

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาข้อมูลและเอกสารจากแหล่งต่าง ๆ โดยทำการลำดับ
ชั้นหัวข้อออกได้ดังนี้

1. การผลิตเครื่องปั้นดินเผาของจังหวัดสุรินทร์
2. เนื้อดินปั้น
3. ชนิดของเครื่องปั้นดินเผา
 - 3.1 เอธิเทนแวร์ (Earthenware)
 - 3.2 สโตนแวร์ (Stoneware)
 - 3.3 ปอร์สเลน (Porcelain)
 - 3.4 โบนไชนา (Bone China)
4. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อดินปั้น
5. การคำนวณส่วนผสมของเนื้อดินปั้น
6. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์
7. การเผาผลิตภัณฑ์
 - 7.1 ชนิดของเตาเผา
 - 7.2 เตาไฟฟ้า
 - 7.3 การเผาดิบ
 - 7.4 การเผาเคลือบ
 - 7.5 บรรยากาศของการเผา
 - 7.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ
8. อิทธิพลความร้อนที่มีต่อเนื้อดินปั้น
9. การทดสอบคุณสมบัติทางการหล่อแบบ และคุณสมบัติทางกายภาพ
 - 9.1 คุณสมบัติทางกายภาพก่อน และหลังการเผา
 - 9.2 คุณสมบัติทางเคมี
 - 9.3 ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตเครื่องปั้นดินเผาของจังหวัดสุรินทร์

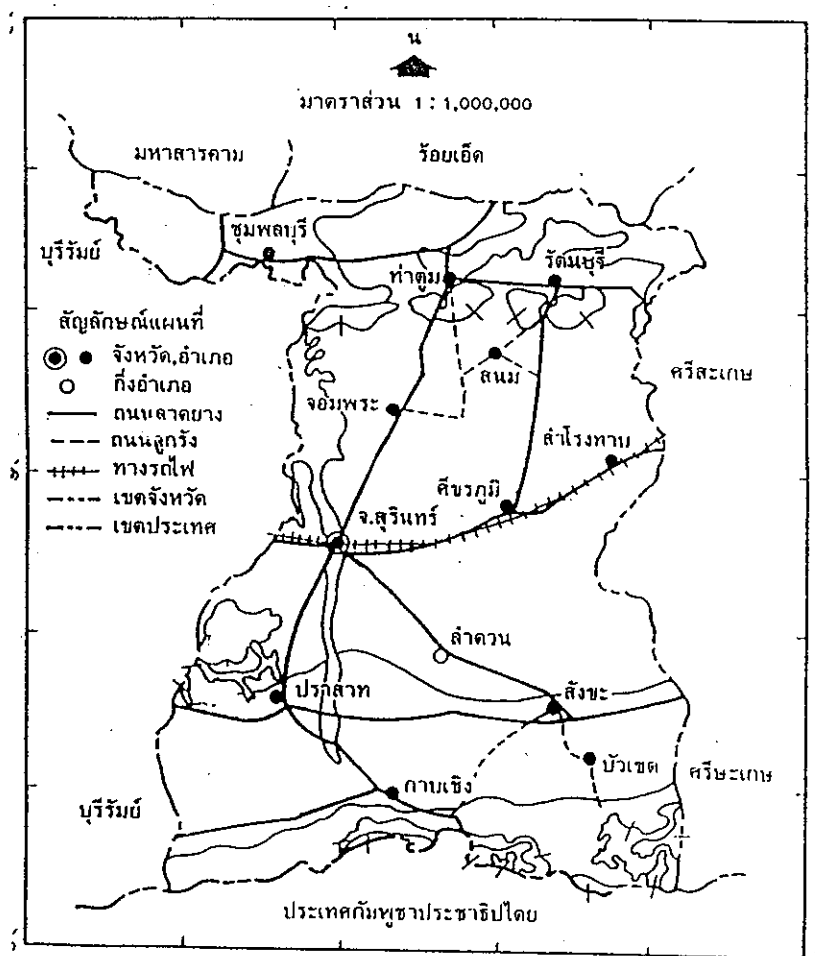
จังหวัดสุรินทร์ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือบริเวณที่เรียกว่าอีสาน ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 ถึง 16 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 103 ถึง 105 องศาตะวันออก (แสดงให้เห็น จากภาพ 1) ซึ่งจังหวัดสุรินทร์มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัด และประเทศใกล้เคียงดังนี้ (สุนทร หัสสภาค และคณะ. 2533 : 2)

ทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดร้อยเอ็ด และมหาสารคาม

ทิศใต้ ติดต่อกับประเทศกัมพูชาประชาธิปไตย มีแนวภูเขาพนมดงรักกั้นเขตแดน

ทิศตะวันออก ติดต่อกับจังหวัดศรีสะเกษ

ทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดบุรีรัมย์



ภาพ 1 แสดงแผนที่จังหวัดสุรินทร์

ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของจังหวัดสุรินทร์นั้นจะเป็นที่ราบสูง แล้วค่อยๆลาดลง มาในทางทิศใต้ที่ติดต่อกับประเทศกัมพูชาประชาธิปไตย ส่วนทางด้านทิศเหนือของจังหวัดสภาพ ภูมิประเทศจะเป็นพื้นที่ราบเรียบในบริเวณที่เรียกกันว่า พุทูลาร่องให้

การผลิตเครื่องปั้นดินเผาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีมาตั้งแต่สมัยโบราณ ซึ่งจะเห็น ได้จากประวัติศาสตร์ที่ผ่านมา ในส่วนของจังหวัดสุรินทร์นั้นจะพบการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของ ชาวบ้านมานาน จนกระทั่งปัจจุบันยังปรากฏว่ามีการยึดเป็นอาชีพอยู่บ้างเล็กน้อย ซึ่งผลจากการ สืบราชการผลิตเครื่องปั้นดินเผาในจังหวัดสุรินทร์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่าการผลิตเครื่องปั้นดินเผาจะพบได้จากหมู่บ้านใหม่ ตำบลตระแสง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ และหมู่บ้านน้ำค้ำ ตำบลท่าตูม อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์

1 การผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชาวบ้านใหม่ ตำบลตระแสง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์

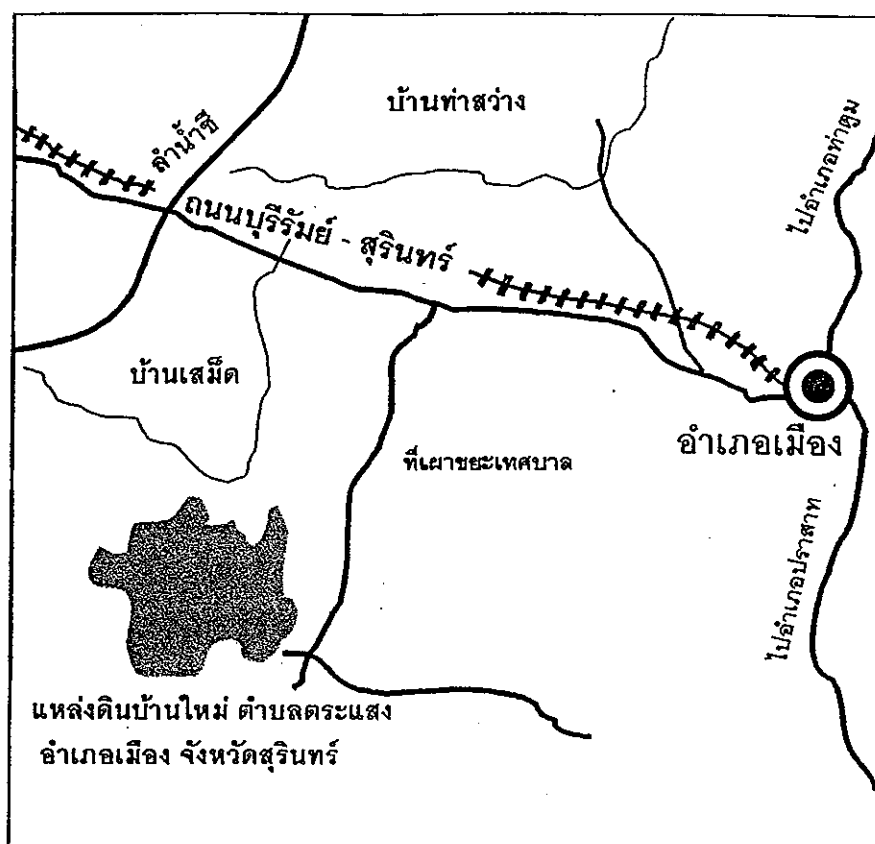
หมู่บ้านนี้อาชีพหลักของชาวบ้านคือการทำนา มีบางครอบครัวเท่านั้นที่ผลิตเครื่อง ปั้นดินเผา เดิมทีมีโครงการอบรมการปั้นผลิตเครื่องปั้นดินเผาในรูปแบบต่างๆของทางราชการไป ลงที่หมู่บ้านนี้ พบว่าชาวบ้านมีความสนใจอยู่มาก แต่ปรากฏว่าโครงการดังกล่าวไม่ได้ผลตามจุด ประสงค์ อันเนื่องมาจากการขาดการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง

แหล่งดิน ได้จากภายในหมู่บ้านบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำ หรือหนองน้ำ (แสดงให้เห็น จากภาพ 2) การขนดินมาใช้นั้นจะใช้รถเข็นน้ำ หรือเกวียนเป็นพาหนะในการขนดินจากแหล่งดิน มายังบ้านตนเอง

ผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต ได้แก่เตา กระถางต้นไม้ หม้อ และอิฐมอญ

กรรมวิธีการผลิต ทำการขึ้นรูปด้วยมือ แล้วใช้อุปกรณ์ช่วยโดยใช้ไม้ตีผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ตามรูปแบบที่กำหนดแล้วจึงนำไปเผา การเผา ส่วนมากเป็นการเผาแบบกลางแจ้ง โดยที่การเผาจะใช้ฟืนหรือฟางเป็นเชื้อเพลิง

ปัญหาที่พบ ปัญหาแหล่งตลาดควรจะมีการหาแหล่งตลาดเพื่อระบายผลิตภัณฑ์ ของชาวบ้านที่มากขึ้น และปัญหาในการช่วยเหลือชาวบ้านให้มีเทคนิคในการปั้นรูปแบบผลิตภัณฑ์ ใหม่ๆ



ภาพ 2 แสดงแหล่งดินสุรินทร์บ้านใหม่ ตำบลตระแสง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์

2 การผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชาวบ้านน้ำคำ ตำบลท่าตูม อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์

หมู่บ้านนี้ห่างจากถนนใหญ่ประมาณ 2-3 กิโลเมตร ซึ่งเป็นหมู่บ้านใหญ่ และเป็นหมู่บ้านที่ได้รับการพัฒนาแล้วภายในหมู่บ้านจะสะอาด อาชีพของชาวบ้านส่วนใหญ่ยังทำนาอยู่ และมีการปั้นเครื่องปั้นดินเผาเป็นอาชีพอยู่บ้าง

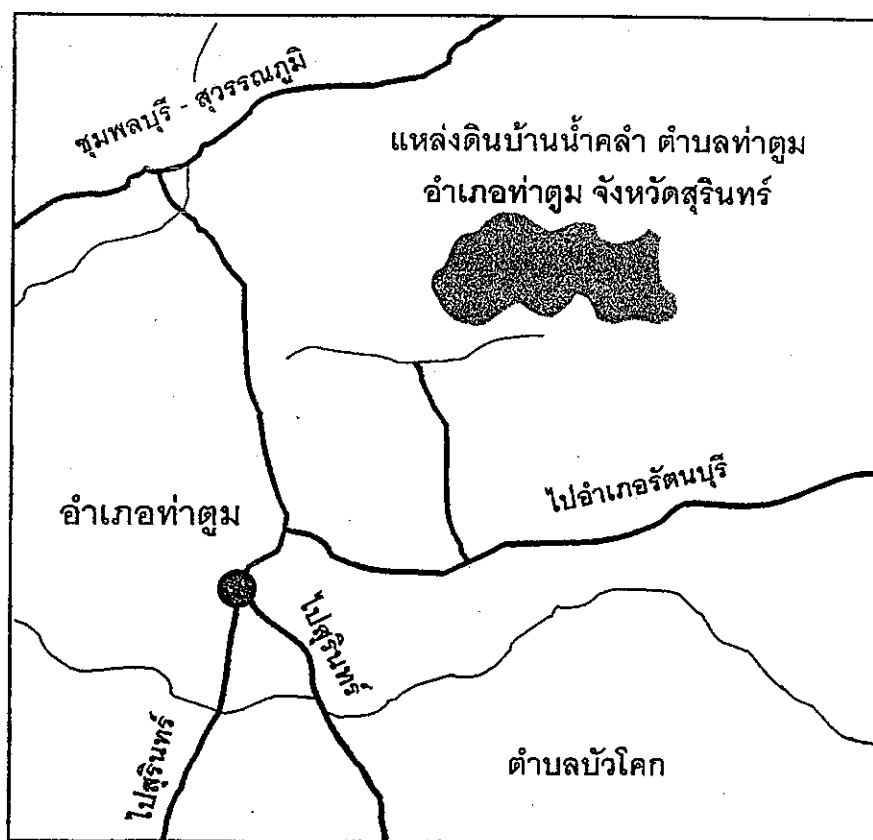
แหล่งดิน ได้จากภายในหมู่บ้าน คือบริเวณที่ใกล้แหล่งน้ำหรือหนองน้ำซึ่งจะเรียกว่า กุดเสนียดหรือไกรเสนียด จะแหล่งดินเป็นที่สาธารณะสมบัติ (แสดงให้เห็นจากภาพ 3) ดังนั้นดินที่ใช้ในการปั้นภาชนะดินเผาจึงไม่ต้องซื้อ

ผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต ได้แก่หม้อหุงข้าว หม้อหรือโอ่งดินใส่น้ำ กระถางต้นไม้ เต่า เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำเอาครั่งมาทาโอ่งน้ำ เพื่อป้องกันน้ำซึมแต่ไม่ค่อยนิยมเท่าไร เพราะทำให้น้ำไม่เย็นเหมือนใสโอ่งดินเผาธรรมดา

กรรมวิธีการผลิต ส่วนมากจะใช้มือปั้นหรือตีเพื่อขึ้นรูป และใช้อุปกรณ์บางอย่างช่วยเช่น ไม้ตี หินดู ไม้ลาย เป็นต้น เมื่อได้รูปทรงของผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว ก็จะนำไปรมควัน และผึ่งแดดให้แห้งก่อนนำไปเผา การเผาส่วนมากเป็นการเผาแบบกลางแจ้งโดยจะใช้ฟืน หรือฟาง เป็นเชื้อเพลิง

ปัญหาและความต้องการของชาวบ้าน

1. มีความสนใจที่จะเพิ่มผลผลิต และผลิตเครื่องปั้นดินเผาในรูปแบบอื่นๆ
2. ขาดแคลนเงินทุน
3. ต้องการตลาดทางด้านการนี้ให้มากขึ้น
4. ปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิง



ภาพ 3 แสดงแหล่งดินสุรินทร์บ้านน้ำคล้า ตำบลท่าตูม อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์

เนื้อดินปั้น

ความหมายของเนื้อดินปั้น

โกมล รัชวงศ์ (2531 : 126) กล่าวถึงเนื้อดินปั้นว่าเป็นการนำเอาดินที่มีความเหนียวเพียงพอมาทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ หรือนำมาผสมกับวัตถุดิบอื่นๆ เพื่อช่วยให้มีคุณสมบัติที่ดีในการขึ้นรูป

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2532 : 83) กล่าวถึงเนื้อดินปั้นที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีทั้งเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของดินเป็นส่วนประกอบ และเนื้อดินปั้นที่ไม่มีส่วนผสมของดินเป็นส่วนประกอบ เนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของดินเป็นส่วนประกอบอาจมีดินล้นๆในปริมาณมากถึง ร้อยเปอร์เซ็นต์ก็ได้ แต่ส่วนมากนั้นจะมีวัตถุดิบอื่นๆผสมอยู่ด้วย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2530 : 45) กล่าวถึงเนื้อดินปั้นว่าเป็นการนำเอาวัตถุดิบหลายๆชนิดผสมเข้าด้วยกันตามสัดส่วนต่างๆ ซึ่งจะใช้เป็นชนิดใดนั้นจะเรียกกันตามส่วนผสมของวัตถุดิบ

โรเดส (Rhodes. 1974 : 24) กล่าวถึงเนื้อดินปั้นว่าหมายถึง การนำเอาวัตถุดิบตามธรรมชาติมาผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ตามสัดส่วนต่างๆเพื่อให้เนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เป็นต้นว่าต้องการที่จะให้เนื้อดินปั้นมีความเหนียวในการขึ้นรูป หรือต้องการที่จะให้เนื้อดินปั้นมีความโปร่งแสง เป็นต้น

สรุปได้ว่า เนื้อดินปั้นเป็นการนำเอาวัตถุดิบที่เป็นดินมาเพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์ หรือนำมาทำการผสมเข้าด้วยกันกับวัตถุดิบอื่นๆ เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

ในการเตรียมเนื้อดินปั้นในการผลิตเครื่องปั้นดินเผานั้น เนื้อดินปั้นถือว่ามีสำคัญเป็นอันดับแรกของการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ด้วยเหตุที่ว่าในการเตรียมส่วนผสมของเนื้อดินปั้นถ้าสามารถเตรียมส่วนผสมของเนื้อดินปั้นได้ส่วนผสมที่ดีแล้วก็จะทำให้ไม่เกิดปัญหาในการผลิตตลอดไปจนถึงกระบวนการอื่นๆ ในขั้นตอนต่อไปด้วย แต่ถ้าเนื้อดินปั้นที่เตรียมไม่มีคุณภาพดีพอ ก็จะส่งผลต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผาจะเกิดการล้มเหลวทันที จะเห็นได้จากการเตรียมเนื้อดินปั้นของชาวบ้านในแต่ก่อนมา ซึ่งเนื้อดินปั้นของชาวบ้านที่ใช้ในการผลิตเกิดขึ้นตามธรรมชาติไม่มีการผสมเนื้อดินปั้นใช้ โดยใช้เนื้อดินปั้นตามแหล่งต่างๆที่สามารถนำมาปั้นได้ ปัญหาต่างๆจึงเกิดขึ้นมากมาย (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 44) ดังนั้นในการเตรียมเนื้อดินปั้นจึงควรมีการเตรียมเนื้อดินปั้นให้มีคุณสมบัติสม่ำเสมอมีคุณภาพที่ดี และเหมาะสมตรงกับความต้องการที่จะนำไปใช้

งาน ซึ่งในการเตรียมเนื้อดินปั้นจะทำการผสมดินกับวัตถุดิบอื่นๆเข้าด้วยกัน เพื่อจุดมุ่งหมาย เฉพาะงานตามที่คุณผลิตกำหนดไว้ (ทวี พรหมพฤษ. 2533 : 44)

วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการผลิต เครื่องปั้นดินเผาชนิดนี้ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 76)

1. มีความเหนียวเพียงพอในการขึ้นรูป
2. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเพียงพอไม่แตกง่ายหลังจากอบแห้ง
3. มีความแข็งแรง และทนทานหลังการเผาแล้วผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่เกิดการบิดเบี้ยว
4. มีคุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพตามที่ต้องการ
5. มีคุณสมบัติสอดคล้องกับเคลือบที่ใช้

ชนิดของเครื่องปั้นดินเผา

การจำแนกชนิดของเครื่องปั้นดินเผามีหลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่นิยมใช้กัน ไม่ว่าจะ เป็นการจำแนกตามลักษณะการใช้งานของผลิตภัณฑ์ หรือการจำแนกตามลักษณะเนื้อดิน ความแกร่ง และอุณหภูมิที่เผา ซึ่งในส่วนของ การจำแนกตามลักษณะของเนื้อดินสามารถแบ่งชนิด ของเครื่องปั้นดินเผาออกเป็นชนิดใหญ่ๆได้ 4 ชนิด คือ (อรพินท์ พานทอง. 2531 : 10)

1. เอิธเรนแวร์ (Earthenware)
2. สโตนแวร์ (Stoneware)
3. ปอร์สเลน (Porcelain)
4. โบนไชนา (Bone china)

เอิธเรนแวร์ (Earthenware) ผลิตภัณฑ์เอิธเรนแวร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมทำกันโดยทั่วไป เป็นส่วนใหญ่ ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะเผาในอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนัก ซึ่งจะอยู่ในระหว่าง Cone 01-04 (1,050 – 1,100 องศาเซลเซียส) ลักษณะโดยทั่วไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างหนา มีเนื้อหยาบ มีความพรุนตัวค่อนข้างมาก (porous) ซึ่งผลิตภัณฑ์เอิธเรนแวร์จะมีทั้งผลิตภัณฑ์ที่เคลือบ และไม่เคลือบ เวลาเคาะเสียงทึบ ๆ ไม่กังวาลเหมือนผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ โดยที่เนื้อดินนั้นส่วนมากจะเตรียมมาจากดินเหนียวธรรมชาติโดยทั่วไป ส่วนมากนิยมใช้ดินท้องถิ่น ซึ่งสีของเนื้อดินก่อนเผาก็จะมีสีน้ำตาลอ่อน หรือสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากดินชนิดนี้ส่วนมากมีเปอร์เซ็นต์เหล็กสูง จึงไม่นิยมนำไปผสมทำเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดสีขาว (white ware) ส่วนการนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์

จะมีการผสมทรายหรือดินเชื้อ (Grog) บ้างในการช่วยให้การขึ้นรูปทรงตัวได้ดี และยังป้องกันปัญหาการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ (ทวี พรหมฤกษ์. 2532 : 16) และในยุโรปแบ่งเครื่องปั้นดินเผาประเภทเอิธเินแวร์ออกเป็น 3 ประเภทคือ (อรพินท์ พานทอง. 2531 : 10 -11)

1. เคลย์ เอิธเินแวร์ (Clay Earthenware) หมายถึง เครื่องปั้นดินเผาอุณหภูมิต่ำ มีสีค่อนข้างคล้ำ เพราะเนื้อดินที่นำมาใช้ผลิตมีสิ่งไม่บริสุทธิ์ (impurities) หลายชนิด มักผลิตเป็นของใช้พื้นบ้านทั่ว ๆ ไป เช่น กระถาง ภาชนะใส่ น้ำ อีฐมอญ ซึ่งจะพบการทำผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้ทั่วไป เช่น ที่บ้านตระแสง อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ เป็นต้น

2. โลม์เอิธเินแวร์ (Lime Earthenware) เป็นเอิธเินแวร์ที่ผลิตจากดินสีส่วนผสมของปูนขาวสูง ซึ่งอาจมีส่วนผสมของซิลิกาด้วย ทำให้มีความพรุนตัวสูง และน้ำหนักเบา

3. เฟลสปาติก เอิธเินแวร์ (Feldspathic Earthenware) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า ฮาร์ดเอิธเินแวร์ (Hard Earthenware) เป็นเอิธเินแวร์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ มีความแข็งแกร่งมากกว่า 2 ประเภทแรก เพราะเผาในอุณหภูมิค่อนข้างสูง เหมาะกับการตกแต่งด้วยวิธีเขียนสีได้เคลือบ

สโตนแวร์ (Stoneware) ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาถึงจุดสุกตัว (Vitreous) ส่วนมากสีเนื้อดินจากสีธรรมชาติของดิน เช่น สีเทา สีน้ำตาล เผาในอุณหภูมิค่อนข้างสูง อยู่ในระหว่าง Cone 6-14 (1190-1290 องศาเซลเซียส) ลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยทั่ว ๆ ไปจะมีเนื้อหยาบ เนื้อแน่น และมีความแข็งแกร่งมาก ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่พรุนตัว ทำให้น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ (ทวี พรหมฤกษ์. 2523 : 17) เนื้อดินสโตนแวร์เป็นเนื้อดินทึบแสง (Opaque bodies) ซึ่งอาจจะมีสีต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม เนื้อดินนั้นมีความเหนียวสูงขณะที่เป็นดินยังไม่เผา เนื้อดินจะแข็งแรง ไม่เปราะแตกหักง่าย เพราะใช้ส่วนผสมของ บอลเคลย์ (Ball Clay) สูง โดยปกติเนื้อดินชนิดนี้จะหดตัวก่อนเผา และหลังจากการเผาแล้ว มีเปอร์เซ็นต์สูง โอกาสในการบิดเบี้ยวง่าย มีความจำเป็นจะต้องใช้ดินเชื้อ (Grog) หรือทรายเป็นส่วนผสม เพื่อเพิ่มความแข็งแกร่ง และป้องกันการบิดเบี้ยวของเนื้อดิน (โกมล รัชวงศ์. 2531 : 147) ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จะพบเห็นได้โดยทั่ว ๆ ไปจากแหล่งผลิตในที่ต่าง ๆ เช่น ลำปาง เชียงใหม่ ราชบุรี เป็นต้น และผลิตภัณฑ์ที่นิยมทำกันโดยทั่วไป ได้แก่ ภาชนะอาหาร แจกัน เครื่องประดับ และของที่ระลึกต่าง ๆ

ปอร์สเลน (Porcelain) ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลน เป็นผลิตภัณฑ์เตรียมขึ้นเป็นพิเศษ โดยที่เนื้อดินสีขาว เผาในอุณหภูมิสูง จนถึงจุดสุกตัว และสิ่งสำคัญคือ โปร่งแสง (Transparent) เผาในอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียสขึ้นไป เนื้อดินปอร์สเลนจะประกอบไปด้วย หินฟันม้า

(Potassium Feldspar) หินเขี้ยวหนูมาน (SiO_2) ดินเกาลิน (Kaolin) ดินเหนียวขาว (Ball Clay) และวัตถุดิบอื่น ๆ อีกตามสัดส่วนที่เหมาะสม เมื่อนำไปเผาไฟแล้ว มีความแข็งแกร่ง น้ำและของเหลวไม่สามารถไหลซึมผ่านได้ เนื้อดินละเอียด และแข็งแรงมีลักษณะเป็นเหมือนแก้ว (ทวี พรหมพฤษ. 2523 : 17)

ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลน แบ่งตามอุณหภูมิในการเผา แบ่งได้เป็น

1. Soft Porcelain เป็นเครื่องปั้นดินเผาตั้งแต่ Cone 12 ลงมา หรืออุณหภูมิประมาณ 1,210 – 1,235 องศาเซลเซียส เนื้อดินมีสีขาว โปร่งแสง ไม่ดูดซึมน้ำ วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมได้แก่ ดินขาว (Kaolin) ดินเหนียว (Ball Clay) หินฟันม้า (Feldspar) หินเขี้ยวหนูมาน (Quartz) ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เป็น Soft porcelain ได้แก่ ฟันปลอม เครื่องถ้วยชาม เป็นต้น

2. Hard Porcelain เนื้อดินชนิดนี้มีจุดสุกตัวสูง เผาไหม้ในอุณหภูมิระหว่าง Cone 9 ถึง 16 มีอุณหภูมิสูง มีความแข็งแกร่ง มีความโปร่งใส ทนต่อการกัดกร่อนทางเคมี และยังเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี สำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ได้แก่ เครื่องมือทางการแพทย์ และทางด้านวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ

โบนไชน่า (Bone China) ผลิตภัณฑ์โบนไชน่า เป็นเครื่องปั้นดินเผาประเภทที่เนื้อดินไม่มีความพรุนตัว มีความแกร่งเนื้อดินขาวและโปร่งแสง เผาในอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับปอร์สเลน บางครั้งถูกจัดอยู่ในพวกเดียวกับซอฟท์ปอร์สเลน (Soft Porcelain) เพราะอุณหภูมิการเผาอยู่ในระดับเดียวกัน (อรพินท์ พานทอง. 2531 : 31) สำหรับเนื้อดินนั้นจะมีส่วนผสมของกระดูกสัตว์ในปริมาณสูง และเป็นเนื้อดินที่ค่อนข้างจะมีกรรมวิธีที่ซับซ้อน ตั้งแต่เริ่มจนกระทั่ง สำเร็จรูป ส่วนมากจะใช้ผลิตงานเครื่องประดับเป็นส่วนใหญ่ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 45)

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อดินปั้น

ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น หมายถึง อุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นจากการนำสารอนินทรีย์ที่เป็นอโลหะ ซึ่งได้แก่ สารจำพวกแร่หิน หรือดินที่เกิดขึ้นอยู่ตามธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบหลัก และผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ใช้ความร้อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง หรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้ อันได้แก่ผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาประเภทต่าง ๆ เช่น แก้ว ซีเมนต์ และผลิตภัณฑ์เซรามิกส์พิเศษชนิดอื่น ๆ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 18) และวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ (โกมล รักวงศ์. 2531 : 2)

1 วัตถุดิบที่มีความเหนียว (Plastic raw materials) ได้แก่ ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ

1.1 ดินเหนียว ดินชนิดนี้จะมีสีดำ แต่เมื่อเผาแล้วจะมีสีขาว ดินชนิดนี้มีความเหนียวมากกว่า และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผามีความแข็งแรงมากกว่าดินขาว แต่ในบางครั้งในดินเหนียวมักมีสิ่งสกปรก เช่น เหล็กออกไซด์ หรือ ไททาเนียมออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวทำให้ความขาวของผลิตภัณฑ์เสียไป จึงไม่เหมาะสำหรับการจะนำมาทำผลิตภัณฑ์สีขาว (ปรีดา พิมพ์ขาวชา. 2539 : 49-50) ซึ่งดินชนิดนี้ สามารถพบได้ตามท้องไร่นาทั่ว ๆ ไป และแหล่งน้ำ ชาวชนบทนิยมใช้ดินชนิดนี้ทำเครื่องปั้นดินเผาไว้ใช้สอยในท้องถิ่น เพราะเผาในอุณหภูมิต่ำ ได้นามาสมกับดินเชื้อ ซึ่งผ่านการเผาแล้วเพื่อช่วยควบคุมการหดตัว และหดตัว ป้องกันการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2537 : 205)

คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียว

1. ขนาด ดินเหนียวจะมีขนาดละเอียดกว่าดินขาว ขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบ คือ แหล่งดินที่ถูกพัดพา จะเกิดการเสียดสี และการบดกันตามธรรมชาติ ทำให้ขนาดของเม็ดดินจะละเอียดมากขึ้นตามลำพัง
 2. ความเหนียว ในการผสมดินเหนียว ในเนื้อดินปั้นจะทำให้การขึ้นรูปสามารถขึ้นรูปได้ดียิ่งขึ้น
 3. การหดตัวเมื่อแห้ง ดินเหนียวจะมีการหดตัวมากน้อยแตกต่างกันไปตามแหล่งหรือชนิดของดินเหนียวนั้น กล่าวคือดินเหนียวที่มีเปอร์เซ็นต์ซิลิกา (Silica) สูง แทบจะไม่มี การหดตัวของเนื้อดินเลย
 4. ความแข็งแรงก่อนเผา โดยปกติดินเหนียวจะมีความแข็งแรงมากกว่าดินขาวทั่วไป ดินเหนียวที่มีความแข็งแรงสูง เมื่อผสมในเนื้อดินปั้นจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นจะมีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย
 5. คุณสมบัติหลังการเผา คุณสมบัติหลังการเผาที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อดินปั้นโดยตรง เช่น ดินเหนียวบางอย่างมี ไมกา (mica) ประกอบอยู่ เมื่อนำเนื้อดินปั้นไปเผาไมกา (mica) จะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเนื้อดินปั้นทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและเนียนมากขึ้น ส่วนสีเป็นอย่างไร เป็นคุณสมบัติรองลงมา
- ประโยชน์ในการเอาดินเหนียวมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา
1. ช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปของเนื้อดินปั้น
 2. พัฒนาผลิตภัณฑ์ก่อนเผาให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งเป็นการสูญเสีย เนื่องจากการแตกหักของผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เผาในขณะเคลื่อนย้ายลดน้อยลง

3. ช่วยทำให้น้ำดินที่ใช้ในการเทแบบไหลตัวดีขึ้น
4. ดินเหนียวบางชนิดสามารถ ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างมวลสารในเนื้อดินนั้นในขณะทำการเผา เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด

ข้อเสียในการนำดินเหนียวมาใช้

1. ในดินเหนียวมักมีสิ่งสกปรก เช่น Fe_2O_3 และ TiO_2 ซึ่งเป็นตัวทำให้ความขาวของเนื้อผลิตภัณฑ์เสียไป โดยเฉพาะถ้ามีปริมาณ TiO_2 มาก
2. ทำให้ความโปร่งใสของผลิตภัณฑ์ลดลง
3. ดินเหนียวมีส่วนประกอบไม่แน่นอน ฉะนั้นจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการควบคุมน้ำดินสำหรับเทแบบ

1.2 ดินเหนียวสุรินทร์ แหล่งดินเหนียวของจังหวัดสุรินทร์ในการวิจัยครั้งนี้ ได้นำมาจากแหล่งดินบริเวณเป็นที่ราบลุ่มน้ำใกล้ลำห้วย ซึ่งในช่วงฤดูน้ำหลากบริเวณแหล่งดินนี้จะมีสภาพน้ำท่วมขังอยู่ตลอด จึงไม่สามารถที่จะใช้พื้นที่ในการทำเกษตรกรรมได้ และการนำดินมาใช้ในการวิจัยการผลิตเครื่องปั้นดินเผาครั้งนี้ จะทำการขุดหน้าดินลงไปโดยมีความลึกประมาณ 1 เมตร ซึ่งลักษณะของดินบริเวณที่ลุ่มต่ำใกล้ลำห้วย หรือบริเวณที่เป็นลำห้วยเก่า ๆ เป็นดินสีเทา มีการระบายน้ำเลว คาดว่าดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า เนื้อดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นน้ำตาลหรือสีเทาปนน้ำตาลอ่อน มีจุดประสงค์น้ำตาลเข้มถึงสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดแก่ ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว สีพื้นเป็นสีแทนปนน้ำตาลอ่อนหรือสีเทาอ่อน มีจุดประสงค์น้ำตาลเข้มถึงสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางจนถึงกรดแก่ ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำมาก (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2533 : 10)

2 วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว (Non Plastic raw materials) ได้แก่ ดิน หิน ทราย และแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในรูปของออกไซด์

2.1 ดินขาว (Kaolin) หมายถึงดินที่มีสีขาว ซึ่งเป็นสารประกอบอะลูมิเนียมซิลิเกต ($\text{Aluminum Silicate } \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เราจะพบดินขาวอีกประเภทหนึ่งซึ่งมีสีขาวและลักษณะคล้าย ๆ กันก็คือ "ดินสอพอง" ซึ่งเป็นสารประกอบของ Calcium Carbonate ดินสอพองเป็นสารที่เกิดจากการผุพังของหินปูน บางทีเรียกว่าดินมาร์ก "Marl" ดินขาวประเภทนี้ไม่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินนั้นได้ เนื่องจากเมื่อนำไปเผาแล้วจะทำให้เกิดการสลายตัวแตกยุ่ยไปหมด (โกมล รัชวงศ์. 2531 : 9) แหล่งดินมี 2 แบบคือ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2539 : 42)

2.1.1 แหล่งต้นกำเนิด (Residual deposits) ดินขาวแหล่งนี้มักพบในลักษณะที่เป็นภูเขาหรือที่ราบ ซึ่งดินที่เป็นแร่หินพื้นผิวดิน เมื่อหินพื้นผิวดินผุพังโดยบรรยากาศ (weathering) ผลสุดท้ายจะเหลือเป็นดินขาวอยู่

2.1.2 แหล่งสะสมที่ลุ่ม (Sedimentary deposit) หมายถึง ดินขาวที่เกิดจากดินขาวจากแหล่งแรก ถูกกระแสน้ำพัดมา และไปสะสมในบริเวณที่ราบลุ่ม ซึ่งพบได้จากหลายจังหวัด เช่น ลำปาง ปราจีนบุรี ราชบุรี เป็นต้น

คุณสมบัติทางกายภาพของดินขาว

การที่ต้องศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินขาว จะทำให้สามารถนำดินขาวไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพที่ควรจะศึกษาคือ

1. สีและขนาดของอนุภาค (Color and Particle size) โดยทั่วไปดินขาวมักมีสีขาว สีเหลืองอ่อน สีน้ำตาล หรือสีแดง ขึ้นอยู่กับแหล่งที่เกิดและปริมาณมลทินที่ปะปนอยู่ ขนาดของอนุภาคจะเกี่ยวข้องกับสมบัติทางด้านความเหนียว และการหดตัวเมื่อแห้งเม็ดดินละเอียดจะมีความเหนียว และมีการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าเม็ดหยาบ

2. รูปร่างของอนุภาค (Particle shape) แร่ kaolinite อนุภาคของมันมีรูปร่างเป็นแผ่นหกเหลี่ยม มีขนาดจาก 0.05 ถึง 10 ไมครอน โดยเฉลี่ยจะมีขนาด 0.5 ไมครอน

3. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูล (Base exchange capacity) ดินขาวที่บริสุทธิ์จะไม่มีการแลกเปลี่ยนอนุมูล หรือการดูดซับอนุภาคและโมเลกุลอื่น ๆ แต่ถ้าไม่บริสุทธิ์จะเกิดการแลกเปลี่ยนอนุมูลหรือดูดซับเอาผลึกของแร่ที่มีขนาดเล็กไว้ที่ผิวได้

4. คุณสมบัติเมื่อแห้ง การหดตัวของดินขาวบริสุทธิ์ เราไม่ค่อยสนใจ เพราะว่าเนื้อดินนั้นมักประกอบด้วยแร่หลายอย่าง แต่สามารถกล่าวได้กว้าง ๆ ว่า ดินขาวที่มีความละเอียด จะมีการหดตัวมากกว่า ดินขาวที่มีความหยาบเมื่อปล่อยให้แห้ง

5. ความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Green strength) คุณสมบัตินี้สำคัญมาก เมื่อนำดินขาวไปใช้ในเนื้อดินปั้น ซึ่งไม่มีดินเหนียวอยู่ ดินขาวจะเป็นตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ก่อนเผามีความแข็งแรงมากน้อยเพียงไร

6. คุณสมบัติหลังการเผา (Firing properties) แร่ดินขาวเมื่อเผาแล้วจะหดตัวประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นไม่ควรที่จะใช้ดินขาวล้วน ๆ ในการนำมาทำเนื้อดินปั้น

ประโยชน์ของดินขาว

การนำดินขาวมาใช้ประโยชน์ขึ้นกับ สมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน ดินขาวที่มีสมบัติต่าง ๆ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้ (เกศสุดา แสงสุวรรณ. 2539 : 9-10)

1. ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เช่น ถ้วยชาม เครื่องสุขภัณฑ์ และเครื่องประดับต่าง ๆ การผสมดินขาวในเนื้อดินปั้น และเมื่อนำไปเผา ดินขาวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นผลึกของมัลไลต์ (mullite) ช่วยให้มีผลิตภัณฑ์มีความแข็ง และทำให้รูปทรงของผลิตภัณฑ์ลดลง
2. ใช้ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เช่น อิฐก่อสร้าง กระเบื้อง ท่อระบายน้ำ
3. ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ทำให้ผิวกระดาษเรียบเป็นมัน สีขาวขึ้นและช่วยให้กระดาษมีสมบัติดูดซึมน้ำหนักได้ดี
4. ใช้ทำเป็นเบ้าในอุตสาหกรรมกลึงเหล็ก และหล่อเหล็ก
5. ใช้เป็นตัวฟอกสี และเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม
6. ใช้ในอุตสาหกรรมยาง เติมนลงในยางทำให้มีความแข็งแรงทนทาน
7. ใช้ผสมลงไปในของเหลวที่ใช้ในงานเจาะ (drilling fluid) สำหรับน้ำมัน

ปิโตรเลียม

8. ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร เช่น เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงและปุ๋ย
9. ใช้ในอุตสาหกรรมพรมน้ำมัน ทอผ้า และพลาสติก
10. ใช้ในอุตสาหกรรมสี โดยใช้ผลิตสีขาว (White pigment)
11. ใช้ในอุตสาหกรรมยารักษาโรค เครื่องสำอาง ฟันปลอม
12. ใช้ทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เช่น crucible (Crucible) ผลิตภัณฑ์กึ่งตัวนำ (Semi conducting ceramic)
13. ใช้ทำเครื่องกรองน้ำ (Water filter)
14. ใช้ในการทำซีเมนต์
15. ใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้า ในการทำฉนวนไฟฟ้าที่ทนแรงดันได้สูง (hightension insulator) ทำฉนวนไฟฟ้า (electric insulator)

2.2 ดินขาวระนอง ดินขาวระนองมีต้นกำเนิดมาจากการผุพังของหินแกรนิต ตามปรากฏการณ์ธรรมชาติ คือ (Hydrothermal Alteration (Pneumatolytic Alteration) ทำให้ส่วนของแร่เปลี่ยนแปลงไป ขบวนการผุพังดังกล่าวเกิดขึ้นโดยไอน้ำร้อนและก๊าซร้อนในสถานะเป็นกรดจากใต้ผิวโลกแทรกดันขึ้นตามรอยแตกของหินแกรนิต เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับแร่ Feldspar ในหินแกรนิต ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพวก Kaolin

จากการสำรวจแหล่ง Kaolin คุณภาพดี เพื่อนำมาผลิตเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา และอุตสาหกรรมอื่น ๆ อันเนื่องมาจาก Kaolin มีคุณสมบัติเฉพาะตัวหลายประการ เช่น

1. ให้ความขาวแก่ผลิตภัณฑ์
2. เป็นประโยชน์ในการเพิ่มปริมาณ Al_2O_3 ในสูตร เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์
3. เพิ่มอัตราเร็วในการหล่อแบบ
4. ใช้ในน้ำเคลือบ เพื่อการกระจายตัว ความกลมกลืน และความเหนียวในการยัดเกาะของน้ำเคลือบ โดยมีผลกระทบต่อสีน้อยที่สุด

ลักษณะทั่วไปของดินขาวระนอง จะมีสีขาวเหลือง และมีความทนไฟสูงกว่าดินขาวลำปาง ซึ่งแหล่งที่ผลิตดินขาวใหญ่ที่สุดในภาคใต้ ปัจจุบันเปิดทำการอยู่ 4 แห่ง ที่ ต.บางริน ต.หาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง

ผลจากการทดลองเผาดินขาวระนองในอุณหภูมิต่าง ๆ กันจะได้ผลดังนี้ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 48) ดังแสดงได้จากตาราง 1

ตาราง 1 แสดงผลการทดลองการเผาดินขาวระนองในอุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิการเผา		สีของดิน	การหดตัว (%)	การดูดซึมน้ำ (%)
800	องศาเซลเซียส	ขาว	3.9	40.5
900	องศาเซลเซียส	ขาว	3.9	40.3
1,000	องศาเซลเซียส	ขาว	4.0	40.3
1,100	องศาเซลเซียส	ขาว	4.2	39.5
1,200	องศาเซลเซียส	ขาว	7.8	32.7
1,300	องศาเซลเซียส	ขาว	7.8	30.0

2.3 หินฟันม้า (Feldspar) เป็นสารประกอบของอัลคาไลน์อะลูมิเนียมซิลิเกต (Alkalies Aluminium Silicate) พบอยู่ในหินแกรนิตทั่ว ๆ ไป หรือเกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิตมาเป็นหินฟันม้า ลักษณะเป็นหินที่สีขาวนวลในบางก้อนมีเหลือบสีชมพูด้วย (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 19) หินฟันม้ายังเป็นวัตถุดิบที่ช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบ เป็นตัวช่วยหลอมละลายวัตถุดิบอื่น ๆ ให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง (โกมล รัชวงศ์. 2531 : 35) ซึ่งหินฟันม้าจะมีอยู่ 3 ชนิดด้วยกัน คือ (ทวี พรหมพฤกษ์ 2523 : 62 - 63) ซึ่งตัวอย่างของหินฟันม้าบางแหล่งสามารถแสดงได้จากตาราง 2

1. หินฟันม้าชนิดโปแตสเฟลสปาร์ (Potass Feldspar)
2. หินฟันม้าชนิดโซดาเฟลสปาร์ (Soda Feldspar)
3. หินฟันม้าชนิดแคลเซียมเฟลสปาร์ (Calcium Feldspar)

ตาราง 2 แสดงตัวอย่างผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้าของจังหวัดตากทั้ง 2 แหล่ง

สารประกอบทางเคมี	ต.ท้องฟ้า อ.บ้านตาก จ.ตาก (%)	ต.น้ำดิบ อ.เมือง จ.ตาก (%)
Loss on ignition (L.O.I.)	0.19	1.33
Silica (SiO_2)	65.00	70.20
Alumina (Al_2O_3)	18.60	17.31
Iron Oxide (Fe_2O_3)	0.31	0.60
Calcium Oxide (CaO)	1.00	0.11
Titanium Oxide (TiO_2)	-	0.26
Magnesium Oxide (MgO)	0.08	0.22
Sodium Oxide (Na_2O)	3.80	8.80
Potassium Oxide (K_2O)	10.00	0.16

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้าบางแหล่ง (พิทักษ์ หาญจวนิช. 2524, 80 - 88)

การคำนวณส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

การคำนวณเนื้อดินปั้น (Clay bodies) น้ำเคลือบ (Glazes) หรือสีเคลือบ (Glaze colors) สามารถคำนวณได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า โดยวางวัตถุดิบไว้ตรงมุมทั้งสามของสามเหลี่ยมด้านเท่า แล้วอ่านค่าออกเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบ (สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. 2531 : 65) ซึ่งค่าส่วนผสมของวัตถุดิบของเนื้อดินปั้น เราสามารถกล่าวถึงได้ 4 วิธีด้วยกัน (ปรีดา พิมพ์ขาวชา. 2539 : 84-85)

1. กล่าวโดยการเขียนเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ เช่น

ดินขาว	25 %
ดินเหนียว	25 %
หินแก้ว	13 %
หินฟันม้า	27 %

2. กล่าวโดยเขียนเป็นเปอร์เซ็นต์ของออกไซด์ต่าง ๆ เช่น

SiO_2	66.7 %
Al_2O_3	21.6 %
Fe_2O_3	0.5 %
CaO	0.6 %
MgO	0.4 %
$\text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}$	4.5 %
Loss	5.7 %

3. กล่าวถึง หรือเขียนในรูปเปอร์เซ็นต์แร่

แร่ดิน	50 %
Quartz	25 %
Feldspar	25 %

4. กล่าวถึงโดยเขียนเป็นสูตรทั่วไป คือ

$\text{RO}, \text{R}_2\text{O}$	R_2O_3	RO_2
0.36	1	5.24

$\text{RO}, \text{R}_2\text{O}$ หมายถึง ออกไซด์ของโลหะกลุ่มต่าง เช่น $\text{CaO}, \text{ZnO}, \text{MgO}, \text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}$ เป็นต้น



จุดที่ 9 วัดฤทธิ A = 30

วัดฤทธิ B = 50

วัดฤทธิ C = 20

จุดที่ 18 วัดฤทธิ A = 20

วัดฤทธิ B = 30

วัดฤทธิ C = 50

จุดที่ 23 วัดฤทธิ A = 20

วัดฤทธิ B = 20

วัดฤทธิ C = 60

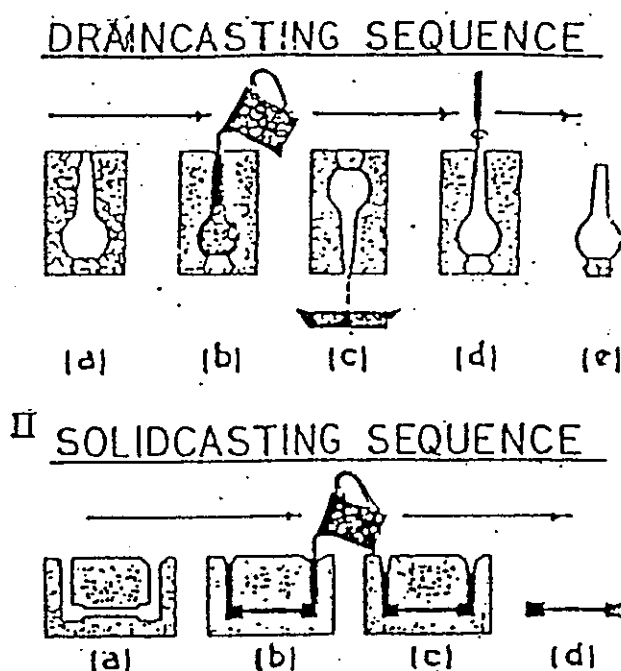
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อ

การขึ้นรูป คือ การเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของดิน จากที่เป็นผงหรือเป็นก้อน ให้เป็นรูปทรงต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้ผลิต (อรพินท์ พานทอง. 2531 : 36) โดยที่ผู้ผลิตจะต้องมีความชำนาญ มีความรู้ความเข้าใจตลอดจนเทคนิคต่าง ๆ อย่างพอเพียง รวมถึงการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ช่วยในการผลิต โดยมีการขึ้นรูปในหลายวิธีด้วยกัน คือ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 20) เช่น การรูปแบบวิธีกด (Press method) การขึ้นรูปแบบวิธีรีด (Extrusion method) การขึ้นรูปทรงต่าง ๆ (Shaping method) และการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ (Casting method) ซึ่งในแต่ละวิธีของการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จะมีกระบวนการผลิตแตกต่างกันออกไป และในการวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ

1. การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ ในการขึ้นรูปในวิธีนี้ต้องอาศัยพิมพ์ ซึ่งทำขึ้นจากปูนปลาสเตอร์ (Plaster mold) ซึ่งพิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะเป็นตัวดูดซับน้ำในเนื้อสลิปให้แห้งและคงรูปได้ตามแบบพิมพ์ (จิรพันธ์ สมประสงค์. 2525 : 71) โดยเทน้ำสลิปลงในแบบซึ่งเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ความหนาของผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ ก่อตัวขึ้น และเมื่อแบบที่ใช้เริ่มดูดของเหลวเข้าสู่เนื้อแบบพิมพ์ เนื้อผลิตภัณฑ์เริ่มด้วยความเหนียวเกาะกันและเริ่มแข็งขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากปล่อยให้แห้งแล้วจึงแกะออกจากแบบ (ดังแสดงให้เห็นจากภาพ 4) หลังจากนั้นจึงนำมาอบแห้งสนิท แล้วจึงนำไปเผาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2539 : 110)

การหล่อพิมพ์แบบเป็น 2 วิธีด้วยกันคือ (ทวี พรหมพฤษ. 2533 : 43)

1. การหล่อสลีปแบบกลวง (Drain Casting) หมายถึง การหล่อน้ำดินลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เมื่อได้ความหนาของผลิตภัณฑ์พอสมควรแล้ว จึงเทน้ำสลีปที่เหลือออกจากแบบพิมพ์
2. การหล่อสลีปแบบตัน (Solid Casting) หมายถึง การหล่อสลีปลงในแบบพิมพ์ให้เป็นแท่งตัน โดยการเทน้ำดินลงไปแบบพิมพ์ให้น้ำดินทั้งหมดแห้งเป็นเนื้อผลิตภัณฑ์ภายในแบบพิมพ์ ซึ่งพิมพ์แบบนี้จำกัดความหนาของผลิตภัณฑ์



ภาพ 4 แสดงการหล่อสลีปแบบกลวงและการหล่อสลีปแบบตัน

2. การเตรียมน้ำดินสำหรับการหล่อแบบพิมพ์ ในขั้นตอนการเตรียมน้ำดินที่ใช้ในการหล่อแบบสามารถเตรียมได้หลายวิธีด้วยกัน (ดนัย อารยะพงษ์. 2538 : 41-42)

2.1 วิธีการเตรียมน้ำดินทางอ้อม (Indirect) เป็นการกวนผสมเนื้อดินปั้นที่เตรียมมาเรียบร้อยแล้ว กับสารละลายระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัว และลอยตัวในน้ำในปริมาณที่เหมาะสม วิธีการนี้ช่วยลดปริมาณเกลือที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ติดมากับพวกวัตถุติดที่ใช้ผสมทำน้ำดินปั้น นอกจากนี้การร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงจะสะดวกขึ้น

2.2 วิธีเตรียมน้ำดินทางตรง (Direct) เป็นวิธีการเตรียมน้ำดินที่ใช้กันมากภายในโรงงานสุกัณฑ์ จะใช้วิธีการเตรียมน้ำดินสำหรับเทแบบ โดยผสมวัตถุดิบที่จะใช้เป็นเนื้อดินปั้นกับสารละลายระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยทำให้เกิดการกระจายตัว และลอยตัวในน้ำในปริมาณที่เหมาะสม โดยทำให้น้ำดินมีความถ่วงจำเพาะ 1.80 แล้วร่อนน้ำดินผ่านตะแกรกร่อน และผ่านน้ำดินไปยังเครื่องแยกสารแม่เหล็ก เพื่อแยกเอาสารประกอบของเหล็กออกจากการเตรียมน้ำดิน โดยวิธีนี้ประหยัดเพราะว่าไม่ต้องเตรียมเนื้อดินปั้นมาก่อน แต่การควบคุมน้ำดินค่อนข้างลำบาก

3. สารช่วยกระจายลอยตัว สารแขวนลอยในน้ำดิน (Deflocculant) โดยทั่วไปมักนิยมใช้ Sodium silicate, Soda ash (Sodium carbonate) สารสังเคราะห์อื่น ๆ

Sodium silicate นิยมใช้ชนิด Alkali ในทางอุตสาหกรรมจะใช้ C140 ($17.8 \text{ Na}_2\text{O}$, 35.7 SiO_2 , $46.5 \text{ H}_2\text{O}$) และ C100 ($14 \text{ Na}_2\text{O}$, 28.1 SiO_2 , $57.9 \text{ H}_2\text{O}$)

C140 คือ Sodium Silicate ที่วัดค่าตามหน่วย degrees twaddell ซึ่งเท่ากับ degree Banme $59/60^\circ \text{ Be}$ วัดเป็น ถ.พ ได้เท่ากับ 1.70 ที่ $20/20^\circ \text{C}$ ทำนองเดียวกัน C100 จะเท่ากับ 48° Be และมี ถ.พ เท่ากับ 1.5

C140 จะส่งผลกับน้ำดินในแง่การไหลตัวได้ไวกว่า C100 ในการเก็บ Sodium Silicate จะต้องเก็บไว้ในถังปิดมิดชิด มิฉะนั้นแล้ว Sodium Silicate จะดูด Carbon dioxide ในอากาศ ทำให้เกิด Silica แข็ง ไม่ละลายน้ำ ที่ผิวจะเป็นฟองขาว

Sodium carbonate (Soda ash) ใช้เกรด Dense ash ซึ่งมี Na_2O 58.0 เปอร์เซนต์ จะมีความเป็นด่างสูง ทำให้น้ำดินอ่อนนุ่มเหมาะกับการหล่อ ข้อควรระวังในการใช้ Soda ash เพราะ Soda ash จะทำให้น้ำดินนิ่ม การทรงตัวของชิ้นงานจะไม่ดีพอ ฉะนั้นมักนิยมใช้รวมกันระหว่าง Sodium Silicate และ Soda ash ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งแล้วแต่ว่าจะต้องการ เนื้อดินหล่อ แข็งและนิ่มอย่างไร โดยปกติแล้วจะใช้ Soda ash ในปริมาณที่น้อยมาก แล้วปรับน้ำดินด้วย Sodium Silicate ให้ได้การไหลตัวของน้ำดินตามความต้องการ

สารสังเคราะห์อื่น ๆ เช่น Polyacrylates สารสังเคราะห์นี้ให้ผลกับน้ำดินหล่อดีกว่า Sodium Silicate คือ ส่งผลต่อน้ำดินได้เร็วและไม่ทำให้น้ำดินเปลี่ยนแปลงการไหลตัวมากนัก สารสังเคราะห์นี้เหมาะนำมาปรับน้ำดินครั้งสุดท้าย แต่ไม่ค่อยนิยมใช้กันมากเพราะราคาแพง

4. ขั้นตอนการหล่อแบบ ขั้นตอนของการหล่อแบบพิมพ์ สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (ปรีดา พิมพ์ขาวชา. 2539 : 136)

4.1 การเทน้ำดินลงในแบบ ถ้าแบบขนาดเล็กจะใช้เหยือกหรือขันตักน้ำดินเทลงในแบบได้อย่างรวดเร็ว ถ้าแบบขนาดใหญ่ การเทน้ำดินลงในแบบใช้หัวสูบ ในขั้นนี้ปัญหาที่พบคือการเทน้ำดินลงในแบบเร็วไป อากาศจะแทรกเข้าไปในน้ำดิน และแทรกตัวอยู่ในเนื้อดินปั้น ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดรูเล็ก ๆ บนผิวผลิตภัณฑ์

4.2 การเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบ ในกรณีแบบขนาดเล็ก คิวว่าแบบลงอาจใช้ไม้ระแนงรองรับแบบเอาไว้ ช่วยเขย่าหรือเกะแบบให้น้ำดินไหลออกมาได้เร็ว การที่เราจะเทน้ำดินออกเมื่อใด ขึ้นกับความหนาของผนังภัณฑ์ที่เราต้องการ ปริมาณน้ำในแบบและอายุการใช้งานของแบบ ในกรณีแบบใหญ่มาก การเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบ จะทำโดยวิธีคั่วแบบไม่ได้ เพราะจะเกิดสุญญากาศขึ้นระหว่างที่น้ำดินไหลลง ซึ่งจะเกิดแรงดึงดูดผลิตภัณฑ์ให้หลุดตามออกมาด้วย หรือไม่น้ำหนักของผลิตภัณฑ์เองก็ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปร่างได้ ฉะนั้นการเทแบบขนาดใหญ่ต้องเทน้ำดินเข้าทางส่วนล่างของแบบ และการเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบก็ให้ไหลออกทางส่วนล่างของแบบเช่นกัน

4.3 การตกแต่งผลิตภัณฑ์ การตกแต่งผลิตภัณฑ์จะกระทำได้ง่ายถ้าแบบพิมพ์มีการออกแบบไว้ดี การตกแต่งควรกระทำในขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในแบบ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวจนเสียรูปร่างไป และการตกแต่งจะต้องกระทำในเวลาที่เหมาะสม คือ ถ้าตกแต่งเร็วไปผลิตภัณฑ์ยังอ่อนนิ่มไม่แข็งแรงพอ จะทำให้ผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวเสียรูปร่าง และถ้าแข็งเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์เปราะเป็นเหตุทำให้แตกหักได้ง่าย

4.4 การตากผลิตภัณฑ์ให้แห้ง ผลิตภัณฑ์เล็ก ๆ ไม่ค่อยมีปัญหา ผลิตภัณฑ์ใหญ่ต้องกระทำในห้อง ซึ่งมีการควบคุมความชื้น การตากแบบให้แห้งเป็นปัญหาใหญ่จะต้องควบคุมอย่างดี เพื่อจะได้มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ

5. ทฤษฎีการหล่อแบบ เนื้อดินสำหรับการหล่อที่ดีนั้น จะต้องมียุทธศาสตร์การไหลของน้ำดินเป็นสาย (Flued Suspension) ดินนั้นจะต้องไม่ตกตะกอนง่ายในขณะที่ทำการหล่อ โดยเฉพาะพิมพ์ที่ทำด้วยพลาสติกต้องแห้งสนิท และเนื้อดินไม่หดตัวมากนัก (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 85) สำหรับน้ำดินที่ใช้ในการเทลงในแบบพิมพ์ จะใช้ปริมาณน้ำระหว่าง 25 - 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเทียบเท่ากับค่าความถ่วงจำเพาะในช่วง 1.76 - 1.86 (दनय อารยะพงษ์. 2538 : 44) น้ำดินจะถูกแบบของปูนปลาสเตอร์ดูดด้วยแรงที่เกิดจากสุญญากาศในแบบ น้ำดินบริเวณผิวแบบจะเข้มข้นขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดก็จะเหลือแต่เนื้อดินสะสมที่ผิวแบบกลายเป็นผนังของผลิตภัณฑ์

ผนังของผลิตภัณฑ์จะหนามากขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป แบบก็จะขึ้นมากขึ้นเช่นกัน อัตราเร็วในการเทแบบ หรืออัตราการเพิ่มความหนาของผนังผลิตภัณฑ์ เริ่มลดลงตามเวลาผ่านไปด้วยเหตุผลสองประการ คือ (ปริดา พิมพ์ขาวฯ. 2539 : 133)

5.1 น้ำจะซึมผ่านเข้าแบบได้ยากขึ้น เพราะวามันของผลิตภัณฑ์ด้านเอาไว้

5.2 แบบขึ้นมากขึ้น อัตราการดูดซึมน้ำก็ย่อมลดลง

นอกจากนี้ความละเอียดของเนื้อดินปั้นยังมีส่วนช่วยเร่งอัตราเร็วในการเทแบบ คือเนื้อดินปั้นยิ่งหยาบ อัตราการเทแบบจะเร็วขึ้น

6. การทำแบบปูนปลาสเตอร์ การทำแบบปูนปลาสเตอร์ ใช้น้ำผสมลงไปในปูนปลาสเตอร์ประมาณ 50 - 55 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กวนให้เข้ากันพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดฟองอากาศในขณะกวนได้ เนื่องจากฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะทำให้แบบที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นในโรงงานบางแห่งจะผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในเครื่องกวนที่เป็นสุญญากาศ โดยผสมในอัตราส่วนต่างๆดังนี้

ปูนปลาสเตอร์	น้ำ	
60	36	ได้แบบปูนปลาสเตอร์ที่แข็ง
50	42	ได้แบบปูนปลาสเตอร์มาตรฐาน
50	50	ได้แบบปูนปลาสเตอร์อ่อน
40	56	ได้แบบปูนปลาสเตอร์อ่อนมาก

ซึ่งในระหว่างการผสมน้ำกับปูนปลาสเตอร์นั้น ควรหลีกเลี่ยงหรือไล่ฟองอากาศออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นอกจากนี้อาจมีการปรับเวลาของการแข็งตัวของปูนปลาสเตอร์ โดยการเติมสารเคมีบางอย่างลงไป ทำให้ปูนปลาสเตอร์แข็งตัวช้าหรือเร็วได้ตามความต้องการ กล่าวคือ ถ้าต้องการเร่งการแข็งตัวของปูนปลาสเตอร์ก็เติมเกลือแกง หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จำนวนเล็กน้อยลงไป แต่ถ้าต้องการให้แข็งตัวเร็วก็นำเติมสารส้มหรือน้ำส้มสายชูจำนวนเล็กน้อยลงไป (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 74)

น้ำดินสำหรับการหล่อ (Casting Slip) น้ำดินที่ใช้ในการหล่อแบบควรจะต้องมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีความสามารถในการไหลลื่น และแทรกเข้าสู่ส่วนต่าง ๆ ของแบบหล่อ (Casting mould) ได้ทั่วถึง (อรพินท์ พานทอง. 2531 : 65) โดยที่น้ำดินมีลักษณะเป็นสาย (Fluid suspension) และไม่ตกตะกอนง่าย ในขณะที่ทำการหล่อ โดยเฉพาะพิมพ์ที่ทำด้วยปลาสเตอร์ต้องแห้งสนิท และเนื้อดินไม่หดตัวมากนัก ตามธรรมดา การผสมดินกับน้ำเท่านั้น ไม่ถือว่าเป็นสลิปที่ดี น้ำสลิปที่ดีจะขึ้นอยู่กับจำนวนที่พอเหมาะเนื้อดินลอยตัวได้ดี แต่ถ้าใส่น้ำมากเกินไป

ดินนั้นจะเหลวมาก เมื่อเทลงแบบพิมพ์จะทำให้ช่วงการหล่อช้า ดินตกตะกอน โอกาสแตกมีมากขึ้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 85)

การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบผู้ผลิตต้องคำนึงถึงส่วนประกอบ และกรรมวิธีต่าง ๆ ในการขึ้นรูป ทั้งนี้จะมีผลต่อชิ้นงานของผลิตภัณฑ์ที่ออกมา ไม่ว่าจะเป็นแบบพิมพ์ กระบวนการเตรียมน้ำดิน หรือน้ำดิน ตลอดจนกรรมวิธีการหล่อแบบ จะมีความสัมพันธ์กันโดยตลอดเป็นต้นว่า การเตรียมความหนาแน่นของน้ำดิน ความถ่วงจำเพาะในการหล่อแบบต่ำเกินไปก็จะส่งผลต่ออายุการใช้งานของแบบพิมพ์ หรือการเทน้ำสลีปเข้าไปในแบบเร็วเกินไปจะก่อให้เกิดฟองอากาศทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดตำหนิได้ ทั้งนี้ผู้ผลิตจำเป็นต้องให้ความสำคัญในทุก ๆ ขั้นตอนของกรรมวิธีการผลิตเพื่อให้ได้ชิ้นงานออกมามีคุณภาพที่ดี

การเผาผลิตภัณฑ์

ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดต่าง ๆ เตาเผาจะอยู่ในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต การที่ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ได้ผ่านกรรมวิธีขั้นตอนต่าง ๆ ของการผลิตมาอย่างดีแล้วก็ตาม อาจประสบความล้มเหลวได้ทันทีที่จุดสุดท้ายนี้ย่อมเป็นไปได้ ซึ่งทำให้ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ ด้วยเหตุนี้ ในทางอุตสาหกรรมทางด้านเซรามิกส์จึงมักจะให้ความสำคัญเป็นพิเศษ (อำพน วัฒนรังสรรค์. 2531 : 1)

1. ประเภทของเตาเผา ในปัจจุบันเตาเผาได้มีผู้ออกแบบรูปร่าง ขนาด เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการ และมีประสิทธิภาพสูง ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย ควบคุมสะดวก ได้แบ่งประเภทของเตาตามลักษณะต่าง ๆ ไว้ 4 ประเภทดังนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 13)

1.1 แบ่งตามประเภทของการใช้งานของเตา

1.1.1 เตาเผาที่ไม่ต่อเนื่อง (Un Continuous Kiln) เป็นเตาที่ทำการเผาเป็นครั้งคราวโดยเผาไม่ติดต่อกันใช้เวลานาน ต้องรอให้เตาเย็น จึงมีการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาใหม่

1.1.2 เตาเผาชนิดกึ่งการต่อเนื่อง (Semi Continuous Kiln) เป็นเตาที่สามารถเผาเกือบจะติดต่อกันไป เมื่อเผาเสร็จแล้วพร้อมที่จะเผาต่อไปอีก โดยไม่ต้องรอให้เตาเย็น

1.1.3 เตาเผาชนิดที่เผาต่อเนื่อง เป็นเตาที่ออกแบบติดต่อกันได้ตลอดเวลา เป็นเตาที่มีระบบการควบคุมอย่างดี ส่วนมากจะใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น เตาอุโมงค์ เตาแบบวงแหวน

1.2 แบ่งตามประเภทของทางเดินลมร้อน

1.2.1 เตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนในแนวนอน (Horizontal Draft Kiln) เป็นเตาชนิดที่มีรูปร่างยาวขนานกับพื้นดิน หลังคาโค้งตลอดจนถึงแนวปล่อง

1.2.2 เตาเผาชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln) เป็นเตาที่เผาอุณหภูมิไม่สูงมากนัก เตาชนิดนี้ผู้สร้างจะต้องเรียงตะกรับ (Checker Work) หลาย ๆ ชั้น จะช่วยให้ความร้อนภายในเตาสม่ำเสมอ

1.2.3 เตาเผาชนิดทางลมร้อนลง (Down Draft Kiln) เป็นเตาเผาที่สามารถเผาในอุณหภูมิสูง และการลงทุนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเตา ต้องเป็นวัสดุที่มีคุณภาพดี สามารถทนต่อสภาวะต่าง ๆ และช่วยประหยัดเชื้อเพลิงได้ดี

1.3 แบ่งตามประเภทของเปลวไฟ

1.3.1 เตาเผาชนิดเปลวไฟสัมผัส (Direct muffle Kiln) เป็นเตาขนาดใหญ่ ใช้เผาผลิตภัณฑ์ประเภทสิ่งก่อสร้าง เป็นเตาเผาอุณหภูมิสูง ส่วนมากใช้เผาผลิตภัณฑ์ไม่เคลือบ

1.3.2 เตาเผาชนิดกึ่งป้องกันเปลวไฟ (Semi muffle Kiln) เป็นเตาชนิดที่ออกแบบให้มีกำแพงไฟ (Muffle Wall) โดยให้เปลวไฟสัมผัสกำแพงไฟโดยตรง สามารถใช้เผาเคลือบได้ดี

1.3.3 เตาเผาชนิดเตापิด (Muffle Kiln) เป็นเตาที่ออกแบบให้มีระบบป้องกันเปลวไฟสัมผัส โดยใช้วัสดุทนไฟสร้าง เป็นหีบป้องกันไฟโดยตรง ใช้เผาเคลือบได้ดี

1.4 แบ่งตามลักษณะของเชื้อเพลิง

1.4.1 เตาชนิดใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง (Wood Firing Kiln)

1.4.2 เตาชนิดใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (Coal firing Kiln)

1.4.3 เตาชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (Gas Firing Kiln)

1.4.4 เตาชนิดใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (Oil Firing Kiln)

1.4.5 เตาชนิดไฟฟ้า (Electric Firing Kiln)

2. เตาไฟฟ้า (Electric Kiln) เตาไฟฟ้า เป็นเตาที่มีผู้สนใจใช้กันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะในอุตสาหกรรม เนื่องจากผู้ใช้มีความสะดวกสบาย ควบคุมได้ง่าย มีความปลอดภัยสูง และค่าใช้จ่ายไม่สิ้นเปลืองมากนัก ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี เตาไฟฟ้าให้พลังงานความร้อนภายหลังจากการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าในขดลวดต้านทาน (Heating Element) และถ้าเป็นขดลวดที่มีคุณภาพดี ก็สามารถให้ความร้อนสูงขึ้นได้ตามความต้องการ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วย เช่น อิฐทนไฟชนิดเบา (Insulating Brick) ฉนวน (Insulating Board) โดยเฉพาะเตาไฟฟ้า เมื่อ

กระแสน้ำไหลผ่านลดความต้านทาน ยิ่งนานชั่วโง่งก็จะสะสมความร้อนขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงอุณหภูมิสูงสุดตามต้องการ เตาไฟฟ้าจะไม่มีช่องระบายลม และในขณะเดียวกันก็ใช้เป็นที่ระบายแก๊สที่เกิดจากการเผาได้อีกประการหนึ่งด้วยและเตาไฟฟ้ายังเป็นเตาเผาที่เผาได้สะอาดที่สุด

3. การเผาดิบ (Biscuit Firing) ในการเผาดิบก็เพื่อให้เนื้อดิน หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมีความแข็งแรง (Mechanical Strength) และคงรูปตลอดจนสีสรรของเนื้อดิน เป็นการตรวจสอบสภาพของเนื้อดินมีการแตกร้าวหรือไม่ ก่อนนำไปเคลือบ นับว่าเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและแรงงานได้อย่างดี และเป็นการเชื่อมั่นว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่แตกก่อนนำไปเคลือบ โดยที่การเผาดิบจะให้ความร้อน และการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนที่ละน้อย ไม่ว่าจะเป็นเตาแก๊ส น้ำมัน ฟืน หรือไฟฟ้าก็ตาม ควรให้ระยะเวลาเผาเป็นไปอย่างช้า ๆ (Slow rate) สม่าเสมอ เวลาที่ใช้ในการเผาไม่ควรเผาเร็วจนเกินไป อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้โดยง่าย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ควรใช้เวลาในการเผาดินให้ยาวนานขึ้นเพื่อความปลอดภัย และให้ความเชื่อมั่นได้ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาดิน โดยทั่วไปประมาณ 750 - 850 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการเผาผลิตภัณฑ์และขนาดของเตาเผา การให้เตาเย็นลงภายหลังจากการเผาต้องระมัดระวังเช่นกัน ควรให้เวลานานไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง

4. การเผาเคลือบ (Glost Firing) เป็นการเผาครั้งที่สองหลังจากเผาดิบแล้วนำไปเคลือบ แล้วเผาจนเคลือบละลายกลายเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ คล้ายแก้ว หุ้มห่อผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดความมั่งคั่งป้องกันไม่ให้ของเหลวรั่วซึม และมีส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งแรง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปั้นดินเผา และส่วนผสมของเคลือบนั้น (อรพินท์ พานทอง. 2531 : 73 - 74) และในการเผาเคลือบไม่ว่าจะเคลือบชนิดไฟต่ำหรือไฟสูงก็ตาม จะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาไฟเกิน (Over fire) ย่อมทำให้น้ำเคลือบไหลมาก อาจจะติดพื้นเตาหรือขึ้นรอง ยากแก่การเอาออก ทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึง (Under fire) ทำให้น้ำเคลือบไม่มันเท่าที่ควร (ทวี พรหมพฤษ. 2523 : 155)

5. บรรยากาศในการเผา (Kiln Atmosphere) ในการเผาเครื่องปั้นดินเผาจะมีการเผา 2 แบบ คือ การเผาแบบรีดักชัน (Reduction) และออกซิเดชัน (Oxidation) การเผาจะเป็นบรรยากาศแบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทของเตาเผา และเชื้อเพลิงในการเผา (โกมล รัชชวงศ์. 2531 : 1 - 2)

5.1 การเผาแบบ Reduction คือ การเกิดการเผาไหม้ไม่หมดในเตาเผา จะมีกลุ่มควันและเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตาเผา เนื่องมาจากออกซิเจนกับเชื้อเพลิงมีอัตราส่วนไม่พอดีกับการเผาแบบนี้เรียกว่า Reduction

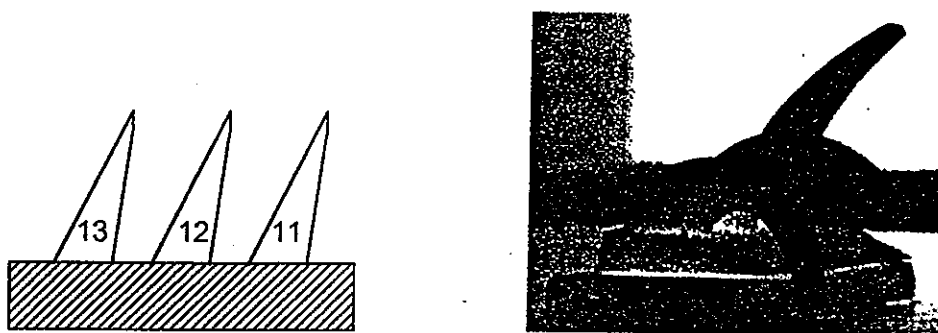
5.2 การเผาแบบ Oxidation เป็นการเผาไหม้ที่หมดจด ไม่มีกลุ่มควัน และเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตาเผา เพราะออกซิเจนและเชื้อเพลิงเหมาะสมกัน การเผาเตาในบรรยากาศแบบนี้สามารถทำการเผาได้กับเตาทุกชนิด เตาเผาที่สามารถเผาในบรรยากาศ Oxidation ได้ดีที่สุดก็คือ "เตาเผาไฟฟ้า"

6. เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องมือวัดอุณหภูมิของการเผาในอุตสาหกรรมมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ มีทั้งแบบที่ใช้วัดอุณหภูมิโดยสัมผัสโดยตรงกับวัตถุที่ต้องการ ซึ่งประเภทและช่วงการใช้งานของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตาราง 4 (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. 2527 : 214 - 215 อ้างอิงจาก Yochiheko Takamura) โดยในการวิจัยจะทำการวัดอุณหภูมิการเผาด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไพโรเมตริกเทอร์โมคัปเปิล และหุ่นวัดอุณหภูมิ

6.1 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไพโรเมตริกเทอร์โมคัปเปิล เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิโดยอาศัยหลักการจากการเกิดกระแสไฟฟ้าจากความร้อน โดยนำเอาโลหะสองชนิดมาเชื่อมให้ปลายติดกัน เรียกว่า Hot Junction แต่โลหะทั้งสองจะต้องมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ใส่ในเตาเพื่อให้ได้รับความร้อน (Thermocouple) ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้าเครื่องวัดอุณหภูมิ (Indicator) แล้วเข็มจะชี้บอกอัตราความร้อนตามความมากน้อยของกระแสไฟฟ้า จะมีตัวเลขเทียบอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส และฟาเรนไฮต์ ปลายของโลหะที่ต่อไปยังหน้าปัทม์เรียกว่า Cold Junction Thermocouple ที่วัดอุณหภูมิสูง ๆ จะมีเครื่องป้องกัน Protective ซึ่งทำด้วยวัตถุทนไฟ ป้องกันอีกชั้นหนึ่ง (ทวี พรหมพุกฤษ. 2525 : 107)

6.2 หุ่นวัดอุณหภูมิ (Pyrometric Cone) หรือเรียกว่า Cone เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิภายในเตา สามารถใช้ได้ง่ายและสะดวก โดยนำวัตถุที่ผสมกับสารละลาย ตามสัดส่วนต่าง ๆ มาทำเป็นแท่งสามเหลี่ยมให้ปลายแหลม ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 585 - 2,015 องศาเซลเซียส การวางแท่งโคนในเตาที่จะทำการวัดอุณหภูมิ ที่วางควรเป็นจุดที่อุณหภูมิสม่ำเสมอที่สุด โดยปกติเตาทั่วไปจุดที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ จะอยู่ประมาณเกือบกึ่งกลางเตา ค่อนมาทางประตูเตา สูงจากพื้นราว ๆ 20 - 30 เซนติเมตร และเหมาะสำหรับการสังเกตดูการเปลี่ยนแปลงของโคนจากภายนอก เบอร์ของโคน และส่วนผสมของโคนจะบอกถึงจุดหลอมตัวหรือจุดที่อุณหภูมิภายในเตาพอดีที่ทำให้โคนอ่อนตัว และโค้งลงมาแตะฐานปักโคน การปักโคนปกติจะปักพร้อมกันสามตัว เรียงตามเบอร์จากต่ำไปหาสูง แสดงให้เห็นจากภาพ 5 ให้เบอร์ของโคนที่จะใช้วัดอุณหภูมิอยู่กลาง เช่น โคนเบอร์ 12 เป็นโคนตัววัดอุณหภูมิที่จะเผา ก็จะต้องปักเรียงกันจากโคนเบอร์ 11 เบอร์ 12 เบอร์ 13 โคนตัวแรกเรียกว่าโคนชี้หน้า เพื่อบอกถึงสภาพอุณหภูมิภายในเตาเผว่ากำลังจะถึงจุดแล้ว เมื่อโคนตัวแรกล้มหรือโค้งลงมาแตะลงกับพื้น หมายถึงอุณหภูมิที่

ต้องการยังขาดอยู่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส จับตาดูโคนตัวถัดไปให้ดีเท่ากับเป็นการเตือนให้ระวัง เพื่อไม่ให้ที่ที่ต้องการวัดเกินไป นอกจากจะสิ้นเปลืองแล้วยังก่อให้เกิดผลต่อผลิตภัณฑ์ที่เผาเป็นอย่างมาก



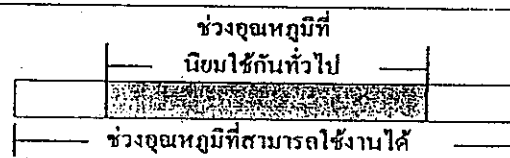
ภาพ 5 แสดงการวางตำแหน่งของการวัดอุณหภูมิการเผาของโคนและการลุ่มของโคนหลังจากการเผาเรียบร้อยแล้ว

ข้อควรระวังในการใช้โคน (Cones)

1. การใช้ cone เผาในบรรยากาศที่เป็น Oxidizing
2. ชนิดของเชื้อเพลิง มีผลต่อ Cone มาก เช่น เมื่อมีคาร์บอนไฟ (Carbon) มีคุณสมบัติในการทนไฟ ทำให้ Cone ล้มยาก อาจทำให้การอ่านค่าผิดไป
3. การเผาผลิตภัณฑ์ เมื่อถึงจุดสูงสุดตัวจะเกิดแก๊สชนิดหนึ่ง ทำให้ Cone ล้มยาก จะสังเกตเกิดสีต่าง ๆ เป็นต่าง เป็นรอย
4. อากาศเย็นที่เข้าไปช่วยในการลุกไหม้ภายในเตา ถ้ามีรูกว้างเกินไปจะทำให้ Cone ล้มยาก เพราะลมเย็นช่วยลดอุณหภูมิตลอดเวลา
5. การตั้ง Cone ที่ใกล้หัวพ่น (Hot air) เช่น เตาน้ำมันต้องมีเทคนิคในการตั้ง ให้ตั้งหลีกเลี่ยงจากทางลมร้อน มิฉะนั้นจะทำให้ Cone ล้มเร็วไป
6. อัตราการเร่งอุณหภูมิ ระยะเวลาในการเผากับอุณหภูมิต้องสัมพันธ์กัน ไม่ควรเร่งอุณหภูมิให้ช้าหรือเร็วจนเกินไป การเร่งอุณหภูมิให้ขึ้นช้า ๆ ไม่ค่อยมีผลต่อ Cone เท่าใดนัก แต่ถ้าหากอัตราการเร่งอุณหภูมิเร็ว ทำให้ Cone เกิดแข็งตัว (Freezing) ทำให้ SiO_2 เกิดการแยกตัวออกมาที่ผิว มาตกตะกอนทำให้แข็งและล้มยากขึ้น

ตาราง 4 แสดงประเภทและอุณหภูมิที่ใช้งานของเครื่องวัดอุณหภูมิ

ชนิดของ เครื่องวัดอุณหภูมิ			อุณหภูมิ (°C)										
			-200	0	200	400	600	800	1000	1400	1600	1800	2000
แบบสัมผัสโดยตรง	เครื่องวัด แบบของ เหลวบรรจุ ในหลอด แก้ว	ปรอท											
		ของเหลว อินทรีย์											
	Bimetal												
	เครื่องวัดแบบความต้านทานไฟฟ้า	แบบ Platinum											
		แบบนิเกิล											
		แบบทองแดง											
		แบบ เทอร์มิสเตอร์											
	เครื่องวัดแบบเทอร์โมคัปเปิล	แบบ P.R. (Platinum Rhodium)											
		แบบ C.A. (Chromel Alumel)											
		แบบ I.C. (Iron-Constantan)											
		แบบ C.C.(Copper -Constantan)											
แบบไม่สัมผัสโดยตรง	เครื่องวัดอุณหภูมิสูง เชิงแสง Optical pyrometer												
	เครื่องวัดอุณหภูมิ เชิงแผ่รังสี												



อิทธิพลความร้อนที่มีต่อเนื้อดินปั้น

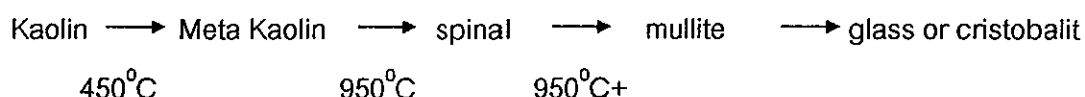
1. อิทธิพลความร้อนที่มีต่อดินขาว โดยปกติแร่ดิน (Kaolinite) จะประกอบไปด้วยอะลูมินา (Alumina) 1 โมเลกุล ซิลิกา (Silica) 2 โมเลกุล และน้ำ 2 โมเลกุล นอกจากนั้นอาจจะมีอนุภาควัสดุอื่น ๆ ประกอบอยู่ด้วย เช่น อนุภาคของคาร์บอนเนต (CO_3) อนุภาคซัลเฟต (SO_4) เป็นต้น อนุภาคเหล่านี้มักจะชุ่มไปด้วยน้ำ ดังนั้น ดินขาว (Kaolin) จะมีน้ำอยู่ 2 ชนิดด้วยกันคือน้ำในโมเลกุล และน้ำนอกโมเลกุล ในการเผาดินขาวจะมีช่วงการระเหยของน้ำได้ 2 ช่วงคือ (โกลมล รัชวงศ์. 2531 : 110 - 116)

1.1 ช่วงแรก เรียกว่า Mechanical Water จะเริ่มระเหยตั้งแต่อุณหภูมิ 100 - 150 องศาเซลเซียส หลังจากช่วงนี้แล้วดินจะแห้งสนิท น้ำนอกโมเลกุลจะระเหยออกไปหมด การเผาในช่วงนี้ ถ้าหากหยุดการเผาแล้ว ยังสามารถนำเอาไปผสมน้ำจะยังยุ่ยตัว (Slak) และยังมีความเหนียวเหมือนเดิม

1.2 ช่วงระยะที่สอง เรียกว่า Chemical dehydration period จะเริ่มต้นจากอุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียสขึ้นไป ดินจะสูญเสียน้ำในโครงสร้างโมเลกุล ทำให้ดินเกิดความแข็งและไม่ยุ่ยตัวได้อีกต่อไป โครงสร้างของผลึกจะเปลี่ยนแปลงไปเป็น Meta Kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) จะทำให้โครงสร้างมีรูพรุนเกิดขึ้น หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดลงเนื่องจากการเรียงตัวใหม่ของอะตอมในหนึ่งหน่วยเซลล์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นจนกระทั่งอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส โมเลกุลน้ำจะถูกขจัดออก หลังจากการเผา 980 องศาเซลเซียส ผลึกจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ และการพรุนตัวจะลดน้อยลง อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะเป็นไปในรูปการประสานเนื้ออนุภาคเข้าด้วยกัน การพรุนตัวจะลดน้อยลงอีกเรื่อย ๆ ถ้าหากดำเนินการเผาต่อไป การเผาดินขาวนอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านฟิสิกส์ด้วย สารอินทรีย์ (Organic Compound) ที่ปะปนอยู่ในดินจะถูกเผาไหม้เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 350 - 1,000 องศาเซลเซียส อนุภาคของคาร์บอนเนตและซัลเฟต (Carbonate & Sulphate) จะสลายตัวออก สีของดินจะเปลี่ยนไปน้ำหนักลดลง ขนาดเล็กลง

อิทธิพลในการเผาดินขาวในช่วงอุณหภูมิประมาณ 560 - 580 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของซิลิกา (Quartz inversions) จะทำให้ดินเกิดการขยายตัวออกได้อีกครั้งหนึ่งหลังจากนั้นจะหดตัวไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดสุกตัว จึงจะขยายตัวออก

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการเผาดินขาว



2. อิทธิพลความร้อนที่มีต่อซิลิกา ซิลิกา (Silica) ที่อยู่ในรูปของควอตซ์ (Quartz) จะมีความบริสุทธิ์สูง จึงมีอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อซิลิกาดังนี้ รูปร่างของหินแก้วที่อุณหภูมิต่ำ จะมีโครงสร้างของอะตอมจับกันเป็นเกลียว ซึ่งเกิดจากการจับกันของปิรามิดฐานสามเหลี่ยมของ Si และ O (Silicon - Oxygen tetrahedrol) เมื่อหินแก้วถูกเผาถึงอุณหภูมิ 573 องศาเซลเซียส หินแก้วจะเปลี่ยนรูปร่างจากรูปร่างเดิมที่อุณหภูมิต่ำไปเป็นรูปร่างที่อุณหภูมิสูง มีขนาดใหญ่ขึ้นเป็นการขยายตัวของซิลิกา เมื่อได้รับอุณหภูมิ 573 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงอะตอมจากรูปร่างหนึ่งไปอีกรูปร่างหนึ่งของสารมี 2 ลักษณะคือ รูปร่างแต่ละแบบจะสามารถคงสภาพอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เรียกว่าเกิด Inversion การเกิด Inversion มี 2 แบบ คือ

แบบหนึ่ง เกิดการเปลี่ยนแปลงจัดเรียงอะตอมใหม่อย่างมากมาย หรืออาจเรียกว่า การเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง การเปลี่ยนแปลงแบบแรกจะกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ต้องมีการกระทำที่รุนแรงมาก

แบบสอง เป็นการเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เพียงแต่มีการกระทบกระเทือนต่อพันธะเพียงเล็กน้อยก็เกิดการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงแบบสองนี้สามารถทำให้กลับคืนสภาพเดิมได้ง่าย

จากลำดับของการเปลี่ยนแปลงดังที่กล่าวมาแล้ว สามารถเขียนสรุปรวมได้ดังแสดงจากตาราง 5

ตาราง 5 แสดงปฏิกิริยาของเนื้อดินปั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงในอุณหภูมิต่าง ๆ

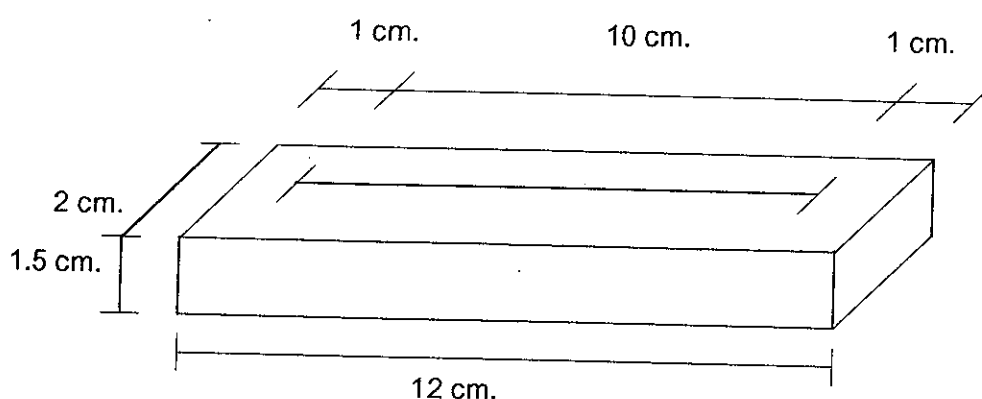
อุณหภูมิ	ปฏิกิริยา
100 - 150 องศาเซลเซียส	น้ำที่ผสมในเนื้อดินจะเริ่มระเหยออกมา เมื่อนำดินมาผสมกับน้ำอีกครั้งดินสามารถมีความเหนียวดังเดิม
450 องศาเซลเซียส	สูญเสียน้ำในโครงสร้างของผลึก ดินไม่สามารถกลับมาที่มีความเหนียวได้อีก
573 องศาเซลเซียส	อัลฟา ควอทซ์ (Alpha Quartz) เปลี่ยนเป็น เบต้า ควอทซ์ (Beta Quartz) ซิลิกาจะขยายตัวประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์
950 องศาเซลเซียส	เกิดสไปเนล (spinel) ในเนื้อดิน
1,100 องศาเซลเซียส	สไปเนล (spinel) เปลี่ยนเป็นมัลไลต์ (Mullite)
1,150 - 1,200 องศาเซลเซียส	ควอทซ์ (Quartz) จะถูกเปลี่ยนเป็นคริสโตบาไลต์ (Cristobalite)
1,250 - 1,300 องศาเซลเซียส	เป็นช่วงอุณหภูมิถึงจุดสุกตัวของน้ำเคลือบ และเนื้อดินปั้นมีความพรุนตัวต่ำ ความแข็งแรงสูง (Vitrification period)

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางการหล่อ

วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ควรจะมีการกำหนดคุณลักษณะหรือคุณสมบัติที่ต้องการ (Specification) ไว้ให้ผู้ผลิตวัตถุดิบจะได้ผลิตตามคุณลักษณะดังกล่าว และเพื่อรักษาคุณภาพเหล่านั้นไว้ให้คงที่ตลอดไป (ชาญ จรรยาวิทย์. 2531 : 15) และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการทดสอบและวิจัยจึงมีความสำคัญ เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สม่ำเสมอ ตามที่ต้องการ ซึ่งการวัดและการตรวจสอบรวมถึงการคำนวณออกมาเป็นค่าต่าง ๆ เพื่อบ่งบอกลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย ที่ได้จากการเผา (दनัย อารยะพงษ์. 2538 : 1) การทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของเนื้อดินปั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะทดสอบความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ คุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผา และคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นก่อนและหลังเผา

1.1 การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้นก่อนและหลังเผา และการหดตัวของวัตถุบิที่นำมาทำเครื่องปั้นดินเผานั้นมี 2 ระยะคือ การหดตัวหลังจากการเผึ่งแห้ง และการหดตัวหลังจากเผา เปอร์เซ็นต์การหดตัวจะเป็นตัวบ่งบอกถึงว่าควรจะเผึ่งแห้งหรือเผาผลิตภัณฑ์ในอัตราเร็วหรือช้าเพียงใด โดยปกติแล้วดินที่มีความเหนียวมาก มักจะมีการหดตัวมาก เปอร์เซ็นต์การหดตัวตามแนวเส้นตรง หลังจากเผึ่งแห้งของวัตถุบิที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จะมีตั้งแต่ 0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสารจำพวกไม่มีความเหนียว เช่น ทราาย จนถึง 15 เปอร์เซ็นต์ สำหรับดินเหนียวบางแห่ง และเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังจากการเผาก็แตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของวัตถุบิ วิธีการขึ้นรูป และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 67) ซึ่งในการทดสอบเพื่อหาค่าการหดตัวของเนื้อดินนั้น จะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก ในการเตรียมวัตถุบิในการใช้เพื่อให้เกิดความเหมาะสม และยังทำให้ทราบถึงขนาดเผื่อของต้นแบบ โดยการนำเอาเปอร์เซ็นต์การหดตัวไปคำนวณ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาตรงตามขนาดที่ต้องการ วิธีการทดสอบการหดตัวในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การทดสอบอย่างง่าย โดยการหล่อและการอัดเป็นแท่งทดสอบดังแสดงจากภาพ 6



ภาพ 6 แสดงลักษณะและขนาดของแท่งทดสอบเนื้อดินปั้น

วิธีทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้น

1. บดละเอียดเนื้อดินของสารตัวอย่างผสมกับน้ำ แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 เมช (Mesh)
2. นำน้ำดินเทลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการหล่อแท่งทดสอบ
3. นำเนื้อดินปั้นที่ได้จากการหล่อจากแบบพิมพ์ ใช้เวอร์เนียร์กำหนดหาความห่างระหว่าง 2 จุด บนชิ้นตัวอย่างโดยให้จุดห่างกัน 10 เซนติเมตร (เป็นความยาวเริ่มต้น)
4. นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
5. ปลดอยแท่งทดสอบให้เย็นตัวลง และนำมาวัดระยะห่างระหว่าง 2 จุด (เป็นความยาวหลังอบ) จดบันทึกไว้แล้วนำไปคำนวณตามสูตรของ ซิงเกอร์

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

6. นำแท่งทดสอบเผาในอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ปลดอยให้เย็นตัว
7. วัดระยะห่างของแท่งทดสอบระหว่าง 2 จุด บันทึกไว้ แล้วจึงนำไปคำนวณตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวของดินหลังเผา} = \frac{\text{ความยาวของดินแห้ง} - \text{ความยาวของดินหลังเผา}}{\text{ความยาวของดินแห้ง}} \times 100$$

1.2 การทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น ความแข็งแรงของดินหรือของผลิตภัณฑ์หลังจากผึ่งแห้ง หรือหลังจากการเผามีความสำคัญ เพราะเป็นตัวบ่งบอกถึงความยากง่ายในการผลิต และการใช้งานโดยทั่วไปแล้ว ความแข็งแรงแบ่งออกได้หลายอย่าง เช่น ความแข็งแรงต้อแรงดึง ความแข็งแรงต้อแรงกด ความแข็งแรงต้อการโค้งงอหรือแรงบิด เป็นต้น (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2530 : 67) ซึ่งในการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงต้อแรงกด โดยใช้วิธีของ แอนดรูห์ (Andrews. 1957 : 44)

วิธีการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น

1. นำแท่งทดสอบจากการหล่อแบบพิมพ์นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
2. วางแท่งทดสอบบนเครื่องทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น และทำการวัดระยะความห่างของแท่นรองรับ จุดสัมผัสทั้งของแท่งทดสอบทั้ง 2 ข้างต้องเท่ากัน จุดบันทึก
3. วัดความหนาของแท่งทดสอบ จุดบันทึก
4. นำแท่งทดสอบไปทดสอบโดยการอัดให้หักโดยเครื่องทดสอบดังแสดงจากภาพ 7 และจดแรงกดที่ทำให้แท่งทดสอบนั้นหัก จุดบันทึก และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น โดยใช้สูตรของ (Andrews. 1957 : 44)

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

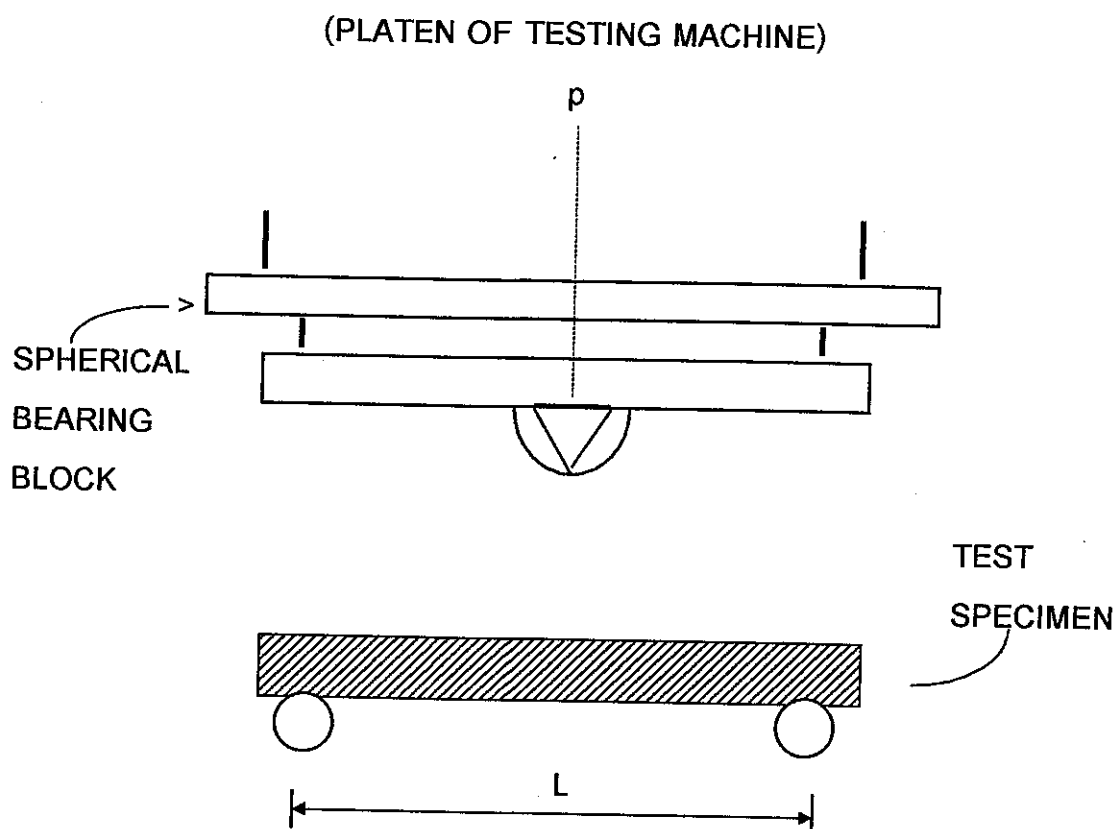
โดย R = ค่าความแข็งแรงของดิน (Kg / cm^2)

W = แรงกดที่ทำให้แท่งทดสอบหัก (Kg)

L = ระยะห่างของแท่นรองรับแท่งทดสอบ (Cm)

b = ความกว้างของแท่งทดสอบ (Cm)

h = ความหนาของแท่งทดสอบ (Cm)



ภาพ 7 แสดงการกค่น้ำหนักลงบนแท่งทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรง

1.3 การดูดซึมน้ำ น้ำหนักของการดูดซึมน้ำ จะสัมพันธ์กับความพรุนตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ ในการดูดซึมน้ำมากหรือน้อยนั้น สามารถบ่งบอกถึงอุณหภูมิการเผาผลิตภัณฑ์ขณะนั้น ๆ ได้ว่าสูงหรือต่ำ โดยการหาน้ำหนักของการดูดซึมน้ำ จะมีการแทนที่น้ำเข้าไปในรูพรุน ทำให้รูพรุนที่เปิดอิมตัวไปด้วยน้ำ ทำการแช่ไว้ระยะเวลาหนึ่งจนอิมตัว แล้วจึงนำไปชั่งหาน้ำหนัก (दनัย ฉายะพงษ์. 2538 : 18)

วิธีการทดสอบการดูดซึมน้ำ

1. นำแท่งทดสอบที่ผ่านกระบวนการเผามาชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกไว้ (เป็นน้ำหนักที่แห้ง)
2. นำแท่งทดสอบไปต้มนเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเมื่อครบระยะตามที่กำหนดแล้ว ตั้ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
3. หลังจากปล่อยชิ้นทดสอบให้เย็นตัวลง นำแท่งทดสอบแช่ให้แห้ง แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง (เป็นน้ำหนักที่อิมตัว)

4. นำค่าที่ได้จากการวัดทั้งสองครั้งมาคำนวณหาปริมาณการดูดซึมน้ำของ
แท่งทดลอง โดยใช้สูตรของโรเดส (Rhodes, 1974 : 44)

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

โดย A = เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

W = น้ำหนักที่อิ่มตัว

D = น้ำหนักที่แห้ง

1.4 สีที่ปรากฏ สีของดินส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนอยู่ในดิน ซึ่งอาจจะเป็นแร่ต่าง ๆ เช่น ควอตซ์ (Quartz) หินฟีนมา (Feldspar) ไมกา (Mica) เหล็กออกไซด์ นอกจากนั้นยังเป็นพวกสารอินทรีย์ ต่าง ๆ เช่น ซากสัตว์ ซากพืช โดยปกติแล้ว สีในดินที่ยังไม่ผ่านการเผา บางครั้งจะถูกทำลายไปหลังจากการเผาแล้ว เช่น ดินดำบางอย่างเมื่อเผาแล้วจะให้สีขาว แต่สีบางอย่างก็คงอยู่ เช่น ดินแดง เมื่อเผาแล้วยังมีสีแดงอยู่ หรือในดินดำบางครั้งเมื่อเผาแล้วมีสีแดง อันเนื่องมาจากเหล็กออกไซด์ที่เจือปนอยู่

การทดสอบสีของเนื้อดินปั้น

1. นำตัวอย่างของเนื้อดิน 100 กรัม มาอบให้แห้ง
2. ตรวจสอบสีตัวอย่างเนื้อดินที่ผ่านการอบแห้ง บันทึกลักษณะสีก่อนเผา
3. นำตัวอย่างเนื้อดินเข้าเผาในอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ตรวจสอบสี

หลังการเผา แล้วนำสีของเนื้อดินก่อนเผา เปรียบเทียบกับสีของเนื้อดินหลังการเผา

2. คุณสมบัติทางเคมี

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีสำหรับเนื้อดินต่างๆ และพวกที่ไม่ใช่ดิน เช่น หิน ฟินมา ซิลิกาจะวิเคราะห์ออกมาในรูปออกไซด์ต่างๆ ของ SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O Initiation loss ซึ่งโดยปกติผลวิเคราะห์ทางเคมีจะสามารถหาได้จากเครื่องมือต่างๆ เช่น X-ray Diffractometer, DTA-TGA, Scanning electron microscope, Infrared Spectroscopy

3. ความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ

3.1 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น น้ำดินที่ใช้ในการเทแบบพิมพ์จะประกอบไปด้วย ดินและวัสดุต่าง ๆ ซึ่งกระจายลอยตัวอยู่ในน้ำ โดยมีการไหลตัวที่ดี ในแบบพิมพ์แต่ละประเภทก็จะใช้น้ำดินที่มีคุณสมบัติต่างกัน กล่าวคือ ในแบบพิมพ์ที่ใช้หล่อกลวง จะใช้น้ำดินที่มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในระหว่าง 1.75 - 1.95 (ปริมาตร พิมพ์ขาว 2539 : 133) ดังนั้นการนำน้ำดินมาใช้งาน ต้องมีการคำนึงถึงวิธีการเทแบบพิมพ์และความถ่วงจำเพาะของน้ำดินที่เหมาะสมกับลักษณะงานนั้น ๆ ซึ่งวิธีการหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) จะหาได้จากสูตรนี้

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

3.2 การทดสอบการไหลตัวของน้ำดิน เป็นการวัดค่าการต้านทานการไหลตัวของน้ำดิน เพื่อให้พิจารณาถึงความสม่ำเสมอในการไหลของน้ำดิน เพราะถ้าหากน้ำดินมีความหนืดสูงเกินไป การหล่อแบบจะใช้เวลาน้อยมาก การเทน้ำดินออกจากแบบจะกระทำด้วยความยากลำบากใช้เวลานาน อีกทั้งผิวด้านในของผลิตภัณฑ์จะไม่เรียบ ซึ่งตรงข้ามกับน้ำดินที่มีความหนืดต่ำมากเกินไป นั่นคือการหล่อแบบจะใช้เวลานานแต่การเทน้ำดินออกจากแบบจะสะดวก และรวดเร็ว ในการปรับค่าการไหลตัวของน้ำดิน โดยที่ความถ่วงจำเพาะไม่เปลี่ยนแปลงสามารถปฏิบัติได้โดยการเติมสารช่วยกระจายลอยตัวลงในน้ำดิน การวัดการไหลตัวครั้งนี้จะใช้เครื่องทดสอบการไหลตัว (Lehmann's Viscometer)

3.3 อัตราการหล่อของน้ำดิน ในการทดสอบหาอัตราการหล่อของน้ำดิน จะทำให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ในการหล่อแบบในความหนาตามที่ต้องการ ซึ่งการที่น้ำดินอยู่ภายในแบบพิมพ์นาน ๆ จะส่งผลถึงอายุการใช้งานของแบบพิมพ์ลดลง เสียเชื้อเพลิงในการอบแบบพิมพ์ และเสียเวลาต่าง ๆ อีกมากมาย ดังนั้นจึงควรทราบถึงคุณสมบัติของน้ำดิน ในการที่จะนำมาหล่อแบบ

การตรวจสอบอัตราการหล่อของน้ำดินมีขั้นตอนการทำ 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ผสมน้ำดินให้ได้ความถ่วงจำเพาะ 1.65 - 1.80 แล้วเทลงในแบบพิมพ์ทดสอบ จำนวน 3 แบบพิมพ์ ทิ้งไว้ในแบบ ๆ ละ 10, 20 และ 30 นาที ตามลำดับ
2. เทน้ำดินออกจากแบบ และตั้งทิ้งไว้อีก 10 นาที

3. ตัดชิ้นส่วนของเนื้อดินหล่อ ตามแนวขวางและวัดความหนาของเนื้อดิน ด้วยเวอร์เนียร์ จะได้ค่าอัตราการการหล่อในเวลาต่าง ๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกศสุตา แสงสุวรรณ (2539) ได้ทำศึกษาการพัฒนาความขาวของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ โดยการเติมสารเพิ่มความขาว คือ หินปูน แคลเซียมฟอสเฟต วอลลาสโตไนต์ และอลูมินา ทำโดยนำสารเพิ่มความขาวมาล้าง และใช้แท่งแม่เหล็กดูดเอาสิ่งเจือปนออก แล้วเติมสารเพิ่มความขาวลงไปในเนื้อดินปั้น เริ่มต้นเลือกด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าเนื้อดินปั้นที่ได้ความขาวดีที่สุดจะประกอบไปด้วย

ดินเกลินนราธิวาส	ร้อยละ 60
ดินดำแมริม	ร้อยละ 10
หินเขี้ยวหนูมานจังหวัดตาก	ร้อยละ 15
หินฟันม้าจังหวัดตาก	ร้อยละ 15
อลูมินา	ร้อยละ 3
หินปูน	ร้อยละ 6

ดินปั้นนี้มีส่วนประกอบทางเคมีเป็น Al_2O_3 32.11 %, SiO_2 59.50 %, Fe_2O_3 0.59 %, TiO_2 0.14 %, Na_2O 1.23 %, K_2O 0.68 %, CaO 3.51 %, MgO 0.99 % และการสูญเสียหลังการเผาร้อยละ 0.10 ในการเผาเนื้อดินปั้นครั้งนี้ใช้อุณหภูมิการเผา 1,250 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น (Oxidation) จะมีค่าของความพรุนตัวร้อยละ 2.70 มีการหดตัวร้อยละ 8.30 และมีความขาวเท่ากับ 70 เมื่อเปรียบเทียบกับแบบเรียบขัดเฟต ที่ถือว่ามีความขาวเท่ากับ 100

สมบุญ สารสิทธิ์ (2539) ทำการทดลองเนื้อดินปั้นจากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ และน้ำเคลือบที่เหมาะสม ในการทดลองผู้วิจัยใช้วัตถุดิบดังนี้ ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช ดินขาวจังหวัดระนอง หินฟันม้าจังหวัดนครศรีธรรมราช และทรายขาวจังหวัดสงขลา โดยทำการเผาเนื้อดินปั้นในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่าส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เหมาะสมที่สุด ประกอบด้วย

ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช	ร้อยละ 40
ดินขาวจังหวัดระนอง	ร้อยละ 15
หินพื้นน้ำจังหวัดนครศรีธรรมราช	ร้อยละ 10
ทรายขาวจังหวัดสงขลา	ร้อยละ 35

โดยมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. คุณสมบัติในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ จะใช้น้ำผสมในเนื้อดินปั้นร้อยละ 37.50 สารช่วยกระจายลอยตัวร้อยละ 0.22 ความถ่วงจำเพาะ 1.69 ความหนืด 3.8 พอยซ์
2. คุณสมบัติก่อนและหลังเผา พบว่าในด้านการหดตัวก่อนเผามีการหดตัวร้อยละ 6.00 หลังเผามีการหดตัวร้อยละ 6.17 ความแข็งแรงก่อนเผาร้อยละ 13.18 การดูดซึมน้ำร้อยละ 14.49 และความสามารถในการทนไฟสามารถทนไฟได้ดี

ในส่วนการทดลองเคลือบดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้วัตถุดิบในการทดลองดังนี้ หินพื้นน้ำจังหวัดนครศรีธรรมราช ดินขาวระนอง ดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราช หินสบูที่ใช้ในการค้าทั่วไป และสังกะสีออกไซด์ โดยเผาในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น พบว่าเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้น จากดินแดงจังหวัดนครศรีธรรมราชจะประกอบไปด้วย

หินพื้นน้ำนครศรีธรรมราช	ร้อยละ 30
ดินแดงนครศรีธรรมราช	ร้อยละ 15
หินปูนนครศรีธรรมราช	ร้อยละ 20
ทรายขาวสงขลา	ร้อยละ 35
หินสบู	ร้อยละ 3
สังกะสีออกไซด์	ร้อยละ 6

ศิริชัย โพธิ์ตาปนะ (ม.ป.ป. : 1-6) ทำการทดลองเพื่อหาส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ประเภทภาชนะใส่อาหาร ชุดน้ำชา กระถางต้นไม้ โดยนำเอาดินลูกรังมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักของเนื้อดินปั้น และนำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้น ดินลูกรังที่ทำเอามาให้ทำผลิตภัณฑ์นำมาจาก 2 แหล่ง คือ จากอำเภอสตึก จังหวัดชลบุรี และจากอำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ทดลองเผาในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่าดินลูกรังทั้งสองชนิด สามารถนำมาใช้งานได้ดี โดยอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อดินปั้น ดังแสดงได้จากตาราง 6 และตาราง 7

ตาราง 6 แสดงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

วัตถุดิบ	เนื้อดินหมายเลข							
	SA 1	SA 2	SA 3	SA 4	SB 1	SB 2	SB 3	SB 4
ดินลูกรัง จ.จันทบุรี	60	50	45	50	--	--	--	--
ดินลูกรัง จ.ชลบุรี	--	--	--	--	50	50	50	50
หินพื้นน้ำ จ.เชียงใหม่	10	20	20	35	--	--	20	--
ดินปากพลีสีขาว จ.ปราจีนบุรี	15	15	15	--	--	--	--	--
ดินเหนียวปากเกร็ด	--	--	--	--	40	50	20	40
หินลำปาง	15	15	20	15	10	--	10	--
กร๊อก (grog)	--	--	--	--	--	--	--	10

ตาราง 7 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

วัตถุดิบ	เนื้อดินหมายเลข							
	SA1	SA2	SA3	SA4	SB1	SB2	SB3	SB4
การดูดซึมน้ำ (%)	10.49	3.19	3.53	3.06	3.31	0.65	1.35	1.50
การหดตัว (%)	16.26	15.48	14.64	14.40	11.56	11.70	9.08	12.78
Modulus of Rupture	184	175	171	196	563	568	560	509

ซากิน (Zakin. 1981 : 44) ทำการทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น โดยเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ซึ่งส่วนผสมของเนื้อดินปั้นใช้วัตถุดิบที่เป็นดินในอัตราส่วนร้อยละ 90 และใช้วัตถุดิบอื่น ๆ ในอัตราส่วนร้อยละ 10 ซึ่งได้อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้งานได้ดี ดังแสดงได้จากตาราง 8

ตาราง 8 แสดงอัตราส่วนของเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

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

โรดส์ (Rhodes. 1974 : 52) ได้ทำการทดลองเนื้อดินปั้นสโตนแวร์โดยเผาในอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการทดลองที่ได้ แสดงไว้ในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่เผาในอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส

วัตถุดิบ	A	B	C	D	E
ดินสโตนแวร์	80	75	30	--	20
ดินเหนียว	10	15	30	30	15
ดินขาว	--	--	--	40	25
ดินแดง	--	--	10	5	--
หินฟันม้า	10	10	--	15	20
ฟลินต์	--	--	--	10	20
ดินทนไฟ	--	--	30	--	--