไชนาจากผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การทดลองหาวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช โดยเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบการหลอมละลายของวัตถุดิบ ผลการทดลองได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 12 ผลการหลอมละลายของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช

อัตราส่วนผสมที่	ผลการหลอมละลายของวัตถุดิบ	
	หลอม	ไม่หลอม
1	–	✓
2	–	✓
3	–	✓
4	–	✓
5	–	✓
6	–	✓
7	–	✓
8	–	✓
9	✓	–
10	✓	–

จากผลการทดลองอัตราส่วนผสมที่ 1 ถึง 8 วัตถุดิบไม่เกิดการหลอมละลาย ส่วนอัตราส่วนผสมที่ 9 และ 10 เกิดการหลอมละลาย เนื้อดินมีผิวมัน อัตราส่วนผสมที่ 9 จะมีการหลอมละลายน้อยกว่าอัตราส่วนผสมที่ 10 ผู้เชี่ยวชาญได้คัดเลือกอัตราส่วนผสมที่ 9เพราะหากนำอัตราส่วนผสมที่ 10 ไปใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเรบนไชนา อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ยุบตัวหรือเกิดการบิดเบี้ยวมากกว่าอัตราส่วนผสมที่ 9 อัตราส่วนผสมที่ 9 ที่เลือกนั้นประกอบด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้

โปแตสเฟลสปาร์	ร้อยละ	38.79
โซดาเฟลสปาร์	ร้อยละ	19.08
หินปูน	ร้อยละ	3.43
หินเขี้ยวหนุมาน	ร้อยละ	4.57
ดินขาว	ร้อยละ	34.14

เมื่อได้อัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชแล้ว นำวัตถุดิบไปชั่งตามอัตราส่วนผสม บดวัตถุดิบด้วยหม้อบดโดยการบดเปียกประมาณ 4 ถึง 6 ชั่วโมง หลังจากการบดเสร็จแล้วนำมาผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 150 เมช เพื่อกรองกากของวัตถุดิบออก นำเนื้อของวัตถุดิบไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส บดแห้งด้วยโกร่งบดแล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อนเบอร์ 150 เมช อีกครั้ง จะได้วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชสำหรับใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนาต่อไป

ตอนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับทำเนื้อดินปั้นโบนไชนา ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง

การทดลองชุดที่ 1 การทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา จำนวน 36 อัตราส่วนผสม เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด สำหรับนำมากระจายค่าที่ละเอียดขึ้นในการทดลองชุดที่ 2

การทดลองชุดที่ 2 การทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา จำนวน 10 อัตราส่วนผสม โดยกระจายค่าที่ละเอียดขึ้นของอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดจากการทดลองชุดที่ 1

ผลการทดลองชุดที่ 1 การทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผา รายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 13 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรีบนไซนาก่อนการเผาของการทดลอง ชุดที่ 1

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	ความแข็งแรง ($ก.ก./ซ.ม.^2$)	การหดตัว (ร้อยละ)
1	3.55	2.5
2	4.02	1.25
3	3.37	1.25
4	2.05	1.25
5	3.55	2.50
6	4.11	2.50
7	3.74	1.25
8	1.81	2.50
9	3.93	2.50
10	7.48	2.50
11	7.11	1.25
12	7.29	1.25
13	10.29	2.50
14	9.35	2.50
15	11.79	2.50
16	6.93	2.50
17	2.61	2.50
18	9.73	2.50
19	14.59	2.50
20	11.79	2.50
21	11.22	2.50

ตาราง 13 (ต่อ)

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	ความแข็งแรง (ก.ก./ซ.ม.^{2})	การหดตัว (ร้อยละ)
22	6.73	1.25
23	6.17	2.50
24	8.79	2.50
25	9.36	2.50
26	18.15	2.50
27	9.26	3.75
28	8.98	3.75
29	4.67	1.25
30	6.36	2.50
31	10.10	3.75
32	7.48	3.75
33	12.53	3.75
34	11.03	3.75
35	12.16	3.75
36	18.15	3.75

จากตาราง 13 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผาได้แก่

ความแข็งแรง ค่าความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นที่ไม่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 8 อัตราส่วนผสม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9 และ 17 ส่วนอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดมีจำนวน 28 อัตราส่วนผสม คืออัตราส่วนผสมที่ 2, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23. 24, 25, 26,27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 และ 36

อัตราส่วนผสมที่มีค่าความแข็งแรงต่ำสุด ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 8 มีค่าความแข็งแรง 1.81 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมที่มีค่าความแข็งแรงมากที่สุด ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 26 และ 36 โดยมีค่าความแข็งแรงเท่ากันคือ 18.15 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

การหดตัวก่อนการเผา เกณฑ์ที่กำหนดคือไม่เกินร้อยละ 10 ผลการทดลองพบว่าทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เนื้อดินที่มีการหดตัวน้อยที่สุด มีค่าร้อยละ 1.25 มีจำนวน 7 อัตราส่วนผสม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 2, 3, 4, 7, 11, 23 และ 29 ส่วนเนื้อดินที่มีการหดตัวมากที่สุดมีค่าร้อยละ 3.75 มีจำนวน 8 อัตราส่วนผสม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35 และ 36

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา ได้แก่การทดสอบการหดตัว การดูดซึมน้ำ ความขาว ความโปร่งแสง และความทนไฟ คุณสมบัติด้านดังกล่าวของอัตราส่วนผสมจำนวน 36 อัตราส่วนผสม มีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 14 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรับนไซนาหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ของการทดลองชุดที่ 1

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส				
	การหดตัว (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความขาว	ความโปร่งแสง	ความทนไฟ
1	12.50	12.10	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
2	11.25	21.71	ขาว	ไม่โปร่งแสง	ไม่ได้
3	10.00	16.11	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
4	10.00	0	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
5	13.75	24.50	ขาว	ไม่โปร่งแสง	ไม่ได้
6	15.00	10.23	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
7	13.75	10.01	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
8	16.25	0	ขาวอมเหลือง	โปร่งแสง	ได้
9	13.75	0	ขาวอมเหลือง	โปร่งแสง	ได้
10	16.25	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
(11)	12.50	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
12	8.75	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
13	12.50	8.48	ขาว	โปร่งแสง	ได้
14	12.50	0	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
15	13.75	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
16	10.00	0	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
17	10.00	0	ขาวอมเหลือง	โปร่งแสง	ได้
18	12.50	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
19	16.25	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้

ตาราง 14 (ต่อ)

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส				
	การหดตัว (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความขาว	ความโปร่งแสง	ความทนไฟ
20	15.00	0	ขาวอมเหลือง	โปร่งแสง	ไม่ได้
21	13.75	4.25	ขาวอมเหลือง	ไม่โปร่งแสง	ไม่ได้
22	12.50	24.93	ขาว	ไม่โปร่งแสง	ได้
23	12.50	0	ขาวอมเหลือง	โปร่งแสง	ได้
24	12.50	7.14	ขาวอมเหลือง	โปร่งแสง	ได้
25	13.75	0	ขาวอมเหลือง	โปร่งแสง	ไม่ได้
26	13.75	9.88	ขาวอมเหลือง	โปร่งแสง	ไม่ได้
27	16.25	8.97	ขาวอมเหลือง	โปร่งแสง	ไม่ได้
28	15.00	12.60	ขาวอมเหลือง	ไม่โปร่งแสง	ได้
29	11.25	3.52	ขาว	โปร่งแสง	ได้
30	10.00	6.77	ขาวอมเหลือง	ไม่โปร่งแสง	ได้
31	12.25	11.01	ขาวอมเหลือง	ไม่โปร่งแสง	ได้
32	12.25	10.31	ขาวอมเหลือง	ไม่โปร่งแสง	ได้
33	13.75	10.48	ขาวอมเหลือง	ไม่โปร่งแสง	ได้
34	15.00	12.02	ขาวอมเหลือง	ไม่โปร่งแสง	ได้
35	15.00	14.92	ขาวอมเหลือง	ไม่โปร่งแสง	ได้
36	16.25	16.89	ขาวอมเหลือง	ไม่โปร่งแสง	ได้

จากตาราง 14 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นหลังการเผาได้แก่

การหดตัว เนื้อดินที่มีการหดตัวมากที่สุด คือ ร้อยละ 16.25 ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 10, 19, 27 และ 36 ส่วนเนื้อดินปั้นที่มีการหดตัวน้อยที่สุดคือร้อยละ 8.75 ได้แก่ อัตราส่วนผสมที่ 12 จะเห็นได้ว่าค่าการหดตัวหลังการเผาตามเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 12 ถึง 20 อัตราส่วนผสมที่ไม่ผ่านเกณฑ์คือมีค่าการหดตัวต่ำกว่าร้อยละ 12 มีจำนวน 7 อัตราส่วนผสม คือ อัตราส่วนผสมที่ 2, 3, 4, 12, 16, 29 และ 30 ที่เหลือจำนวน 29 อัตราส่วนผสมมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด คือ ไม่เกินร้อยละ 20

การดูดซึมน้ำ เนื้อดินที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือค่าการดูดซึมน้ำ 0-.5 มี จำนวน 15 อัตราส่วนผสม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 4, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23 และ 25 ส่วนเนื้อดินที่มีค่าการดูดซึมเกินเกณฑ์ที่กำหนดมีจำนวน 21 อัตราส่วนผสม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 13, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 และ 36 เนื้อดินที่มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ อัตราส่วนผสมที่ 22 ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 24.93

ความขาว จากผลการทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 สี คือ สีขาวและสีขาวอมเหลือง เนื้อดินที่หลังการเผาแล้วให้สีขาวได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22 และ 29 ส่วนเนื้อดินที่มีสีขาวอมเหลืองได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 8, 9, 17, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35 และ 36 เมื่อเปรียบเทียบสีที่ได้หลังการเผาจะเห็นได้ว่าปริมาณของสีเนื้อดินที่มีสีขาวจะมีจำนวน 18 อัตราส่วนผสม ซึ่งเท่ากับจำนวนของเนื้อดินปั้นที่มีสีขาวอมเหลืองจำนวน 18 อัตราส่วนผสมเช่นกัน

ความโปร่งแสง เนื้อดินที่มีความโปร่งแสงได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 27 และ 29 ส่วนเนื้อดินที่ไม่มีความโปร่งแสงได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 2, 5, 21, 22, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35 และ 36 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนของความโปร่งแสง เนื้อดินที่มีความโปร่งแสงจะมีจำนวน 24 อัตราส่วนผสม ส่วนเนื้อดินที่ไม่มีความโปร่งแสงมีจำนวน 12 อัตราส่วนผสม ซึ่งน้อยกว่าเป็น2 เท่าของเนื้อดินที่โปร่งแสง

ความทนไฟ เนื้อดินที่สามารถทนความร้อนได้โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง โครงสร้าง หลังจากผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส คืออัตราส่วนผสมที่ 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 และ 36 ส่วนเนื้อดินที่ไม่สามารถทนไฟได้ ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 1, 7, 10, 14, 16, 20, 21, 25, 26 และ 27 เนื้อดินส่วนใหญ่จะสามารถทนไฟได้ ซึ่งมีจำนวนถึง 26 อัตราส่วนผสม มีเพียง 10 อัตราส่วนผสมที่ไม่สามารถทนไฟได้

จากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรูบนไชนาจำนวน 36 อัตราส่วนผสม เนื้อดินปั้นที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งแบ่งเป็นคุณสมบัติก่อนการเผา ได้แก่ ความแข็งแรงและการหดตัว ส่วนคุณสมบัติหลังการเผาได้แก่ การหดตัว การดูดซึมน้ำ ความขาว ความโปร่งแสงและความทนไฟ ผู้วิจัยได้สรุปผลในตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 15 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินรับแสงไซนา ของการทดลองชุดที่ 1

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	ก่อนการเผา		หลังการเผา				
	ความแข็งแรง	การหดตัว	การหดตัว	การดูดซึมน้ำ	ความขาว	ความโปร่งแสง	ความทนไฟ
1	x	✓	✓	x	✓	✓	x
2	✓	✓	x	x	✓	x	✓
3	x	✓	x	x	✓	✓	✓
4	x	✓	x	✓	✓	✓	✓
5	x	✓	✓	x	✓	x	✓
6	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓
7	x	✓	✓	x	✓	✓	x
8	x	✓	✓	✓	x	✓	✓
9	x	✓	✓	✓	x	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
(11)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
13	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓
14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
(15)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16	✓	✓	x	✓	✓	✓	x
17	x	✓	✓	✓	x	✓	✓
18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20	✓	✓	✓	✓	x	✓	x

ตาราง 15 (ต่อ)

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	ก่อนการเผา		หลังการเผา				
	ความแข็งแรง	การหดตัว	การหดตัว	การดูดซึมน้ำ	ความขาว	ความโปร่งแสง	ความทนไฟ
21	✓	✓	✓	x	x	x	x
22	✓	✓	✓	x	✓	x	✓
23	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
24	✓	✓	✓	x	x	✓	✓
25	✓	✓	✓	✓	x	✓	x
26	✓	✓	✓	x	x	✓	x
27	✓	✓	✓	x	x	✓	x
28	✓	✓	✓	x	x	x	✓
29	✓	✓	x	x	✓	✓	✓
30	✓	✓	✓	x	x	x	✓
31	✓	✓	✓	x	x	x	✓
32	✓	✓	✓	x	x	x	✓
33	✓	✓	✓	x	x	x	✓
34	✓	✓	✓	x	x	x	✓
35	✓	✓	✓	x	x	x	✓
36	✓	✓	✓	x	x	x	✓

✓ หมายถึง ชิ้นทดลองที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

x หมายถึง ชิ้นทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

จากตาราง 15 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรูบนไชนาที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบคุณภาพทางกายภาพก่อนการเผาและหลังการเผามีจำนวน 4 อัตราส่วนผสม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 11, 15, 18 และ 19 ซึ่งอัตราส่วนผสมแต่ละสูตรมีคุณสมบัติทางกายภาพดังต่อไปนี้

ตาราง 16 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ของการทดลองชุดที่ 1

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	ก่อนการเผา		หลังการเผา				
	ความแข็งแรง (ก.ก./ซม^2)	การหดตัว (ร้อยละ)	การหดตัว (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความขาว	ความโปร่งแสง	ความทนไฟ
11	7.13	1.25	12.50	0	ขาว	โปร่งแสง	ทนได้
15	11.79	2.50	13.75	0	ขาว	โปร่งแสง	ทนได้
18	9.73	2.50	12.50	0	ขาว	โปร่งแสง	ทนได้
19	14.59	2.50	16.25	0	ขาว	โปร่งแสง	ทนได้

จากคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรูบนไชนาทั้งก่อนการเผาและหลังการเผา สรุปอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 17 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรับนไซนาที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของการทดลองชุดที่ 1

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ			
	เถ้ากระดูก	วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช	ดินขาว	ดินเหนียว
11	40	50	10	3
15	40	10	50	3
18	30	40	30	3
19	30	30	40	3

จากการคัดเลือกชิ้นทดลองจำนวน 4 อัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ นำมาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านคัดเลือกอีกครั้ง เพื่อเลือกจุดที่ดีที่สุด ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เลือกอัตราส่วนผสมที่ 11 เพราะความขาวของเนื้อดินจะมีมากกว่าอัตราส่วนผสมอื่น จากนั้นผู้วิจัยได้นำอัตราส่วนผสมที่ 11 ไปกระจายหาอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้น ซึ่งเป็นการทดลองชุดที่ 2 จะได้จำนวน 10 อัตราส่วนผสม แต่ละอัตราส่วนผสมมีค่าต่างกัน 5 หน่วย โดยทั้ง 10 อัตราส่วนผสม มีจำนวนวัตถุดิบดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 18 แสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นรับนไชนาของการทดลองชุดที่ 2

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ			
	เถ้ากระดูก	วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช	ดินขาว	ดินเหนียว
1	50	45	5	3
2	45	50	5	3
3	45	45	10	3
4	40	55	5	3
5	40	50	10	3
6	40	45	15	3
7	35	60	5	3
8	35	55	10	3
9	35	50	15	3
10	35	45	20	3

นำอัตราส่วนผสมทั้ง 10 อัตราส่วนผสมไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพทั้งก่อนการเผาและหลังการเผาเหมือนการทดลองชุดที่ 1 ทุกประการ ผลการทดลองได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 19 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นระบบไซนาก่อนการเผาของการทดลอง ชุดที่ 2

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	ความแข็งแรง (ก.ก./ซ.ม^2)	การหดตัว (ร้อยละ)
1	3.27	1.25
2	2.99	2.50
3	4.11	1.25
4	6.92	2.50
5	7.01	1.25
6	7.48	1.25
7	2.43	1.25
8	7.29	2.50
9	6.17	1.25
10	7.11	1.25

ตาราง 20 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นโบนไชนาหลังการเผาของการทดลอง ชุดที่ 2

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส				
	การหดตัว (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความขาว	ความโปร่งแสง	ความทนไฟ
1	10	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
2	10	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
3	8.75	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
4	8.75	0	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
5	12.50	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
6	10	0	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
7	10	0	ขาว	โปร่งแสง	ไม่ได้
8	12.50	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
9	8.75	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้
10	12.50	0	ขาว	โปร่งแสง	ได้

จากผลการทดลองชุดที่ 2 ประกอบด้วยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผาและหลังการเผา ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

คุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผา

ความแข็งแรง อัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ความแข็งแรงได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 3, 4, 5, 6, 8, 9 และ 10 ส่วนอัตราส่วนผสมที่ไม่ผ่านเกณฑ์ความแข็งแรงคือ อัตราส่วนผสมที่ 1, 2 และ 7 เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงต่ำกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่กำหนดไว้

การหดตัวก่อนการเผา ผ่านเกณฑ์ทุกอัตราส่วนผสม เพราะไม่เกินร้อยละ 10

คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา

การหดตัว อัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 5, 8 และ 10 ซึ่งมีค่าเท่ากัน คือ ร้อยละ 12.50 ส่วนอัตราส่วนผสมที่ไม่ผ่านเกณฑ์ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 1, 2, 3, 4, 6, 7 และ 9 เนื่องจากมีค่าการหดตัวต่ำกว่าร้อยละ 12

การดูดซึมน้ำ ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกอัตราส่วนผสม คือมีค่า 0

ความขาว ทุกอัตราส่วนผสมมีสีขาว

ความโปร่งแสง ทุกอัตราส่วนผสมมีความโปร่งแสง

ความทนไฟ อัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ได้แก่อัตราส่วนที่ 1, 2, 3, 5, 8, 9 และ 10 ส่วนอัตราส่วนผสมที่ไม่ผ่านเกณฑ์ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 4, 6 และ 7 เนื่องจากโคนที่ทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงสภาพเดิม แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากข้อมูลของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผาและหลังการเผา ผู้วิจัยได้สรุปเป็นตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 21 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรูบนไซนาของการทดลองชุดที่ 2

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	ก่อนการเผา		หลังการเผา				
	ความแข็งแรง	การหดตัว	การหดตัว	การดูดซึมน้ำ	ความขาว	ความโปร่งแสง	ความทนไฟ
1	x	✓	x	✓	✓	✓	✓
2	x	✓	x	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	x	✓	✓	✓	x
(5)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	x	✓	✓	✓	x
7	x	✓	x	✓	✓	✓	x
(8)	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
(10)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ หมายถึง ชิ้นทดลองที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

x หมายถึง ชิ้นทดลองที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

จากตาราง 21 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรูบนไซนาทั้งก่อนการเผาและหลังการเผา อัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกด้าน มีจำนวน 3 อัตราส่วนผสม คืออัตราส่วนผสมที่ 5 และ 10 โดยทั้ง 3 อัตราส่วนผสมดังกล่าว มีวัตถุดิบดังต่อไปนี้

ตาราง 22 แสดงจำนวนวัตถดิบของอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบของการทดลองชุดที่ 2

อัตราส่วนผสมที่ (จุดที่)	วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมคิดเป็นร้อยละ			
	เถ้ากระดูก	วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช	ดินขาว	ดินเหนียว
5	40	50	10	3
8	35	55	10	3
10	35	45	20	3

ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองให้ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือก ได้เลือกอัตราส่วนผสมที่ 10 เนื่องจากมีปริมาณของดินขาวมากกว่าจะทำให้การขึ้นรูปง่ายยิ่งขึ้น จากผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้ทดลองทั้งหมด ผู้วิจัยจึงสรุปอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดสำหรับทำเนื้อดินปั้นรบนไชนาดังนี้

เถ้ากระดูก	ร้อยละ	35
วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช	ร้อยละ	45
ดินขาว	ร้อยละ	20
ดินเหนียว	ร้อยละ	3

เมื่อได้อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรบนไชนาแล้ว นำไปทดลองตอนที่ 3 คือ หาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นรบนไชนาสำหรับหล่อแบบ

ตอนที่ 3 การทดลองหาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นรบนไชนาสำหรับใช้ในการหล่อแบบ โดยนำอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรบนไชนาที่ได้จากการทดลองไปบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นไปอบให้แห้งและบดละเอียดอีกครั้ง ทดสอบปริมาณน้ำกับปริมาณของโซเดียมซิลเกตที่แตกต่างกัน โดยปริมาณน้ำมีค่าร้อยละ 30, 32 และ 34 ส่วนปริมาณโซเดียมซิลิเกต คือร้อยละ 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 และ 0.35 จะได้จำนวน 15 อัตราส่วนผสม นำแต่ละส่วนผสมไปหล่อในแบบปลาสเตอร์ที่เตรียมไว้ โดยกำหนดให้ความหนาของผลิตภัณฑ์ 2 มิลลิเมตร จะใช้เวลาในการหล่อเท่าใด และสังเกตลักษณะของดินหลังการหล่อ ผลการทดสอบดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 23 แสดงผลการทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการหล่อน้ำตินและลักษณะของน้ำตินที่มีปริมาณน้ำและโซเดียมที่แตกต่างกัน

สูตรที่	ปริมาณน้ำ (ร้อยละ)	ประมาณโซเดียมซิลิเกต (ร้อยละ)	ระยะเวลา (นาที)	ลักษณะของน้ำติน				
				การไหลตัวของน้ำติน	ลักษณะผิว	การถอดแบบ	การทรงตัวหลังถอดแบบ	อื่น ๆ
1	30	0.15	0.50	ไม่ดี	ไม่เรียบ	ติดแบบ	-	
2	30	0.20	0.50	ไม่ดี	ไม่เรียบ	ติดแบบ	-	
3	30	0.25	0.66	ไม่ดี	ไม่เรียบ	ติดแบบ	-	ก้นร้าว
4	30	0.30	0.80	ดี	เรียบ	ติดแบบ	-	ก้นร้าว
5	30	0.35	0.80	ดี	เรียบ	ยาก	ดี	ก้นร้าว
6	32	0.15	0.28	ไม่ดี	ไม่เรียบ	ติดแบบ	-	ก้นร้าว
(7)	32	0.20	0.80	ดี	เรียบ	ง่าย	ดี	
(8)	32	0.25	1.00	ดี	เรียบ	ง่าย	ดี	
(9)	32	0.30	1.00	ดี	เรียบ	ง่าย	ดี	
10	32	0.35	1.00	ดี	เรียบ	ติดแบบ	-	ก้นร้าว
11	34	0.15	0.80	ดี	เรียบ	ติดแบบ	-	ก้นร้าว
12	34	0.20	0.80	ดี	เรียบ	ยาก	ดี	
13	34	0.25	0.66	ดี	เรียบ	ยาก	ดี	
14	34	0.30	0.80	ดี	เรียบ	ยาก	ดี	
15	34	0.35	1.08	ดี	เรียบ	ยาก	ดี	

จากตาราง 23 หลังการทดสอบการใช้ปริมาณน้ำและปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่แตกต่างกัน ผลปรากฏว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 32 ส่วนปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่เหมาะสมคือร้อยละ 0.20, 0.25 และ 0.30 เนื่องจากลักษณะน้ำดินที่เกิดขึ้นมีการไหลตัวดีขณะหล่อแบบ ผลิตภัณฑ์มีผิวเรียบ ถอดออกจากแบบง่ายไม่ติดแบบพิมพ์และทรงตัวได้ดีหลังถอดแบบ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ปริมาณของน้ำร้อยละ 32 และโซเดียมซิลิเกตร้อยละ 0.30 ในการทำน้ำดินสำหรับทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับทำเนื้อดินปั้นโบนไชนา ที่ใช้วัตถุดิบภายในประเทศเพื่อแทนวัตถุดิบจากต่างประเทศ

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

1. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช ซึ่งได้แก่ โปแตสเฟลสปาร์ โซดาเฟลสปาร์ หินปูน หินเขี้ยวหนุมาน และดินขาว โดยทดสอบการหลอมละลายของวัตถุดิบจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส

2. เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนาจากการนำวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ได้จากการทดลอง เถ้ากระดูก ดินขาว และดินเหนียว โดยเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นโบนไชนาก่อนการเผาและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การทดลองหาวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช

ตอนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนา โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ

การทดลองชุดที่ 1 เป็นการทดลองเบื้องต้น เพื่อเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด สำหรับนำไปกระจายหาอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้นในลำดับต่อไป

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการทดลองอัตราส่วนผสมที่ได้จากการเลือกจุดที่ดีที่สุดของการทดลองชุดที่ 1 มากระจายหาอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้นและเลือกจุดที่ดีที่สุดอีกครั้งหนึ่ง เพื่อนำมาทำน้ำดินสำหรับหล่อแบบผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 3 การทดลองหาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นรูบนไซนา สำหรับใช้ในการหล่อแบบ โดยทดลองหาปริมาณน้ำกับปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่เหมาะสมสำหรับทำน้ำดิน

เมื่อผ่านการทดลองทั้ง 3 ตอนแล้ว จึงนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

ตัวแปรที่ศึกษา

ตอนที่ 1 การทดลองหาวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช ซึ่งประกอบด้วย โปแตสเฟลสปาร์ โซดาเฟลสปาร์ หินปูน หินเขี้ยวหนุมาน และดินขาว

ตัวแปรตาม คือ การหลอมละลายของอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส

ตอนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้นรูบนไซนา

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรูบนไซนาของการทดลองชุดที่ 1 และการทดลองชุดที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชที่ได้จากการทดลอง เถ้ากระดูก ดินขาว และดินเหนียว

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นรูบนไซนาก่อนการเผาและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ซึ่งได้แก่คุณสมบัติดังต่อไปนี้

คุณสมบัติก่อนการเผา ได้แก่

1 ความแข็งแรงของเนื้อดิน

2 ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบ

3 การหดตัว

คุณสมบัติหลังการเผา ได้แก่

1 การหดตัว

2 การดูดซึมน้ำ

3 ความขาว

4 ความโปร่งแสง

5 ความทนไฟ

ตอนที่ 3 การทดลองหาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนาสำหรับใช้ในการหล่อแบบ

ตัวแปรต้น คือ ปริมาณน้ำและปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่ผสมในเนื้อดินปั้นโบนไชนา

ตัวแปรตาม คือ ลักษณะของน้ำดินที่ใช้หล่อแบบ เช่น การไหลตัว ระยะเวลาที่ทำให้น้ำดินที่หล่อแบบมีความหนา 2 มิลลิเมตร และลักษณะผลิตภัณฑ์หลังการหล่อแบบ เช่น ความหนาผิวผลิตภัณฑ์ และการทรงตัวเมื่อถอดแบบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ประกอบไปด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้

โปแตสเฟลสปาร์	จากตำบลสวนผึ้ง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี
โซดาเฟลสปาร์	จากบริษัทภัทราเซรามิกส์
หินปูน	จากจังหวัดสระบุรี
หินเขี้ยวหนุมาณ	จากเขาหินแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
ดินขาว	จากบริเวณหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง
ดินเหนียว	จากตำบลพรุพี อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี
เถ้ากระดูก	ชนิดที่ใช้ทางการค้าทั่วไป
โซเดียมซิลิเกต	ชนิดที่ใช้ทางการค้าทั่วไป

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด หม้อบดขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ตะแกรงร่อนขนาด 80, 150 และ 200 เมช กระบอกตวง เครื่องทดสอบความแข็ง แบบพิมพ์สำหรับทำชิ้นทดลอง รีกร่องบด ทุ่นวัดไฟของเซกเกอร์ หมายเลข 6, 7 และ 8 ไม้บรรทัด เตาแก๊ส และเครื่องแยกเหล็ก

ลำดับขั้นในการทดลอง

ตอนที่ 1 การทดลองหาวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ชั่งอัตราส่วนผสม
2. บดอัตราส่วนผสม 8 ชั่วโมง
3. นำมาเกรอะให้แห้ง
4. นำไปอัดในแบบพิมพ์ทดสอบการหลอม
5. เผาชิ้นทดลองที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส
6. สังเกตการหลอมของแต่ละอัตราส่วนผสม แล้วเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด

ตอนที่ 2 การทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรบนไชนา ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ทั้ง 2 ชุดการทดลองมีขั้นตอนการทดลองเหมือนกันดังต่อไปนี้

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง
2. ร่อนวัตถุดิบด้วยตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช
3. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสม
4. นำไปบดด้วยหม้อบด โดยใช้เวลา 12 ชั่วโมง
5. กรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 200 เมช
6. ผ่านเครื่องแยกเหล็กอัตราส่วนผสมละ 10 ครั้ง
7. นำมาเกรอะให้ดินหมาด
8. ทำชิ้นทดลอง ทดสอบการหดตัวก่อนเผา และความแข็งแรง
9. ผึ่งให้แห้ง
10. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส
11. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา
12. คัดเลือกอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 3 การทดลองหาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นรบนไชนา สำหรับใช้ในการหล่อแบบ โดยทดลองหาปริมาณน้ำและปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่เหมาะสมในการทำน้ำดิน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ชั่งอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ดีที่สุด
2. บดอัตราส่วนผสม 12 ชั่วโมง
3. กรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 200 เมช
4. ผ่านเครื่องแยกเหล็ก
5. อบอัตราส่วนผสมด้วยอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. บดอีกครั้งด้วยโกร่งบด และร่อนด้วยตะแกรงร่อน 200 เมช อีกครั้ง
7. ทดลองปริมาณของน้ำและโซเดียมซิลิเกตที่แตกต่างกัน นำมาหล่อแบบให้ผิวผลิตภัณฑ์หนา 2 มิลลิเมตร จับเวลาแต่ละอัตราส่วนผสม และสังเกตลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังการหล่อแบบ
8. เลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดที่ใช้ทำน้ำดินสำหรับหล่อแบบ เพื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง
9. ทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง
10. เผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส
11. นำมาเคลือบใสและเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส
12. ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นโบนไชนา ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์การหลอมละลายของวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส

ตอนที่ 2 ได้แบ่งเป็นการทดลองชุดที่ 1 และการทดลองชุดที่ 2 ได้วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นโบนไชนาทั้งก่อนการเผาและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบ

สรุปผลการทดลอง

หลังจากการทดลองทั้ง 3 ตอน ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ผลของการทดลองมีดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช ผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีการคำนวณทางเซรามิกส์มาใช้ในการหาวัตถุดิบและจำนวนของวัตถุดิบที่ใช้ โดยให้มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนหินคอร์นิชจากประเทศอังกฤษ จากการคำนวณได้ส่วนประกอบของวัตถุดิบดังนี้

โปแตสเฟลสปาร์	ร้อยละ	37.56
โซดาเฟลสปาร์	ร้อยละ	18.47
หินปูน	ร้อยละ	3.32
หินเขี้ยวหนุมาณ	ร้อยละ	14.95
ดินขาว	ร้อยละ	25.70

เมื่อได้สูตรดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยได้ปรับค่าของวัตถุดิบให้มีปริมาณที่แตกต่างกันอีกจำนวน 9 อัตราส่วนผสม รวมเป็น 10 อัตราส่วนผสม แล้วนำไปทดสอบการหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส ผลการทดลองปรากฏว่า อัตราส่วนผสมที่เกิดปฏิกริยาการหลอมมีเพียง 2 อัตราส่วนผสม คืออัตราส่วนผสมที่ 9 และ 10 (ตารางหน้า 83) ส่วนอัตราส่วนผสมที่ได้จากการคำนวณไม่เกิดการหลอม ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด ผู้เชี่ยวชาญได้เลือกอัตราส่วนผสมที่ 9 ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้

โปแตสเฟลสปาร์	ร้อยละ	38.79
โซดาเฟลสปาร์	ร้อยละ	19.08
หินปูน	ร้อยละ	3.43
หินเขี้ยวหนุมาณ	ร้อยละ	4.57
ดินขาว	ร้อยละ	34.14

เมื่อได้ส่วนผสมดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยได้นำไปเตรียมขึ้นใหม่ สำหรับนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโรบนไซนาที่จะทดลองในขั้นต่อไป

ตอนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้นโรบนไซนา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง

การทดลองชุดที่ 1 เป็นการทดลองอัตราส่วนผสมจำนวน 36 อัตราส่วนผสม แล้วเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดเพียง 1 อัตราส่วนผสม อัตราส่วนผสมที่เลือกได้แก่ อัตราส่วนผสมที่ 11 ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้

เถ้ากระดูก	ร้อยละ	40
วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช	ร้อยละ	50
ดินขาว	ร้อยละ	10
ดินเหนียว	ร้อยละ	3

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผาของอัตราส่วนผสมที่ 11 พบว่า มีค่าความแข็งแรง 7.11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การหดตัวมีค่าร้อยละ 1.25 ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า การหดตัวมีค่าร้อยละ 12.50 เนื้อดินไม่ดูดซึมน้ำ คือมีค่าเป็น 0 เนื้อดินมีสีขาว โปร่งแสง และสามารถทนไฟได้

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการนำอัตราส่วนผสมที่ 11 มากระจายหาอัตราส่วนผสมที่ละเอียดขึ้น จะได้จำนวน 10 อัตราส่วนผสมแล้วเลือกอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดอีกครั้ง อัตราส่วนผสมที่เลือกได้แก่ อัตราส่วนผสมที่ 10 ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้

เถ้ากระดูก	ร้อยละ	35
วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช	ร้อยละ	45
ดินขาว	ร้อยละ	20
ดินเหนียว	ร้อยละ	3

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผาของอัตราส่วนผสมที่ 10 พบว่า มีค่าความแข็งแรง 7.11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การหดตัวมีค่าร้อยละ 1.25 ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1.230 องศาเซลเซียส การหดตัวมีค่าร้อยละ 12.50 เนื้อดินไม่ดูดซึมน้ำ คือมีค่าเป็น 0 เนื้อดินมีสีขาว โปร่งแสง และสามารถทนไฟได้

ตอนที่ 3 การทดลองหาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นโบนไชนาสำหรับใช้ในการหล่อแบบ โดยทดลองหาความเหมาะสมของปริมาณน้ำกับปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่ผสมในดิน เพื่อให้เกิดคุณสมบัติที่ดีในการหล่อ การทดสอบจะทดลองใช้ปริมาณน้ำร้อยละ 30, 32 และ 34 ส่วน ปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่ใช้คือร้อยละ 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 และ 0.35 จะได้จำนวน 15 อัตราส่วนผสม จากผลการทดลองทั้ง 15 อัตราส่วนผสม พบว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสม คือ

ร้อยละ 32 ส่วนปริมาณโซเดียมซิลิเกต คือร้อยละ 0.30 เมื่อนำไปหล่อผลิตภัณฑ์ น้ำดินมีการไหลตัวที่ดี ผิวเรียบ ร่อนจากแบบพิมพ์ง่าย ไม่เกิดการแตกร้าว และสามารถทรงตัวได้เมื่อถอดจากแบบ ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการหล่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหนา 2 มิลลิเมตร ใช้เวลา 1 นาที

อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองเนื้อดินปั้นรีบนไซนา สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมที่เลือกใช้สำหรับเป็นส่วนผสมในการทำเนื้อดินปั้นรีบนไซนาประกอบด้วยวัตถุดิบ คือ โปแตสเฟลสปาร์ร้อยละ 38.79 โซดาเฟลสปาร์ร้อยละ 19.08 หินปูนร้อยละ 3.43 หินเขี้ยวหนุมานร้อยละ 4.57 และดินขาวร้อยละ 34.04 อัตราส่วนผสมดังกล่าวสามารถหลอมที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับซิงเกอร์ (Singer. 1963 : 103-104) ที่กล่าวว่า หินคอร์นิชมีจุดหลอมละลายประมาณ 1,150-1,300 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบที่ผู้วิจัยได้เลือกใช้กับส่วนประกอบเดิมที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งประกอบด้วย โปแตสเฟลสปาร์ร้อยละ 37.56 โซดาเฟลสปาร์ร้อยละ 18.47 หินปูนร้อยละ 3.32 หินเขี้ยวหนุมานร้อยละ 14.95 และดินขาวร้อยละ 25.70 ส่วนประกอบดังกล่าวไม่เกิดการหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส จากอัตราส่วนผสมจะเห็นได้ว่าปริมาณของโปแตสเฟลสปาร์ โซดาเฟลสปาร์และหินปูน จะมีค่าใกล้เคียงกันมากจะต่างกันที่ปริมาณของ หินเขี้ยวหนุมานและดินขาว โดยที่อัตราส่วนผสมที่เลือกจะมีปริมาณของหินเขี้ยวหนุมานน้อยกว่าอัตราส่วนผสมที่ได้จากการคำนวณถึง 10.36 ส่วนดินขาวจะมีปริมาณมากกว่า 8.44 แสดงให้เห็นว่าปริมาณของหินเขี้ยวหนุมานและดินขาวมีผลต่อการหลอมละลายของวัตถุดิบ หากมีปริมาณของหินเขี้ยวหนุมานมากการหลอมละลายของอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบจะต้องเผาอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากหินเขี้ยวหนุมานเป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายสูงถึง 1,728 องศาเซลเซียส และเป็นสารที่ทำให้เกิดการหลอมเป็นแก้ว (รกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 25) ในวัตถุดิบ สำหรับดินขาวนั้นเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต สามารถทนไฟได้ถึง 1,300 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังสรุปได้ว่า วัตถุดิบที่มีแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน องค์ประกอบทางเคมีย่อมแตกต่างกันด้วย ซึ่งจะส่งผลถึงความทนไฟของวัตถุดิบ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2526 : 58)

ตอนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับทำเนื้อดินปั้นรีบนไซนา

จากการทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินที่เลือก ประกอบด้วย เถ้ากระดูกร้อยละ 35 วัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิชร้อยละ 45 ดินขาวร้อยละ 20 และดินเหนียวร้อยละ 3 อัตราส่วนผสมดังกล่าวสอดคล้องกับวรุณี ถิรมงคล (2532 : 46) ที่กล่าวว่าวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นรีบนไซนาจะต้องมีเถ้ากระดูกอย่างน้อยร้อยละ 25 และยังสอดคล้องกับมาตรฐานของประเทศอังกฤษที่กำหนดว่า เนื้อดินปั้นรีบนไซนาจะต้องประกอบด้วยฟอสเฟตจากกระดูกสัตว์ร้อยละ 30 ขึ้นไป (Dodd. 1964 : 378) เมื่อนำเนื้อดินปั้นรีบนไซนาไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผา พบว่าค่าความแข็งแรงของเนื้อดิน มีค่าต่างกันมาก ความแข็งแรงที่มากที่สุดมีค่า 18.15 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าที่น้อยที่สุดคือ 1.81 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนค่าการหดตัวของเนื้อดินก่อนการเผาจะมีค่าใกล้เคียงกันคือ เนื้อดินที่มีการหดตัวมากที่สุด มีค่าร้อยละ 3.75 หดตัวน้อยที่สุดมีค่าร้อยละ 1.25 เมื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวของเนื้อดินกับความแข็งแรงจะพบว่า เนื้อดินที่มีค่าความแข็งแรงมาก ค่าการหดตัวจะมากตาม และเมื่อดูอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบพบว่า อัตราส่วนที่มีปริมาณของดินมาก ความเหนียวย่อมเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าการหดตัวและค่าความแข็งแรงจะมากขึ้นตาม ซึ่งสอดคล้องกับปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2532 : 186) ที่กล่าวว่า ดินที่มีความเหนียวมากจะมีค่าความแข็งแรงมากเมื่อผึ่งแห้งทำให้ไม่เปราะและแตกง่ายขณะขนย้ายหรือจับต้อง เนื้อดินที่ผู้วิจัยได้เลือกนั้นมีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 7.11 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถขนย้ายได้โดยไม่เปราะหรือแตกหักง่าย ส่วนค่าการหดตัวมีค่าร้อยละ 1.25 สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบครั้งสุดท้ายมีเพียง 3 อัตราส่วนผสมจาก 10 อัตราส่วนผสม อัตราส่วนผสมที่ผู้วิจัยเลือก มีค่าการหดตัวหลังเผาร้อยละ 12.50 ซึ่งสอดคล้องกับทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 52) ที่กล่าวว่าเนื้อดินโดยทั่วไปจะมีค่าการหดตัวหลังการเผาอยู่ในช่วงร้อยละ 12-20 การดูดซึมน้ำของเนื้อดินที่เลือกมีค่าเป็น 0 สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดปอร์สเลนมีค่าการดูดซึมน้ำได้ไม่เกินร้อยละ 0.50 ความทนไฟของเนื้อดินสามารถทนไฟได้ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสโดยไม่เกิดการบิดเบี้ยว ตองอ หรือเสียรูปแต่อย่างใด ส่วนคุณสมบัติด้านความขาวและความโปร่งแสง ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบและคัดเลือก เนื้อดินที่เลือกนั้นมีความขาวและความโปร่งแสงดี ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นรีบนไซนา

ตอนที่ 3 การทดลองหาความเหมาะสมของเนื้อดินปั้นรบนไชนาสำหรับใช้ในการหล่อแบบ ผู้วิจัยได้ทดลองหาปริมาณน้ำกับปริมาณโซเดียมซิลิเกตที่เหมาะสมในการทำน้ำดิน โดยผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ของรุดส์ (Rhodes. 1972 : 30) เป็นตัวกำหนด คือ ปริมาณน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 30 ถึง 35 และโซเดียมซิลิเกตประมาณร้อยละ 0.15 ถึง 0.35 โดยน้ำหนักของดิน จากการทดสอบพบว่า อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 32 และปริมาณของโซเดียมซิลิเกตอยู่ในช่วงร้อยละ 0.20, 0.25 และ 0.30 น้ำดินจะมีลักษณะการไหลตัวที่ดี ผิวเรียบทรงตัวได้เมื่อถอดจากแบบ แกะจากแบบพิมพ์ง่าย และไม่เกิดการแตกร้าว ผู้วิจัยได้เลือกใช้ปริมาณน้ำร้อยละ 32 และปริมาณโซเดียมซิลิเกตร้อยละ 0.30 เพราะผิวของผลิตภัณฑ์จะเรียบกว่าอัตราส่วนผสมอื่น

ผู้วิจัยได้ทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างและได้นำไปเคลือบด้วยน้ำยาเคลือบใสที่ประกอบด้วย โปแตสเฟลสปาร์ร้อยละ 44.70 โคลีมาไนต์ร้อยละ 22.00 โดโลไมต์ร้อยละ 3.97 ทัลค์ร้อยละ 4.49 แบเรียมคาร์บอเนตร้อยละ 5.27 สังกะสีออกไซด์ร้อยละ 1.30 ดินขาวร้อยละ 4.14 และหินเขี้ยวหนุมานร้อยละ 14.13 โดยนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส น้ำเคลือบที่ได้เกิดการหลอมตัวที่ดี ผิวเรียบเป็นมันวาว ไม่เกิดรอยรานที่ผิวเคลือบ แสดงว่า น้ำเคลือบสูตรดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันกับเนื้อดินปั้นรบนไชนาที่ผู้วิจัยได้ทดลอง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการทดลองไปใช้

การนำผลการทดลองไปใช้ควรมีการทดลองอัตราส่วนผสมใหม่อีกครั้ง เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละแหล่งจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ผลที่ได้อาจจะไม่เหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคัดเลือกวัตถุดิบที่นำมาใช้แต่ละชนิด ควรมีการคัดเลือกอย่างพิถีพิถัน เลือกวัตถุดิบที่มีสิ่งที่ไม่บริสุทธิ์เจือปนน้อยที่สุด โดยเฉพาะพวก ไทตาเนียมออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ โดยดูจากผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบ

ข้อเสนอแนะสำหรับการทดลองครั้งต่อไป

ควรนำวัตถุดิบแหล่งอื่น ๆ มาทดลองทำเนื้อดินปั้นรบนไชนา เพราะประเทศไทยมีวัตถุดิบที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อยู่กระจัดกระจายทั่วประเทศ และมีปริมาณมาก นอกจากนี้ควรมีการทดลองในด้านเทคนิคการขึ้นรูป เนื่องจากเนื้อดินรบนไชนามีความเหนียวน้อย การขึ้นรูปจะลำบาก หากมีการทดลองและพัฒนาในส่วนนี้ จะเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์รบนไชนาให้ดียิ่งขึ้นในลำดับต่อไป

บรรณานุกรม

รักมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น. นนทบุรี : สำนักพิมพ์โรงเรียนมารดานุเคราะห์, 2531.

จรัสศรี สมบัติทวี. "รูบนไชนา," ใน เอกสารทางวิชาการในการสัมมนาเรื่องเครื่องเคลือบดินเผา ครั้งที่ 2. หน้า 7.5-7.16. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, 2524. ถ่ายเอกสาร.

ชาญ จรรยาวณิชย์. "การค้นคว้าทดลองตรวจสอบดินขาวเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," วารสารข่าวสารการธรณี. 24(1) : 18-19; มกราคม 2522.

_____. "สถานการแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," ใน เอกสารข่าวสารการธรณี. 38(1) : 2; มกราคม 2531.

ดนัย อารยะพงษ์. "การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการหล่อแบบ," ใน เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องเทคโนโลยีเซรามิกส์. หน้า 19-20. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532. อัดสำเนา.

ทวี พรหมพฤกษ์. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : รอเดียนสโตร์, 2523.

_____. เอกสารประกอบการสอนปั้น 363 เตาและการเผา. กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูพระนคร, 2524.

บ้านปูจำกัด (มหาชน), บริษัท. "ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาว หาดส้มแป้น จังหวัดระนอง," ใน เอกสารการสัมมนาและประชุมเซรามิกส์แห่งอาเซียนและระหว่างประเทศ. หน้า 2. กรุงเทพฯ : สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2537. อัดสำเนา.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2530.

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

ภัทราเซรามิกส์, บริษัท. ผลวิเคราะห์ทางเคมีของโซดาเฟลสปาร์. ม.ป.ท., ม.ป.ป. ถ่ายเอกสาร.

มนัส ขำอ่อน. การศึกษาน้ำเคลือบผลึก. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2527. ถ่ายเอกสาร.

วรุณี ถิรมงคล. "รูบนไซนา," ใน เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. หน้า 3. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงอุตสาหกรรม, ม.ป.ป. ถ่ายเอกสาร.

_____. "รูบนไซน่า," วารสารเทคโนโลยี. 16(88) : 50; ธันวาคม 2532.

วรุณี ถิรมงคล, สุทธิชัย ทีปประสาน และเทพีวรรณ จิตรวัชรกมล. เอกสารผลงานวิจัยเนื้อดินปั้นรูบนไซนา. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2531.

วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา, ศูนย์. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : องค์การทหารผ่านศึก, 2529.

วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. "ผลิตภัณฑ์รูบนไซน่า," วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 17(18) : 3; กันยายน 2531.

ศุภกา ดอกไม้. การทดลองเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ จากอัตราส่วนผสมระหว่างดินปากเกร็ดดินขาว หินเขี้ยวหนุมานและแทลคัม. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535. ถ่ายเอกสาร.

ศิริชัย รพธิตาปนะ. "วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," เซรามิกส์ไทย. 5(1) : 20; ธันวาคม 2531.

สัญญา สราภิรมย์. "โครโลไมต์," ข่าวสารการธรณี. 24(1) : 29; มกราคม 2522.

สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์. การพัฒนาสีในเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยใช้สนิมโลหะตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาค. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535. ถ่ายเอกสาร.

สมศักดิ์ วังศิริกุล. การทดลองเนื้อดินจังหวัดกำแพงเพชรเพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2534. ถ่ายเอกสาร.

สมหวัง นรพัลลภ. "เนื้อดินปั้น," ใน อนุสรณ์พระราชทานเพลิงศพ นอ.สมหวัง นรพัลลภ. หน้า 36. กรุงเทพฯ : อมรินทร์การพิมพ์, 2527.

สุรศักดิ์ รถสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพาณิช, 2531.

ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ, ศูนย์. อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์ช้างเผือก, ม.ป.ป.

อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล. "วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," เซรามิกส์ไทย. 5(1) : 20; ธันวาคม 2531.

อายุวัฒน์ สว่างผล. วัตถุเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นด่างในเคลือบเซรามิกส์. กำแพงเพชร : คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูกำแพงเพชร, ม.ป.ป. อัดสำเนา.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะเซรามิกส์ที่ใช้กับอาหาร : ปอร์สเลน. กรุงเทพฯ : สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2528.

Dodd, A.E. Dictionary of Ceramics. London : George Newnes Limited, 1964.

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

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

Nelson, Glenn C. Ceramics A Potter's Hand Book. New York : Holt, Rientiort and Winston Inc., 1966.

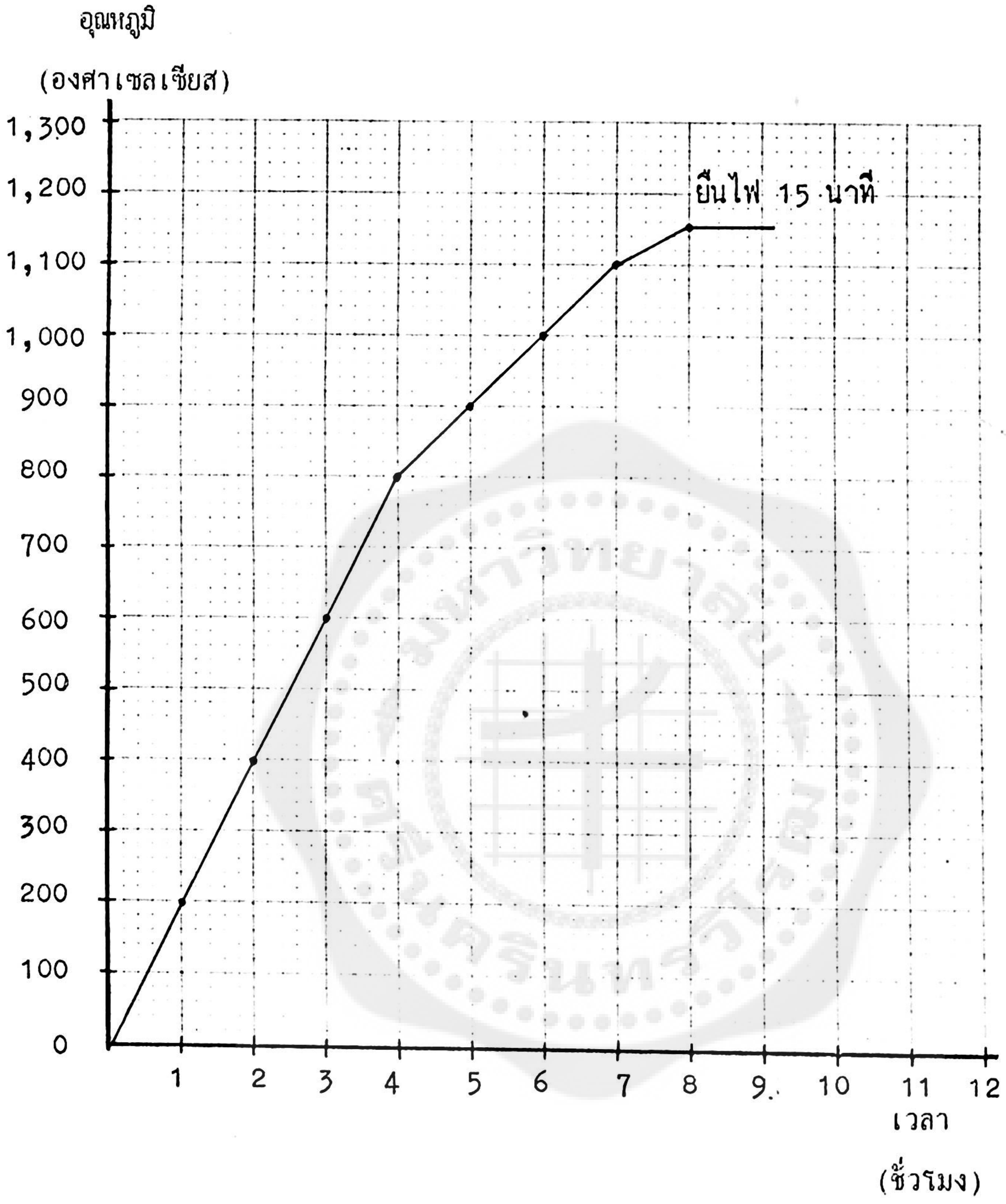
Rhodes, Daniel. Clay and Glazes for the Potter. London : Pitman Publishing Company, 1972.

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

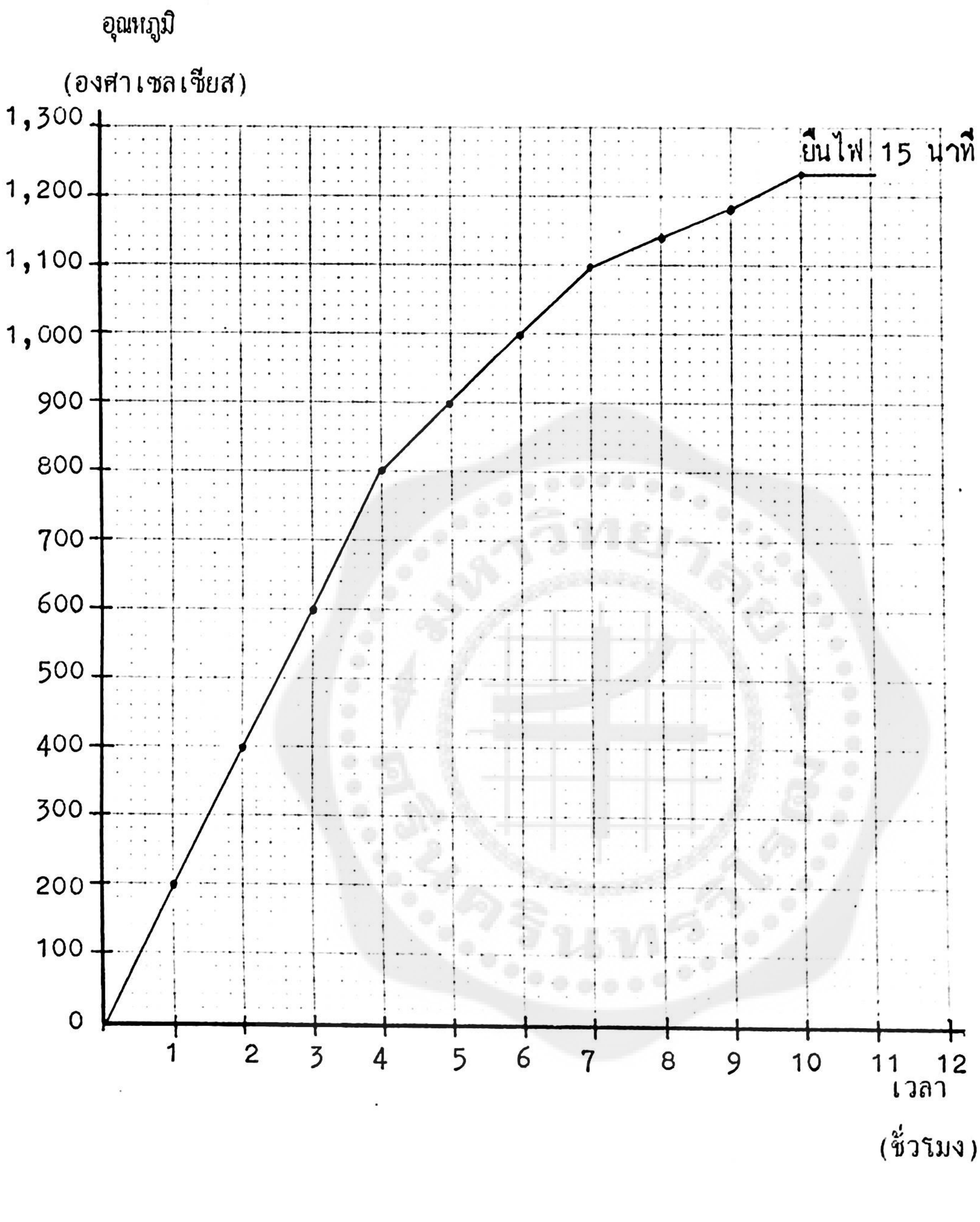
Singer, Felix and Sonja S. Singeer. Industrial Ceramics. London : Champan and Hall Ltd.,1963.

ภาคผนวก ก

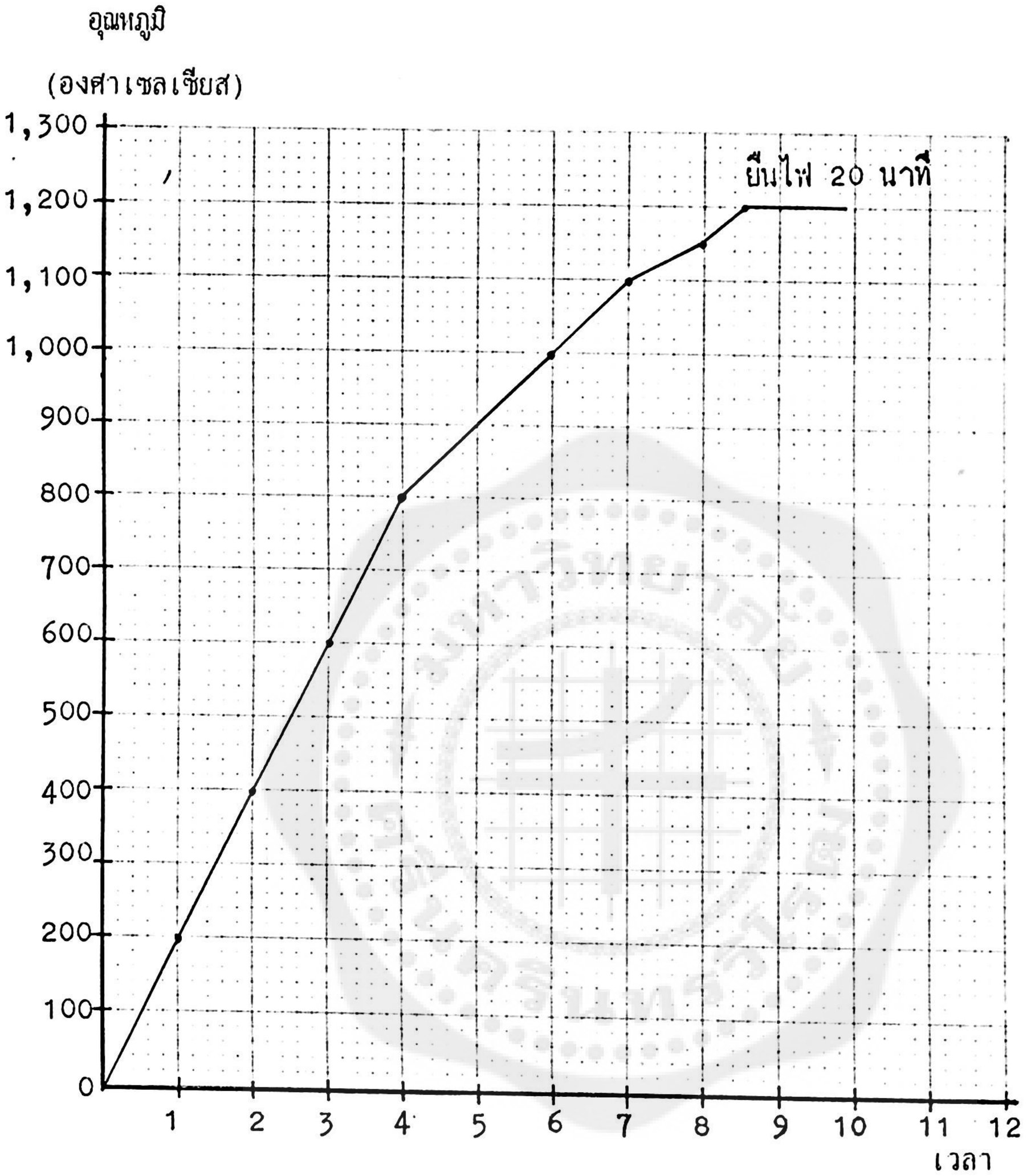
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา



ภาพประกอบ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาวัตถุดิบที่ใช้แทนหินคอร์นิช ที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน



ภาพประกอบ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเนื้อดินปั้นโบนไชนา ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน



ภาพประกอบ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

ภาคผนวก ข

หนังสือขอความอนุเคราะห์และประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ที่ ทม 1007/1145

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

16 มกราคม 2538

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏพระนคร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางสาวสุชาดา สุขปี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นโบนไชนา

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.โกมล รักษ์วงศ์ ประธาน
ผศ.พูนเกียรติ ประถมบุตร กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และสถานที่ทดลองเนื้อดินปั้นโบนไชนา ของภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม 2538

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/1194

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

16 มกราคม 2538

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางสาวสุชาดา สุขขี เป็นนิสิตระดับบริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำบริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นรับนไชนา

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.โกมล รักษ์วงศ์ ประธาน
ผศ.พูนเกียรติ ประถมบุตร กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอใช้สถานที่และเครื่องมือสำหรับทดลองเนื้อดินปั้นรับนไชนา ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กองการวิจัย ในระหว่างเดือนมกราคม - มีนาคม 2538

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ศิริบุภา พูลสุวรรณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/2602

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

1 มิถุนายน 2538

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏพระนคร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางสาวสุชาดา สุขชี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นรับบนไชนา

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.รักมล รักษ์วงศ์ ประธาน
ผศ.พูนเกียรติ ประถมบุตร กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ ผศ.สุรศักดิ์ รักสิยพันธ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและคัดเลือกผลการทดลองเนื้อดินปั้นรับบนไชนา พร้อมทั้ง ขอใช้สถานที่และเครื่องมือสำหรับทดลองเนื้อดินปั้นรับบนไชนา ที่ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 2584119

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว ประสานมิตร โทร. 268

ที่ ทม 1007/ 2600 วันที่ 16 มิถุนายน 2538

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางสาวสุชาดา สุขขี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นรับนไชนา

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.รักมล รักษ์วงศ์ ประธาน

ผศ.พูนเกียรติ ประถมบุตร กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ อ.สมศักดิ์ ชวาลาวัลย์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและคัดเลือกผลการทดลองเนื้อดินปั้นรับนไชนา

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1007/ 2601

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

16 มิถุนายน 2538

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นางสาวสุชาดา สุขขี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองเนื้อดินปั้นรบนไชนา

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.รักมล รักษ์วงษ์ ประธาน
ผศ.พูนเกียรติ ประถมบุตร กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ คุณพินิจ วรรณ์เวชศิลป์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจผลการทดลองเนื้อดินปั้นรบนไชนา

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 2584119

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายสุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ **ตำแหน่ง** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

วุฒิทางการศึกษา วท.ม. เทคโนโลยีเซรามิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ทำงาน ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร

ประวัติการสอนวิชาเซรามิกส์

พ.ศ.2518-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร

ประวัติการทำงานพิเศษ

พ.ศ.2526-2527 อาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ คณะสถาปัตย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2530 อาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2534-ปัจจุบัน อาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2538 อาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

การศึกษาดูงาน

พ.ศ.2524 ศึกษาอบรมทางด้านเซรามิกส์ ณ ประเทศญี่ปุ่นเป็นเวลา 6 เดือน

พ.ศ.2528-2529 ศึกษาอบรมทางด้านเซรามิกส์ ณ ประเทศญี่ปุ่นเป็นเวลา 9 เดือน

ผลงานทางด้านวิชาการ

พ.ศ.2528 เขียนตำรา เรื่องน่ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา เผยแพร่โดยสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช

เขียนตำรา เรื่องวัสดุศาสตร์

ผลงานที่ได้รับรางวัล

พ.ศ.2519 รางวัลชมเชย ประเภทผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาชุดน้ำชาของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายสมศักดิ์ ชวาลาวัณย์ ตำแหน่ง หัวหน้าภาควิชาทัศนศิลป์

สถานที่ทำงาน ภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

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 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2535 อาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่มหาวิทยาลัยรังสิต

ผลงานวิชาการ

พ.ศ.2536 บทความเรื่อง <u>อุตสาหกรรมเซรามิกส์คืออะไร</u> จากนิตยสารวิมาน เล่ม 4 ฉบับที่ 33 เดือนมกราคม 2536

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

ได้รับรางวัลดีเด่นจากผลงานแสดงเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 4 พ.ศ.2533 ประเภทศิลปกรรม

ประวัติย่อของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายพินิจ วรรณีเวชศิลป์ ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 7

ภูมิลำเนาเดิม จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2510	ปริญญาตรีทางวิศวกรรมเคมี จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	CERT. IN CERAMIC ENGINEERING ประเทศญี่ปุ่น
	CERT. IN REFRACTORY MANUFACTURING ประเทศญี่ปุ่น

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2511	นักวิทยาศาสตร์ตรี กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์
พ.ศ. 2521	นักวิทยาศาสตร์ 5
พ.ศ. 2525	นักวิทยาศาสตร์ 5 กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์
พ.ศ. 2532	นักวิทยาศาสตร์ 6
พ.ศ. 2536-ปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์ 7 หัวหน้าฝ่ายวิเคราะห์และทดสอบศูนย์วิจัย
	และพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ประสบการณ์การสอนวิชาเซรามิกส์

พ.ศ. 2519-2625	อาจารย์พิเศษทางเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ. 2531-2533	อาจารย์พิเศษทางเซรามิกส์ สถาบันราชภัฏพระนคร

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวสุชาดา สุขขี
เกิด	วันที่ 26 เดือน ธันวาคม พุทธศักราช 2507
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 3/1/23 สถาบันราชภัฏพระนคร ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10220
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	รองหัวหน้าภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10220

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2526	ม.ศ.5 จากโรงเรียนหอวัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2530	ค.บ.(เกียรตินิยมอันดับ 2) วิชาเอกศิลปหัตถกรรม สาขาเครื่องเคลือบดินเผา
พ.ศ. 2538	กศ.ม. วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร