738
ส282ช

เซรามิกส์เบื้องต้น

Introduction to Ceramics

12 มิ.ย. 2542

สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์

ท 139282

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กันยายน 2541

115721

คำนำ

ตามที่ภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ได้เปิดการเรียนการสอนในสาขาวิชาเซรามิกส์ ซึ่งเป็นวิชาชีพเฉพาะด้านให้แก่นิสิตมาหลายปีแล้ว แต่นิสิตยังขาดเอกสารหรือตำราทางสาขาวิชาเซรามิกส์ที่จะใช้สำหรับการศึกษาค้นคว้าที่เป็นภาษาไทย

ดังนั้นจึงทำให้ผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาวิชาเซรามิกส์เบื้องต้น จากหนังสือและบทความในส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรง และจากประสบการณ์ของผู้เขียนเอง เพื่อให้นิสิตที่เรียนในรายวิชา ศป 251 (เครื่องปั้นดินเผา) , ศป 352 (วัสดุศาสตร์และเทคโนโลยี), ศป 352 (เซรามิกส์พื้นบ้าน), ศป 354 (เซรามิกส์สร้างสรรค์ I), ศป 355 (เซรามิกส์สร้างสรรค์ 2), ศป 356 (เซรามิกส์สร้างสรรค์ 3), ศป 457 (เตาและการเผา) และวิชา ศป 458 (เคลือบ) ได้ใช้หนังสือเล่มนี้ไว้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมซึ่งเนื้อหาในหนังสือจะช่วยให้เกิดความรู้ความเข้าใจในส่วนหนึ่งแต่ทั้งนี้นิสิตจะต้องขยันมั่นเพียรในการศึกษาค้นคว้าทดลองปฏิบัติงานจริงประกอบด้วย จึงจะช่วยให้เกิดความเข้าใจอย่างถูกต้อง

ผู้เขียนขอขอบคุณเจ้าของเอกสารหรือตำราที่ข้าพเจ้านำมาอ้างอิงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย เพราะทำให้หนังสือเล่มนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น และขอขอบพระคุณครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนผู้เขียนมา จึงทำให้ผู้เขียนมีความรู้นำไปประกอบอาชีพดำรงอยู่ได้ในปัจจุบันนี้

สุดท้ายนี้ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเซรามิกส์เบื้องต้นเล่มนี้มีประโยชน์ต่อนิสิตสาขาเซรามิกส์และผู้ที่สนใจทั่วไป

สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์

กันยายน 2541

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
- ความหมายของคำว่า "เซรามิกส์ (Ceramics)"	1
- แนวทางการศึกษาเซรามิกส์	5
- การจำแนกผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	7
- วิวัฒนาการเครื่องปั้นดินเผาในประเทศไทย	11
- สมัยก่อนประวัติศาสตร์	11
- สมัยประวัติศาสตร์	12
- เครื่องปั้นดินเผาปัจจุบัน	22
- กระบวนการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	23
- แผนภูมิแสดงกระบวนการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	27
บทที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	30
- จุดมุ่งหมายของการออกแบบ	30
- แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	32
- การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์	41
- ขั้นตอนการออกแบบ	47
บทที่ 3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	50
- วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียว	50
- วัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียว	65
- เนื้อดินปั้น	77
- วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้น	77
- ลักษณะของดินที่ใช้ในการขึ้นรูป	79
- ประเภทของเนื้อดินปั้น	81
- การเตรียมเนื้อดินปั้น	88
- การคำนวณส่วนผสมของเนื้อดินปั้น	96
- การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินก่อนและหลังเผา	99

หน้า

บทที่ 4 น้ำเคลือบเซรามิกส์ 111

- วัตถุประสงค์ของการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ 111
- การแบ่งประเภทของน้ำเคลือบ 112
- วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ 116
- สารสำคัญที่ให้สีทางเซรามิกส์ 125
- สูตรน้ำเคลือบ 127
- การคำนวณน้ำเคลือบจากสูตรเอ็มไพริคัล 130
- การคำนวณน้ำเคลือบโดยการใช้สูตรแผนภาพไตรดุลยภาค 141
- เคลือบฟริต 144
- วิธีการทำฟริต 145
- การเตรียมน้ำเคลือบ 148
- ข้อบกพร่องที่เป็นตำหนิบนผิวเคลือบ 156

บทที่ 5 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ 161

- การขึ้นรูปด้วยมือ 161
- การขึ้นรูปด้วยเครื่อง 165
- การขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดิน 181

บทที่ 6 การตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ 188

- การตกแต่งในขณะเป็นเนื้อดินปั้น 188
- การตกแต่งขณะขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อน้ำดิน 190
- การตกแต่งขณะปั้นขึ้นรูปในขณะที่ดินยังคงนิ่มอยู่ 196
- การตกแต่งขณะดินหมาด 204
- การตกแต่งในขณะดินแห้ง 208
- การตกแต่งภายหลังการเผาดิบ 211
- การตกแต่งภายหลังจากการเผาเคลือบ 212

หน้า

บทที่ 7 เตาและการเผา 218

- ประเภทของเตาเผา 219
- ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผา 236
- ข้อควรพิจารณาในการที่จะสร้างเตาเผา 242
- วัสดุอุปกรณ์เตาเผา 243
- การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา 248
- การเผาดิบ 250
- การเผาเคลือบ 253
- การเผาสีบนเคลือบ 254
- การวัดอุณหภูมิความร้อน 255
- บรรยากาศในการเผา 260
- ปฏิกริยาการระเหยของน้ำและการสุกตัวของเนื้อดินปั้น เมื่อผ่านกระบวนการความร้อน 263

บรรณานุกรม 269

ภาคผนวก 1 มูลค่าการส่งออกและการนำเข้าเซรามิกส์ของไทย 273

ภาคผนวก 2 ตารางทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิ Orton Cone 274

ภาคผนวก 3 ตารางทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิ Seger Cone 275

ภาคผนวก 4 รายชื่อสารเคมีและน้ำหนักโมเลกุล 276

ภาคผนวก 5 เครื่องมือที่ช่วยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ 279

ภาคผนวก 6 เครื่องมือปั้นที่ใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปบนแป้นหมุน 280

ภาคผนวก 7 เครื่องมือที่ช่วยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์บนแป้นหมุน และลวดตัดดิน 281

ภาคผนวก 8 เครื่องมือในการทำงานปูนปลาสเตอร์ 282

บทที่ 1

บทนำ

ความหมายของคำว่า "เซรามิกส์ (Ceramics)" นั้นหมายถึงสิ่งที่เกิดจากการนำเอาสารอนินทรีย์ที่เป็นอโลหะ ซึ่งได้แก่สารจำพวกแร่หิน หรือดินที่เกิดอยู่ตามธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบหลัก และผ่านกรรมวิธีการผลิต และสิ่งที่สำคัญจะต้องผ่านกระบวนการความร้อนเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแกร่ง หรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้ดี

ด้วยเหตุนี้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์จึงมีอยู่ด้วยกันหลายประเภทซึ่งได้แก่

ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (Pottery)

ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เป็นที่รู้จักกันอยู่ทั่ว ๆไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำดินและหินประเภทต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลาย ๆ อย่างนำมาผสมกันแล้วนำไปขึ้นรูปแล้วเผาให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแกร่ง โดยจำแนกชนิดของผลิตภัณฑ์ออกได้ดังนี้

ก. ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อดินปั้นพรุนตัว และซึมน้ำได้แบ่งย่อยออกเป็นชนิดเคลือบและไม่เคลือบ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้คือ หม้อดินหุงต้ม หม้อใส่น้ำ โอ่ง อ่าง กระถางต้นไม้ แจกัน ของประดับตกแต่ง อิฐ กระเบื้องมุงหลังคา เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อดินปั้นประเภทนี้ คือ ผลิตภัณฑ์เอิร์ทเธนแวร์ (Earthenware)

ข. ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อดินปั้นไม่พรุนตัว แบ่งออกเป็นเนื้อดินปั้นชนิดสีขาว และสีออกน้ำตาลไม่โปร่งแสง เนื้อดินปั้นประเภทนี้คือ ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ (Stoneware) ส่วนเนื้อดินปั้นชนิดสีขาวไม่โปร่งแสง (ผลิตภัณฑ์เนื้อเนียน) และชนิดสีขาวโปร่งแสงผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์พอร์สเลน (Porcelain) และเนื้อดินปั้นที่ผสมขี้เถ้ากระดูกสัตว์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โบนไชน่า (Bone China) เนื้อดินปั้นประเภทนี้ส่วนมากนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชุดอาหาร แจกัน ของประดับต่าง ๆ กระเบื้องเคลือบ เครื่องสุขภัณฑ์ ฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟ (Refractories)

ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือสามารถทนความร้อนได้สูง (สูงกว่า 1,580 องศาเซลเซียส ขึ้นไป) มีความแข็งแรงเป็นฉนวนและต้านทานความร้อนทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี ส่วนใหญ่จึงเป็นผลิตภัณฑ์สำคัญที่ใช้ในการทำเตาเผา ทำเตาหลอมเหล็ก หรือใช้กับยานอวกาศที่ต้องเสียดสีและเกิดความร้อนสูง ผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟนี้ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมถลุงเหล็กถึง 75 เปอร์เซนต์ ส่วนอีก 25 เปอร์เซนต์ ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และอุตสาหกรรมเคมีอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟจำแนก ออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

ก. ผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (Acid Refractories) วัตถุทนไฟประเภทนี้ ได้แก่ อิฐทนไฟที่มีเปอร์เซนต์ของซิลิกา (SiO_2) สูง เช่น ซิลิกาบริค (Silica brick) หรืออิฐทนไฟที่ได้จากดินทนไฟธรรมดา

ข. ผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (Neutral Refractories) วัตถุทนไฟประเภทนี้ ได้แก่ อิฐทนไฟที่มีเปอร์เซนต์ของอลูมิน่า (Al_2O_3) สูง อิฐทนไฟที่ได้ทำมาจากแร่บอกไซด์ (Bauxite - $Al_2O_3 . 2H_2O$) เช่นโครมบริค (Chrome brick - $Cr_2O_3 . Al_2O_3$)

ค. ผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (Basic Refractories) ได้แก่ อิฐทนไฟประเภท แมกนีเซียบริค (Magnesia Brick) และโดโลไมท์บริค (Dolomite Brick)

ผลิตภัณฑ์แก้ว (Glass)

แก้วจัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเซรามิกส์ตรงที่นำเอาสารอนินทรีย์ชนิดอโลหะ ซึ่งได้แก่ทราย (SiO_2) มาเป็นวัตถุดิบหลักและผ่านกระบวนการผลิตที่ต้องใช้ความร้อนให้เกิดการหลอมเหลวแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงจนอยู่ในสภาพของแข็งโดยไม่เกิดการตกผลึกในเนื้อแก้ว นั้น แก้วมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น แก้วที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน มีหลายอย่าง

ด้วยกัน เช่น โซดา-ไลมกลาส (Soda-Lime glass) ลีดกลาส (Lead glass) ส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับ Soda-Lime glass (Na_2O . $CaO.6SiO_2$) ใช้ทำแก้วดื่มน้ำ กระจกแผ่น ขวดน้ำอัดลม เป็นต้น

ส่วนแก้วที่ราคาแพง และขั้นตอนการผลิตยุ่งยากแก้วประเภทนี้ได้แก่ แก้วที่ใช้ในวงการวิทยาศาสตร์ แก้วนิรภัย (Safety glass) เช่น แก้วกระจกรถยนต์ แก้วกันกระสุน แก้วในวงการอีเลคโทรนิคส์ และโทรคมนาคมแก้วประเภทนี้ได้แก่หลอดโทรทัศน์ หลอดสูญญากาศ และแก้วที่ใช้ในวงการยุคอวกาศ เช่น พวกหน้าต่างเครื่องบิน และจรวด เป็นต้น

อนึ่ง แก้วที่อยู่ในรูปอิสระเป็นเนื้อแก้วล้วน ๆ ไม่ต้องยึดเกาะอยู่กับอะไร แก้วประเภทนี้ก็คือ แก้ว (Glass) ประเภทที่ใช้อยู่ทั่วไป

ส่วนแก้วที่ไม่ได้อยู่ในรูปอิสระคือส่วนหนึ่งของแก้วที่ต้องยึดเกาะกับผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินเราเรียกว่า เคลือบ (Glaze) และแก้วที่ยึดเกาะติดกับผลิตภัณฑ์โลหะเราเรียกว่า โลหะเคลือบ (Enamel)

ผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ (Cement)

ซีเมนต์คือวัสดุที่เป็นเชื้อประสานที่ใช้มากในการก่อสร้าง เช่นงานคอนกรีต งานปูนหล่อ ปูนก่อ ปูนฉาบ หรืองานปูนปั้นเพราะใช้ได้สะดวก และมีความแข็งแรงหลังจากการแข็งตัว ส่วนประกอบของซีเมนต์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปซึ่งเป็นปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland Cement) ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ หินปูน ($CaCO_3$) ซิลิกา (SiO_2) อลูมิน่าและเหล็กออกไซด์ (Alumina And Ferric Oxide) นำมาบดผสมกันแล้วเผาด้วยเตาที่หมุนได้ (Rotary Kiln) ที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 - 1,300 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก็นำมาทำให้เย็นแล้วบดเป็นผงอีกครั้งหนึ่งซีเมนต์ที่ใช้กันอยู่มีหลายชนิดด้วยกันแล้วแต่ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของชนิดนั้น ๆ

ผลิตภัณฑ์โลหะเคลือบ (Enamel)

เซรามิกส์ชนิดนี้คือสารที่ใช้เคลือบบนผิวโลหะให้มีความสวยงาม และคงทนในการใช้งาน ในสมัยก่อนนิยมใช้โลหะประเภททองคำ เงิน แต่ราคาแพง ปัจจุบันนิยมใช้โลหะประเภททองแดง เหล็ก เหล็กกล้า และอลูมิเนียมแทนเพราะราคาถูกนำมาทำผลิตภัณฑ์เช่น เครื่องสุขภัณฑ์โลหะเคลือบ เครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น จานโลหะเคลือบ ปิ่นโต ป้ายจราจร ตัวตู้เย็น เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ขัดหรือตัด (Abrasive)

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีความสำคัญในโรงงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ มากเพราะใช้ในงานขัดผิวหรือตัดซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ทำมาจากวัตถุดิบที่มีความแข็งมากซึ่งในบางครั้งวัตถุดิบเหล่านี้ก็มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น ทราย อลูมิน่า ที่เกิดเป็นผลึกคือ คอรันดัม (Natural Corundum) และเพชร เป็นต้น หรือวัตถุดิบที่สังเคราะห์ขึ้นเช่น ซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) ฟิวส์อลูมิน่า (Fused Alumina) และเพชรสังเคราะห์ (Synthetic Daimond) เป็นต้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ที่รู้จักกันแพร่หลายทั่วไปคือ กระดาษทราย หินขัด แผ่นตัดอิฐ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานไฟฟ้าและอิเล็คโทรนิคส์ (Electronic and Electrical Ceramic's)

ได้แก่ผลิตภัณฑ์ประเภทฉนวนไฟฟ้าที่มีความแข็งแกร่งเป็นพิเศษทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น สะพานไฟ (Electrical Insulator) ประเภทไฟแรงต่ำ (Low Tension) ไฟแรงสูง (High Tension) ได้แก่ ปลั๊กไฟ ตลับแยกสายไฟ ที่หุ้มหัวเทียนรถยนต์ ลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับวิทยุเป็นพวกเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer) ซึ่งเป็นแมกนีติกอินซัวเลเตอร์ (Magnetic Insulator) เช่น พวกเฟอร์ไรท์คอร์ (Ferrite Core) เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดพิเศษอื่น ๆ (Special Ceramic's)

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดพิเศษนี้มีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ซึ่งไม่ได้กล่าวมาข้างต้น เช่น เซรามิกส์ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในทางแพทย์ (Artificial Bone) ได้แก่กระดูกเทียม เป็นต้น

จากตัวอย่างและชนิดของผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ครอบคลุมกว้างมาก จนในปัจจุบันมีนักวิชาการหลายท่านได้แยกเอาผลิตภัณฑ์ประเภทแก้ว และซีเมนต์ไปเป็นผลิตภัณฑ์เฉพาะอย่าง แต่อย่างไรก็ตามความรู้ทางด้านวิชาการก็ยังคงเกี่ยวเนื่องกันและการที่จะปรับปรุงผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ทั้งหมดให้ดีขึ้นจำเป็นต้องใช้ความรู้ความสามารถหลายสาขาวิชาประกอบกัน เช่น ทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และทางด้านศิลปะควบคู่กันไป[1]

แนวทางการศึกษาเซรามิกส์

การศึกษาเป็นการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในสิ่งที่ดีงามเป็นประโยชน์ต่อเพื่อนมนุษย์ด้วยกันและสรรพสิ่งที่อยู่ร่วมกับมนุษย์ตราบใดมนุษย์เรายังมีการศึกษาค้นคว้าทดลอง ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีย่อมจะมีผลงานใหม่ ๆ เกิดขึ้นเสมอโดยเฉพาะทางการศึกษาด้านเซรามิกส์พอแยกหัวข้อแนวทางการศึกษาไว้ 3 ประการคือ

1. การศึกษาเซรามิกส์ทางด้านวิทยาศาสตร์ (Ceramic Science) เป็นการศึกษาในแนวทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสาขาวัสดุศาสตร์ในเรื่องของการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของวัตถุดิบที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีการค้นคว้าทดลองหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เช่น เนื้อผลิตภัณฑ์ เคลือบให้เหมาะสมกับการใช้สอยแต่ละประเภท วิจัยและพัฒนาคุณสมบัติของสารประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ ให้มีคุณสมบัติและประโยชน์พิเศษมากขึ้น เช่น เป็นสารใช้กับไฟฟ้าอีเล็คโทรนิกส์ ความทนไฟ อำนาจแม่เหล็ก ทำตัวเก็บประจุไฟฟ้า ใช้ทำเลเซอร์ใช้ในงานสื่อสาร การขนส่งการเก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์และใช้เป็นสารเชื้อเพลิงในเครื่องปฏิกรณ์ปรมณู เป็นต้น

2. การศึกษาเซรามิกส์ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ (Ceramic Engineer) เป็นการศึกษาค้นคว้าออกแบบการสร้างเครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับไฟฟ้าและอีเล็คโทรนิคส์เพื่อที่จะนำไปเป็นเครื่องมือช่วยในกระบวนการผลิตเซรามิกส์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น รวมทั้งเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ทดสอบหาคุณภาพประสิทธิภาพทางเคมีและฟิสิกส์ของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ วิจัยและพัฒนาการนำเอาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะไปใช้งานเสริมสร้างเทคโนโลยีใหม่ ตลอดจนทดแทนวัสดุเดิมทำให้เครื่องจักรกลต่าง ๆ มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น ตัวแกนความจำในเครื่องคอมพิวเตอร์ (Feerite Core) ซึ่งใช้ในงานสื่อสารแทนสายทองแดง ตลอดจนเครื่องยนต์เซรามิกส์ ซึ่งใช้แทนโลหะและโลหะผสมเดิมอันทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีกว่า เป็นต้น

3. การศึกษาเซรามิกส์ทางด้านศิลปะ (Ceramic Art) เป็นการศึกษาแนวทางศิลปะที่เน้นคุณค่าสุนทรียภาพอันได้แก่ ความงามทางด้านสีสรรค์ รูปทรง พื้นผิว ขนาด น้ำหนัก ซึ่งเป็นการนำทฤษฎีองค์ประกอบทางศิลปะไปถ่ายทอดลงบนสื่อวัสดุที่เป็นเซรามิกส์ และผ่านกระบวนการทางเซรามิกส์ ด้วยการศึกษาเซรามิกส์ในทางศิลปะนี้มีการศึกษาอยู่ 3 แนวทางคือ

3.1 การศึกษาเซรามิกส์ทางด้านออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นการศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มุ่งเน้นคุณค่าทางด้านความงามที่สามารถสนองประโยชน์ใช้สอยเป็นสำคัญ โดยคำนึงถึงหน้าที่ใช้สอยความปลอดภัย ความสะดวกสบายในการใช้ ความแข็งแรง ความสวยงามน่าใช้และราคาพอสมควร

3.2 การศึกษาเซรามิกส์ทางด้านศิลปะบริสุทธิ์ เป็นการศึกษาการออกแบบสร้างสรรค์ที่แสดงออกทางด้านความคิด ความเชื่อทางอุดมคติ ทักษะหรือความชัดเจนของผู้สร้างงานเฉพาะแต่ละบุคคลซึ่งผลงานที่ได้จะสนองตอบคุณค่าทางสุนทรียะ ความพึงพอใจ โดยไม่คำนึงถึงทางด้านประโยชน์ใช้สอย

3.3 การศึกษาเซรามิกส์ทางด้านอุตสาหกรรมศิลป์ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ ที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ทั้งทางด้านแหล่งวัตถุดิบที่มีปริมาณ และคุณภาพสูงพอที่จะนำไปใช้ในการผลิตอุตสาหกรรมได้ วิธีการนำวัตถุดิบมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดศึกษากรรมวิธีการขึ้นรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์รวมทั้งวิธีการใช้และการควบคุมอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักรต่าง ๆ ที่เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ช่วยในการผลิต เช่น การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ประเภทจาน หรือชาม ที่มีรูปแบบเป็นรูปทรงกลม และมีความสูงไม่มากนัก โดยใช้เครื่องออโทเม็ททิคแฟล็ทแวร์โรเลอ (Automatic Flatware Roller) เป็นต้น วิจัยและพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านวัตถุดิบ เนื้อดินปั้นกรรมวิธีการขึ้นรูป เคลือบ สี เตา และการเผาเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในเรื่องของการลดต้นทุนการผลิต ใช้ระยะเวลาผลิตน้อยลง แต่ผลผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมากขึ้น

และการศึกษาการควบคุมมาตรฐาน และการตรวจสอบคุณสมบัติของการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางด้านเคมีและฟิสิกส์ รวมทั้งการศึกษาเรื่องการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับประโยชน์ใช้สอยที่สัมพันธ์กับความสวยงาม

การจำแนกเซรามิกส์ โดยทั่วไปจำแนกผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิดแต่ที่สำคัญมี 2 ชนิด

1. จำแนกตามลักษณะวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นและอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์ แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1.1 ผลิตภัณฑ์ประเภทเอิร์ทเธนแวร์[2] (Earthenware) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อดินปั้นส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวธรรมดาส่วนมากนิยมใช้ดินท้องถิ่นขึ้นรูปเป็นภาชนะต่าง ๆ เช่น หม้อดิน กระถางต้นไม้ โอ่งดิน อิฐก่อสร้าง กระเบื้องมุงหลังคาวัด ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีการพรุนตัวสามารถดูดซึมน้ำได้ เนื้อผลิตภัณฑ์หนาหยาบสีเนื้อดินเป็นสีน้ำตาล สีเทาอ่อนออกเหลืองเวลาเคาะเสียงไม่กังวาล เหมือนผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์นี้มีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบอุณหภูมิที่ใช้เผาประมาณ 900-1,000 องศาเซลเซียส

ปัจจุบันได้มีการผสมเนื้อดินปั้นชนิดสีขาว มีน้ำหนักเบาเผาไฟต่ำขึ้นเรียกว่า ดินผสมโดโลไมท์อุณหภูมิที่ใช้เผาเคลือบประมาณ 1,150 องศาเซลเซียส เนื้อดินประเภทนี้ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ประเภทของที่ระลึก ของชำร่วย หรือของใช้ทั่ว ๆ ไป เป็นต้น

1.2 ผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์[3] (Stoneware) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากเนื้อดินธรรมชาติ หรือการผสมเนื้อดินขึ้นใหม่โดยมีส่วนผสมของดินทนไฟ (Fire Clays) อยู่ด้วยและมีซิลิก้าสูง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เนื้อหยาบ แน่น และมีความแข็งแกร่งมาก เผาถึงจุดสุกตัว (Vitreousware) น้ำและของเหลวไม่สามารถไหลซึมผ่านได้ ส่วนผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ชนิดที่เตรียมดินจากธรรมชาตินำมาผลิตผลิตภัณฑ์โดยตรงก็มี เช่น ผลิตภัณฑ์โอ่งราชบุรี ศิลาดอนเชียงใหม่ และผลิตภัณฑ์สังคโลก เนื้อผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะไม่ขาวเนื้อดินจะมีหลายสีขึ้นอยู่กับแหล่งดินธรรมชาติและวัตถุดิบที่ผสมจะมีสีน้ำตาล หรือสีเทาอมเขียว ส่วนเนื้อดินปั้นที่เตรียมจากห้องปฏิบัติการสามารถควบคุมสมบัติของสีเนื้อดิน การดูดซึมน้ำ การหดตัวได้ จึงนิยมนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ภาชนะใส่อาหารเช่น จาน ชาม ถ้วยกาแฟ เหยือกน้ำ ซึ่งเป็นภาชนะที่มีลักษณะค่อนข้างหนา เนื้อหยาบแน่นทึบแสง อุณหภูมิที่ใช้เผาประมาณ 1,200-1,350 องศาเซลเซียส

1.3 ผลิตภัณฑ์ประเภทพอร์สเลน[4] (Porcelainware) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่เตรียมเนื้อดินปั้นขึ้นเป็นพิเศษโดยส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประกอบไปด้วยหินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) หินฟันม้า (Feldspar) ดินขาว (Kaolin) ดินดำ (Ball Clay) และวัตถุดิบอื่น ๆ อีกตามสัดส่วนที่เหมาะสมอุณหภูมิที่เผาประมาณ 1,250-1,450 องศาเซลเซียส เนื้อดินจะสุกตัวหลอมจนกลายเป็นแก้วมีความแข็งแกร่ง น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ (Vitreousware) ได้แก่ผลิตภัณฑ์เนื้อเนียนสีขาว (Whiteware) ถ้าส่วนผสมของเนื้อดินปั้นมีความบริสุทธิ์มากปราศจากการเจือปนของแร่ธาตุต่าง ๆ ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาไม่มากนักเมื่อเผาถึงจุดสุกตัวเนื้อดินจะมีความแข็งแรงและสามารถโปร่งแสงได้ ผลิตภัณฑ์พอร์สเลนแบ่งตามอุณหภูมิในการเผาคือ พอร์สเลนชนิดไฟต่ำ (Soft Porcelain) เผาในอุณหภูมิประมาณ 1,250 - 1,285 องศาเซลเซียส นิยมนำไปทำภาชนะใส่อาหาร

(Tableware) และงานประเภทด้านศิลปะ (Artware) และพอร์สเลนชนิดไฟสูง (Hard Porcelain) เผาในอุณหภูมิตั้งแต่ 1,285-1,450 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีความแข็งแกร่งเป็นพิเศษนิยมนำไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องฉนวนไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ลูกถ้วยไฟฟ้า ส่วนที่เป็นฉนวนของสะพานไฟฟ้าส่วนที่เป็นฉนวนของหัวเทียนรถยนต์ และภาชนะทดลองทางเคมี เป็นต้น

ส่วนผลิตภัณฑ์ชนิดที่เรียกว่า โบนไชน่า (Bone China) ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ก็จัดอยู่ในผลิตภัณฑ์ประเภทพอร์สเลนด้วย เพราะเนื้อดินปั้นทำมาจากวัตถุดิบประเภทเดียวกัน เพียงแต่มีส่วนผสมของขี้เถ้ากระดูกสัตว์ผสมอยู่ด้วย เนื้อผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะมีความบอบบางมากแต่ความเป็นจริงผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีความแข็งแกร่งดีทั้ง ๆ ที่เผาอุณหภูมิต่ำกว่าผลิตภัณฑ์พอร์สเลนชนิดไฟสูง และที่สำคัญเนื้อผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะโปร่งแสง

2. จำแนกตามลักษณะวัตถุประสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์

2.1 ประเภทที่ใช้ใส่อาหารคือ พวกถ้วย จาน (Tableware) ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะต้องมีการเคลือบ เนื้อผลิตภัณฑ์จะต้องมีความแข็งแกร่งและมีเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำน้อยที่สุดและเคลือบผิวผลิตภัณฑ์จะต้องไม่ราน ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ ถ้วย จาน ชาม แจกัน ที่เขี่ยบุหรี่ ชุดกาแฟ และชุดอาหาร เป็นต้น

2.2 ประเภทเครื่องครัว (Kitchenware) ได้แก่ภาชนะประเภทหม้อหุงต้ม ตั้งไฟได้เนื้อผลิตภัณฑ์นี้เมื่อถูกความร้อนแล้วเย็นโดยทันทีจะไม่แตกหรือร้าว เราเรียกเนื้อผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ว่า Ovenprove

2.3 ประเภทเครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitaryware) ได้แก่ผลิตภัณฑ์ประเภทอ่างล้างมือ โถส้วม ที่ใส่สบู่ และอ่างอาบน้ำ เป็นต้น

2.4 ประเภทที่ใช้เป็นส่วนประกอบในงานก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะมีทั้งชนิดไม่แข็งแกร่งและแข็งแกร่งทั้งไม่เคลือบ และเคลือบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมนำไปใช้งานในแต่ละประเภทเช่น อิฐก่อสร้าง ท่อน้ำดินเผา กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุฝาผนัง และลูกกรง เป็นต้น

2.5 ประเภทเครื่องประดับตกแต่ง (Artware) เนื้อผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะมีความแข็งแกร่ง มีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการที่จะนำไปใช้งานในแต่ละประเภท ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้แก่ แจกัน รูปปั้น เข็มกลัด ตุ้มหู สร้อยคอ และสร้อยข้อมือ เป็นต้น

2.6 ประเภทที่ใช้งานไฟฟ้าและอีเล็คโทรนิคส์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะมีความแข็งแกร่งเป็นพิเศษ เป็นฉนวนไฟฟ้า ทนความร้อนได้ดี ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ ถาดที่รองรับขดลวด ความร้อนของเตาไฟฟ้า สะพานไฟ ตลับแยกสายไฟ หัวเทียนรถยนต์ ลูกถ้วยไฟฟ้า และพวกเซมิคอนดักเตอร์ได้แก่ ตัวรีซิสเตอร์ที่ใช้ในวิทยุ เป็นต้น

2.7 ประเภทที่ใช้เป็นเครื่องมือทางเคมีและอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องทดลองทางวิทยาศาสตร์ เนื้อผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะมีความแข็งแกร่งเป็นพิเศษ มีการเคลือบที่ทนทานต่อการกัดกร่อนของกรด ด่าง และสารเคมีต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ภาชนะที่ใช้ในการหลอมฟริต (Frit) ถ้วยครูซิเบิล (Crusible) และโถ ใส่สารเคมีเป็นต้น ส่วนผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ได้แก่ พวกฟันปลอม (Dental Porcelain) และกระดูกเทียม เป็นต้น

2.8 ประเภทที่ใช้เป็นส่วนประกอบของเตาถลุงและเตาเผาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นวัสดุอุปกรณ์เกี่ยวกับอุตสาหกรรมทางด้านการหลอม การถลุงแร่ชาตุต่าง ๆ ได้แก่ อิฐทนไฟประเภทต่าง ๆ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เกี่ยวกับเตาเผาไฟสูง เป็นต้น

วิวัฒนาการเครื่องปั้นดินเผาในประเทศไทย

จากการศึกษาทางด้านประวัติศาสตร์ และโบราณคดีในปัจจุบันพบว่ามีหลักฐานทางศิลาจารึกโบราณสถานและโบราณวัตถุ โดยเฉพาะวัตถุที่เป็นเครื่องปั้นดินเผาเป็นหลักฐานสำคัญที่สามารถนำมาคำนวณอายุด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ให้ทราบถึงความเป็นมาของประเทศไทยว่า มีวัฒนธรรมที่สูงส่งมีพัฒนาการที่ยาวนานและมีศิลปวัฒนธรรมที่หลากหลาย

ดังนั้นการแบ่งยุคสมัยเครื่องปั้นดินเผาของไทย ได้กำหนดโดยจำแนกออกตามอายุความเก่าแก่ของแหล่งพบ ซึ่งแต่ละยุคสมัยมีเอกลักษณ์คุณสมบัติพิเศษ ความสวยงามที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถแบ่งเป็นยุคสมัยได้ดังนี้

1. **สมัยก่อนประวัติศาสตร์** กำหนดอายุได้ประมาณ 2,500-10,000 ปีมาแล้ว[5]

จากหลักฐาน การขุดค้นทางโบราณคดี ที่ถ้ำผี อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบเศษภาชนะดินเผาที่เผาในอุณหภูมิต่ำเนื้อดินปั้นหยาบมีการตกแต่งลวดลายต่าง ๆ เช่น ลายเชือกทาบจากการกดประทับ ในบริเวณหมู่บ้านเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี พบภาชนะดินเผาที่มีรูปแบบเด่นชัด เช่นหม้อสามขา ภาชนะทรงพาน และภาชนะทรงหม้อตาล เป็นต้น

เนื้อดินปั้นภาชนะจะเป็นแบบ เนื้อเอิร์ทเธนแวร์ (Earthenware) เผาในอุณหภูมิต่ำ เนื้อดินปั้นไม่สุกตัว มีหลายสีเช่น น้ำตาล แดง ดำ เหลือง มีการตกแต่งลวดลายด้วยการขูด ขีด การกด ประทับเป็นลายจักสาร ลายเสื่อ และการขัดผิวมัน[6]

.....

การใช้คำว่า “เครื่องปั้นดินเผา” ในบทนี้เพื่อความสัมพันธ์กับเนื้อหาวิวัฒนาการเครื่องปั้นดินเผาในประเทศไทย

ส่วนที่บ้านเชียง จังหวัดอุดรธานี พบภาชนะดินเผาที่มีขนาดใหญ่ มีรูปทรงปากผาย ภาชนะก้นกลม ภาชนะมีเชิง[7] เป็นภาชนะดินเผาเนื้อดินปั้น เอิร์ทเธนแวร์ เผาในอุณหภูมิต่ำเนื้อดินปั้นไม่สุกตัว มีสีเทา น้ำตาลส้ม มีทั้งประเภทไม่เขียนสีและประเภทเขียนสี การเขียนสีลงบนภาชนะ สีที่เขียนจะเป็นสีแดง หรือสีขาว[8] มีลวดลายต่าง ๆ เช่น ลายรูปสัตว์ ลายเส้นเรขาคณิต ลายขดก้นหอย ลายเส้นโค้ง และยังมีการทำลวดลายคล้ายรูปอวัยวะเพศ ซึ่งอาจเป็นคติความเชื่ออย่างหนึ่งของคนในสมัยนั้นที่เกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์[9] ของอาหาร ได้แก่พวกสัตว์และธัญญพืชต่าง ๆ

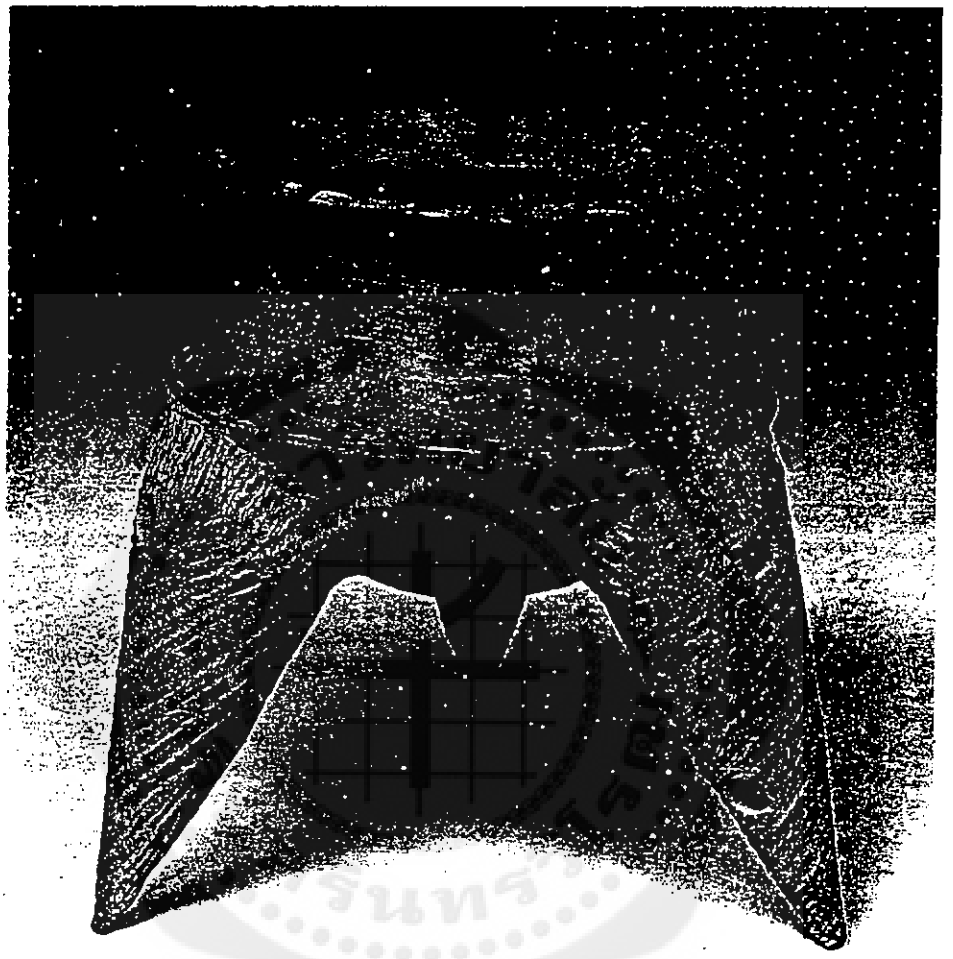
สมัยประวัติศาสตร์

เป็นสมัยที่มีหลักฐานทางประวัติศาสตร์ การขุดค้นทางโบราณคดีค่อนข้างชัดเจนในการศึกษาความเป็นมาของเครื่องปั้นดินเผาในสมัยนี้ ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

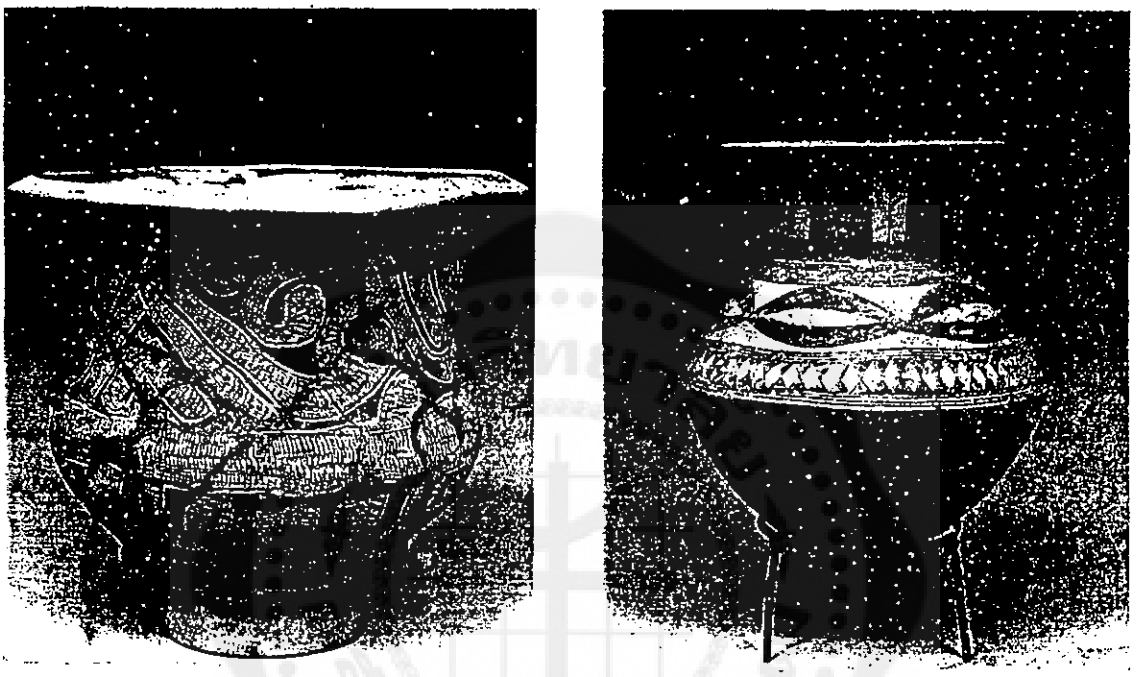
เครื่องปั้นดินเผาแบบทวารวดี ทวารวดีคือกลุ่มวัฒนธรรมที่อยู่ในบริเวณภาคกลางของไทยในปัจจุบันและเป็นกลุ่มเมืองโบราณสมัยประวัติศาสตร์ตอนต้น ประมาณพุทธศตวรรษที่ 12-16 โดยมีหลักฐานแสดงให้เห็นถึงการรับวัฒนธรรมมาจากอินเดียสมัยคุปตะ และหลังคุปตะ[10]

แบบอย่างของวัฒนธรรมแบบทวารดีโดยเฉพาะบริเวณแหล่งโบราณคดีที่สำคัญได้แก่เมืองลพบุรี, อู่ทอง-สุพรรณบุรี, คูบัว-ราชบุรี, ดงละคร-นครนายก, อินทร์บุรี-สิงห์บุรี, หริภุญไชย-ลำพูน เป็นต้น

พบรูปแบบภาชนะเครื่องปั้นดินเผาได้แก่หม้อมีสัน หม้อก้นกลม ไห ชาม หม้อมีพวย จานมีเชิงสูง เนื้อดินปั้นภาชนะจะเป็นแบบเนื้อเอิร์ทเธนแวร์ เนื้อดินมีความพรุนตัว มีสีแดง น้ำตาล เทาแก่ มีการตกแต่งลดลายทั้งลายขูดขีด การเขียนสีการขัดมันและการกดประทับด้วยแม่พิมพ์กดโดยมีรูปแบบที่เด่นชัด ได้แก่ ลายกดประทับรูปคน สัตว์ หรือดอกไม้ ประทับลงบนไหล่และตัวของภาชนะดินเผา



เครื่องปั้นดินเผาบ้านเก่า จังหวัดกาญจนบุรี
ภาพจาก จอห์น ชอว์. เครื่องปั้นดินเผาไทย



เครื่องปั้นดินเผาบ้านเชียง

ภาพจาก จอห์น ชอว์. เครื่องปั้นดินเผาไทย

เครื่องปั้นดินเผาลพบุรี หรือที่เรียกว่าเครื่องถ้วยเขมร กำหนดอายุได้ประมาณในพุทธศตวรรษที่ 16-19[11] เครื่องปั้นดินเผาสมัยนี้มีการค้นพบเตาเผาที่บ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ภาชนะเครื่องปั้นดินเผา ที่พบส่วนใหญ่เป็นภาชนะดินเผาทรงสูง เช่น ไหเท้าช้าง ไหมีหูชาม พาน กาน้ำ กระปุก โดยเฉพาะนิยมทำเป็นภาชนะรูปสัตว์ต่าง ๆ เช่น ช้าง กระต่าย หมู ลิง และนก เป็นต้น เนื้อดินปั้นที่ทำเป็นภาชนะเป็นแบบเนื้อดินธรรมดาเผาแกร่งมีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ ชนิดเคลือบจะมีสีเขียวมะกอก เขียวขี้ม้า ขาวและน้ำตาล ส่วนภาชนะที่ไม่เคลือบจะมีเนื้อดินปั้นสีเทา เหลือง แดง และเทาอมดำ ในสมัยนี้นับว่ามีพัฒนาการขึ้นในเรื่องของการใช้น้ำเคลือบ โดยการใช้ขี้เถ้าพืชต่าง ๆ มาใช้ผสมกับดินหรือการใช้ขี้ตะกรันโลหะมาทำเป็นเคลือบโดยเฉพาะเคลือบสีดำ

การขึ้นรูปภาชนะส่วนใหญ่นั้นมีการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน โดยการเห็นร่องรอยของการใช้เชือกตัดดินออกจากแป้นหมุนในส่วนก้นภาชนะแล้วมีการขึ้นด้วยมือและการใช้พิมพ์กดตกแต่งเพิ่มเติมในภาชนะนั้น เช่น ไหเท้าช้าง เป็นต้น

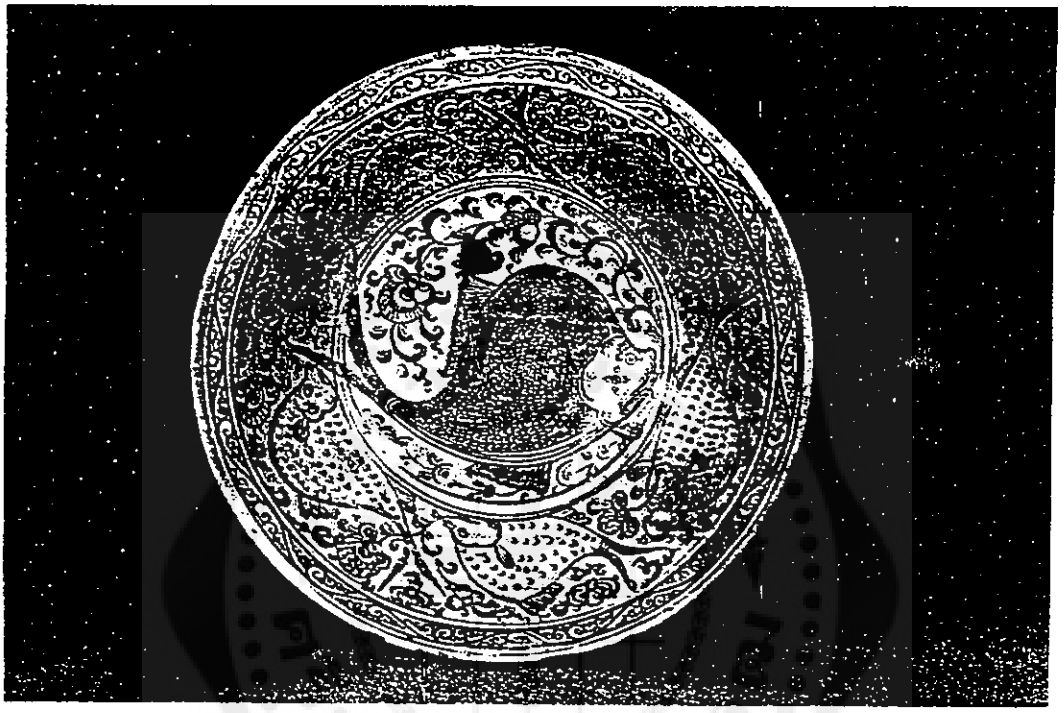
เครื่องปั้นดินเผาสุโขทัย กำหนดอายุได้ประมาณในพุทธศตวรรษที่ 19-21[12] จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ โบราณสถาน โบราณวัตถุ โดยเฉพาะหลักฐานทางเครื่องปั้นดินเผาแสดงให้เห็นถึงความเจริญรุ่งเรืองมั่งคั่งของสุโขทัยที่มีการผลิตเครื่องปั้นดินเผาอย่างจริงจัง โดยทำใช้ในอาณาจักรตลอดจนส่งเป็นสินค้าออกยังดินแดนห่างไกลออกไป

แหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาในสุโขทัยที่สำคัญได้แก่ บ้านป่ายาง บ้านเกาะน้อย อำเภอศรีสัชนาลัย เมืองสุโขทัยเก่า และเมืองเชลียง สวรรคโลก[13]

ภาชนะเครื่องปั้นดินเผาส่วนใหญ่ที่ผลิตจะเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการใช้สอย เช่น จาน ชาม ไห เชิงเทียน กาน้ำ คณโฑ แจกัน และกระปุก เป็นต้น และผลิตภัณฑ์เครื่องประดับสถาปัตยกรรม เช่น กระเบื้อง ท่อน้ำ ปั้นลม บราลี ลูกกรง เป็นต้น

เครื่องปั้นดินเผาบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์

ภาพจาก จอห์น ชอว์. <u>เครื่องปั้นดินเผาไทย</u>



เครื่องปั้นดินเผาสุโขทัย

ภาพจาก จอห์น ชอว์. เครื่องปั้นดินเผาไทย

เนื้อผลิตภัณฑ์จะมีทั้งประเภทเนื้อแกร่ง และไม่แกร่งรวมทั้งผลิตภัณฑ์ประเภทเคลือบและไม่เคลือบผลิตภัณฑ์สมัยนี้มีลักษณะที่โดดเด่นคือ ภาชนะเคลือบสีเขียว ฟ้าอมเขียว สีเขียวหยก หรือที่เรียกว่า เซลาดอน (Celadon) และมีเคลือบสีต่าง ๆ เช่นสีน้ำตาลดำ เป็นต้น

การขึ้นรูปนั้นมีทั้งการขึ้นรูปด้วยมือ และมีการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนเป็นส่วนใหญ่ นิยมตกแต่งลวดลายต่าง ๆ ด้วยวิธีขูดขีดให้เป็นร่องลึกก่อนและแล้วนำไปเคลือบหรือการเขียนสีเป็นลวดลายสีดำหรือสีน้ำตาลใต้เคลือบเช่น ลายปลา ลายเรขาคณิต ลายพันธุ์พฤกษา

แหล่งเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาที่สำคัญในสมัยสุโขทัยนี้จากการขุดค้นและสำรวจทางโบราณคดีทำให้ทราบว่ามีเตาเผาที่เกาะน้อยมีเตาเผา 600-800 เตา เป็นลักษณะเตาเผาที่ขุดลึกเข้าไปในดินริมฝั่งแม่น้ำต่อมาได้พัฒนาการด้วยการก่อผนังกั้นไฟสร้างเตาเผาในหลุมบนพื้นราบมีหลังคาเป็นดินเหนียวจนถึงการก่อสร้างเตาด้วยอิฐมีขนาดใหญ่มากขึ้นและมีการยกพื้นเตาเผาสูงขึ้น[14]

นอกจากนี้ยังมีแหล่งเตาเผาเตาป่ายางที่อำเภอศรีสัชนาลัย และแหล่งเตาเผาเมืองสุโขทัยนี้อยู่ใกล้กับลำน้ำโจนโดยมีเตาเผาตั้งเรียงรายเป็นแนวขนานกับคูน้ำล้อมรอบบริเวณวัดพระพายหลวง

เครื่องปั้นดินเผาล้านนา กำหนดอายุได้ประมาณในพุทธศตวรรษที่ 20[15] จากการสำรวจและขุดค้นทางโบราณคดีได้พบซากเตาโบราณที่ใช้เผาเครื่องปั้นดินเผาเป็นจำนวนมาก ตามจังหวัดต่าง ๆ ในภาคเหนือ แสดงให้เห็นถึงความเจริญรุ่งเรืองทางด้านเศรษฐกิจส่วนหนึ่ง และมีจุดมุ่งหมายในการทำคล้ายคลึงกับเครื่องปั้นดินเผาสุโขทัย คือเป็นเครื่องปั้นดินเผาที่ใช้ในกิจกรรมทางศาสนาและใช้เป็นภาชนะใช้สอยในชีวิตประจำวัน

เครื่องปั้นดินเผาล้านนามีกระจัดกระจายตามแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

1. เครื่องปั้นดินเผาเวียงกาหลง มีแหล่งเตาเผาที่กระจัดกระจายอยู่ในบริเวณที่เรียกว่า เวียงกาหลง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย และอำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง เตาเผาที่พบทั้งหมดมีประมาณสองร้อยกว่าเตาเรียงรายอยู่ตามริมฝั่งแม่น้ำลาว เครื่องปั้นดินเผาส่วนมากที่พบมีการเคลือบใสเคลือบสีเขียว เผาอุณหภูมิสูง เนื้อค่อนข้างแกร่ง ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์เป็นภาชนะเช่น จาน ชาม ถ้วย กระปุก แจกัน ไห ตะเกียง และประติมากรรมขนาดเล็กที่เป็นพระพุทธรูป และรูปสัตว์ต่าง ๆ เป็นต้น

การตกแต่งภาชนะดินเผาต่าง ๆ มีการเขียนลวดลายใต้เคลือบด้วยสีดำ กับสีน้ำตาลแดงเป็นรูปพันธุ์พฤกษา ใบไม้ ดอกไม้ ลานก้านขด ลายรูปสัตว์เช่น ปลา ม้า สิงห์และกิเลน เป็นต้น[16]

2. เครื่องปั้นดินเผาสันกำแพง เตาเผาสันกำแพงที่พบตั้งอยู่บริเวณเชิงเขาริมฝั่งแม่น้ำปิง อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ เตาเผามีขนาดเล็กบางเตาเจาะริมตลิ่งเข้าไปเป็นโพรงบางเตาสร้างในบริเวณที่ราบ[17]

เครื่องปั้นดินเผาสันกำแพงเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อแกร่ง เผาในอุณหภูมิสูงนิยมเคลือบสีเขียว (Caladon) และสีน้ำตาลภาชนะส่วนใหญ่คือ จาม ชาม แจกัน ไห และกระปุก การตกแต่งภาชนะพวกจามชาม โดยการเขียนสีใต้เคลือบด้วยสีดำหรือสีน้ำตาลเป็นรูปปลาคู่ และรูปพันธุ์พฤกษาอยู่ตรงกลางภาชนะมีเส้นรูปวงกลมล้อมรอบ

3. เครื่องปั้นดินเผาพาน เตาเผาพานที่พบอยู่ที่บ้านโป่งแดงและจำปูในเขตอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เครื่องปั้นดินเผาพานมีเพียงสีเดียวคือสีเขียว (Celadon) แต่จะเป็นสีเขียวออกเหลืองนวลคล้ายสีรวงข้าวอ่อน จนถึงสีเขียวเข้มจนเคลือบจะเป็นสีน้ำตาล การเคลือบจะรานทั่วทั้งใบ[18]

เนื้อดินปั้นของภาชนะต่าง ๆ เผาที่อุณหภูมิสูงจนแกร่งเนื้อดินปั้นที่ใช้มีหลายสี เช่นสีขาวอมเทา และสีเหลืองซีด มีการตกแต่งลายด้วยการขูดขีดเป็นลวดลายต่าง ๆ เช่นเดียวกับเครื่องปั้นดินเผาเตาเกาะน้อย

รูปแบบภาชนะที่ทำได้แก่ จาน ชาม ถ้วย คณโฑ ตะเกียง พาน ไห แจกัน และตุ๊กตา รูปสัตว์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีการทำกระเบื้องมุงหลังคาแบบเคลือบซึ่งมีผู้กล่าวว่ามีการทำเฉพาะที่เตาพานนี้เท่านั้น[19]

เครื่องปั้นดินเผาสมัยอยุธยา จากหลักฐานการขุดค้นทางโบราณคดีในที่ต่าง ๆ และการศึกษาค้นคว้าทางเอกสารพบว่าการเสียกรุงครั้งที่ 1 พุทธศักราช 2112 นั้น ไม่ได้หมายถึงการทำลายเฉพาะภายในกรุงศรีอยุธยาเท่านั้น ตามหัวเมืองต่าง ๆ ก็ได้รับความกระทบกระเทือนด้วยเช่นกันรวมทั้งอาณาจักรสุโขทัย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอยุธยาด้วย

จากผลกระทบที่สำคัญของการเสียกรุงก็คือ การสลายตัวของอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาในอาณาจักรสุโขทัย ต่อมาทางอยุธยามีการสั่งซื้อเครื่องปั้นดินเผาจากจีนมาใช้ส่วนหนึ่งโดยเฉพาะในราชสำนักอยุธยา[20]

ในสมัยอยุธยาก็ยังมีการทำเครื่องปั้นดินเผา เช่นกันโดยมีลักษณะที่ต่างจากสุโขทัยทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างเด่นชัด และในราวปีพุทธศักราช 2143 ได้มีการสร้างเตาเผาขึ้นที่จังหวัดสิงห์บุรี โดยมีแหล่งเตาเผาที่สำคัญดังนี้

เครื่องปั้นดินเผาเตาแม่น้ำน้อย พบอยู่ในบริเวณตำบลเชิงกลัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี นับเป็นแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่สำคัญมากแห่งหนึ่งในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา โดยผลิตเพื่อเป็นสินค้าภายใน และภายนอกประเทศที่สำคัญ คือ ไหสี่หูนี้ทำเป็นภาชนะบรรจุสินค้า อาหาร โดยมีการพบไหเหล่านี้เป็นจำนวนมากในแหล่งเรือจม[21]

ลักษณะเครื่องปั้นดินเผาของเตาแม่น้ำน้อยคือมีเนื้อดินปั้นแบบเนื้อแกร่งมีการเคลือบสีน้ำตาล ได้แก่ภาชนะพวก ไหสี่หู กระปุกขนาดเล็ก และกระปุกเต้าปูน ส่วนเนื้อดินปั้นไม่แกร่ง ได้แก่ ภาชนะไห ครก อ่าง นอกจากนี้ยังทำผลิตภัณฑ์ประดับสถาปัตยกรรม สิ่งก่อสร้าง เช่น กระเบื้องเชิงชาย ประติมากรรมลอยตัวรูปยักษ์ และท่อน้ำเป็นต้น และในช่วงอยุธยาตอนปลายพุทธศตวรรษที่ 23 การติดต่อค้าขายกับต่างชาติเริ่มมีมากขึ้น โดยมีการสั่งทำเครื่องถ้วยชามประเภทเบญจรงค์จากจีน โดยมีลักษณะลวดลายเป็นของไทยเขียนสีบนเคลือบ 5 สี คือ เขียว แดง ขาว น้ำเงิน เหลือง และเครื่องถ้วยเขียนลายน้ำเงินขาวของจีน

เครื่องปั้นดินเผารัตนโกสินทร์ ระยะแรกของสมัยนี้เป็นสมัยที่รับช่วงการทรุดโทรมจากอยุธยาเป็นสมัยที่ก่อสร้างประเทศจึงเริ่มการฟื้นฟูเครื่องปั้นดินเผา

- ในสมัยสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัยได้โปรด ให้มีการสั่งภาชนะเครื่องใช้ของหลวงได้แก่ จาน ชาม จากเมืองจีนโดยส่งช่างไทยไปควบคุมการเขียนลวดลายให้เหมือนกับแบบที่ช่างหลวงเขียน ตัวอย่างเครื่องปั้นดินเผาที่สั่งทำส่วนใหญ่เป็นพวกเครื่องถ้วยชาม จาน โถ กระโถนและถ้วย แบบลวดลายไทยเขียนสีน้ำเงินบนพื้นขาว และเขียนสีเบญจรงค์ที่มีรูปเทพพนม ครุฑ กินรี สิงห์ อยู่ในลายก้านขด

- ในสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว พระองค์ทรงทำนุบำรุงฟื้นฟูเครื่องปั้นดินเผาในประเทศกล่าวคือ ทรงให้สร้างเตาเผาแบบเตาทุเรียง ที่วัดสะเกศ เพื่อใช้ในการเผากระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องเคลือบสี ในตอนปลายสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เป็นระยะที่เจริญรุ่งเรืองการศึกษาวิชาการที่ขยายตัวแพร่หลายเครื่องถ้วยชามที่สั่งเข้ามาค้าขายในเมืองไทยก็มีทั้งของจีน ญี่ปุ่น ฝรั่ง ต่อมาในสมัยพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ประเทศไทยเริ่มมีโรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทเนื้อหยาบเช่น กระถาง โอ่ง อ่าง และไห มีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ

ในปีพุทธศักราช 2475 หลังจากการเปลี่ยนแปลงการปกครองรัฐบาลพยายามจะฟื้นฟูเศรษฐกิจของชาติ โดยมีการส่งเสริมให้มีผู้ประกอบการอุตสาหกรรมมากขึ้น และเครื่องปั้นดินเผาเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ได้รับการส่งเสริม และมีผู้สนใจทำเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัว ในภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคกลาง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในขณะนั้น คือ โอ่ง อ่าง ไห จาม ชาม ที่เป็นภาชนะใช้สอยในครัวเรือน ส่วนผลิตภัณฑ์เนื้อดีที่ผลิตได้บ้างก็ใช้วัตถุดิบจากต่างประเทศ[22]

เครื่องปั้นดินเผาปัจจุบัน สมัยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลปัจจุบัน อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาได้เจริญเติบโตตามลำดับโดยอาศัยหลักวิชาการและเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้าร่วมประกอบกับคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้โดยมีกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการพลังงานให้การสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการจากการศึกษา วิจัย พัฒนาวัตถุดิบ โดยการสำรวจวิเคราะห์และทดสอบวัตถุดิบ ภายในประเทศเพื่อสนองตอบต่อโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ต่าง ๆ ภายในประเทศ

ในปีพุทธศักราช 2503 ได้มีคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ได้ประกาศให้การสนับสนุนและส่งเสริมการลงทุนในกิจการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ดังนั้น จึงมีโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่ได้รับบัตรส่งเสริมการลงทุนเกิดขึ้น 8 แห่ง ในช่วง พ.ศ. 2503-พ.ศ. 2508 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้แก่ กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนัง กระเบื้องโมเสค และเครื่องสุขภัณฑ์ เป็นต้น และในปีพุทธศักราช 2508 นี้เอง สภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี ได้สนับสนุนโดยให้โครงการพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาอยู่ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติตั้งแต่ปลายแผนที่ 1 จนถึงแผนที่ 6

ปัจจุบันจึงทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาขนาดใหญ่ประมาณ 38 โรงงาน ตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียงได้แก่ จังหวัดสระบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร นครปฐม โดยเฉพาะบางโรงงานได้ร่วมลงทุนกับอเมริกา หรือเยอรมันและซื้อเทคโนโลยีมาจากต่างประเทศด้วย สินค้าที่ผลิตส่วนใหญ่ได้แก่ กระเบื้อง เครื่องสุขภัณฑ์

เครื่องถ้วยชาม เป็นต้น และมีโรงงานขนาดเล็กอีกหลายร้อยโรงงานกระจัดกระจายอยู่ทั่วประเทศโดยเฉพาะจังหวัดลำปาง และเชียงใหม่ มีอยู่ประมาณ 120 โรงงาน โรงงานเหล่านี้ผลิต ถ้วยชาม เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องโลหะเคลือบ โมเสค กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องประดับผนัง เครื่องฉนวนไฟฟ้า และอิฐก่อสร้าง เป็นต้น ปริมาณการผลิตเพียงพอต่อการใช้ในประเทศ และยังสามารถส่งเป็นสินค้าออกจากมูลค่าการส่งออกในปี พ.ศ. 2517 มีการส่งออก 25 ล้านบาท (F.O.B) ในปีพ.ศ. 2535 มีการส่งออก 5,678 ล้านบาท (F.O.B) ดังหน้าภาคผนวก 1 ประกอบกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์จากประเทศที่เจริญและก้าวหน้าทางเซรามิกส์ เช่น ประเทศญี่ปุ่น ไต้หวัน และสหรัฐอเมริกามายังประเทศไทยด้วยปัญหาค่าแรงงาน และค่าครองชีพที่เพิ่มขึ้นจนไม่สามารถดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมเซรามิกส์เพื่อผลิตสินค้า ทั้งในระดับต่ำและระดับกลางได้ จึงเป็นโอกาสอันดีของประเทศไทยในปัจจุบันที่มีความพร้อมในทุกๆด้านเช่นสิ่งสาธารณูปโภคที่รองรับการผลิต - การขนส่ง ท่าเรือส่งออก ที่ดินราคาถูก มีนิคมอุตสาหกรรม แหล่งงานที่มีคุณภาพ ค่าจ้างแรงงานที่ต่ำ ภูมิอากาศที่เหมาะสมกับการผลิต เสถียรภาพทางการเมือง ระบบการเงิน - ธุรกิจ การส่งเสริมการลงทุนจากรัฐ นโยบายการกระจายโรงงานอุตสาหกรรมออกสู่ภูมิภาคโดยแรงจูงใจจากการลดภาษีต่าง ๆ และการประกาศใช้ภาษีมูลค่าเพิ่ม จึงทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศไทยยุคปัจจุบัน และที่กำลังขยายตัวเพิ่มขึ้นอีกในอนาคตมีเสถียรภาพมั่นคงและมีความเจริญก้าวหน้าในทุก ๆด้าน

กระบวนการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (Manufacturing Ceramic productions) การทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ นั้นมีกระบวนการทำหลายขั้นตอนแต่ละตอนจะต้องสัมพันธ์และต่อเนื่องกันไปจากขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายโดยสามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตออกได้ดังนี้คือ

การออกแบบ (Design) เป็นขั้นตอนที่นักออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ที่จะต้องทราบถึงวัตถุประสงค์ของตัวผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตแล้วว่าจะออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์ใช้สอย หรือเพื่อความสวยงามซึ่งผู้ออกแบบจะต้องมีความคิดสร้างสรรค์ (Idea)

มีความรู้ทางด้านวัตถุดิบ (Raw Materials) วิธีการขึ้นรูป (Method) และขั้นตอนการผลิตด้วย (Productions)

การเตรียมเนื้อดินปั้น (Body) และการเตรียมน้ำเคลือบ (Glaze) การเตรียมเนื้อดินปั้นและการเตรียมน้ำเคลือบนั้น การใช้วัตถุดิบ (Raw Materials) ได้แก่ ดิน หิน แร่ และสารเคมี เช่นเดียวกัน แตกต่างกันที่ตรงส่วนผสมของสารประกอบเหล่านี้ และการใช้หรือไม่ใช้สารประกอบเหล่านี้ในสูตรส่วนผสมเพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบตามความต้องการ ขั้นตอนการเตรียมเนื้อดินปั้น และการเตรียมน้ำเคลือบโดยนำวัตถุดิบได้แก่ ดิน หิน แร่ สารเคมี ไปทดสอบหาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ก่อนเผา และหลังเผา นำวัตถุดิบที่ผ่านการทดสอบแล้วไปสู่กระบวนการล้างและบดย่อย (Grainder) นำไปชั่งและผสมวัตถุดิบ (Weighting and Mixing) ตามสูตรของเนื้อดินนั้น และน้ำเคลือบแต่ละประเภทที่ต้องการ แล้วนำไปบดเปียกในเครื่องบอลล์มิลล์ (Ball Mill) หลังจากบดแล้วกรองด้วยแร่ง (Seieve) ตามความละเอียดที่ต้องการ ถ้าสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นหรือเคลือบที่ต้องการความขาวมากเป็นพิเศษ จะต้องนำเข้าเครื่องแยกเหล็ก (Ferro Filter) หรือ (Magnetric Separater) จะได้น้ำดิน (Slip Clay) และน้ำเคลือบตามสูตรที่ต้องการ ส่วนน้ำดินที่ได้นั้นนำไปหมัก (Aging) ไว้ในถังเก็บแล้วแยกไปใช้ให้เหมาะสมกับการขึ้นรูปแต่ละวิธีโดยเนื้อดินนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ ลักษณะที่มีความเหนียว จะต้องนำน้ำดินไปเกรอะหรือผ่านด้วยเครื่องอัดดิน (Filter Press) ก่อนแล้วถึงจะนำไปขึ้นรูปด้วยการปั้นด้วยมือ ลักษณะเนื้อดินแห้ง หรือดินผง จะต้องนำน้ำดินพ่นผ่านความร้อน (Spray Dryer) จะได้ดินผง (Powder Clay) ก่อนแล้วถึงจะนำไปขึ้นรูปด้วยการอัดในแบบพิมพ์ และเนื้อดินที่เป็นลักษณะน้ำดิน (Slip Clay) แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยการหล่อในแบบพิมพ์

วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (Method) วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้น มีหลายวิธีแต่ละวิธีจะต้องมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะและคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นแต่ละประเภทด้วย วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์นั้น ได้แก่ การขึ้นรูปด้วยมือ ด้วยเครื่องและด้วยวิธีการใช้พิมพ์สำหรับการหล่อ

ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์ให้แห้ง (Drying) การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว จะต้องปล่อยให้ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นแห้งสนิทด้วยวิธีการผึ่งด้วยลม หรือการอบด้วยเครื่อง เมื่อผลิตภัณฑ์ที่แห้งสนิทดีแล้วผลิตภัณฑ์บางประเภทจะต้องมีการขัดแต่งให้เรียบร้อยอีกครั้งหนึ่งด้วย หรือมีการเขียนสีใต้เคลือบในผลิตภัณฑ์ในช่วงนี้ด้วยก็ได้ก่อนจะนำไปเผา

การเผาดิบ (Biscuit Firing) คือการนำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ที่แห้งสนิทดีแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 750-1,250 องศาเซลเซียส ช่วงอุณหภูมิในการเผาขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์ เช่น กระเบื้องปูพื้นหรือบุผนัง โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าประเภทนี้จะเผาดิบหรือเผาครั้งแรกใช้อุณหภูมิสูงกว่าการเผาเคลือบเพราะจะได้ตรวจสอบและคัดเลือกเฉพาะส่วนที่ดีไว้ ส่วนที่เสีย เช่น การบิดงอ ร้าว บิ่น หรือแตก เป็นส่วนที่จะต้องคัดทิ้งก่อนที่จะนำไปเคลือบเป็นการลดต้นทุนการผลิตอย่างหนึ่ง อย่างไรก็ตามอาจจะมีการข้ามขั้นตอนนี้ได้ โดยเฉพาะการผลิตให้ลักษณะงานอุตสาหกรรมที่ขึ้นรูปด้วย วิธีการหล่อหรือวิธีการอัดผง

การตกแต่งสีใต้เคลือบ (Under Glaze Decoration) เป็นการนำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผ่านการเผาดิบมาแล้วนำมาทำการตกแต่งด้วยวิธีการเขียนลวดลายหรือเป็นรูปภาพต่าง ๆ โดยการใช้สีใต้เคลือบติดลงไปบนผลิตภัณฑ์ก็ได้

การเคลือบผลิตภัณฑ์ (Glazing) การเคลือบผลิตภัณฑ์เมื่อเรานำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ยังไม่ได้เขียนสีใต้เคลือบหรือที่เขียนสีใต้เคลือบเรียบร้อยแล้ว จึงนำมาทำการชุบเคลือบด้วยวิธีการ เทราด จุ่ม หรือพ่นเคลือบ ส่วนการชุบเคลือบผลิตภัณฑ์เขียนสีจะต้องเป็นเคลือบใส หลังจากนั้นจะต้องทำความสะอาดเช็ดฐานผลิตภัณฑ์ที่วางตั้งกับพื้นให้สะอาดเพื่อไม่ให้น้ำเคลือบหลอมละลายติดพื้นเตา

การเผาเคลือบ (Glost Firing) การเผาเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเคลือบที่ใช้ชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ เช่น เคลือบที่ใช้เป็นเคลือบไฟต่ำ หรือเคลือบไฟสูงต้องนำไปใช้ให้เหมาะสมกับประเภทของเนื้อดินปั้นด้วยอุณหภูมิที่ใช้เผาเคลือบประมาณตั้ง

แต่อุณหภูมิ 750-1,350 องศาเซลเซียส ในการเผาเคลือบจะต้องคำนึงถึงบรรยากาศของเตาเผาที่ใช้มีวิธีการเผาที่ถูกต้องเหมาะสมกับเคลือบและเนื้อดินปั้นนั้น ๆ

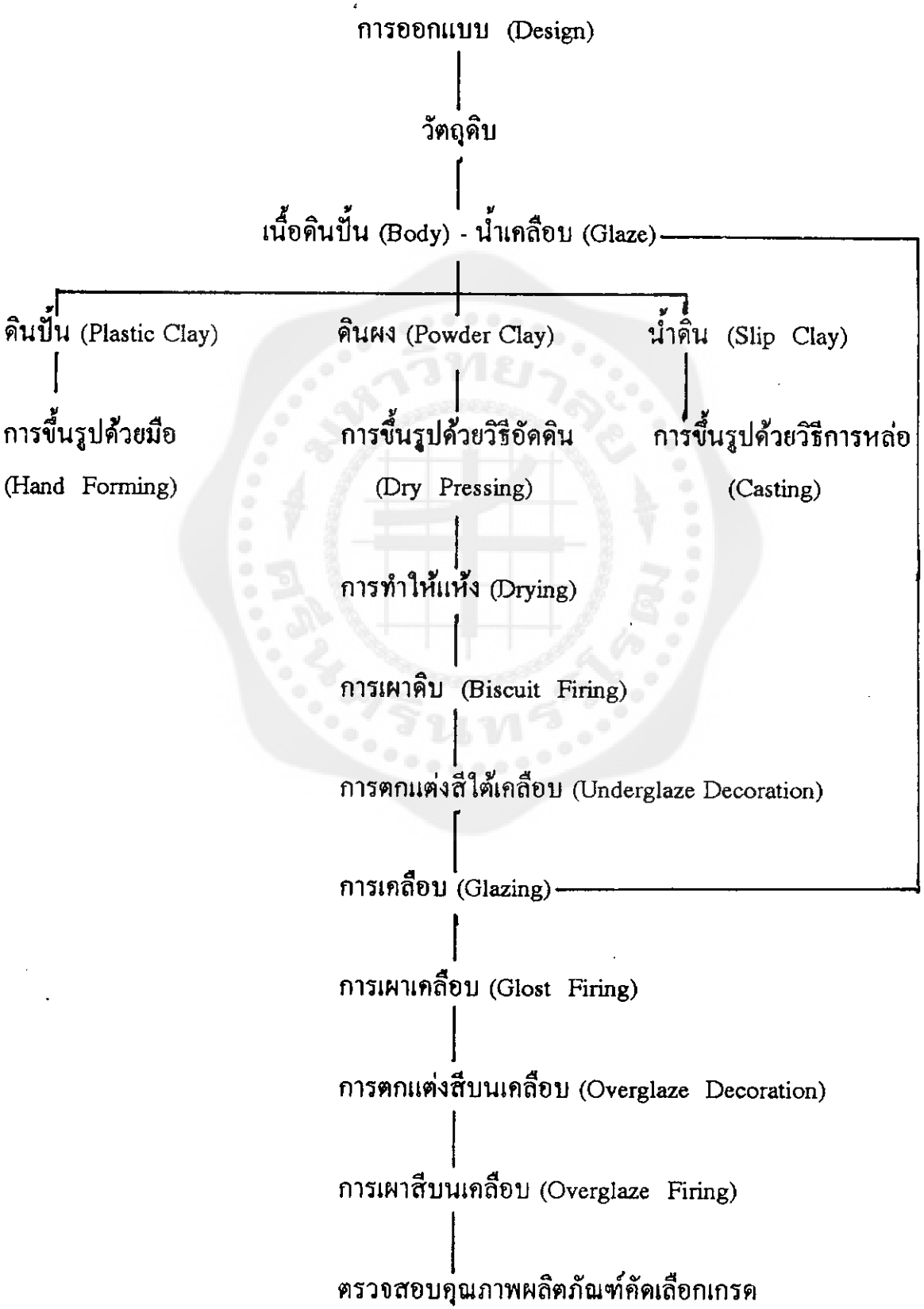
การตกแต่งสีบนเคลือบ (Overglaze Decoration) เป็นการนำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เผาเคลือบเสร็จสมบูรณ์แล้วนำมาทำการตกแต่งด้วยสีบนเคลือบเช่น การเขียนลวดลายแบบต่าง ๆ และการใช้รูปลอกติด

การเผาสีบนเคลือบ (Overglaze Firing) นำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เขียนสีบนเคลือบหรือการใช้รูปลอกสีบนเคลือบที่ติดผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว จะนำมาเผาอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้สีเขียน และรูปลอกที่ติดในผลิตภัณฑ์ติดแน่นไม่หลุดออก ซึ่งการเผาจะใช้อุณหภูมิประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ นั้น หลังจากที่โรงงานอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์ผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้นเรียบร้อยแล้วนั้น จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วย การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และจะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ถึงจะนำไปจำหน่ายภายในประเทศ และเป็นสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศได้ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ถ้าผลิตภัณฑ์เป็นรูปแบบของภาชนะที่ใช้ใส่อาหารถือเป็นเครื่องอุปโภคชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อชีวิตของผู้บริโภค เพราะใช้บรรจุอาหารสำหรับรับประทาน หากมีคุณภาพไม่ดีพออาจเกิดอันตรายต่อชีวิตได้ และหลังจากตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้ว จะมีคัดเลือกเกรดผลิตภัณฑ์ด้วย เพื่อจะได้กำหนดราคาที่เหมาะสมแก่ผู้ที่ต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ด้วยความเป็นธรรม

จากขั้นตอนและกระบวนการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์สามารถนำไปเขียนแผนภูมิแสดงได้ดังนี้

<u>แผนภูมิแสดงกระบวนการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์</u>

(Flow chart for manufactturing Ceramic productions)



เชิงอรรถท้ายบทที่ 1

[1]สมศักดิ์ ชวาลาวัฒย์, "อุตสาหกรรมเซรามิกส์คืออะไร," วิมาน. 33(4) 39 : มกราคม 2536.

[2]ทวี พรหมพฤกษ์. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. 2523. หน้า 16.

[3]ทวี พรหมพฤกษ์. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. 2523. หน้า 17.

[4]โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. 2535. หน้า 9.

[5]จีรพันธ์ สมประสงค์. เทคนิคการสร้างสรรค์ศิลปะเครื่องปั้นดินเผา. 2533. หน้า18.

[6]ชิน อยู่ดี. สมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย. 2510. หน้า 35-36.

[7]ชิน อยู่ดี. วัฒนธรรมบ้านเชียงในสมัยก่อนประวัติศาสตร์. 2516. หน้า 23-26.

[8]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 11.

[9]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 11.

[10]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 13.

[11]ณัฏฐภัทร จันทวิช. "เครื่องถ้วยสมัยลพบุรีในจังหวัดบุรีรัมย์," ใน เครื่องถ้วยในเอเชียอาคเนย์ระหว่างพุทธศตวรรษที่ 15-22. ม.ป.ป., หน้า 43.

[12]จิรา จงกล. "เครื่องถ้วยสุโขทัยและสวรรคโลก, "ในเครื่องถ้วยในประเทศไทย. 2523. หน้า 95.

[13]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 17.

[14]จอห์น ชอว์. เครื่องปั้นดินเผาไทย. ม.ป.ป. หน้า 22.

[15]จีรพันธ์ สมประสงค์. เทคนิคการสร้างสรรค์ศิลปะเครื่องปั้นดินเผา. 2535. หน้า 22.

[16]วิสิฐ ตีรณวัฒนากูล. การศึกษาเครื่องปั้นดินเผาจากแหล่งเตาเผากลุ่มเวียงกาหลง. 2531. หน้า ฆ.

[17]จอห์น ชอว์. เครื่องปั้นดินเผาไทย. ม.ป.ป. หน้า 73.

[18]จอห์น ชอว์. เครื่องปั้นดินเผาไทย. ม.ป.ป. หน้า 81.

[19]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 26.

[20]จอห์น ชอว์. เครื่องปั้นดินเผาไทย. ม.ป.ป. หน้า 47.

[21]สายันต์ ไพรชาญจิตร์. เตาแม่น้ำน้อย. 2531. หน้า 68-80.

[22]ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. 2529. หน้า7.

บทที่ 2

การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

การออกแบบ (Design) คือการถ่ายทอดจินตนาการที่อยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริงของสิ่งที่ต้องการออกมาเป็นรูปแบบที่พัฒนาสิ่งเก่าสร้างสรรค์สิ่งใหม่ขึ้นให้สอดคล้องกับวัสดุ การผลิตและประโยชน์ใช้สอยที่ต้องการ

ในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้น ขั้นตอนการออกแบบเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งเพราะเป็นส่วนที่เพิ่มคุณค่าทางความงามและประโยชน์ใช้สอยให้แก่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องมีความคิดสร้างสรรค์ หลักการออกแบบ ข้อมูลการออกแบบ ทั้งยังต้องคำนึงถึงกรรมวิธี และขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ด้วย

จุดมุ่งหมายของการออกแบบ

จุดมุ่งหมายของการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เพื่อให้ได้ประโยชน์ใช้สอยสูงสุด มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ มีความสวยงามและดำรงไว้ซึ่งการอนุรักษ์ สร้างสรรค์ทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมเซรามิกส์ของไทย ดังนั้นการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์จึงมีลักษณะที่แตกต่างกันตามจุดมุ่งหมายเฉพาะอย่างของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่จะผลิต ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้คือ

จุดมุ่งหมายเพื่อประโยชน์ใช้สอย

เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุดมุ่งหมายที่เด่นชัด เพื่อจะตอบสนองทางด้านประโยชน์ใช้สอยเป็นสำคัญ ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทนี้ได้แก่ เครื่องสุขภัณฑ์ ภาชนะชุดอาหาร โคมไฟ สิ่งประกอบสถาปัตยกรรม กระเบื้องมุงหลังคา ลูกกรง กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุฝาผนัง หรือสิ่งประดับตกแต่ง ของที่ระลึก เป็นต้น

การออกแบบผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะต้องคำนึงถึงหน้าที่ใช้สอย (Function) คือ ต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามความเป็นจริง มีความสะดวกสบายในการใช้ (Economics) คือ ผลิตภัณฑ์ที่จะออกแบบจะต้องคำนึงถึง สัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของผู้ใช้เช่น การใช้มือถือจับ หรือหิ้วเหยือกน้ำ กาน้ำชา แก้วกาแฟ ควรจับสบายไม่เมื่อยง่าย ขนาดสัดส่วน น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะต้องคิดน้ำหนักของน้ำหรือสิ่งของที่อยู่ภายในด้วยมีการคำนึงถึงความปลอดภัย (Safety) ของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น ส่วนปาก ส่วนลำตัว ส่วนหูของภาชนะจะต้องโค้งมน ไม่เป็นเหลี่ยมคม ถ้าเป็นเหลี่ยมคมอาจเกิดอันตรายแก่ผู้ใช้ได้ และส่วนนี้เคลือบจะติดน้อยกว่าส่วนอื่น ถ้าเคลือบสีส่วนนี้เคลือบจะมีสีจางกว่าส่วนอื่น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีตำหนิในเรื่องของสีเคลือบไม่สม่ำเสมอ และการใช้ชนิดของเคลือบผลิตภัณฑ์จะต้องไม่มีสารตะกั่ว หรือสารประกอบอันอื่นที่มีอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์เจือปนอยู่ รูปแบบของภาชนะที่จะออกแบบจะต้องคำนึงถึงการล้างหรือทำความสะอาดได้ง่ายการนำไปเก็บรักษาจะต้องช่วยประหยัดพื้นที่ในการเก็บรักษา

ดังนั้นรูปร่าง (Form) ของผลิตภัณฑ์ควรมีรูปร่างที่สวยงามและเหมาะสมกับการใช้งานและสิ่งที่สำคัญผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาจะต้องมีความประณีตเรียบร้อย ราคาพอสมควร

สิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นจะเป็นแนวทางคอยกำหนดความคิดสร้างสรรค์ ผู้ที่ออกแบบให้ออกแบบได้อย่างเหมาะสมและตอบสนองประโยชน์ทางด้านใช้สอยอย่างสมบูรณ์ที่สุด แต่ทั้งนี้จะต้องผสมผสานกับความสวยงามด้วย ในลักษณะที่เรียกว่า ความงามตามประโยชน์ใช้สอย (Form follow function)

จุดมุ่งหมายทางด้านศิลปะบริสุทธิ์

ศิลปะบริสุทธิ์เป็นศิลปะแห่งความงามที่เกิดจากขยันฝึกฝนอย่างมีความพากเพียรทางด้านทักษะ และสติปัญญาของมนุษย์ที่แสดงออกมาอย่างมีสุนทรียภาพของศิลปินแต่

ละคน ก่อให้เกิดสติปัญญา และความสะเทือนใจแก่ผู้ดู ดังนั้นศิลปินหรือผู้ที่ออกแบบผลงานเซรามิกส์ในแนวศิลปะบริสุทธิ์จะไม่คำนึงถึงความจำเป็นจะต้องมีประโยชน์ทางด้านใช้สอย เพียงแต่มีความต้องการให้ผลงานที่ตนเองสร้างสรรค์ขึ้นมีคุณค่าทางด้านความงามอยู่ในตัวผลงานเท่านั้น ซึ่งจุดมุ่งหมายทางด้านความงามนี้เกิดจากความคิดสร้างสรรค์และความประทับใจในสิ่งต่าง ๆ ของผู้สร้างงานโดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการที่นำมาจากองค์ประกอบของการออกแบบคือ เส้น (Line) รูปร่าง - รูปทรง (Shape-Form) สี (Colour) พื้นผิว (Texture) ขนาด-สัดส่วน (Size-Proportion) โดยให้ถูกหลักการจัดที่ดีคือมีดุลยภาพ (Balance) ช่วงจังหวะ (Rhythm) ความประสานกลมกลืน (Harmony) ความเป็นเอกภาพ (Unity) ความขัดแย้ง (Contrast) การซ้ำ (Repetition) และย้ำให้เกิดจุดเด่น (Emphasis)

ดังนั้นศิลปินหรือผู้ที่ออกแบบผลงานเซรามิกส์ในแนวศิลปะบริสุทธิ์ จะต้องมีความคิดสร้างสรรค์ มีความเข้าใจเรื่องหลักการออกแบบและองค์ประกอบศิลป์เหล่านี้นำไปสร้างเป็นผลงานผ่านกระบวนการทางด้านเซรามิกส์ เช่นเดียวกับการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เพื่อประโยชน์ใช้สอยแต่มีจุดมุ่งหมาย การสร้างสรรค์ที่แตกต่างกัน

จุดมุ่งหมายทางด้านสืบทอดศิลปะและวัฒนธรรม

เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีจุดมุ่งหมายพื้นฐานที่เห็นคุณค่าทางด้านความงาม และประโยชน์ใช้สอยที่มีเอกลักษณ์ของความเป็นไทยในอดีต เช่น ภาชนะดินเผาบ้านเชียง ภาชนะดินเผาสมัยสุโขทัย และเครื่องถ้วยเบญจรงค์ ซึ่งในปัจจุบันก็ยังมีการผลิตภาชนะดินเผาเหล่านี้อยู่แต่ก็เป็นไปในลักษณะเลียนแบบของเดิมหรือดัดแปลงบางส่วนเพื่อความเหมาะสม ซึ่งเป็นการดำรงไว้ในมรดกตกทอดที่ทำสืบเนื่องกันมาของบรรพบุรุษชาวไทยแต่โบราณ

แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้น จะต้องมีความสอดคล้องเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบเพื่อประโยชน์ใช้สอย จุดมุ่งหมายทางด้านศิลปะ

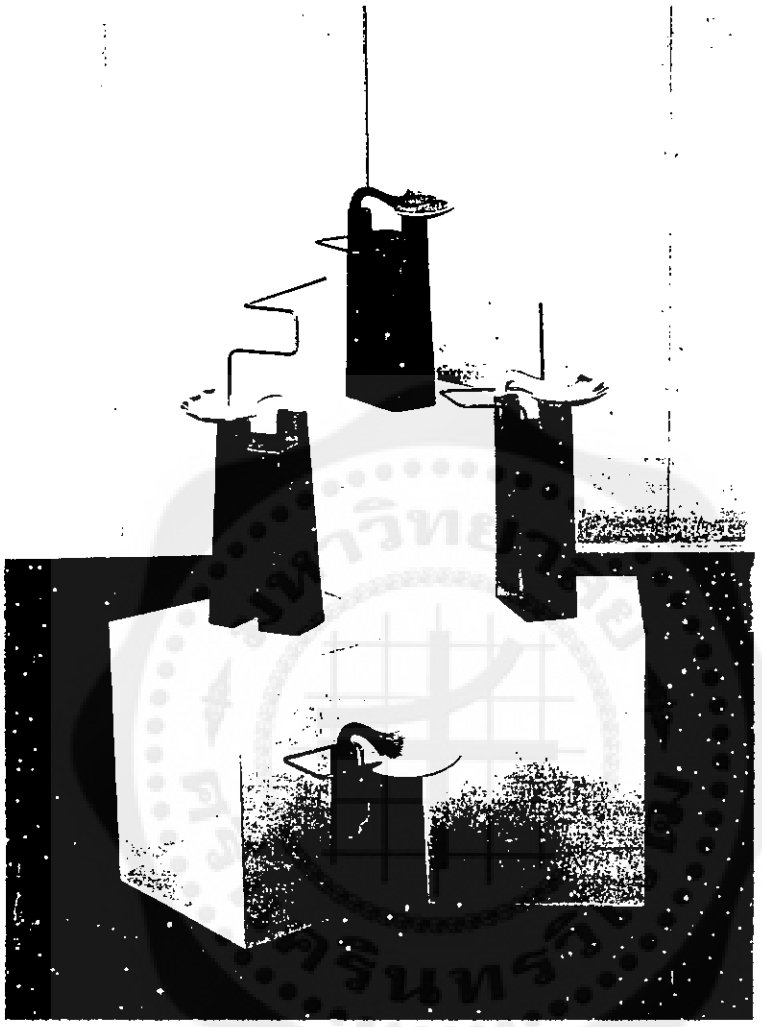
บริสุทธิ์ และจุดมุ่งหมายทางด้านสืบทอดวัฒนธรรมดังนั้น ผู้ออกแบบจะต้องมีแนวคิดกับการเลือกใช้รูปทรงของสิ่งต่าง ๆ มาเป็นสิ่งดลใจให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ต่าง ๆ พอสรุปแนวความคิดต่าง ๆ ได้ดังนี้

แนวความคิดจากรูปทรงของธรรมชาติ เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ได้ความคิดหรือความประทับใจจากรูปทรงของธรรมชาติได้แก่รูปทรงของพืช เช่น ลำต้น ทรงสูง เตี้ย เลื้อย ฯลฯ ใบไม้ เช่น ใบเหลี่ยม ใบกลม ใบแฉก ฯลฯ ดอกไม้ กิ่ง และก้านเป็นต้น รูปทรงของสัตว์ต่าง ๆ เช่น สัตว์บก สัตว์น้ำ สัตว์ปีก ฯลฯ รูปทรงของมนุษย์ได้แก่ รูปทรงของเด็ก ผู้ใหญ่ คนแก่ ผู้หญิง และผู้ชาย เป็นต้น แล้วนำรูปทรงเหล่านี้มาสร้างสรรค์ดัดแปลงใหม่ โดยอาจนำมาใช้ในลักษณะเหมือนจริงหรือเลียนแบบก็ได้ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสวยงามมีความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบและประโยชน์ใช้สอยที่ดี และที่สำคัญจะต้องมีความเหมาะสมกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เช่น เนื้อดินปั้นที่ใช้วิธีการขึ้นรูป วิธีการตกแต่ง วิธีการเคลือบและวิธีการเผาเป็นต้น ตัวอย่างการออกแบบเซรามิกส์ที่ได้แนวความคิดจากรูปทรงของธรรมชาติ เช่น ผลงานชื่อ "นาง" ของสมศักดิ์ ชวาลาวัฒย์ ที่แสดงถึงความงามของรูปทรงผู้หญิงและผลงานชื่อ "เกิด แก่ เจ็บตาย" ของเวนิช สุวรรณโมลี ที่ได้แนวคิดมาจากรูปทรงของธรรมชาติและรูปทรงเรขาคณิต นำมาผสมผสานกันให้เกิดความประทับใจในการถ่ายทอดความรู้สึกว่าชีวิตนี้ไม่เที่ยงซึ่งเป็นความจริงแท้แน่นอน ที่จะเกิดแก่มนุษย์ทุกคน

แนวความคิดรูปทรงเรขาคณิต เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ที่ได้แนวคิดหรือความประทับใจมาจากรูปทรงเรขาคณิต ได้แก่รูปวงกลม รูปสี่เหลี่ยมจตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปวงรี รูปสามเหลี่ยม ฯลฯ โดยสามารถนำมาใช้กับการออกแบบได้ลักษณะ 2 มิติ ซึ่งสามารถตรวจสอบมิติกว้างและยาวได้ และ 3 มิติ เป็นการออกแบบที่แสดงปริมาตรของรูปทรงให้สามารถตรวจสอบมิติความกว้าง ยาว หนา หรือลึกได้จากรูปทรงมูลฐาน (Basic Forms) ได้แก่รูปทรงวงกลม รูปไข่ ลูกบาศก์ ทรงกระบอก ปิรามิด และทรงกรวย เป็นต้น

การออกแบบเซรามิกส์ในลักษณะศิลปะบริสุทธิ์ที่ได้แนวคิดมาจากรูปทรงของธรรมชาติ ผลงานของสมศักดิ์ ชวาลาวัณย์

ภาพจากสูจิบัตร. การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 4.



การออกแบบเซรามิกส์ในลักษณะศิลปะบริสุทธิ์ ที่ได้แนวความคิดมาจากรูปทรงของธรรมชาติ และรูปทรงเรขาคณิต

ผลงานของเวนิช สุวรรณโมลี

ภาพจากสูจิบัตร. การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 2

รูปทรงเรขาคณิตเป็นรูปทรงที่ให้ความรู้สึกเรียบง่าย สะดวกสบาย และความทันสมัยการนำรูปทรงเรขาคณิตไปใช้นี้อาจใช้ในลักษณะของรูปทรงเรขาคณิตนั้นๆ เลย หรือผสมผสานกันก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม หรืออาจจะออกแบบดัดแปลงและสร้างสรรค์รูปทรงเรขาคณิตนั้น ขึ้นมาใหม่ให้สวยงามเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และการใช้สอย และรูปทรงกลม เช่น ผลงานชื่อ "ปลา แจกันปากกว้าง แจกันมีหู แจกัน" ของโกมล รักษ์วงศ์ นำมาประยุกต์และสร้างสรรค์อย่างสวยงามถ่ายทอดเป็นรูปแบบของปลาต่าง ๆ ในวรรณคดีไทย

แนวคิดจากรูปทรงสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น

เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ได้แนวคิดหรือความประทับใจมาจากรูปทรงของสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมีชื่อรูปทรง ประโยชน์ใช้สอยและคุณค่าเฉพาะของแต่ละสิ่งที่แตกต่างกันออกไป เช่น เครื่องบิน รถยนต์ อาคารบ้านเรือน โต๊ะ เก้าอี้ กล่องกระดาษ เหล็กเส้น พระพุทธรูปทองคำ ไวโอลิน เสื้อผ้า ถังพลาสติก ฯลฯ

โดยนำรูปทรงสิ่งของเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ จะต้องกระทำให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้นอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ สวยงาม และมีคุณค่าตามรูปแบบของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ได้แนวคิดจากรูปทรงสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น เช่นผลงานชื่อ "ชุดน้ำชา Little Symphony" ของนิวัฒน์ หัตถวิจิตรกุล ได้นำแนวความคิดจากเครื่องดนตรี เช่นไวโอลิน แตร ทรัมเปต เปียโน และตัวโน๊ตดนตรี มาสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ได้อย่างสวยงามน่าใช้สอย

แนวคิดที่มาจากการอนุรักษ์ศิลปะและวัฒนธรรมทางเซรามิกส์ของชาติไทยอย่างสร้างสรรค์

เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เน้นให้เห็นคุณค่าความสวยงาม และการอนุรักษ์ศิลปะและวัฒนธรรมทางเซรามิกส์ของชาติไทย อย่างสร้างสรรค์เป็นการสืบ

ทอดสายธารแห่งศิลปวัฒนธรรมทางเซรามิกส์ของไทยแต่โบราณให้คงอยู่และพัฒนาต่อไป แนวคิดในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์ศิลปะและวัฒนธรรมทางเซรามิกส์ของชาติไทยอย่างสร้างสรรค์นั้น ผู้ออกแบบจะต้องมีการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลของรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณะเฉพาะตัวในเรื่องของ เนื้อดินปั้นที่ใช้รูปทรงสีสันของเคลือบลวดลาย เทคนิคการตกแต่ง และการเผา เป็นต้น

ดังนั้น ลักษณะการออกแบบผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะต้องคำนึงถึงขนบธรรมเนียมและวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้องกับ ชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ด้วยตัวอย่างของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เป็นเอกลักษณ์ของไทยแต่โบราณได้แก่ ผลิตภัณฑ์บ้านเชียง สมัยสุโขทัย ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องสังคโลก เช่น จาม ชาม ไห แจกัน กระปุก ผะอบ สมัยรัตนโกสินทร์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องถ้วยเบญจรงค์ที่เป็นภาชนะ เช่น พาน กระโถน ชาม โถมีฝา เป็นต้น

ในปัจจุบันการผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ได้แนวความคิดมาจากการอนุรักษ์ศิลปะและวัฒนธรรมทางเซรามิกส์ของชาติไทยอย่างสร้างสรรค์นั้น มีการผลิตเป็นระบบอุตสาหกรรมและหัตถกรรมผสมผสานกันไป เช่น บริเวณภาคกลางของประเทศไทยจะผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องถ้วยเบญจรงค์เป็นส่วนมาก

ส่วนภาคเหนือตอนบนจะผลิตผลิตภัณฑ์เซลาดอน ที่ได้แนวความคิดมาจากเครื่องสังคโลกสมัยสุโขทัยและบุคคลที่สร้างสรรค์ผลงานในแนวเครื่องถ้วยเบญจรงค์ที่เห็นเด่นชัดได้แก่ทวี พรหมพฤกษ์ ดังตัวอย่างผลงานชื่อ “ชุดสามใบเถา”

การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เพื่อประโยชน์ใช้สอยที่ได้แนวความคิดมาจากรูปทรงเรขาคณิต

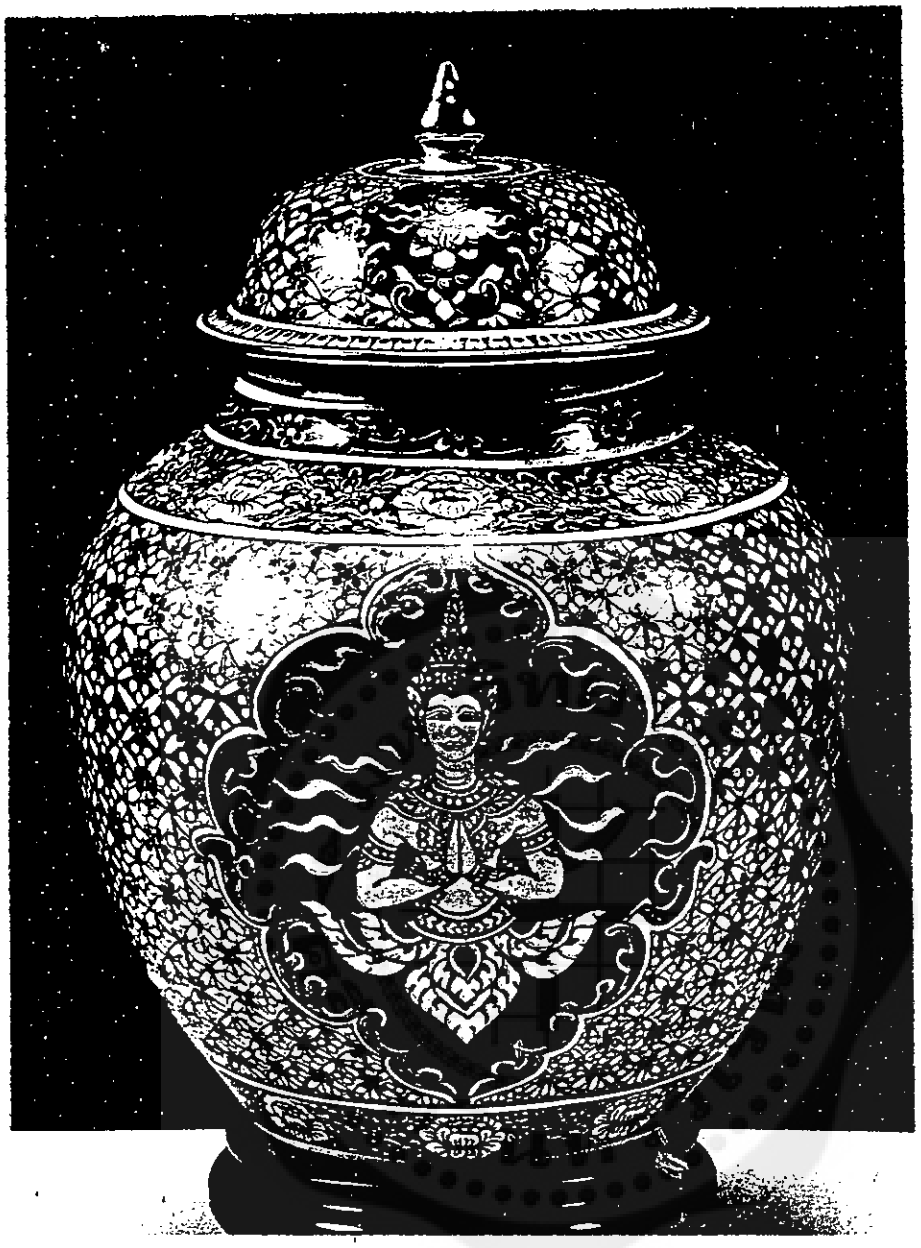
ผลงานของโกมล รักษ์วงศ์

ภาพจากสูจิบัตร. การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่7

การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เพื่อประโยชน์ใช้สอยที่ได้แนวความคิดมาจากรูปทรงสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น

ผลงานของนิวัฒน์ หัตถวิจิตรกุล

ภาพจากสูจิบัตร. <u>การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 7</u>



การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เพื่อสืบทอดวัฒนธรรมที่ได้แนวคิดมาจาก
การอนุรักษ์ศิลปะและวัฒนธรรมทางเซรามิกส์ของชาติไทยอย่างสร้างสรรค์
ผลงานของทวี พรหมพฤกษ์
ภาพจากสูจิบัตร. นิทรรศการเครื่องปั้นดินเผาไทย-ญี่ปุ่น' 32

แนวคิดที่มาจากการสร้างสรรค์รูปทรงแบบอิสระ

เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผู้ออกแบบเป็นผู้สร้างสรรค์ผลงานโดยใช้จินตนาการของตนที่คิดไว้แล้วถ่ายทอดลงบนผลงาน ซึ่งผลงานตามแนวความคิดนี้รูปแบบจะไม่เหมือนของจริงรวมทั้งขนาด สัดส่วนต่าง ๆ อาจมีลักษณะพร่ามัวไม่ชัดเจน ดังนั้นลักษณะผลงานที่ได้จากแนวความคิดนี้ ผู้ชมจะต้องใช้ความคิดหรือทำให้ฉงน แต่ถ้าผู้ชมมีความคิดจินตนาการคล้ายกับผู้ผลิตหรือผู้ปั้นผลงานก็สามารถชื่นชมผลงานในแนวความคิดนี้ได้

รูปแบบของผลงานตามแนวความคิดที่มาจากการสร้างสรรค์รูปทรงแบบอิสระนี้ส่วนมากจะไม่คำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ เพียงแต่ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในแนวความคิดนี้ต้องการถ่ายทอดจินตนาการของตนให้เป็นรูปธรรมขึ้น

ตัวอย่างการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ได้แนวความคิดที่มาจากการสร้างสรรค์รูปทรงแบบอิสระเช่น ผลงานชื่อ "ดิน 1 ดิน 2 ดิน 3" ของเสริมศักดิ์ นาคบัว ที่แสดงถึงธาตุแท้ของดินที่ใช้ทำเซรามิกส์ว่าอนุภาคของเม็ดดินที่เรียงตัวกันอยู่ของสารประกอบอลูมิน่าและซิลิก้าที่ตามนุษย์มองเห็นว่ามีความงามเพียงใด

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นก็คือการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่นำไปผลิตเป็นจำนวนมาก ๆ (Mass-Production) โดยจะต้องสนองความต้องการของตลาดในด้านใดด้านหนึ่ง หรือหลายด้านให้เป็นที่นิยมของตลาด มีราคาพอสมควรและจะต้องใช้งานได้โดยอิสระเพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้โดยตรงตามแบบที่ต้องการโดยเฉพาะสิ่งที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผลิตจะต้องควบคุมคุณภาพ และผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วย

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ ได้แก่ผลิตภัณฑ์ตกแต่งสถาปัตยกรรมได้แก่ เครื่องสุขภัณฑ์ ลูกกรง กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องประดับผนัง และผลิตภัณฑ์ที่ใช้สอยในครัวเรือน ชุดอาหาร ชุดกาแฟ เป็นต้น

การออกแบบเซรามิกส์ในลักษณะศิลปะบริสุทธิ์ที่ได้แนวคิดมาจากการสร้างสรรครูปทรงแบบอิสระ

ผลงานของเสริมศักดิ์ นาคบัว

ภาพจากสูจิบัตร. การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติ ครั้งที่ 7

ในการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ส่วนมากจะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีหล่อน้ำดิน วิธีอัดดินผงในแม่พิมพ์ และวิธีขึ้นรูปด้วยใบมีดซึ่งวิธีดังกล่าวนี้สามารถผลิตได้ในปริมาณมากและมีลักษณะที่เหมือนกัน ดังนั้นการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์จำเป็นจะต้องมีการศึกษาหาข้อมูลในการที่จะออกแบบเพื่อให้ได้รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ ทางด้านประโยชน์ใช้สอย กระบวนการผลิตและสอดคล้องกับความต้องการของตลาด

การศึกษาหาข้อมูลในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. **ข้อมูลทางด้านผลิตภัณฑ์** เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่จะสามารถกำหนดบทบาทของผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องว่าผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จัดอยู่ในประเภทใด เช่น ผลิตภัณฑ์ตกแต่งสถาปัตยกรรม เครื่องสุขภัณฑ์ ลูกกรง กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องประดับผนัง หรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้สอยในครัวเรือน ชุดอาหาร ชุดกาแฟ เมื่อได้ประเภทของผลิตภัณฑ์แล้วก็จะสามารถพิจารณาถึงรูปแบบ รูปทรง หน้าที่ใช้สอย ขนาดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้ แล้วหาข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตเพิ่มได้จากข้อมูลเก่าที่โรงงานทำไว้ จากวารสารทางราชการ วารสารการค้า ฯลฯ นำมาพิจารณาประกอบด้วยทำให้การออกแบบผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องตามความต้องการตลาด

นอกจากนี้การรวบรวมข้อมูลทางด้านผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตแล้วยังต้องมีการพิจารณาถึงผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ทั้งนี้เพื่อศึกษาข้อดี ข้อเสีย จุดเด่น จุดด้อย เท่าที่มีอยู่เพื่อนำมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขในการออกแบบเพื่อให้ได้รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่นำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ หรือทดแทนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดได้[1]

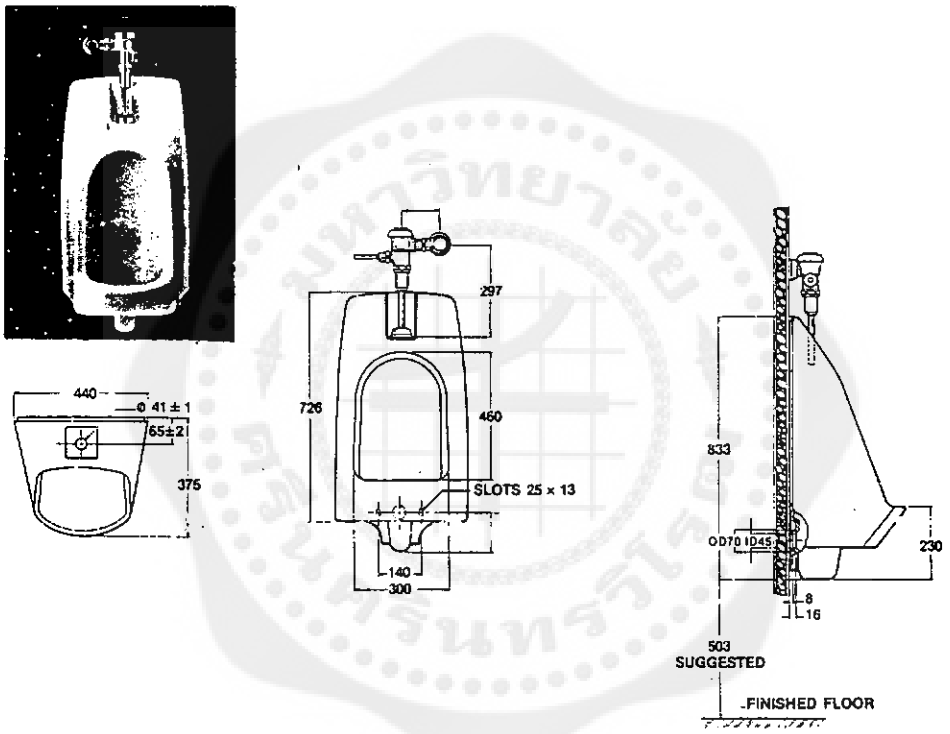
ตัวอย่างการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งสถาปัตยกรรม เครื่องสุขภัณฑ์ เช่น โถปัสสาวะชาย รุ่น J-Series ของบริษัท เครื่องสุขภัณฑ์อเมริกันสแตนดาร์ด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่มองเห็นความสำคัญของสถาปัตยกรรมสมัยใหม่และรูปทรงของอาคารที่เปลี่ยนแปลงพัฒนาไปตลอดเวลา จึงได้ออกแบบโถปัสสาวะชาย รุ่น J-Series ขึ้นเพื่อให้รูปลักษณ์ของโถปัสสาวะชายรุ่นนี้สอดคล้องกับแนวสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ ที่มีรูปทรงที่โค้งมน ให้ความนุ่มนวลในความหรูหราและภูมิฐาน

2. ข้อมูลทางด้านการตลาด

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ ข้อมูลทางด้านการตลาดก็มีความสำคัญอย่างยิ่งในการที่ออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ให้เป็นสินค้าที่นิยมชมชอบและเป็นความต้องการของผู้บริโภคนั้น ข้อมูลต่าง ๆ นับตั้งแต่เริ่มต้นการผลิตสินค้าจนถึงการนำสินค้าถึงมือผู้บริโภคมีข้อมูลที่สำคัญทางการตลาดพอสรุปได้ดังนี้

2.1 ข้อมูลของกลุ่มบุคคลเป้าหมาย คือ ข้อมูลของกลุ่มบุคคลที่จะเป็นคนซื้อสินค้าผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เพื่อสนองประโยชน์ใช้สอยในด้านตกแต่งสถาปัตยกรรม ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สอยในครัวเรือน ฯลฯ ซึ่งกลุ่มบุคคลเป้าหมายที่จะเป็นผู้ซื้อสินค้าเราจะต้องคำนึงเพศ อายุ ระดับรายได้เพราะกลุ่มเป้าหมายเหล่านี้จะสามารถมุ่งชี้รสนิยมในการเลือกซื้อสินค้าว่าความต้องการในเรื่องรูปแบบของผลิตภัณฑ์ สีสันเทคนิควิธีการตกแต่งเป็นอย่างไร ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์จะต้องยึดถือกลุ่มบุคคลเป้าหมายนี้ด้วย

2.2 ข้อมูลของช่วงเวลาของการซื้อสินค้า ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์สินค้าบางประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผลิตขึ้นเพื่อเป็นของที่ระลึกในเทศกาลหรือโอกาสพิเศษต่าง ๆ ในการออกแบบจะต้องนำข้อมูลในส่วนนี้ไปพิจารณาด้วย เพื่อช่วยให้สามารถกำหนดรูปแบบของผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสมขึ้นด้วย



การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ โถปัสสาวะชาย รุ่น J-Series
ผลงานของ บริษัท เครื่องสุขภัณฑ์อเมริกันสแตนดาร์ด (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน
ภาพจากเอกสารแผ่นพับโฆษณาสินค้าเครื่องสุขภัณฑ์

2.3 ข้อมูลของงบประมาณที่ใช้ในการผลิต ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ราคาของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ เครื่องจักร แรงงาน การโฆษณาประชาสัมพันธ์ และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ โดยนำค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เหล่านี้มาเป็นข้อมูลพิจารณาแล้วเลือกวิธีการออกแบบวิธีการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยให้ผลผลิตต่อหน่วยราคาต่ำสุดแต่มีคุณภาพและเป็นที่ต้องการของตลาดสินค้าประเภทนี้

2.4 ข้อมูลของสภาพสินค้าชนิดเดียวกันในท้องตลาด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เป็นสินค้าคู่แข่ง เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีสินค้าคู่แข่งวางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดแล้ว การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทนี้จะต้องมีการศึกษาหาข้อมูลของสินค้าคู่แข่งทั้งข้อดีและข้อด้อยเพื่อนำมาปรับปรุงหาทางแก้ไขและพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ได้อย่างเหมาะสมและดีขึ้น

2.5 ข้อมูลของการนำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ที่ผลิตเข้าสู่ตลาดคือข้อมูลของการนำสินค้าที่เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์จากแหล่งผลิตเข้าสู่ตลาดจำหน่าย จนถึงมือผู้บริโภค จะต้องมีการขนส่งเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ดังนั้น ข้อมูลส่วนนี้ก็มีความจำเป็นสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีรูปร่าง รูปทรง ขนาด สัดส่วนที่เหมาะสม และมีบรรจุภัณฑ์รองรับอย่างเรียบร้อยด้วย

3. ข้อมูลทางด้านวัสดุและกระบวนการผลิต

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ ผู้ออกแบบจะต้องทราบข้อมูลทางด้านวัสดุที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ได้แก่ ประเภทของเนื้อดินปั้นที่ใช้คุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของเนื้อดินปั้น เมื่อเผาตามอุณหภูมิที่ต้องการ ชนิดของเคลือบ วิธีการการขึ้นรูปที่ใช้ในระบบอุตสาหกรรม ได้แก่วิธีหล่อน้ำดินแบบหล่อกลวง และวิธีหล่อตัน วิธีอัดดินผงในแม่พิมพ์ และวิธีขึ้นรูปด้วยใบมีด รวมทั้งวิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วย

สิ่งสำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรมิกส์จะต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้คำนึงถึงขั้นตอน และความสอดคล้องกับกระบวนการผลิตในระบบเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตด้วย

ดังนั้นการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ให้ได้รูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ทางด้านประโยชน์ใช้สอยกระบวนการผลิต และสอดคล้องกับความต้องการของตลาดจะต้องนำไปผสมผสานกับข้อมูลทางด้านผลิตภัณฑ์และข้อมูลทางด้านการตลาดด้วย

ขั้นตอนการออกแบบ

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การศึกษารวบรวมข้อมูล ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่ให้ความสำคัญทางด้านประโยชน์ใช้สอยและมีกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จำนวนมากนั้น จะต้องมีการศึกษารวบรวมข้อมูลที่สำคัญก่อนที่จะทำการออกแบบได้แก่ข้อมูลทางด้านผลิตภัณฑ์ ข้อมูลทางด้านการตลาดและข้อมูลทางด้านวัสดุและกระบวนการผลิต

2. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปข้อมูล จากข้อมูลดังกล่าวที่ได้มาผู้ออกแบบจะต้องการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ๆ แล้วสรุปเพื่อหาแนวทางให้เป็นรูปธรรมในการที่จะออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น

3. การกำหนดแนวคิด เมื่อผู้ออกแบบได้ศึกษาข้อมูลของผลิตภัณฑ์มีการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปข้อมูลของผลิตภัณฑ์นั้นแล้วก็สามารถทำให้ผู้ออกแบบกำหนดทิศทาง ของแนวความคิดของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดนั้นได้ในเรื่องของ รูปแบบของผลิตภัณฑ์ ประโยชน์ใช้สอย รูปทรง ขนาดสัดส่วน สีสัน วิธีการตกแต่ง วิธีการเผาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการผลิตและขั้นตอนกระบวนการผลิต เป็นต้น

4. การออกแบบและการขยายแบบ เมื่อผู้ออกแบบได้แนวความคิดในเรื่องของรูปแบบผลิตภัณฑ์แล้วก็นำมาออกแบบให้เป็นรูปธรรมนำเสนอในรูปแบบของการร่างแบบ (Sketch) ในลักษณะ 3 มิติ และ 2 มิติ ตามรูปแบบที่ใช้งานได้จริง แล้วดูความเรียบร้อยเหมาะสมถูกต้องตามแบบที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ผลิตมีความเรียบร้อยสวยงาม ใช้งานได้อย่างมีคุณภาพตามที่กำหนดไว้ จึงนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตนี้ไปทดสอบให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ ด้วยการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ ถ้าผลิตภัณฑ์ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ ตรงจุดใดก็ต้องทำการแก้ไขตรงจุดนั้น เพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์แล้วจึงนำรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่แก้ไขจนถูกต้องเรียบร้อยแล้วไปทำการผลิตจริงเพื่อเป็นสินค้าออกสู่ตลาด

ในการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ การทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างหรือผลิตภัณฑ์ทดสอบที่ใช้งานได้จริงนั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะการผลิตจริงนั้นจะต้องไม่มีข้อผิดพลาดในขั้นตอนต่าง ๆดังกล่าวข้างต้นเพราะสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรมจะต้องมีการควบคุมมาตรฐานสินค้าให้อยู่ในคุณภาพเดียวกันแม้จะผลิตเป็นจำนวนมากก็ตาม และการทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างหรือผลิตภัณฑ์ทดสอบก็ยังนำไปใช้ประโยชน์ในกรณีที่ต้องนำสินค้าตัวอย่างที่จะผลิตนำเสนอต่อผู้ที่มีหน้าที่ในการตัดสินใจ หรือนำเสนอต่อลูกค้าหรืออาจจะนำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างนี้เป็นต้นแบบในการโฆษณาประชาสัมพันธ์ตามสื่อต่าง ๆ และนำมาจัดแสดงนิทรรศการเพื่อโชว์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสินค้าชนิดใหม่เป็นการประชาสัมพันธ์สินค้าอีกแบบหนึ่งโดยจะมีการสั่งจองผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ด้วยก็ได้ในงานแสดงนิทรรศการนี้

เชิงอรรถท้ายบทที่ 2

[1]ภรดี พันธุภากร. <u>เซรามิกส์เบื้องต้น.</u> 2534. หน้า 53.

บทที่ 3

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. **วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียว** (Plastic Raw Materials)
2. **วัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียว** (Non Plastic Raw Materials)

1. วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียว ได้แก่ ดิน (Clay) ชนิดต่าง ๆ เช่น ดินขาว (Kaolin) ดินดำ (Ball Clay) ดินทนไฟ (Fire Clay) ดินเบนโตไนท์ (Bentonite) ดินเอิร์ทเธนแวร์ (Earthenware Clay) ดินสโตนแวร์ (Stoneware Clay) สลิปเคย์ (Slip Clay)

การเกิดและชนิดของดิน (Ocurance and Type of Clays)

ดิน (Clay) มีความหมายดังนี้ "ดินเป็นสารประกอบพวก Hydrous Aluminium Silicate ($Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$) มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกที่แน่นอนเมื่อผสมกับน้ำแล้วมีความเหนียวมีกลิ่นเฉพาะตัวและนิ่ม เมื่อนำไปขึ้นรูปแล้วถ้าปล่อยให้แห้งจะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้มีความแข็งดีขึ้น มีการหดตัวเมื่อแห้ง แต่ค่อนข้างเปราะ ถ้าเอาไปเผาไฟจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นของแข็งมีการหดตัวมากขึ้น เมื่อถูกน้ำแล้วจะไม่เกิดความเหนียวอีกต่อไป

การเกิดของดิน เมื่อโลกเกิดขึ้นมาใหม่ ๆ มีแต่หินไม่มีดินอยู่เลยหินเหล่านี้ได้แก่หินอัคนี (Igneous Rock) หินฟันม้า (Feldspar) หินแกรนิต (Granite) และเปคมาไตท์ (Pegmatite) ประกอบอยู่เป็นส่วนที่เรียกว่าเปลือกโลก (Earths Crust) ซึ่งมีแร่ธาตุต่าง ๆ หลายชนิดพบว่าธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในโลกนี้ประมาณร้อยละ 59 เป็นธาตุซิลิกอน (Silicon) ร้อยละ 15 เป็นธาตุอลูมิเนียม (Aluminium) ซึ่งธาตุเหล่านี้จะอยู่ในรูป

สารประกอบออกไซด์ (Oxide) ที่พบอยู่คือ SiO_2 ทางเคมีเรียกว่าสารประกอบซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide) ได้แก่ ทรายที่เราพบเห็นอยู่ทั่วไป และเป็นส่วนประกอบของหินอัคนี (Igneous Rock) หินฟันม้า (Feldspar) สารประกอบพวกอลูมิน่า (Alumina, Al_2O_3) ก็เช่นกัน

ต่อมาเมื่อผิวโลกเย็นตัวลงแล้วมีบรรยากาศห่อหุ้มเปลือกโลกอีกชั้นหนึ่งเริ่มมีฤดูกาลต่าง ๆ เกิดขึ้น ความเปลี่ยนแปลงของอากาศร้อน เย็น ฝน ลม และสิ่งอื่น ๆ อีก ทำให้หินต่าง ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ส่วนประกอบเริ่มต้น (Initial Composition) เริ่มเปลี่ยนแปลงไปหินเหล่านี้เริ่มผุกร่อนอย่างช้า ๆ แปรสภาพเป็นสารประกอบเรียกว่า ดิน การเปลี่ยนแปลงอันนี้มีกระบวนการอันหนึ่งเรียกว่าการเปลี่ยนแปลงกาลอากาศ (Weathering) ทำให้หินเกิดการแตกร้าวเป็นก้อนเล็ก ๆ ทำให้พื้นที่ผิวมากขึ้น การผุกร่อนจึงมีมากขึ้นด้วย

ปฏิกิริยาของกระบวนการเปลี่ยนแปลงกาลอากาศ (Weathering) เขียนแสดงด้วยสมการเคมีดังต่อไปนี้คือ

ก. น้ำฝนที่ตกลงมารวมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 รวมกันในอากาศกลายเป็นกรดคาร์บอนิค (Carbonic Acid) อย่างอ่อน ๆ

$$H_2O + CO_2 \text{----------} H_2CO_3$$

ข. เมื่อน้ำฝนที่เป็นกรดอย่างอ่อนตกถูกหินเข้าหินจะเกิดการสลายตัวอย่างช้า ๆ ใช้เวลาเป็นพัน ๆ ปีขึ้นไป หินที่เกิดการสลายตัวนี้จะพบมากในหินฟันม้า (Feldspar) ซึ่งมีอยู่หลายรูปด้วยกันคือ

Potash Feldspar ชื่อสามัญคือ Orthoclase หรือ Microline สูตร $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

Soda Feldspar ชื่อสามัญคือ Albite สูตร $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

Lithium Feldspar ชื่อสามัญคือ Petalite สูตร $Li_2O.Al_2O_3.8SiO_2$

Lime Feldspar ชื่อสามัญคือ Anorthite สูตร $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$

Barium Feldspar ชื่อสามัญคือ Celsian สูตร $BaO.Al_2O_3.2SiO_2$

ดังนั้นกระบวนการเปลี่ยนแปลงกาลอากาศทำปฏิกริยากับ $KO_2.Al_2O_3.6SiO_2$ เปลี่ยนสภาพกลายเป็นดินได้ดังสมการเคมี

$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2 + 2H_2O + CO_2 \text{-----}> Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O + K_2CO_3 + 4SiO_2$

จะได้ Potassium Carbonate (K_2CO_3) ที่เกิดขึ้นสามารถละลายน้ำได้ (Water Soluble) จึงละลายน้ำออกไปคงเหลือแต่ส่วนที่เป็นดินแท้ (Clay Substance) กับทราย (SiO_2) เท่านั้น แต่ในธรรมชาติที่พบทั่วไป Feldspar จะไม่บริสุทธิ์มักจะพบ Feldspar หลายชนิดรวมกัน เช่น ตามสูตรดังนี้

$(K_2O.Na_2O)\ Al_2O_3.6SiO_2$ หรือ $(K_2O.Na_2O.CaO)\ Al_2O_3.6SiO_2$

ดังนั้นกระบวนการเปลี่ยนแปลงกาลอากาศทำปฏิกริยากับ$(K_2O.Na_2O)\ Al_2O_3.6SiO_2$ เปลี่ยนสภาพกลายเป็นดินได้ดังสมการเคมี

$(K_2O.Na_2O)Al_2O_3.6SiO_2 + 2H_2O + 2CO_2 \text{----}> K_2CO_3 + Na_2CO_3 + Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O + 4SiO_2$

ดินที่เกิดจากกระบวนการอันนี้เป็นส่วนสำคัญที่มีอยู่ในดินชนิดต่าง ๆ ยากที่จะพบในรูปบริสุทธิ์ ส่วนประกอบของดินจะต้องเจือปนอยู่กับ SiO_2 ที่ได้มาจากส่วนประกอบซึ่งอยู่ในรูป Feldspar นั่นเอง นอกจากนี้อาจมี ไมกา (Mica) บางส่วนซึ่งปนอยู่ใน Feldspar เจือปนอยู่ในดินด้วย อาจจะมี Feldspar บางส่วนซึ่งยังไม่เกิดการสลายตัวปนอยู่ด้วย สิ่งเจือปนต่าง ๆ ที่ปนอยู่ได้แก่ เหล็กออกไซด์ (Ferric Oxide, Fe_2O_3) ติตาเนี่ยมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide, TiO_2) เป็นต้น

สารอินทรีย์บางชนิดเมื่อปนอยู่ในดินก็ทำให้สีของดินต่างออกไปแต่ถ้าเผาแล้วสารอินทรีย์พวกนี้จะสลายตัวไป ดินแบ่งได้ตามลักษณะการเกิด 2 ชนิดคือ

1.1 ดินที่เกิดครั้งแรก (Residual Clay or Primary Clay)

1.2 ดินที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิด (Sedimentary Clay or Secondary Clay)

1.1 ดินที่เกิดครั้งแรก (Residual Clay) คือดินที่เกิดครั้งแรกที่พบตามใต้ผิวดินลึก ๆ ซึ่งเป็นที่ดินเหล่านั้นเกิดขึ้นโดยการเกิดจากการเปลี่ยนแปลงจากหินจนกลายเป็นดินชนิดนี้เกิดจากน้ำมีฤทธิ์เป็นกรด (Acidic Water) ได้รับความร้อนสูงอย่างยิ่งยวด (Super Heated) ได้รับแรงกดดันใต้พื้นผิวโลกให้ทำปฏิกริยากับหินแกรนิต (Granite) เหล่านั้นจนกระทั่งทำให้หินเหล่านั้นกลายเป็นดิน แหล่งดินลักษณะนี้สังเกตได้คือ

1.1.1 มีความหนามากบางทีอาจหนาเป็นร้อย ๆ เมตร เช่นแหล่งดินคอร์น วอลล์ (Cpm Wall) ในประเทศอังกฤษ เป็นต้น

1.1.2 ดินลักษณะนี้ประกอบด้วยแร่บางอย่างมีเม็ดโต ๆ ได้แก่หิน เขี้ยวหนุมาน (Quartz) ไมกา (Mica) และหินฟันม้า (Feldspar) เจือปนอยู่เป็นต้น[1]

ลักษณะอีกอย่างหนึ่งซึ่งจะพบดินที่เกิดครั้งแรก (Residual Clay) คือดินซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหิน Feldspar ตามภูเขาการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดโดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงกาลอากาศ (Weathering) เมื่อเกิดแล้วไม่ถูกพัดพาไปตามตัวกลางต่าง ๆ เช่น ตามกระแสน้ำ กระแสลม ธารน้ำแข็ง (Glacier) คงอยู่กับหินแม่ (Primary Rock) ซึ่งลักษณะของ Residual Clay แบบนี้จะมีลักษณะที่สำคัญคือ

1.1.1.1 มีขนาดเม็ดดิน (Particle Size) โตและหยาบมาก เนื่องจากไม่ได้รับการบดย่อยโดยอาศัยกระแสน้ำหรือตัวกลางอื่นพัดพาไปมักจะพบทราย (Silica, SiO_2) ปนอยู่มาก ทรายเหล่านี้เป็นผลเกิดจากปฏิกริยาการเปลี่ยนสภาพจากหินกลายเป็นดินด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงกาลอากาศ (Weathering)

1.1.1.2 ไม่มีความเหนียว ยากต่อการขึ้นรูป

1.1.1.3 มีความทนไฟสูง (High Refractorines)

1.1.1.4 เผาแล้วให้สีขาวดีกว่าดินที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิด (Sedimentary Clay) เนื่องจากมีสิ่งอื่น ๆ เจือปนอยู่น้อย

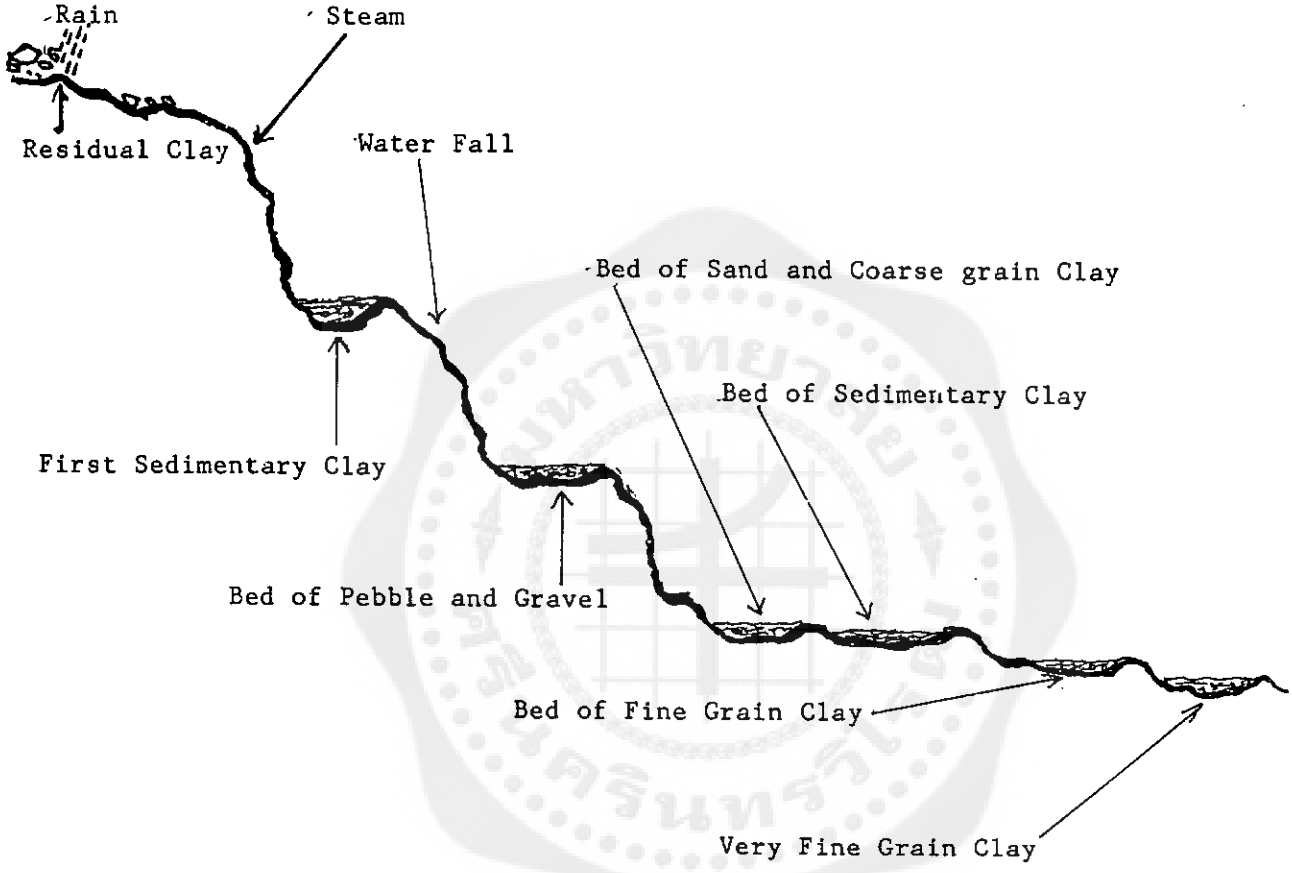
2. ดินที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิด (Sedimentary Clay) คือดินที่เกิดจากการเปลี่ยนจากหินฟันม้ามิได้อยู่กับหินแม่ (Primary Rock) แต่จะถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิดโดยอาศัยตัวกลางพัดพาออกไป เช่น ลม กระแสน้ำ ทำให้ส่วนประกอบของมันเปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางและกาลเวลาที่ถูกพัดพาไป

ตามแผนภาพเมื่อฝนตกมาบนภูเขาซึ่งมีแต่ดินที่เกิดครั้งแรก (Residual Clay) อันเกิดจากการเปลี่ยนสภาพจากหินฟันม้าและดินเหล่านี้ถูกพัดพาไหลลงมาจากภูเขาซึ่งอาจมีแหล่งน้ำบางแห่งมีดินที่เกิดครั้งแรก (Residual Clay) บางส่วนตกตะกอนที่ก้นแอ่งเหล่านั้นเรียกดินที่ตกตะกอนนี้ว่า Sedimentary Clay ชั้นแรกจากนั้นกระแสน้ำจะพัดพาเอา Residual Clay พัดพาต่อไปตามพื้นราบขณะที่ไหลตามพื้นราบ พวกก้อนกรวด ก้อนหินโต ๆ จะตกตะกอนลงมารวมกันเป็นแหล่งหิน (Bed of Pebble and Gravel) กระแสน้ำยังคงไหลต่อไปเรื่อย ๆ ขณะที่กระแสน้ำไหลไปนั้นก้อนหินเล็ก ๆ ทรายและ Residual Clay เม็ดหยาบ ๆ จะตกตะกอนเป็นแอ่ง ๆ (Bed of Sand and Coarse Grain Clay) ที่เหลือจะไหลไปตามกระแสน้ำนั้นเป็นดินซึ่งมีอนุภาคเล็ก ๆ จะตกตะกอนในที่ซึ่งห่างไกลออกไปอีกเป็นแอ่งที่เรียกว่า แอ่งดิน Sedimentary Clay อย่างละเอียด (Bed of Fine Grain Clay) อนุภาคของดินซึ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำจะตกตะกอนที่ไกลๆออกไปอีกซึ่งอนุภาคของดินที่ได้จากการตกตะกอนมีขนาดเล็กมากมีเนื้อละเอียดมาก (Very Fine Grain Clay) เมื่อกระแสน้ำเปลี่ยนทางก็ได้แหล่งดินที่กว้างมากความหนาของดินนั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่อนุภาคของเม็ดดินเหล่านั้นตกตะกอนมาทับถมกัน Sediment Clay ถูกนำพาโดยตัวกลางต่าง ๆ จากกระบวนการการเปลี่ยนแปลงกาลอากาศ (Weathering) พอสรุปคุณสมบัติของ Sedimentary Clay ได้ดังนี้

2.1 ขนาดของอนุภาคเม็ดดินจะเล็กและละเอียดมากจึงทำให้มี ความเหนียวมากกว่า Residual Clay

2.2 ระหว่างทางที่ถูกนำพานั้นจะผสมรวมกับสิ่งเจือปนอื่น ๆ ได้แก่ Oxide ต่าง ๆ สารอินทรีย์ต่าง ๆ ทำให้สีของดินไม่ขาวมีความทนไฟต่ำ

2.3 มีการหดตัวเมื่อเผามากกว่า Residual Clay



แผนภาพแสดงการเกิด Residual Clay และ Sedimentary Clay

ชนิดของดิน (Type of Clays)

1.1 ดินขาว (Kaolin) คำว่า เกาลิน (Kaolin) เชื่อกันว่าได้มาจากภาษาจีน Kao-Ling ซึ่งหมายถึงที่สูง ๆ (High Ridge)[2] ซึ่งดินขาวนี้ได้ถูกนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในประเทศอังกฤษ เพราะมีความบริสุทธิ์สูง และในประเทศอังกฤษก็พบแหล่งดินขาวที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับดินขาว (Kaolin) จีนในแถบคอร์นวอลล์ (Corn Wall) เรียกกันว่า ไชนาเคย์ (China Clay) ซึ่งเป็นการให้เกียรติแก่ประเทศจีนที่พบ Kaolin เป็นครั้งแรกปัจจุบันก็ยังมีการใช้คำว่า China Clay กันเรื่อยมา อย่างไรก็ตามในที่นี้จะใช้เรียกชื่อดินขาว (Kaolin) เพียงอย่างเดียว ดินขาว (Kaolin) ที่เป็นสารประกอบของ Hydrous Aluminiun Silicate ดินขาวชนิดนี้คือดินที่เกิดอยู่ในแหล่งที่อยู่เดิมไม่ถูกตัวกลางพัดพาไปเกิดจากการแปรสภาพของหินฟันม้า (Feldspar) หินแกรนิต (Granite) โดยกระบวนการการเปลี่ยนแปลงกาลอากาศ (Weathering) โดยที่มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกที่แน่นอน ดินขาว (Kaolin) ที่บริสุทธิ์จะมีสูตรทางเคมีตามทฤษฎีคือ Al_2O_3 39.5% SiO_2 46.5% H_2O 14.0%[3] มีวิธีหาได้จากการคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของดินและการคำนวณสารประกอบของดินคิดเป็นเปอร์เซนต์ได้ดังนี้

ดินขาว (Kaolin) มีสูตรทางเคมีดังนี้ $Al_2O_3 . 2SiO_2. 2H_2O$

1. วิธีการคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของดิน
2. วิธีการคำนวณหาสารประกอบที่มีอยู่ในดินโดยคิดเป็นเปอร์เซนต์

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 เปิดตารางธาตุหาน้ำหนักโมเลกุลของสารแต่ละตัวได้ดังนี้

Al	มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ	26.97
Si	มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ	28.06
H	มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ	1.008
O	มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ	16.00

ขั้นที่ 2 คำนวณหาน้ำหนักของ Al_2O_3 SiO_2 และ H_2O ตามลำดับ

น้ำหนักโมเลกุลของ Al_2O_3 = (2xAl) + (3xO)

แทนค่า = (2x26.97) + (3x16)

เพราะฉนั้น Al_2O_3 หนัก = 101.94

น้ำหนักโมเลกุลของ SiO_2 = (Si) + (2x0)

แทนค่า = (28.06) + (2x16)

เพราะฉนั้น SiO_2 = 60.06

น้ำหนักโมเลกุลของ H_2O = (2xH) +(0)

แทนค่า = (2x1.008) + (16)

เพราะฉนั้น H_2O = 18.016

ดังนั้น น้ำหนักโมเลกุลของดิน = Al_2O_3 + (2xSiO_2) + (2xH_2O)

= 101.94+120.12+36.032

เพราะฉนั้นดินจะมีน้ำหนักโมเลกุล = 258.092

จากขั้นที่2[4]คำนวณหาสารประกอบที่มีอยู่ในดินคิดเป็นเปอร์เซนต์จากสูตรทางเคมีของดินที่มีสารประกอบ 3 ตัวด้วยกันคือ Al_2O_3 SiO_2 และ H_2O เอามาคิดเป็นร้อยละได้ดังนี้

$$Al_2O_3 = \frac{100}{258.092} \times 101.94$$

$$= 39.498\%$$

$$SiO_2 = \frac{100}{258.092} \times 120.12$$

$$= 46.542\%$$

$$H_2O = \frac{100}{258.092} \times 36.032$$

$$= 13.961\%$$

นอกจากนี้ยังสารประกอบอย่างอื่นที่เกิดตามธรรมชาติปะปนอยู่ด้วย เช่น เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แมกนีเซี่ยมออกไซด์ (MgO) ติตาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) และอัลคาไลน์ (Alkalies) ของโปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) ฯลฯ ผลวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์จึงแตกต่างไปจากสูตรทางทฤษฎี

ดังตัวอย่าง[6] ผลการวิเคราะห์ดินขาวที่ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง และตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง ที่ล้างแล้ว

สารประกอบ	ดินขาวจังหวัดระนอง (ร้อยละ)	ดินขาวจังหวัดลำปาง (ร้อยละ)
SiO_2	47.10	59.30
TiO_2	0.05	0.06
Al_2O_3	37.30	27.40
Fe_2O_3	0.88	0.89
CaO	0.04	0.13
MgO	0.05	0.20
K_2O	1.42	5.96
Na_2O	0.08	0.59
L.O.I	13.06	5.43

ดินขาว (Kaolin) เป็นดินที่มีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาวทั้งเมื่อแห้ง และเมื่อเผา เนื่องจากไม่มีสิ่งเจือปน (Impurities) คืออออกไซด์ (Oxide) ของโลหะต่าง ๆ เช่น เหล็กออกไซด์ Fe_2O_3 ถึงแม้มีเจือปน อยู่แต่ก็น้อยมาก

ดินขาวนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายทางรวมทั้งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเนื้อดินปั้น (Body) ของผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาว (Whiteware) ปกติ เมื่อใช้ผสมกับเนื้อดินปั้น

(Body) มักจะไม่ใช้ดินขาวอย่างเดียวต้องผสมดินเหนียวอื่น ๆ ลงไปด้วย เนื่องจากดินขาวโดยปกติไม่มีความเหนียว เนื่องจากมีอนุภาคของเม็ดดิน (Particle Size) โตและมีสารอินทรีย์ปนอยู่น้อย จึงทำให้ดินขาวไม่มีความเหนียว และดินขาวมีความทนไฟสูง (High Refractorines) เนื่องจากไม่มีตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) ที่เกิดจากสิ่งเจือปน (Impurities) เช่น โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) และโปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) ทำให้เผาแล้วเยิ้มตัวยาก (Vitrification)

นอกจากนี้ยังมีดินขาวอีกประเภทหนึ่งที่พบในประเทศไทย ที่มีลักษณะคล้าย ๆ กับดินขาว Kaolin ดินขาวชนิดนี้เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินปูนเรียกว่า ดินสอพอง หรือดินมาร์ล (Marl) ซึ่งเป็นสารประกอบของแคลเซี่ยมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) ดินขาวประเภทนี้ไม่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นได้ เนื่องจากเมื่อนำไปเผาแล้วจะแตกยุ่ย

แหล่งดินขาวที่สำคัญได้แก่ แหล่งดินขาวที่ ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง ตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง อำเภอตันหยงมัส จังหวัดนราธิวาส และตำบลเขาชะโงก จังหวัดนครนายก[6]

1.2 ดินดำ (Ball Clay) คือดินขาวที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิด (Sedimentary Kaolin) แล้วไปตกตะกอนทับถมอยู่ในอีกแห่งหนึ่ง ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่างขึ้นทำให้เกิดปริมาณของส่วนที่เป็นดินแท้ (Clay Substance) ขึ้นอีก ปกติแล้วแหล่งดินแบบนี้จะมีความสม่ำเสมอของเนื้อดินดีแต่ก็มีความเปลี่ยนแปลงอนุภาคของเม็ดดินอย่างมากขนาดของเม็ดดินจะเล็กลง จึงทำให้เกิดมีความเหนียวเพิ่มขึ้นรวมทั้งความทนไฟจะต่ำลงและมีสิ่งเจือปนอื่น ๆ ได้แก่ อินทรีย์สารเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ติตาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นต้นทำให้ความขาวของดินสู้ดินขาว (Kaolin) ไม่ได้ทั้งเมื่อแห้งและเผาแล้วมีความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Green Strength) สูงดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ดินเหล่านี้ร่วมกับดินขาว (Kaolin) เพื่อให้เนื้อดินปั้นเกิดความเหนียวง่ายต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทำให้ดินดำ(Ball Clay) มีความสำคัญไม่น้อยในอุตสาหกรรมเซรามิกส์

เหตุผลของการใช้ดินดำ (Ball Clay) ผสมลงในเนื้อดินปั้นของผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อดินปั้นสีขาว (Whiteware Body) เพื่อ

1.2.1 เพิ่มความสามารถที่จะนำไปใช้งานได้ของเนื้อดินปั้น (Body) เมื่อผสมน้ำแล้วให้เกิดความเหนียว โดยเฉพาะในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์บนแป้นหมุน (Throwing Method) และการขึ้นรูปด้วยมือ (Hand Forming Method)

1.2.2 เพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เมื่อแห้งช่วยลดในการสูญเสียในการจับต้องเคลื่อนย้ายไปมา

1.2.3 ช่วยเพิ่มการไหลตัว (Fluidity) ในเนื้อดินปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดิน (Slip Casting)

1.2.4 ดินดำ (Ball Clay) มีสิ่งเจือปนได้แก่ วัตถุที่เป็นอินทรีย์สาร (Organic Material) และตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) บางชนิดซึ่งช่วยลดอุณหภูมิในการเผาให้ต่ำลง เพื่อทำให้เนื้อดินนั้นสุกตัว[7]

ข้อเสียของดินดำ (Ball Clay) โดยทั่ว ๆ ไปแล้วดินดำมักจะประกอบด้วยสิ่งเจือปนหลาย ๆ อย่าง เช่น เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ติตาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เมื่อเผาแล้วสีไม่ค่อยขาวนัก ในการใช้ดินดำเพียงเล็กน้อยจะลดความโปร่งแสงของเนื้อดินปั้น (Body) ให้ต่ำลง ปกติแล้วจะหลีกเลี่ยงการใช้ดินดำในเนื้อดินปั้นที่ต้องการความโปร่งแสงมาก ๆ และมีการหดตัวเมื่อแห้งสูง

ลักษณะของดินดำโดยทั่ว ๆ ไปที่สำคัญคือ มีเม็ดผลึก (Crystal Size) เล็กกว่าดินขาวมากทำให้เกิดการเกาะตัวระหว่างผลึกดีขึ้นดินดำมีความเหนียวมาก แร่ธาตุอื่น ๆ ซึ่งพบได้ในดินดำเช่น หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) ไมกา (Mica) และเหล็กซัลไฟด์ (Ferrous Sulphide, FeS) แต่จะมีหินฟันม้า (Feldspar) เจือปนอยู่น้อยมาก

แหล่งดินดำที่สำคัญได้แก่ แหล่งดินดำ อำเภอบ้านนาสาร อำเภอเวียงสระ อำเภอกาญจนะดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี อำเภอวังเหนือ อำเภอแม่เมาะ อำเภอห้างฉัตร อำเภอแจ้ห่ม และอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ซึ่งดินดำจังหวัดสุราษฎร์ธานีนี้มีลักษณะเป็นสีดำเข้มมากกว่าดินดำลำปาง แต่ดินดำลำปางสามารถนำไปใช้ผสมเป็นเนื้อดินปั้นได้หลากหลายกว่าในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

1.3 ดินทนไฟ (Fire Clay) เป็นดินที่มีโครงสร้างหยาบสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ไม่ต่ำกว่า 1,500 องศาเซลเซียส ดินทนไฟนี้บางแหล่งจะเป็นดินที่มีความเหนียวสูง หรือมีความเหนียวต่ำ มีลักษณะเป็นสีดำ เทา เหลือง น้ำตาล และขาว ดินทนไฟสามารถแบ่งประเภทออกได้ดังนี้

1.3.1 ดินขาว (Kaolin) เป็นดินที่ทนต่ออุณหภูมิถือว่าเป็นดินทนไฟชนิดหนึ่ง

1.3.2 ฟลิ้นไฟเคย์ (Flint Fire Clay) เป็นดินทนไฟที่มีสารประกอบของซิลิก้า (Silica) สูง มีความแข็งสูงหลังจากการเผา

1.3.3 ดินทนไฟที่มีความเหนียว (Plastic Fire Clay) เป็นดินทนไฟที่มีความเหนียวสูงสามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ง่าย

1.3.4 ดินทนไฟที่มีสารประกอบอลูมินาสูง (High Alumina Clay) ดินทนไฟชนิดนี้เป็นดินทนไฟที่มีสารประกอบของอลูมินาสูง ก็คือสารประกอบของแร่ยิปไซด์ (Gibbsite,$Al_2O_3 . 3H_2O$) บ๊อกไซด์ (Bauscite, $Al_2O_3 . . 2H_2O$) และไดสปอร์ (Diaspore, $Al_2O_3 . H_2O$)[9]

ดินทนไฟนี้ส่วนใหญ่จะไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อิฐทนไฟ ส่วนต่าง ๆ ของเตาเผา และใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (Stoneware Body) ก็ได้

แหล่งดินทนไฟได้แก่ แหล่งตำบลโคกไม้ลาย อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง ตำบลบ้านนา อำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นต้น[10]

1.4 ดินเบนโตไนท์ (Bentonite) เป็นดินซึ่งแตกต่างออกไปจากดินธรรมดาใช้เพียงเล็กน้อยผสมในเนื้อดินปั้นเพื่อเพิ่มความเหนียว เนื่องจากดินชนิดนี้มีความเหนียวมากคือ ความเหนียวของดินเบนโตไนท์ 1 ส่วนจะมีความเหนียวเท่ากับดินดำ (Ball Clay) ถึง 10 เท่า ดินเบนโทไนท์เกิดจากฝุ่นละอองที่พุ่งออกจากปล่องภูเขาไฟ เนื่องจากการระเบิดของภูเขาไฟ ดินชนิดนี้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยซิลิกา (Sillica) จะใช้ร้อยละ 1 ถึง 3 ผสมลงไปในเคลือบ (Glaze) ที่ไม่ใช้ดินผสมในสูตรเคลือบ เพื่อเป็นการช่วยให้น้ำเคลือบติดผลิตภัณฑ์ดีขึ้น โดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณภาพของเคลือบ

การใช้เบนโทไนท์ผสมกับเนื้อดินปั้น (Body) อื่น ๆ และเคลือบจะต้องผสมในตอนแห้งก่อนแล้วถึงเติมน้ำทีหลังทำให้เนื้อดินปั้นหรือน้ำเคลือบมีความเหนียวสม่ำเสมอกัน

1.5 ดินเอิร์ทเธนแวร์ (Earthenware Clay or Red Clay) ดินเอิร์ทเธนแวร์เป็นดินที่ถูกพัดพาไปจากแหล่งกำเนิด (Sedimentary Clay) อย่างหนึ่งมีความทนไฟต่ำประมาณอุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ถึง 1,100 องศาเซลเซียส ใช้กันมากสำหรับช่างปั้นในสมัยแรก ๆ เนื่องจากเป็นดินซึ่งมีตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) อยู่มากรวมทั้งมีสารประกอบของเหล็กอยู่มากด้วยซึ่งไม่ค่อยใช้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องการเนื้อผลิตภัณฑ์สีขาวและเผาในอุณหภูมิสูงจะใช้กับผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่คำนึงถึงสีของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ทำอิฐก่อสร้างชนิดต่าง ๆ ทำภาชนะหม้อดิน กระถางต้นไม้ และใช้ทำกระเบื้องประดับชนิดไม่เคลือบ เป็นต้น บางครั้งจะพบดินเอิร์ทเธนแวร์ ในลักษณะที่เรียกว่า ดินดาล (Shale) ซึ่งเกิดจากดินทับถมอยู่ในแอ่งน้ำเมื่อเวลาผ่านไปประกอบกับปฏิกริยาเคมีและความกดดันของดิน ซึ่งทับถมกันนั้นอัดให้อนุภาคของดินเหล่านั้นติดกันอยู่ในสภาพแข็งแรง เรียกว่า ดินดาล (Shale) นั้นเองมีลักษณะแข็งคล้ายหิน

การใช้ดินดาลต้องขุดขึ้นมาแล้วนำไปบดให้เป็นผงละเอียดนั้นต้องเอาก้อนหินเล็ก ๆ ออกไปเหลือแต่ผงดินเท่านั้น เนื่องจากก้อนหินเล็ก ๆ เหล่านั้นอาจจะเป็นผล

เสียภายหลังเช่น ทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร้าวได้ภายหลัง เนื้อดินเอิร์ทเธนแวร์ มีความพรุนตัว (Porosity) เฉลี่ยประมาณร้อยละ 5 ถึง 15 เนื่องจากมีตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) ต่าง ๆ อยู่มากจะทำให้เกิดลักษณะการสุกตัว (Vitreous) เป็นเนื้อเดียวกันในอุณหภูมิที่ต่ำ ถ้าเผาอุณหภูมิเกิน 1,100 องศาเซลเซียส - 1,150 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลิตภัณฑ์ยุบตัวได้ ดินเอิร์ทเธนแวร์ชนิดเดียวกันเกิดในแหล่งเดียวกัน แต่อยู่คนละตำแหน่งก็จะมีส่วนประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปได้โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ดินเอิร์ทเธนแวร์มักจะประกอบด้วยสารซัลเฟต (Sulphate) ละลายน้ำได้ และจะออกมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์ในขณะที่แห้งเมื่อเผาผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะเกิดจุดขาว ๆ หรือฝ้าขาว ๆ อันเนื่องจากสารประกอบซัลเฟต (Sulphate) ผลเสียอันนี้จะแก้ไขได้โดยการเติมสารประกอบแบเรี่ยมคาร์บอเนต (Barium Carbonate) ประมาณร้อยละ 2

แหล่งดินเอิร์ทเธนแวร์ มีอยู่ทั่วไปทุกจังหวัดได้แก่ ดินท้องนา ดินพื้นบ้านทั่วไปที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน ไฟต่ำ เช่น ดินปากเกร็ด ดินอยุธยา ดินสิงห์บุรี เป็นต้น[11]

1.6 ดินสโตนแวร์ (Stoneware Clay) ดินสโตนแวร์มีลักษณะที่มาคล้ายกับดินดำ (Ball Clay) จะมีความเหนียวดี เมื่อแห้งมีความแข็งแรง เมื่อเผาในอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้วจะไม่มีความพรุนตัว (Non Porous) ส่วนประกอบของดินจะประกอบไปด้วยดินขาว (Kaolin) ซิลิกา (Silica) และหินฟันม้า (Feldspar) ถ้ามีสารประกอบของเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ติตาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) มาก ๆ แล้วจะทำให้เกิดสีน้ำตาลอ่อน สีครีม และสีเหลืองฟาง ถ้ามีปริมาณของ Alkalies ($K_2O + Na_2O$) อยู่มากทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เผาออกมาไม่มีความพรุนตัว

การใช้ดินสโตรแวร์จะใช้เป็นตัวเดี่ยว ๆ เพื่อทำเนื้อดินปั้น (Body) ก็ได้หรือจะเติมวัตถุดิบอื่น ๆ ผสมลงไปอีกเพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่ต้องการ

เนื่องจากดินสโตร์แวร์ มีเหล็กอยู่มากประมาณ ร้อยละ 1-6 จึงไม่สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวได้

ดินสโตนแวร์จะเผาในอุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส - 1,350 องศาเซลเซียส สีของผลิตภัณฑ์ที่เผาขึ้นกับบรรยากาศในเตาเผา ดินสโตนแวร์พบในแหล่งกระจัดกระจายทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบกับดินขาวแล้วส่วนประกอบของดินสโตนแวร์ก็จะเปลี่ยนไปตามชนิดของดินนั้น ๆ ปัจจุบันไม่ค่อยพบว่าการใช้ดินสโตนแวร์เพียงอย่างเดียวเพื่อใช้ในการทำเนื้อดินปั้น จะพบว่าจะต้องมีการผสมด้วยวัตถุดิบตัวอื่น เช่น ดินเอิร์ทเธนแวร์ ดินดำ ดินขาว ซิลิกา หรือหินฟันม้า เพื่อให้เหมาะสมกับวิธีการขึ้นรูปและต้องการให้ได้อุณหภูมิที่เผา สี โครงสร้างเป็นไปตามความต้องการอีกด้วย

แหล่งดินสโตนแวร์ได้แก่แหล่งดินที่จังหวัดลำปาง จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดราชบุรี จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดปราจีนบุรี [12]

1.7 สลิปเคย์ (Slip Clay) เป็นดินที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติประกอบด้วยตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) ในปริมาณมากมายซึ่งทำให้สลิปเคย์เหล่านั้นทำหน้าที่ เช่น เคลือบ (Glaze) ก็ได้โดยไม่ต้องเติมสารอะไรลงไปอีก

สลิปเคย์จะมีสีขาวหรือสีน้ำเงินเป็นส่วนน้อย ส่วนมากจะมีสีน้ำตาล (Tan) สีแดงอิฐ (Brick Red) จนกระทั่งสีน้ำตาลดำ (Black Brown) สลิปเคย์เหล่านี้เผาในช่วงอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส - 1,300 องศาเซลเซียส ที่มีชื่อเสียงได้แก่ อัลบานี่สลิปเคย์ (Albany Slip Clay) ซึ่งอยู่ในเขตอัลบานี่ นิวยอร์ก (Albany New York)

ดังตัวอย่าง[13]ผลวิเคราะห์ทางเคมีของอัลบานี่สลิปมีดังนี้

สารประกอบ	ร้อยละ
SiO_2	55.60
Al_2O_3	14.80
Fe_2O_3	5.80
CaO	5.70
MgO	2.48
K_2O	3.23
Na_2O	1.07
MnO	0.14
P_2O_5	0.15
H_2O	5.18
CO_2	4.94

2. วัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียว วัตถุดิบประเภทไม่มีความเหนียวส่วนใหญ่ได้แก่พวก หินชนิดต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของหินนั้น ซึ่งหินต่าง ๆ เหล่านี้มีความสำคัญเพราะต้องนำมาผสมลงไปในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบเพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบที่มีคุณภาพตามความต้องการที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดนั้น ๆ ตามวัตถุประสงค์

โดยวัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียวที่สำคัญสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ได้แก่

2.1 หินฟันม้า (Feldspar) หินฟันม้าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญใช้ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายหรือตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) นำมาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบเพื่อเป็นตัวช่วยหลอมละลายวัตถุดิบอื่น ๆ ให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง หิน

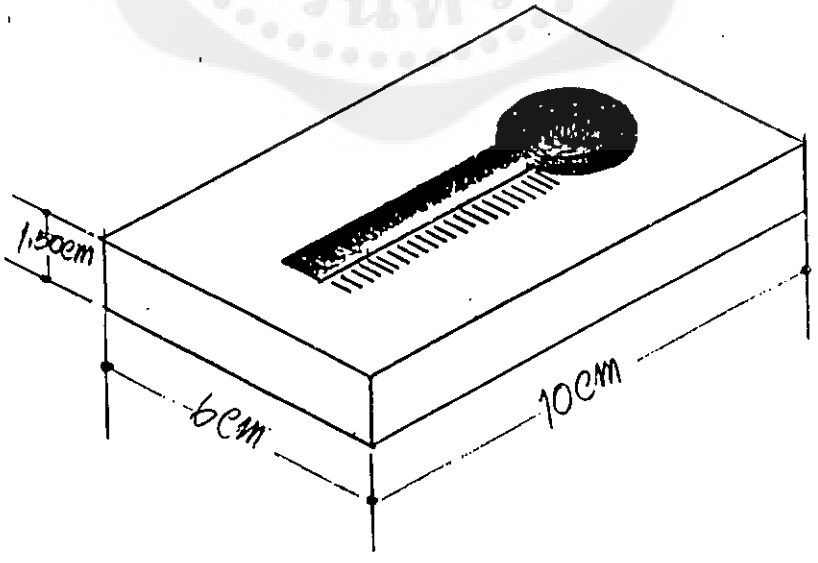
ฟันม้าเป็นวัตถุดิบหลักชนิดหนึ่งที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ หินฟันม้าเป็นสารประกอบของอัลคาไลน์ อลูมิเนียม ซิลิเกต (Alkaline Aluminium Silicate) หินฟันม้าจะเป็นสารประกอบที่ใช้สะดวกที่สุดเมื่อต้องการเติมสารจำพวกอัลคาไลน์ (Alkalies) ที่เป็นสารประกอบในหินฟันม้าได้แก่ โปแตสเซี่ยมออกไซด์ (K_2O) โซเดี่ยมออกไซด์ (Na_2O) และสารจำพวกอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline Earths) ที่เป็นสารประกอบในหินฟันม้าเช่นกันได้แก่ แคลเซี่ยมออกไซด์ (CaO) แบเรียมออกไซด์ (BaO) ซึ่งไม่ละลายน้ำเนื่องจากอัลคาไลน์ (Alkalies) ที่อยู่ในหินฟันม้าจะมีก้อนโตแต่ถ้าเป็นผงละเอียดแล้วอาจละลายน้ำได้บ้างปริมาณของอัลคาไลน์ (Alkalies) ในหินฟันม้าจะต่ำลงได้ถ้าบดหินฟันม้าเหล่านั้นโดยวิธีบดเปียก อัลคาไลน์ (Alkalies) บางส่วนจะลายไปกับน้ำ อัลคาไลน์ (Alkalies) ที่มีอยู่ในหินฟันม้าจะลดจุดหลอมตัวของหินฟันม้าเหล่านั้นให้ต่ำลงดังนั้นเมื่อมีหินฟันม้าอยู่ในส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบจะทำให้เนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบนั้นมีอุณหภูมิในการเผาต่ำลง เนื่องจากหินฟันม้าหลอมตัวได้ง่าย เมื่อหลอมตัวแล้วมีลักษณะเป็นแก้ว เมื่อเผาจะเป็นของเหลวอุณหภูมิซึ่งหินฟันม้าอ่อนตัวและหลอมเหลวนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ ชนิด และปริมาณของสารจำพวกอัลคาไลน์ (Alkalies) ได้แก่ โปตัสเซี่ยมออกไซด์ (K_2O) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) และสารจำพวกอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline Earths) ได้แก่ แคลเซี่ยมออกไซด์ (CaO) แบเรี่ยมออกไซด์ (BaO) รวมทั้งสิ่งเจือปนต่าง ๆ และขนาดของอนุภาคหินฟันม้านั้นด้วย

คุณสมบัติโดยทั่ว ๆ ไปของหินฟันม้ามีดังนี้คือ เมื่อหลอมตัวแล้วมีลักษณะมันคล้ายไข่มุก (Pearly Luster) สิ่งที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนต่าง ๆ จากสีขาว สีครีม สีชมพู สีเหลืองน้ำตาล สีเทา สีเขียว และออกสีน้ำเงิน อาจโปร่งใส หรือมีลักษณะขุ่น ๆ ก็ได้ รอยแตก (Fracture) ของมันจะมีลักษณะคล้ายแก้วทั่ว ๆ ไป และเป็นตัวหลอมละลาย (Flux) ที่อุณหภูมิสูงหินฟันม้ามีอยู่ด้วยกันหลายชนิดแต่ที่ใช้มากในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ได้แก่

2.1.1 Potash Feldspar ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) ชื่อสามัญ Orthoclase หรือ Microline มีจุดหลอมตัว (Melthing Point) ที่อุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เพราะมีช่วงเยิ้มตัวยาวกว่า Soda Feldspar

2.1.2 Soda Feldspar ($Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) ชื่อสามัญ Albite มีจุดหลอมตัว (Melthing Point) ที่อุณหภูมิประมาณ 1,170 องศาเซลเซียส ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นหรือน้ำเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และใช้เป็นวัตถุดิบหลักในส่วนผสมของการผลิตแก้วชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจาก Sada Feldspar เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) ที่ดีกว่า Potash Feldspar

2.1.3 Lime Feldspar ($CaO.Al_2O_3.2SiO_2$) ชื่อสามัญ Anorthite มีจุดหลอมตัว (Melthing Point) ที่อุณหภูมิประมาณ 1,550 องศาเซลเซียส ถ้าใช้มากในน้ำเคลือบจะเป็นตัวทำให้ทนไฟ อนึ่งหินฟันม้าที่จะนำไปใช้จะต้องมีการทดสอบหาจุดหลอมตัว โดยวิธีการ Fulx Block Test ซึ่งทำมาจากดินผสมดินเชื้อ (Grog) ในปริมาณพอสมควรทำให้ดินมีความแข็งแกร่งและมีความทนไฟเพิ่มขึ้นแล้วทำให้มีรูปร่างดังแผนภาพ



แผนภาพ Flux Block Test

วิธีทำ Flux Block Test นำดินที่เตรียมไว้นำมาอัดเป็นแผ่นขนาดกว้าง 6 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ขุดเป็นรูปทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตรลึกลงไปเป็นแอ่งกะทะจุดศูนย์กลางลึกสุด 0.75 เซนติเมตร ต่อจากนั้นขุดเป็นแอ่งกะทะเชื่อมต่อลงมาเป็นร่องตรงยาวลงมาขนาด 4 เซนติเมตร ร่องลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วขีดเส้นเครื่องหมายขนาดตามร่องลงมาขนาดความถี่ 0.2 เซนติเมตร เมื่อแห้งแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เสร็จแล้วนำ Flux Block Test อันนี้มาอัดผงหินฟันม้าลงไปตรงแอ่งกระทะเฉพาะด้านบนสุดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ให้แน่นแล้วนำมาเผาโดยให้ Flux Block Test เอียงจากแนวดิ่งทำมุม 45 องศา โดยให้ส่วนที่อัดผงหินฟันม้าอยู่ด้านบนเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส เพื่อให้หินฟันม้าที่ทดลองหลอมตัวเป็นของเหลว ไหลลงมาตามร่อง แล้วตรวจสอบดูความยาวของหินฟันม้าที่ไหลตัวลงมามากน้อยเท่าไร หินฟันม้าที่ไหลตัวได้ยาวแสดงว่ามีความบริสุทธิ์สูงกว่าหินฟันม้าที่ไหลตัวได้สั้น ๆ นอกจากนี้ Flux Block Test ยังสามารถทดสอบการไหลตัวของเคลือบได้อีกด้วย

แหล่งหินฟันม้าที่สำคัญได้แก่ อำเภอจอมทอง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี และอำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก เป็นต้น[14]

2.2 หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz, Silica, Flint, SiO_2) เป็นแร่ที่พบตามพื้นที่ผิวเปลือกโลก (Earth's Crust) มากที่สุดพบอยู่โดยทั่ว ๆ ไปในรูปของทราย (SiO_2) และเป็นสารประกอบของหินชนิดต่าง ๆ เช่น หินอัคนี (Igneous Rock) แกรนิต (Granite) เพกมาไตท์ (Pegmatite) หินฟันม้า (Feldspar) และสารประกอบในดิน (Clay. $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) เป็นต้น

คุณสมบัติโดยทั่ว ๆ ไปของหินเขี้ยวหนุมาน ซิลิก้า หรือฟลิ้น มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,710 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมลงในเนื้อดิน

ปั้น และน้ำเคลือบเพื่อช่วยให้เนื้อดินปั้นเกิดความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น มีความทนไฟสูงขึ้น หดตัวน้อยลง ลดการบิดเบี้ยว และช่วยให้เกิดเป็นแก้วในเนื้อดินปั้นและ น้ำเคลือบที่มีความโปร่งแสงทนต่อการกัดกร่อนได้ดี

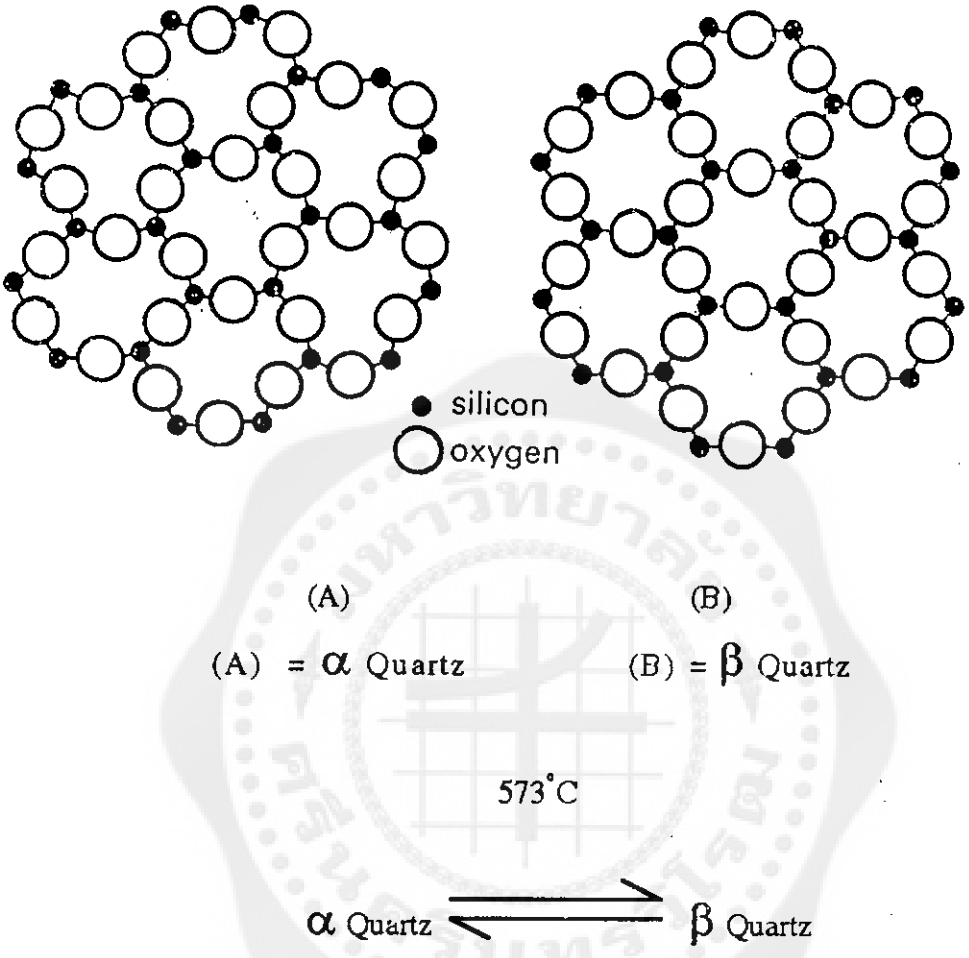
การควบคุมขนาดอนุภาคของหินเขี้ยวหนุมานหรือทราย (SiO_2) ที่ใช้ผสมลงในเนื้อดินปั้นมีความสำคัญมากเมื่อเวลาแห้งและเวลาเผาจะทำให้เกิดผลบางอย่างต่อเนื้อดินปั้น เช่น ในเนื้อดินปั้นที่มีทราย (SiO_2) ละเอียดมาก ๆ ผสมอยู่เมื่อรวมกับสารที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) ต่าง ๆ จะทำให้ขุดหลอมตัวของเนื้อดินปั้นนั้นใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำลงเกิดการกลายเป็นแก้วได้ง่าย ทำให้เนื้อดินปั้นที่ทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้วเกิดการยุบตัวได้ดังนั้นทรายที่ใช้จะต้องไม่หยาบหรือละเอียดเกินไปและการควบคุมปริมาณในการใช้ถ้าใส่ลงไปในเนื้อดินปั้นมากเกินไปจะทำให้เนื้อดินปั้นนั้นมีความเหนียวน้อยลงยากต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ทำให้เพิ่มสัมประสิทธิการขยายตัวมากขึ้น มีผลต่อการแตกร้าวเสียหายของผลิตภัณฑ์ด้วย อัตราส่วนที่นิยมใช้ผสมลงไปเนื้อดินปั้นคือร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 20

แหล่งหินเขี้ยวหนุมานที่สำคัญได้แก่ จังหวัดจันทบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดสงขลา[15] อนึ่งสารประกอบของซิลิก้า (SiO_2) มีอยู่ 3 รูปด้วยกันคือ ควอตซ์ (Quartz) ทริไดไมต์ (Tridymite) และคริสโตบาไลต์ (Cristobalite) รูปของ Tridymite และCristobalite ซิลิก้าทั้งสองชนิดนี้ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปของหินเขี้ยวหนุมาน (Quartz Inversion) เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจัดเรียงอะตอม (Atom) จากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งรูปแต่ละรูปจะสามารถคงสภาพอยู่ได้ในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เรียกว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของหินเขี้ยวหนุมาน (Quartz Inversion) หรือการเปลี่ยนแปลงรูปของซิลิก้า (SiO_2) มี 2 แบบด้วยกันคือ

2.2.1 เป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในรูปที่คงตัวที่อุณหภูมิต่ำ อัลฟา (α) ไปเป็นรูปที่มีอุณหภูมิสูง เบต้า (β) (Fast low - High Inversion) คือจาก α เป็น β

สารประกอบของซิลิก้า (SiO_2) มีอยู่ 3 รูปด้วยกันคือ Quartz - Tridymite Cristobalite ซึ่งแต่ละรูปยังแบ่งออกเป็นรูปที่อุณหภูมิต่ำ α และรูปที่มีอุณหภูมิสูง β เช่น α Quartz - β Quartz ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปหนึ่งนั้น สามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ (Reversible) อย่างรวดเร็ว เพราะว่ามิใช่เกิดการแตกของแขนที่เชื่อมโยง (Bond Angle) ระหว่างซิลิกอน (Silicon) กับออกซิเจน (Oxygen) การเปลี่ยนแปลง α เป็น β หรือ β เป็น α ที่จริงแล้วมันเกิดการเปลี่ยนแปลงของมุมที่แขนเชื่อมโยง (Bond Angle) และเปลี่ยนระยะห่างของอะตอมซิลิกอน (Silicon) กับออกซิเจน (Oxygen) ไปเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงรูปจาก α Quartz เป็น β Quartz หรือ β Quartz เป็น α Quartz มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เนื่องจาก α Quartz เปลี่ยนเป็น β Quartz เกิดที่อุณหภูมิ 573 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การขยายตัวเพิ่มหรือลดร้อยละ 2 อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้

$$\alpha \text{ Quartz} \underset{-2\%}{\overset{+2\%,\ 573^{\circ}C}{\rightleftharpoons}} \beta \text{ Quartz}$$



แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ Quartz เมื่อได้รับความร้อน 573 องศาเซลเซียส
(จาก W.E. Worrall "Raw Materials" Maclaren and Sons LTD., 1964)

2.2.2 เป็นการเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่งอย่างช้า ๆ (Slower Changes Form One Polymorph) รูปผลึกของซิลิก้า (SiO_2) มีรูป 3 รูปผลึก คือ Quartz - Tridymite - Cristobalite แต่ละรูปจะคงตัว (Stable) ที่ช่วงอุณหภูมิอันหนึ่งเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปจากนั้นจะเปลี่ยนรูปเป็นคงตัวที่ช่วงอุณหภูมินั้น ๆ แต่ก็ยังมีบางส่วน

ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง เหตุที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปรากฏ ณ อุณหภูมิที่ไม่คงตัว เนื่องจากรูปหนึ่งไปอีกรูปหนึ่งเป็นไปได้ยากเช่น การเปลี่ยนแปลงจาก Quartz เป็น Tridymite และจาก Tridymite เป็น Cristobalite เพราะเป็นการแตกทำลายของแขน (Bond) ที่เชื่อมโยงระหว่าง ซิลิกอน (Si) กับออกซิเจน (O) แล้วมีการจัดเรียงอะตอม (Atom) เข้าด้วยกันใหม่อีกครั้งหนึ่ง (Reconstruction) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงชนิดนี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและเมื่อเวลาเกิดจะต้องเริ่มที่ผิวของผลึกเสียก่อนแล้วจึงค่อย ๆ เปลี่ยนลึกเข้าไปสู่ใจกลางของผลึกการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ปริมาตรจะเปลี่ยนไปอย่างมากด้วยเหตุดังกล่าวนี้จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้เป็นไปอย่างช้า ๆ และทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีซิลิกามากจะมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและจะหดตัวอย่างรวดเร็วในขณะที่ปล่อยให้เย็นลงผ่านช่วงอุณหภูมิที่ลดลง

ตารางแสดงอุณหภูมิแต่ละรูป (Form) ที่ซิลิกา (SiO_2) คงรูปอยู่ได้[16]

Low Quartz (α) คงรูป ณ อุณหภูมิห้องจนกระทั่งถึง 573 องศาเซลเซียส

High Quartz (β) คงรูปจากอุณหภูมิ 573 องศาเซลเซียสจนถึง 870 องศาเซลเซียส และสามารถจะมีอยู่ได้อุณหภูมิสูงกว่า 870 องศาเซลเซียส แต่มันจะไม่คงรูป

Low Tridymite (α) สามารถที่จะปรากฏอยู่ได้ ณ อุณหภูมิห้องจนถึง 117 องศาเซลเซียส แต่มันจะไม่คงรูป

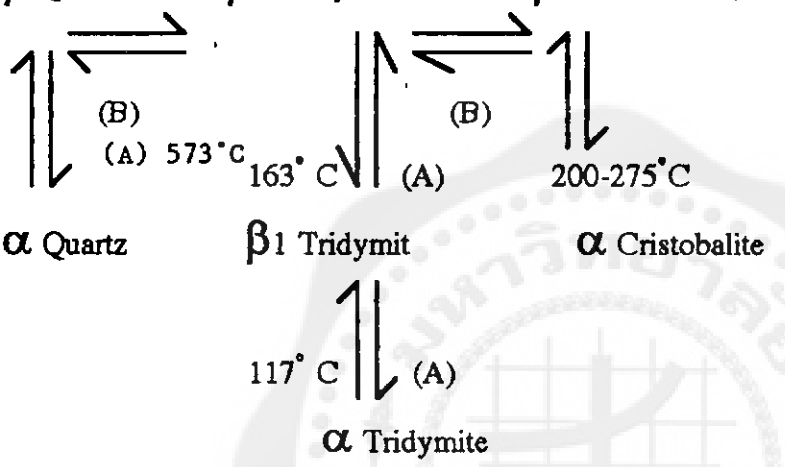
Middle Tridymite Quartz (β1) สามารถปรากฏอยู่ได้อุณหภูมิ 163 องศาเซลเซียส แต่ไม่คงรูป

High Tridymite Quartz (β2) สามารถที่จะปรากฏอยู่ได้อุณหภูมิสูงกว่า 160 องศาเซลเซียส และจะคงตัวอยู่ได้อุณหภูมิ 870-1,440 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,470 องศาเซลเซียส จะไม่คงรูปและ Tridymite จะหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,670 องศาเซลเซียส

Low Cristobalite (α) สามารถที่จะปรากฏตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 163 องศาเซลเซียส จนถึง 200-275 องศาเซลเซียส แต่จะไม่คงรูป

High Crisotbalite (β) สามารถที่จะปรากฏตัวอยู่ได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 200-275 องศาเซลเซียสและจะคงตัวอยู่ได้ที่อุณหภูมิ 1,470-1,710 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิ 1,710 องศาเซลเซียสจะเป็นจุดหลอมตัวของซิลิก้า (SiO_2)

จากข้อความที่กล่าวแล้วนั้นเขียนแสดงได้ตามแผนภาพดังต่อไปนี้



(A) เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ 2.2.1

(B) เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ 2.2.2

2.3 ทัลค์ และสตีลไทท์ (Talc & Steatite) เป็นสารประกอบของ Hydrated Magnesium Silicate โดยมีสูตรทางเคมีคือ

- Talc ($3MgO.4SiO_2.H_2O$)
- Steatite ($4MgO.5SiO_2.H_2O$)

ตามทฤษฎีทัลค์ มีสารประกอบดังนี้ มีแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 31.7 เปอร์เซนต์ ซิลิก้า (SiO_2) 63.5 เปอร์เซนต์ และน้ำ 4.8 เปอร์เซนต์[17] ส่วนสตีทไทท์มีสารประกอบดังนี้ มีแมกนีเซียมออกไซด์ (Mgo) 33.5 เปอร์เซนต์ ซิลิก้า 62.70 เปอร์เซนต์ และน้ำ 3.8 เปอร์เซนต์[18] มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิโดยประมาณ 1,490 องศาเซลเซียส มีลักษณะผิวลื่นคล้ายสบู่ จึงมีอีกชื่อหนึ่งว่าหินสบู่ (Soap Stone)

สตีทไทท์ (Steatite) จะมีเนื้อแน่นเป็นแร่ทุติยภูมิเกิดจากกการผุสลายเปลี่ยนสภาพของแร่พวกแมกนีเซียมซิลิเกต เช่น โอลีวีน (Olivine) ไพรอกซีน (Pyroxene) ใช้เป็นวัตถุดิบหลักที่ผสมลงไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ทำฉนวนไฟฟ้าชนิด Steatite Insulators ในปริมาณ ร้อยละ 70-90 ใช้ในผลิตภัณฑ์กระเบื้องบุผนังปริมาณ ร้อยละ 40-50 ใช้ในผลิตภัณฑ์ภาชนะใส่อาหารปริมาณ ร้อยละ 5-10 ใช้ทำวัสดุทนไฟ เช่น แผ่นรองผลิตภัณฑ์ในเตาเผาประเภทคอร์เดียไรท์ (Cordierite) สูตรทางเคมีคือ $2MgO.2Al_2O_3.5SiO_2$ เพราะเป็นวัตถุดิบที่ผสมลงในเนื้อดินปั้นเพื่อช่วยให้ลดจุดหลอมละลาย ทนต่อการกัดกร่อนของกรด ด่าง ป้องกันการรานตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์และน้ำเคลือบทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว เพิ่มความแข็งแรง

2.4 ไพโรฟิลไลท์ (Phyrophillite) เป็นสารประกอบของ Hydrous Aluminium Silicate ($Al_2O_3.4SiO_2.H_2O$) ตามทฤษฎีไพโรฟิลไลท์ มีสารประกอบดังนี้ อลูมินา (Al_2O_3) 28.3 เปอร์เซนต์ ซิลิก้า 66.7 เปอร์เซนต์ และน้ำ 5.0 เปอร์เซนต์[19] มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิโดยประมาณ 1,700 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายกับดิน (Kaolin) เพียงแต่มีสารประกอบซิลิก้า (SiO_2) มากกว่าดินนี้เองจึงทำให้ไม่มีความเหนียวและนุ่มเมื่อผสมกับน้ำแต่สามารถนำมาใช้แทนดิน หินเขี้ยวหนุมานและหินฟันม้าได้ โดยการนำไปใช้ในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบนิยมนำผสมในการผลิตภัณฑ์ประเภทอุปกรณ์ฉนวนไฟฟ้า วัตถุทนไฟ และอิฐทนไฟที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (Acid Brick) เพราะมีคุณสมบัติทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วมีเปอร์เซนต์การหดตัวต่ำเพิ่มความแข็งแกร่งภายหลังจากการเผา

2.5 เน็บพไลน์ไซไนท์ (Nepheline Syenite) เป็นหินอัคนี (Igneous Rock) ชนิดหนึ่งส่วนประกอบจะมีแร่ไมโครไคลน์ (Microcline) และแอลไบท์ (Albite) อยู่ในสูตรส่วนประกอบทางเคมีคือ ($KO_2.3NaO_2.4Al4_2O_3.9SiO_2$)

ตามทฤษฎีเน็บพไลน์ไซไนท์ มีสารประกอบดังนี้ มีโปแตส (K_2O) 7.67 เปอร์เซนต์ โซดา (Na_2O) 15.14 เปอร์เซนต์ อลูมินา (Al_2O_3) 33.19 เปอร์เซนต์ และซิลิกา (SiO_2) 44.0 เปอร์เซนต์[20]

มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นวัตถุดิบที่ใช้แทนบางส่วนของหินฟันม้า ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อผลิตภัณฑ์เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้องปูพื้น และกระเบื้องฝาผนัง เป็นต้น เพราะจะทำให้สูตรส่วนผสมของเนื้อผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีจุดหลอมตัวต่ำลง

2.6 เถ้ากระดูก (Bone Ash) มีสูตรทางเคมีคือ $4Ca_3(PO_4)_2CaCo_3$ เป็นวัตถุดิบที่ได้จากการนำเอากระดูกของสัตว์ เช่น วัว ควาย ไปทำการเผา (Calcined) ในอุณหภูมิประมาณ 900-1,050 องศาเซลเซียส แล้วนำมาบดให้ละเอียด ในขี้เถ้ากระดูกจะมีส่วนประกอบของแคลเซี่ยมฟอสเฟต และแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ในขณะเดียวกันแคลเซี่ยมฟอสเฟต นอกจากจะได้จากขี้เถ้ากระดูกแล้วยังได้จากแร่อาพาไทท์ (Apatite) หรือไตรแคลเซี่ยมฟอสเฟต (Tricalcium Phosphate) มีสูตรทางเคมีคือ $CaF_2.3Ca_3(PO_4)_2$

เถ้ากระดูกเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของสูตรส่วนผสมในเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความขาวและโปร่งแสงได้คือ ผลิตภัณฑ์จำพวกโบนไชน่า (Bone China) ได้แก่ ถ้วย ชาม ชุดกาแฟอย่างดี และเนื้อผลิตภัณฑ์จำพวกนี้จะมีความบางมากแต่แข็งแกร่ง

คุณสมบัติเฉพาะของเถ้ากระดูกคือ เป็นตัวลดจุดหลอมละลายในอุณหภูมิสูงคือ 1,300 องศาเซลเซียส

2.7 แคลเซี่ยมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) เกิดในรูปของแร่แคลไซต์ (Calcite) ในหินปูน หินอ่อน ชอล์ก เป็นสารประกอบแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ตามทฤษฎี จะประกอบด้วย แคลเซี่ยมออกไซด์ (CaO) 56.3 เปอร์เซนต์ และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 43.97 เปอร์เซนต์ มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิประมาณ 2,570 องศาเซลเซียส สลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส จะได้แคลเซี่ยมออกไซด์ (CaO)

แคลเซี่ยมคาร์บอเนตหรือที่เรียกว่า ไวท์ติ้ง (Whiting) นำมาผสมในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบเพื่อช่วยในการลดจุดหลอมละลายในอุณหภูมิสูง ลดเปอร์เซนต์การขยายตัวเมื่อได้ลดความร้อน ทนต่อการกัดกร่อนของกรดเจือจาง มีความแข็งแรงดี และช่วยให้เคลือบไหลตัวดีขึ้น

2.8 โดโลไมท์ (Dolomite) มีสูตรทางเคมีคือ ($CaCo_3.MgCO_3$) เป็นสารประกอบคาร์บอเนตของแคลเซี่ยม และแมกนีเซียมในอัตราส่วน 1 : 1 คือ ตามทฤษฎีโดโลไมท์ จะมีสารประกอบดังนี้ มีแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ($CaCo_3$) 54 เปอร์เซนต์ แมกนีเซี่ยมคาร์บอเนต 46 เปอร์เซนต์[21] มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส

โดโลไมท์ เป็นวัตถุดิบที่ได้มาจากการเกิดการแปรสภาพของหินปูน (Lime Stone) นิยมนำมาใช้ผสมในเนื้อผลิตภัณฑ์โดโลไมท์ ผสมในเนื้อกระเบื้อง เครื่องสุขภัณฑ์เป็นส่วนผสมในการทำวัสดุทนไฟ เช่น อิฐทนไฟโดโลไมท์ และเป็นส่วนผสมในน้ำเคลือบเพื่อลดจุดหลอมละลาย ลดการพรุนตัวมีความแข็งแกร่ง เป็นต้น

2.9 อลูมิน่า (Alumina) มีสูตรทางเคมีคือ Al_2O_3 มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิประมาณ 2,050 องศาเซลเซียส ถ้าอยู่ในรูปของสารอิสระมีน้ำอยู่ด้วย เช่น ไดแอสพอร์ (Diaspore สูตรทางเคมีคือ $Al_2O_3.H_2O$) บ๊อกไซด์ (Bauxite สูตรทางเคมีคือ $Al_2O_3.2H_2O$) และยิบไซด์ (Gibbsite สูตรทางเคมีคือ $Al_2O_3.3H_2O$) ถ้าเผาไล่น้ำออกและเพิ่มอุณหภูมิให้สูงพอที่จะไม่ทำให้หดตัวอีกต่อไปใช้ทำวัตถุทนไฟที่มีอลูมิน่าสูง อลูมิน่าที่เกิดเป็นผลึกคือ คอรันดัม (Corumdum) ใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ใช้ขัดหรือตัด (Abrasive) และอลูมิน่าที่มีความบริสุทธิ์สูงใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดพิเศษ (Fine Ceramics)

อลูมิน่า (Al_2O_3) ที่อยู่ในรูปของสารประกอบในวัตถุดิบต่าง ๆ เช่น ดิน ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) และหินฟันม้า ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ

เนื้อดินปั้น (Clay Bodies)

เนื้อดินปั้น คือ การนำดินผสมกับวัตถุดิบที่เป็นอนินทรียสารที่เป็นอโลหะตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปทั้งวัตถุดิบที่มีความเหนียวได้แก่ ดินดำ ดินขาว ฯลฯ และวัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียวได้แก่ หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน หินปูน หินโดโลไมท์ ทัลค์ ฯลฯ โดยมีการคิดคำนวณตามสูตรส่วนผสม มีการทดลองทางเคมีและฟิสิกส์ก่อนและหลังเผา เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของการผสมเนื้อดินปั้นนั้นอย่างแน่นอนและมีคุณสมบัติตามความต้องการ

วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้น

วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้นคือ การปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติของเนื้อดินให้สอดคล้องกับความต้องการในการนำไปใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์แต่ละประเภทสัมพันธ์กับวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพกับการนำไปใช้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1. **การปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติทางเคมี** เป็นการปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อดินปั้น เพื่อให้เหมาะสมซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่สำคัญคือ

1.1 การเปลี่ยนสีของเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้สีเนื้อดินปั้นตามความต้องการมีวิธีการโดยใส่วัตถุดิบที่เป็นสารเคมีบางตัวที่ทำให้เกิดสีเช่น ใส่เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ผสมลงไปในเนื้อดินปั้นจะทำให้เนื้อดินปั้นเป็นสีน้ำตาล ใส่โคบอลท์ออกไซด์ (CoO) ผสมลงไปในเนื้อดินปั้นจะทำให้เนื้อดินปั้นเป็นสีน้ำเงิน หรือใช้ผงสีสำเร็จรูปทางเซรามิกส์ (Stain) ตามสีที่ต้องการผสมลงไปเนื้อดินปั้นน้ำหนักของสีอ่อน แก่ ขึ้นอยู่กับจำนวนเปอร์เซนต์ที่ใช้ผสมลงไปในเนื้อดินปั้น

1.2 การปรับคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว เช่น ใส่วัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียวคือ ทัลค์ ไพโรฟิลไลท์ ผสมลงไปในเนื้อดินปั้นตามสูตร ส่วนผสมที่จะทำเป็นภาชนะหุงต้ม เป็นต้น

1.3 การปรับคุณสมบัติด้านความขาวและโปร่งแสงโดยการใช้เถ้ากระดูกผสมลงไปในเนื้อดินปั้น ตามสูตรส่วนผสมก็จะช่วยให้เนื้อดินปั้นนั้นมีความขาวเพิ่มขึ้นและโปร่งแสงภายหลังจากการเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด

2. การปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์

2.1 การปรับคุณสมบัติด้านความเหนียวของเนื้อดินปั้น ถ้าสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ต้องการความขาวมากเนื้อดินปั้นจะมีความเหนียวน้อยเพราะวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมจะเป็นวัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียว ได้แก่ ดินขาว หินเขี้ยวหนุมาน หินฟันม้า เถ้ากระดูก อยู่ในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเป็นจำนวนมากทำให้ยากต่อการขึ้นรูป วิธีการเพิ่มความเหนียวเพื่อให้ง่ายต่อการขึ้นรูปโดยที่คุณสมบัติทางด้านความขาวของเนื้อดินปั้นไม่เสียไปโดยการใส่วัตถุดิบ เช่น ดินเบนโทไนท์ ดินขาวเหนียวเพียงเล็กน้อยรวมทั้งกรรมวิธีการหมักดินด้วยที่ช่วยในการเพิ่มความเหนียว

2.2 การปรับคุณสมบัติด้านการหดตัว ดินที่มีการหดตัวสูงได้แก่ดินที่มีความเหนียวมาก เพราะมีขนาดอนุภาคของเม็ดดินเล็กมาก ได้แก่ ดินดำ (Ball Clay) ดินเอิร์ทเธนแวร์ หรือดินเหนียวธรรมดาที่มีตามท้องถิ่น ต่าง ๆ เช่น ดินเหนียวปากเกร็ด ดินเหนียวด่านเกวียน ดินเหล่านี้เมื่อจะนำไปใช้และมีความต้องการลดอัตราการหดตัวที่สูงมีวิธีการคือ โดยการใช้วัตถุดิบ เช่น ดินขาว ซิลิก้า ดินเชื้อ ทราย ผสมลงไปในสูตรส่วนผสม เนื้อดินปั้น เพื่อช่วยลดอัตราการหดตัวและแตกร้าวได้

3. การปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติทางด้านความร้อน เป็นการปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น เพื่อให้มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับปฏิกริยาทางด้านความร้อนและกระบวนการเผาเพื่อให้มีความเหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

3.1 การปรับคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นเพื่อให้ได้รับความร้อนสูงขึ้น โดยการใช้วัตถุดิบ เช่น ดินขาว อลูมิน่า ผสมลงไปในดินตามสูตรส่วนผสมเพื่อใช้กับเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดต้องการทนความร้อนได้สูง

3.2 การปรับคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นเพื่อให้มีจุดสุกตัวต่ำลง โดยการใช้วัตถุดิบที่เป็นตัวลดจุดหลอดละลาย (Flux) เช่น หินฟันม้า ไวท์ติ้ง ทัลค์ เป็นต้น เพื่อช่วยให้เนื้อดินถึงจุดสุกตัวเร็วขึ้น[22]

3.3 การปรับคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น เพื่อให้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วโดยการใช้วัตถุดิบเช่น ไพโรฟิลไลท์ ทัลค์ และสตีทไทท์ เข้าไปในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นผลิตภัณฑ์ที่ทำเป็นภาชนะหุงต้ม

ลักษณะของดินที่ใช้ในการขึ้นรูป

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีด้วยกันหลายวิธี เช่น การขึ้นรูปด้วยมือ (Hand Forming Method) การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน (Throwing Method) การขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jiggering Method) การขึ้นรูปด้วยการรีดดิน (Extrusion Method) การขึ้นรูปด้วยการอัดดิน (Pressing Method) และการขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดิน (Slip Casting Method) เนื้อดินปั้นที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามวิธีการดังกล่าวข้างต้นจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติความเหมาะสมกับวิธีการขึ้นรูปแต่ละวิธี ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดนั้นเหมาะที่จะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือสองแต่มิได้เหมาะกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทุกวิธีการ ดังนั้นเนื้อดินปั้นที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีอยู่ 3 ลักษณะคือ

เนื้อดินที่มีความเหนียว เป็นเนื้อดินปั้นที่จะนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่จะต้องใช้ความเหนียวในการขึ้นรูปได้แก่ การปั้นด้วยมือ แป้นหมุน ใบมีด (Jigger) รีดดิน และอัดดิน โดยเฉพาะการปั้นด้วยมือและแป้นหมุนนั้นเนื้อดินอาจจะมีความเหนียวมากกว่าการขึ้นรูปอย่างอื่น เช่น ใบมีด (Jigger) รีดดิน และอัดดิน

เนื้อดินชนิดนี้อาจขุดได้จากแหล่งธรรมชาติหรือผสมขึ้นมาใหม่ตามสูตรส่วนผสมโดยใช้วัตถุดิบหลักที่สำคัญได้แก่ ดินดำ (Ball Clay) - ดินเหนียว - ดินขาว - ซิลิก้า หรือดินดำ (Ball Clay) - ดินเหนียว - ดินขาว - หินฟันม้า โดยมีอัตราส่วนของน้ำที่ผสมอยู่ในเนื้อดินปั้นประมาณ 14 - 20 เปอร์เซนต์ และสามารถเติมดินเบนโทไนท์ในอัตราส่วน 2 เปอร์เซนต์ ลงไปเพื่อช่วยเพิ่มความเหนียว

เนื้อดิน น้ำดินหรือน้ำสลิปคือ ดินผสมกับน้ำที่เป็นลักษณะน้ำดินเหลวที่สำคัญจะต้องมีความเข้มข้นอนุภาคของเม็ดดินจะต้องมีการกระจายตัว หรือแขวนลอยไม่ตกตะกอน

น้ำดินหรือสลิปเป็น Clay Bodies อย่างเดียวที่ขึ้นรูปด้วยการหล่อ (Slip Casting) โดยมีวิธีการทำน้ำดินตามสูตรส่วนผสมอย่างง่ายดายคือใช้วัตถุดิบเช่น ดินขาว - ดินดำ - หินฟันม้า รวม 100 ส่วนต่อน้ำ 24-30 ส่วน แล้วใส่สารช่วยในการกระจายตัวคือ โซเดียมซิลิเกต ในอัตราส่วนประมาณ ร้อยละ 0.3

อนึ่งดินโดยทั่วไปนั้นไม่สามารถจะนำมาทำน้ำดินหรือสลิปได้โดยเฉพาะดินที่มีความเหนียวมีเหล็กและด่างต่าง ๆ อยู่มากเพราะอนุภาคของเม็ดดินละเอียดมากและมีการทับถมและหมักตามธรรมชาติพร้อมกับมีสิ่งเจือปนต่าง ๆ จึงทำให้อนุภาคของเม็ดดินประเภทนี้กระจายตัวยากถึงแม้จะทำเป็นดินได้แล้วนำไปหล่อในแบบก็จะมีปัญหาเรื่องเนื้อติดแบบพิมพ์ (Mold) มีเปอร์เซนต์การหดตัวที่สูงจึงทำให้เกิดการดึงตัวและทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร้าวในแบบพิมพ์ได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องใช้ดินที่มีความบริสุทธิ์มาก ๆ เช่น ดินขาว - ดินดำ (Ball Clay) ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการกระจายตัวได้ดี

ดินผง ดินผงในที่นี้คือ เนื้อดินปั้นที่เป็นเม็ดดินเล็ก ๆ แต่ไม่ถึงขนาดเป็นผงฝุ่น เนื้อดินปั้นจะอยู่ในสภาพร่วนซุย มีน้ำผสมอยู่ในอัตราส่วน 6-14 เปอร์เซนต์ คุณลักษณะของเนื้อดินปั้นชนิดนี้จะไม่ชื้นจนถึงกับเหนียวแต่ดินผงนี้เมื่อได้รับการ กด บีบ กระแทก อย่างแรงก็สามารถอัดรวมกันเป็นรูปร่างตามแบบพิมพ์ที่กำหนดไว้ได้โดยง่าย

ดินผงนี้จะต้องนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องมือ ออโตเมตริกไฮโดรลิก แบบธรรมดาหรือแบบอัตโนมัติก็ได้ ซึ่งแม่พิมพ์ต้องสร้างด้วยเหล็กแข็ง การออกแบบผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะต้องคำนึงถึงความเรียบง่ายสะดวกต่อการถอดออกจากแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการนี้ได้แก่ กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุฝาผนัง อิฐประดับ อิฐทนไฟ และกระเบื้องฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น

ประเภทของเนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้นที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีอยู่ 3 ลักษณะคือ เนื้อดินที่มีความเหนียว น้ำดินและดินผง การนำเนื้อดินเหล่านี้ไปใช้ต้องให้เหมาะสมกับกรรมวิธีการขึ้นรูปแล้ว ยังต้องมีการพิจารณาจุดมุ่งหมายว่าจะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการใช้สอยทางด้านใด ประเภทของเนื้อดินปั้นที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติเฉพาะทางที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตด้วยซึ่งประเภทของเนื้อดินปั้นที่สำคัญคือ

เนื้อดินเอิร์ทเธนแวร์ (Eearthenware Bodies) เนื้อดินเอิร์ทเธนแวร์ คือเนื้อดินปั้นส่วนใหญ่จะเป็นดินเหนียวธรรมดาได้แก่ ดินเหนียวท้องถิ่นทั่วไป เช่น ดินเหนียวปากเกร็ด ดินเหนียวด่านเกวียน ลักษณะของเนื้อดินชนิดนี้คือ จะมีความเหนียวมาก มีเปอร์เซนต์การหดตัวเมื่อแห้งและหลังจากการเผาสูงเนื้อดินจะมีจุดสุกตัวต่ำ การใช้อุณหภูมิในการเผาคือประมาณไม่เกิน 1,100 องศาเซลเซียส เนื้อดินจะมีความพรุนตัวสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่าเนื้อดินชนิดอื่น ซึ่งเนื้อดินตอนเป็นดินดิบจะมีสีน้ำตาล น้ำตาลแดงหรือดำ เนื้อละเอียดจนถึงหยาบเล็กน้อย หลังจากการเผาจะมีสีส้ม น้ำตาลแดง หรือสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากมีสารประกอบ เช่น เหล็กออกไซด์ แมงกานีสไดออกไซด์ และด่างต่าง ๆ เจือปนอยู่มาก

ในการผสมเนื้อดินเอิร์ทเธนแวร์ ส่วนมากมักจะยึดถือดินเหนียวในท้องถิ่นเป็นหลักเพราะหาได้ง่าย ราคาถูก ง่ายต่อการขนส่ง อย่างไรก็ตามก่อนนำดินเหล่านี้มาใช้ควรจะมีการทดสอบคุณสมบัติของดินก่อน ได้แก่การทดสอบทางด้าน ความเหนียว การหดตัวเมื่อแห้งและหลังจากการเผา การดูดซึมน้ำ จุดสุกตัว และสีที่ได้หลังจากการเผา เมื่อได้ผลจากการทดสอบแล้วจะได้ปรับปรุงคุณสมบัติของดินนี้ให้เหมาะสมกับการใช้ทำผลิตภัณฑ์นั้น ๆ วิธีการปรับปรุงดิน เช่น ดินที่มีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิสูง เติมเหล็กออกไซด์ แคลเซี่ยมคาร์บอเนต หรือทัลค์ จะทำให้เนื้อดินนี้มีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิต่ำลงแต่มีการหดตัวมากขึ้น ถ้าดินที่มีจุดสุกตัวต่ำเติมวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติจุดสุกตัวที่อุณหภูมิสูง ได้แก่ ดินขาว ดินทนไฟ ทราย และอลูมินา จะทำให้ดินนี้มีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิสูงขึ้น และทำให้ดินนี้มีการหดตัวต่ำลงได้ รวมถึงความเหนียวจะน้อย

ลงด้วย หรือถ้าต้องการให้ดินมีสีเข้มขึ้นทำได้ด้วยวิธีการเติมเหล็กออกไซด์ แมงกานีสไดออกไซด์ลงไปในเนื้อดิน ดินนี้ก็จะมีสีที่เข้มขึ้นตามความต้องการ

ตัวอย่างสูตรส่วนผสมของเนื้อดิน เอิร์ทเธนแวร์ [23]

อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียสหรือประมาณ Cone 02

วัตถุดิบ	สูตรที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ดินเหนียวปากเกร็ด	80		75	5	70		65	5	60	20
ดินเหนียวด่านเกวียน		80	5	75		70	5	65	20	60
ดินขาวลำปาง			12	12					5	5
ดินดำสุราษฎร์ธานี	5	5	3	3	10	10	15	15		
หินเขี้ยวหนุมาน	15	15	5	5	10	10	7	7	10	10
ดินทนไฟโคกไม้ลาย					5	5	3	3	5	5
ทัลค์					3	3	2	2		
เหล็กออกไซด์					2	2	2	2		
แมงกานีสไดออกไซด์							1	1		

เนื้อดินสโตนแวร์ (Stoneware Bodies) เนื้อดินสโตนแวร์ คือเนื้อดินปั้นที่ได้จากแหล่งธรรมชาติที่มีคุณสมบัติเป็นดินทนไฟ (Fire Clays) ที่มีซิลิกาผสมอยู่ในดินมาก เช่น ดินดำโคกไม้ลาย จังหวัดปราจีนบุรี ดินเหนียวแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยอาจขุดขึ้นมาใช้ได้เลย แต่ปัจจุบันนิยมนำเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่มีวิธีการผสมวัตถุดิบบางตัวเข้าไปเพื่อช่วยปรับคุณสมบัติ เช่น ผสมหินฟันม้าเข้าไปเพื่อช่วยลดจุดสุกตัว ผสมซิลิกา เพื่อเพิ่มความแข็งแกร่งผสมดินเชื้อ (Grog) เพื่อให้ดินทรงตัวได้ดี ไม่บิดเบี้ยวง่ายและมีการหดตัวน้อยลงซึ่งเนื้อดินนี้จะต้องมีคุณสมบัติคือมีความแข็งแกร่ง เผา

ถึงจุดสุกตัวไม่มีความพรุนตัวเมื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์จะเนื้อแน่นเหมือนเนื้อแก้วเมื่อเคาะจะมีเสียงดังกังวาน ทนต่อสภาพความเป็นกรดและด่างได้ดี มีอัตราการดูดซึมน้ำน้อยมากหรือไม่มีเลย โดยการใช้อุณหภูมิในการเผาประมาณ 1,200-1,350 องศาเซลเซียส

แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถผสมเนื้อดินสโตนแวร์ขึ้นมาใหม่แทนเนื้อดินสโตนแวร์จากธรรมชาติได้โดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันโดยใช้ดินขาว ดินบอลล์เคลย์ หินฟันม้า ซิลิกา และเหล็กออกไซด์ ในสูตรส่วนผสมที่พอเหมาะ

ตัวอย่างสูตรส่วนผสมของเนื้อดินสโตนแวร์[24]
อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส หรือประมาณ Cone 9

วัตถุดิบ	สูตรที่			
	1	2	3	4
ดินดำโคกไม้ลาย	55			35
ดินเหนียวแม่ริม		50		45
ดินขาว	20	10	10	
ดินบอลล์เคลย์		10	60	
หินฟันม้า	10	20	15	10
ซิลิกา	15	10	10	10
เหล็กออกไซด์			5	
ความเหนียว	ดี	ดี	ดี	ดี
การหดตัวเมื่อแห้ง	5%	4.2%	4.8%	5.4%
การหดตัวเมื่อเผา	12.6%	12.9%	13.2%	13.8%
การดูดซึมน้ำ	5%	2.2%	2%	1.3%

เนื้อดินปั้นชนิดวิเทรียส-กึ่งวิเทรียส (Vitreous-Semi Vitreous Bodies) เนื้อดินปั้นชนิดวิเทรียส นั้นคือ เนื้อดินปั้นที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกไวท์แวร์ (Whiteware) หรือผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสีขาวได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อละเอียดส่วนใหญ่แล้วได้แก่พวกถ้วยชาม ถ้วยกาแฟ ชุดอาหาร และอุปกรณ์ฉนวนไฟฟ้าต่าง ๆ ที่เผาในอุณหภูมิ 1,350-1,450 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์ถึงจุดสุกตัวมีความแข็งแกร่งทึบแสงหรือโปร่งแสง มีลักษณะเป็นเนื้อแก้วมีอัตราการดูดซึมน้ำระหว่าง 0-1.0 เปอร์เซนต์

สำหรับเนื้อดินปั้นกึ่งวิเทรียสนั้น เป็นสีขาวเช่นกัน แต่มีความแข็งแกร่งและโปร่งแสงน้อยกว่าเผาในอุณหภูมิประมาณ 1,250-1,350 องศาเซลเซียส มีอัตราการดูดซึมน้ำประมาณ 4-10[25] เปอร์เซนต์ แต่จะนำมาเคลือบเพื่อป้องกันกันการดูดซึมน้ำ

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อดินวิเทรียสและกึ่งวิเทรียสนี้จะนิยมนำมาทำการเคลือบใส่หรือเคลือบสีตกแต่งด้วยวิธีเขียนลายใต้เคลือบ บนเคลือบ หรือการทำรูปลอก เป็นต้น แต่คุณภาพของเนื้อดินนั้นจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ดินที่มีคุณภาพมีความบริสุทธิ์สูงมีความขาว โดยเฉพาะเนื้อดินปั้นกึ่งวิเทรียส นั้นจะใช้ทัลค์ หรือโดโลไมท์เพื่อช่วยเร่งปฏิกริยาการกลายเป็นแก้ว[26]

<u>ตัวอย่างสูตรส่วนผสมของเนื้อดินวิเทรียส[26]</u>

อุณหภูมิ 1,225 องศาเซลเซียส หรือประมาณ Cone 8 และ

อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส หรือประมาณ Cone 9

วัตถุดิบ	สูตรที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ดินขาว	21.7	28	24	18	38	34.5	22	15	21
ดินดำ	10.2	25	28	38	17	16.5	30	36	31
หินเขี้ยวหนุมาน	48.3	36	35	32	32	35.5	33	36	34
หินฟันม้า	19.8	11	13	12	13	13.5	15	13	14
จุดสุกตัว Cone	8	8	9	9	8	8	8	8	8

และตัวอย่างสูตรส่วนผสมของเนื้อดินกึ่งวิเทรียส[27]
อุณหภูมิ 1,210 องศาเซลเซียสหรือประมาณ Cone 7 ถึง
อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียสหรือประมาณ Cone 9

ผลิตภัณฑ์	วัตถุดิบ						
	Pyro	Kaolin	Ball Clay	Quartz	Feldspar	Tale	Whiting
General Earthenware	-	20-30	20-30	0-40	-	-	0-15
Dinnerware	15	30	20	20	4	1	1
Sanitaryware	30	23	27	27	3	-	1

เนื้อดินพอร์สเลน (Porcelain Bodies) เนื้อดินพอร์สเลนเป็นเนื้อดินที่เตรียมขึ้นเป็นพิเศษวัตถุดิบที่สำคัญได้แก่ ดินขาว หินเขี้ยวหนุมาน หินฟันม้า และดินขาวเหนียว (Ball Clay) เนื้อดินปอร์สเลนที่เตรียมขึ้นจะมีความเหนียวน้อยจะต้องนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน (Slip Casting) และขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jiggering) เพราะเนื้อดินพอร์สเลนจะต้องมีความขาววัตถุดิบที่ใช้จะต้องมีความบริสุทธิ์สูง ดังนั้นดินขาวเหนียว (Ball Clay) จึงต้องใช้ให้น้อยที่สุดในสูตรส่วนผสมคุณสมบัติของเนื้อดินพอร์สเลนคือเป็นเนื้อดินที่เผาจนถึงจุดสุกตัวหลอมกลายเป็นแก้วมีความแข็งแกร่ง น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ (Vitreousware) มีความขาว บางและโปร่งแสงได้ โดยใช้อุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์นี้ที่อุณหภูมิประมาณ 1,250-1,450 องศาเซลเซียส และมีอัตราการดูดซึมน้ำ 0-1.0 เปอร์เซนต์

อนึ่งเนื้อดินปอร์สเลนที่เตรียมขึ้นนี้ ถ้าเผาในอุณหภูมิที่เกินจุดสุกตัวของเนื้อดินจะทำให้เนื้อดินนี้ บิดเบี้ยว และทรุดตัวได้ง่าย ฉะนั้น จะต้องมีการศึกษาทดลองทุกขั้นตอนตั้งแต่รูปแบบของผลิตภัณฑ์การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาและการเผา เป็นต้น

นอกจากนี้จุดหลอมตัวของน้ำเคลือบจะต้องมีความเหมาะสมกับจุดสุกตัวของเนื้อดินด้วยคือมีลักษณะผสานจนกลายเป็นเนื้อเดียวกัน

เนื้อดินพอร์สเลนยังมีแบ่งแยกออกไปอีกหลายชนิดโดยการเติมวัตถุดิบบางตัวเข้าไปเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานแต่ละประเภทและมีคุณสมบัติเฉพาะตามความต้องการ เนื้อดินพอร์สเลนนิยมนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ ชุดอาหาร ชุดกาแฟ อุปกรณ์ทางเคมี และทางการแพทย์

ประเภทต่าง ๆ ของเนื้อดินปอร์สเลน

- Soft Porcelain
- Hard Porcelain
- Bone China
- Technical Vitreous Porcelain
- High - Strength Electrical Porcelain
- Mullite Porcelain
- Zircon Porcelain
- High Alumina Porcelain

ตัวอย่างสูตรส่วนผสมของเนื้อดินพอร์สเลน[28]

อุณหภูมิ 1,285 องศาเซลเซียส หรือประมาณ Cone 11

วัตถุดิบ	สูตรที่				
	1	2	3	4	5
Kaolin	45	45	35	25	40
Ball Clay	5	10	10	25	10
Flint	20	20	20	25	20
Feldspar	30	-	-	25	-
Nephellin Syenite	-	25	30	-	30

เนื้อดินปั้นโบนไชน่า (Bone China Bodies) เนื้อดินปั้นโบนไชน่าจัดอยู่กลุ่มวิเทรียสแวร์และเนื้อดินพอร์สเลนด้วย เพราะเนื้อดินปั้นทำจากวัตถุดิบหลักประเภทเดียวกันได้แก่ดินขาว หินฟันม้า และหินเขี้ยวหนุมานเพียงแต่เนื้อดินโบนไชน่า มีส่วนผสมของขี้เถ้ากระดูกสัตว์ผสมอยู่ด้วย โบนไชน่าเป็นเนื้อผลิตภัณฑ์พิเศษที่ประเทศอังกฤษเป็นประเทศแรกที่ริเริ่มทำขึ้นโดยมีเหตุมาจากการพัฒนาเนื้อดินปั้นพอร์สเลนเป็นสำคัญ เพราะเนื้อดินปั้นพอร์สเลนจะต้องมีวัตถุประเภทดินขาวที่มีความบริสุทธิ์สูงปราศจากมลทินเจือปนเป็นหลักในการผลิตและในช่วงเวลานั้นประเทศอังกฤษยังไม่พบแหล่งดินขาวที่เหมาะสมจึงได้คิดใช้เถ้ากระดูกสัตว์แทนดินขาวและได้ผลดีในเวลาต่อมา เพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีขาว บาง โปร่งแสงดีมาก และมีความแข็งแกร่งดี ทั้ง ๆ ที่เผาอุณหภูมิต่ำกว่าผลิตภัณฑ์พอร์สเลนชนิดไฟสูง เนื้อดินปั้นโบนไชน่าจะไม่มีการใช้ดินบอลล์เคย์เข้าผสมเพราะมีความบริสุทธิ์ต่ำ ดังนั้นจึงทำให้เนื้อดินมีความเหนียวน้อยมากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มักนิยมขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดินและขึ้นรูปด้วยใบมีด แต่ผลิตภัณฑ์มักจะเกิดการเปราะแตกหักเสียหายได้ง่ายสาเหตุมาจากเนื้อดินไม่มีความเหนียว จึงต้องใช้วิธีการหมักดินและน้ำดินไว้เป็นเวลานานก็ช่วยให้เกิดความเหนียวได้เช่นกัน หรือจะใช้ดินเบนโทไนท์ใส่ในอัตราส่วนที่เล็กน้อยถ้าเกินอัตราส่วนที่ใส่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีไม่ขาว และไม่สามารถโปร่งแสงได้หลังจากการเผา

เถ้ากระดูกที่นำมาใช้กับดินโบนไชน่านี้ สามารถใช้สารเคมีเข้าช่วยได้ เช่น Tricalcium Phosphate, Dicalcium Phosphate แต่ในการปฏิบัติจริงนั้นการใช้เถ้ากระดูกจากสัตว์จะมีคุณภาพและความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งเถ้ากระดูกนี้คือ เถ้ากระดูกวัว กระดูกควาย ที่มีปริมาณของเหล็กออกไซด์ค่อนข้างต่ำ[29]

การเผาผลิตภัณฑ์โบนไชน่า จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในการเผาให้ตรงกับจุดสุกตัวของเนื้อดินปั้นที่ได้ทำการทดลองไว้แล้วตามอุณหภูมิที่กำหนด เพราะเนื้อดินปั้นโบนไชน่ามีช่วงอุณหภูมิการสุกตัวที่สั้น เพราะถ้าเผาอุณหภูมิเกินกำหนดจะทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปทรงจนกระทั่งถึงการยุบตัวได้

อุณหภูมิที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์โบนไชน่าให้ถึงจุดสุกตัวประมาณ 1,250-1,320 องศาเซลเซียสและมีอัตราการดูดซึมน้ำ 0.3-3%[30] เนื้อดินปั้นโบนไชน่านิยมไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ชุดอาหาร ชุดกาแฟ และงานศิลปะ (Artware) การตกแต่งผลิตภัณฑ์ส่วนมากจะใช้วิธีการตกแต่งด้วยการเขียนสีบนเคลือบ รูปลอก และพิมพ์

ตัวอย่างสูตรส่วนผสมของเนื้อดินโบนไชน่า[31]

อุณหภูมิ 1,260 องศาเซลเซียส หรือประมาณ Cone 10

วัตถุดิบ	สูตรที่					
	1	2	3	4	5	6
ขี้เถ้ากระดูก	40	45	46	48	42	44
ดินขาว	30	26	24	31	29	24
หินเขี้ยวหนุมาน	10	3	3	3	5	-
หินฟันม้า	20	26	27	18	24	32

การเตรียมเนื้อดินปั้น

ในการเตรียมเนื้อดินปั้นหมายถึง การนำวัตถุดิบเช่นดินเหนียว (Plastic Clay) ดินดำ (Ball Clay) ดินขาว (Kaolin) มาผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ ตั้งแต่ขุดดินจากแหล่งนำมาบด ล้าง และแยกแร่ที่ไม่ต้องการออกเพื่อให้อนุภาคของเม็ดดินเล็กลงดินมีความสะอาดขึ้นปราศจากสิ่งเจือปนได้แก่อินทรีย์สารต่าง ๆ และเหล็กออกไซด์ที่ไม่ต้องการออกแล้วนำไปผสมกับหินเขี้ยวหนุมาน หินฟันม้า หรือแร่ชนิดอื่น ๆ ที่บดละเอียดและผ่านตะแกรงร่อน (Sieve) ตามขนาดที่ต้องการแล้วนำวัตถุดิบเหล่านี้ไปชั่งตามสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้น แต่ละชนิดที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ แต่ละประเภท

การเลือกใช้วัตถุดิบไม่ว่าจะเป็นดินหรือหินชนิดต่าง ๆ นั้นมีให้เลือกจากหลายแหล่งและมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมโดยผ่านการล้าง และบดละเอียด ตามขนาดที่ต้องการด้วย

ในปัจจุบัน โรงงานที่ผลิตเนื้อดินปั้นประเภทต่าง ๆ จำหน่ายเพื่อความสะดวกสบาย ในการนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ต้องการ โดยสามารถเลือกซื้อได้ราคาก็ไม่แพงจนเกินไป และคุณภาพของเนื้อดินปั้นทางด้านเคมี และฟิสิกส์ก็อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด ถ้าเป็นเนื้อดินปั้นสำหรับไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ชุดอาหาร ชุดกาแฟ เป็นต้น

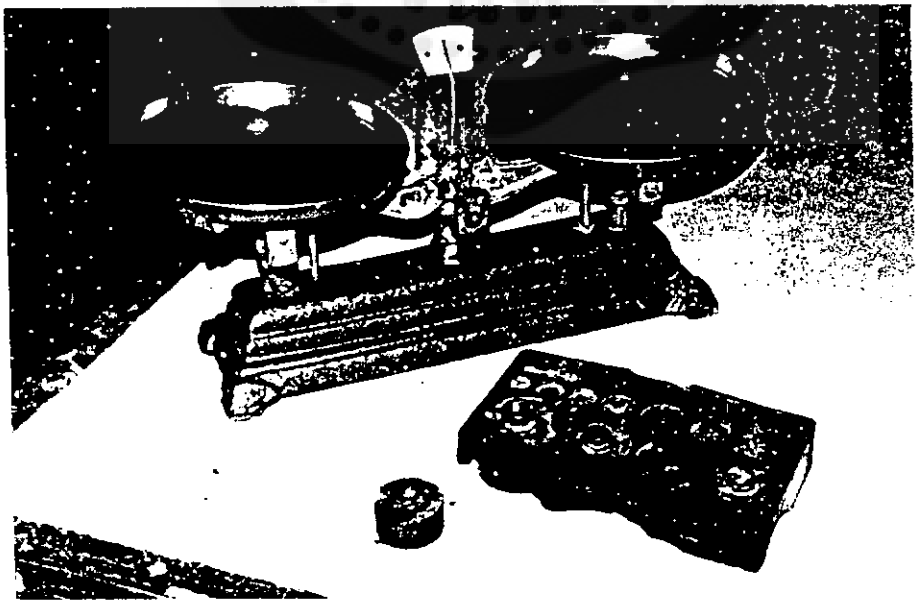
การเตรียมเนื้อดินปั้นในกรณีที่ต้องนำดินในท้องถิ่นมาทำผลิตภัณฑ์บางประเภทนั้น ก็จะต้องนำดินนี้มาทดลองใช้ ทดลองปฏิบัติการ และทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ ถ้าดินนี้ผ่านเกณฑ์ที่วางไว้ก็จะต้องมีการจัดเตรียมวัตถุดิบตั้งแต่ขั้นต้นคือการขุดดินจากแหล่ง

แหล่งดินที่สามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ได้ส่วนใหญ่มักจะเป็นแหล่งดินในหุบเขาดินริมธาร และดินท้องนา โดยดินเหล่านี้จะอยู่ใต้ชั้นดินที่มีต้นไม้ขึ้นปกคลุม (Soil) ซึ่งจะต้องมีการขุดเปิดหน้าดิน (Soil) นี้ออกก่อน ความหนาของชั้นดิน (Soil) ที่มีซากพืช ซากสัตว์เจือปนอยู่นี้อาจมีระดับความลึกตั้งแต่ 0.5 เมตร จนถึงหลาย ๆ เมตรแล้วแต่แหล่งดิน เมื่อขุดดินขึ้นมาเรียบร้อยแล้วนำมาตากให้แห้งเสร็จแล้วนำไปบดละเอียดโดยใช้เครื่องบดละเอียด (Edge Runner) ในกรณีที่ต้องการดินที่สะอาดปราศจากสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น ก้อนกรวด ทราย เศษใบไม้หญ้า จะต้องนำดินไปล้างโดยวิธีเอาดินที่บดละเอียดแล้วไปกวนแช่ ในบ่อน้ำที่เตรียมไว้ส่วนเป็นเศษไม้ใบหญ้ามันเบากว่าดินก็จะลอยขึ้นสู่เบื้องบนปล่อยให้ไหลออกไปกับกระแสน้ำที่ปล่อยให้ล้นขอบบ่อส่วนที่เป็นก้อนกรวดและทรายจะตกตะกอนอยู่ด้านล่างสุด ส่วนที่เป็นดินจะอยู่ตรงกลางแล้วนำดินเพื่อไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น เช่น ดินดำ ดินขาว หินเขี้ยวหนุมาน หินฟันม้า ทัลค์ ไพโรฟิลไลท์ ฯลฯ ตามอัตราสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่

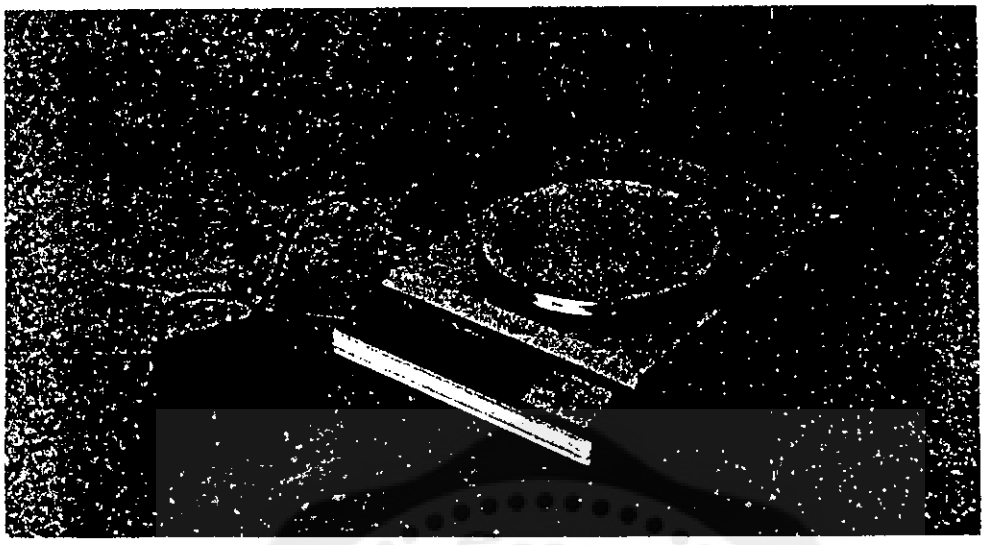
ต้องการแล้วผสมกับน้ำนำไปบดในเครื่องบดบอลมิลล์ (Ball Mill) จะได้น้ำดินออกมา นำไปกรองด้วยตะแกรงร่อนขนาด 120-200 เมช (Mesh)[32] แล้วนำไปเข้าเครื่องอัดกรองน้ำดิน (Filter Press) เพื่อไล่น้ำออกเหลือที่มีค่าความชื้นประมาณ 26-28 เปอร์เซนต์ เราเรียกดิน ที่ได้จากการกรองแล้วนี้ว่า เค้ก (Cake) ต่อจากนั้นก็นำดินเค้กเข้าเครื่องรีดดิน (Extrusion Machine) ดินเค้กที่นำมาผ่านเครื่องรีดดินนี้จะถูกสว่านผ่านในเครื่องรีดดินตัดและบดคลุกเคล้ากันพร้อมกับดูดฟองอากาศที่แทรกอยู่ในเนื้อดินปั้นออกคล้ายกับการนวดดินเพื่อไล่ฟองอากาศออกเช่นกันแล้วนำดินที่ได้ไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ในกรณี ถ้ามีฟองอากาศแทรกอยู่ในเนื้อดินปั้นแล้วนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เมื่อเผาจะทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์ส่วนที่มีฟองอากาศแทรกอยู่ระเบิดได้เพราะอากาศที่ขังอยู่ในเนื้อดินปั้นได้รับความร้อนมันจะขยายตัวดันเนื้อดินปั้นส่วนนี้ให้แตก

อย่างไรก็ตามขั้นตอนการเตรียมเนื้อดินปั้นนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเนื้อดินแต่ละชนิดที่นำไปใช้ทำผลิตเซรามิกส์แต่ละประเภทเพื่อให้มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ตามความต้องการ รวมถึงวิธีการขึ้นรูปด้วย

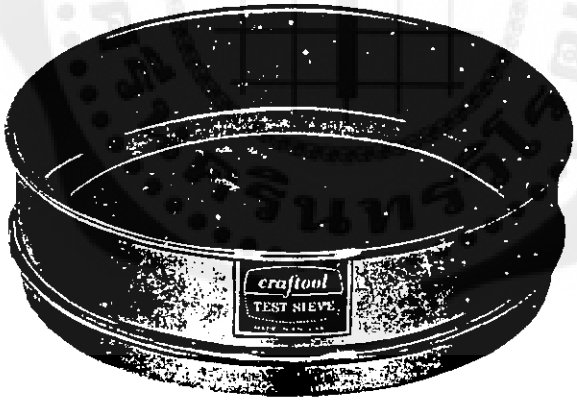
การเตรียมเนื้อดินปั้นที่ใช้ในสถานศึกษาต่าง ๆ หรือที่ทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมมีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ ที่จำเป็นดังนี้



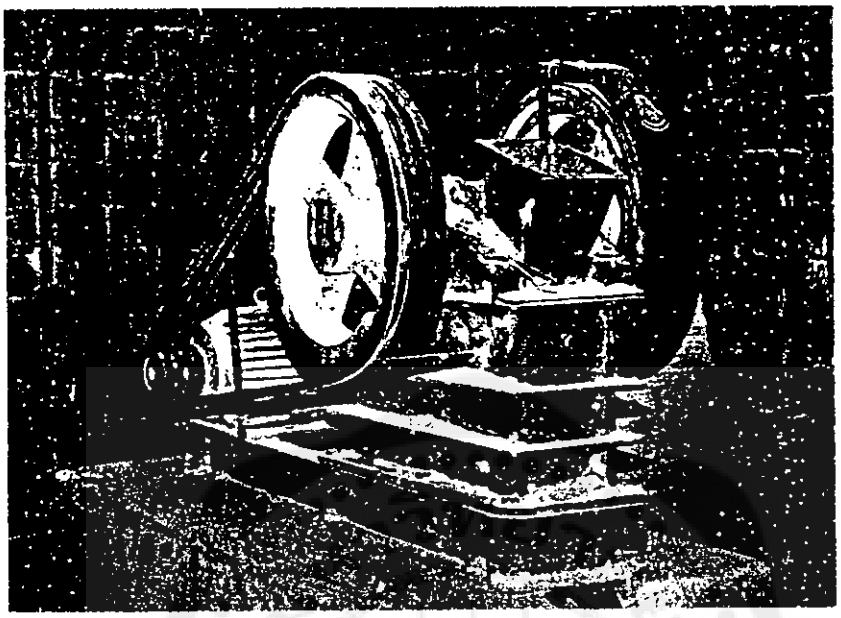
- เครื่องชั่งชนิดหยาบ



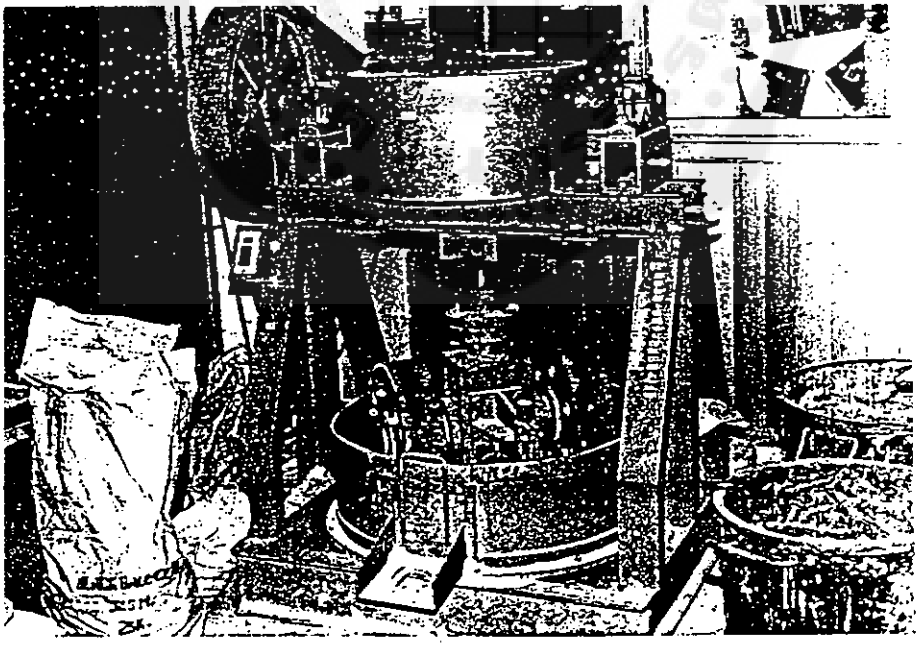
- เครื่องชั่งชนิดละเอียดที่มีจุดทศนิยม 3-4 ตำแหน่ง



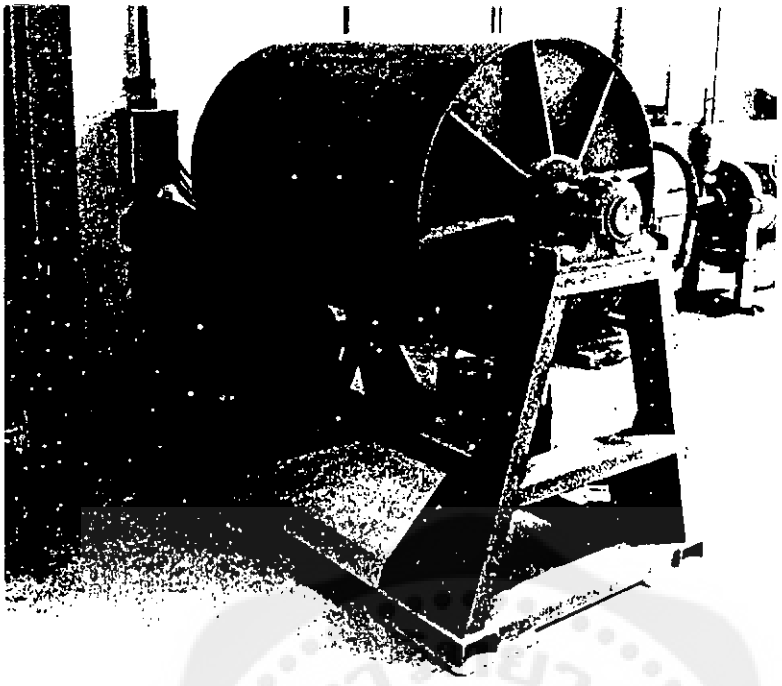
- ตะแกรงร่อนหรือแร่ง (Sieve) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกรองวัตถุดิบที่หยาบเกินความต้องการออก ขนาดของตะแกรงที่ใช้กันจะเป็นตะแกรงเบอร์ 35,60,80,100,120,200 และ 325 เมช



-เครื่องบดหยาบ (Jaw Crusher) ใช้สำหรับย่อยวัตถุดิบประเภทหินฟันม้าหรือหินเขี้ยวหนุมานให้เป็นก้อนเล็กลง

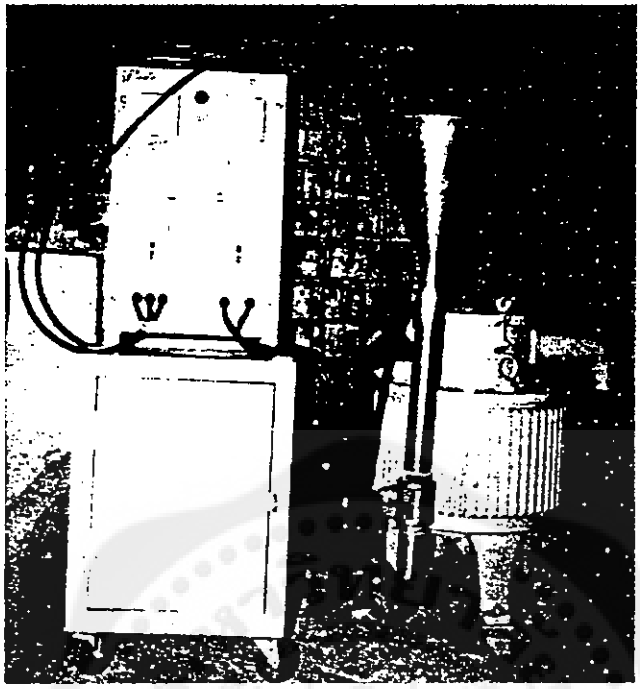


- เครื่องบดละเอียด (Edge Runner) ใช้ในการบดวัตถุดิบให้เป็นผง

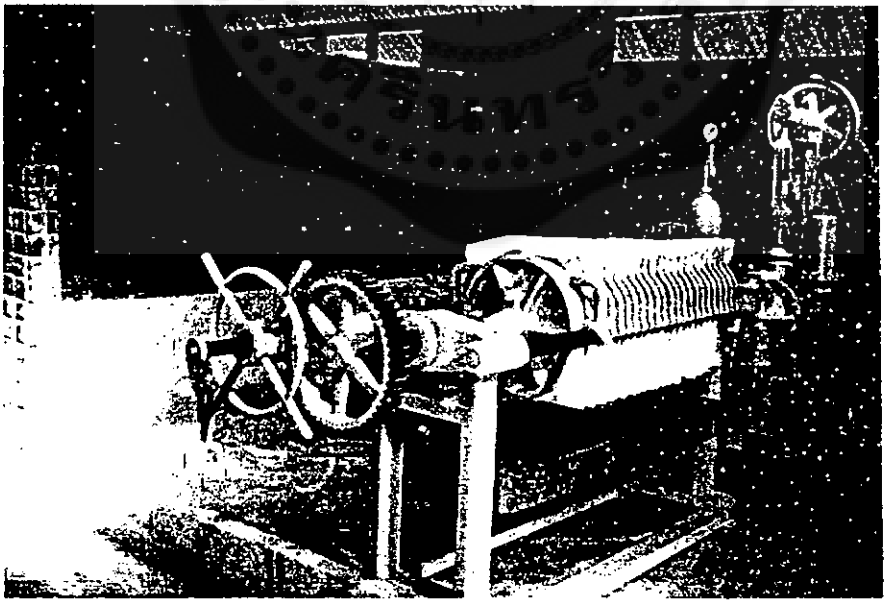


- เครื่องบดบอลมิลล์ (Ball Mill) นิยมใช้บดเนื้อดินปั้น

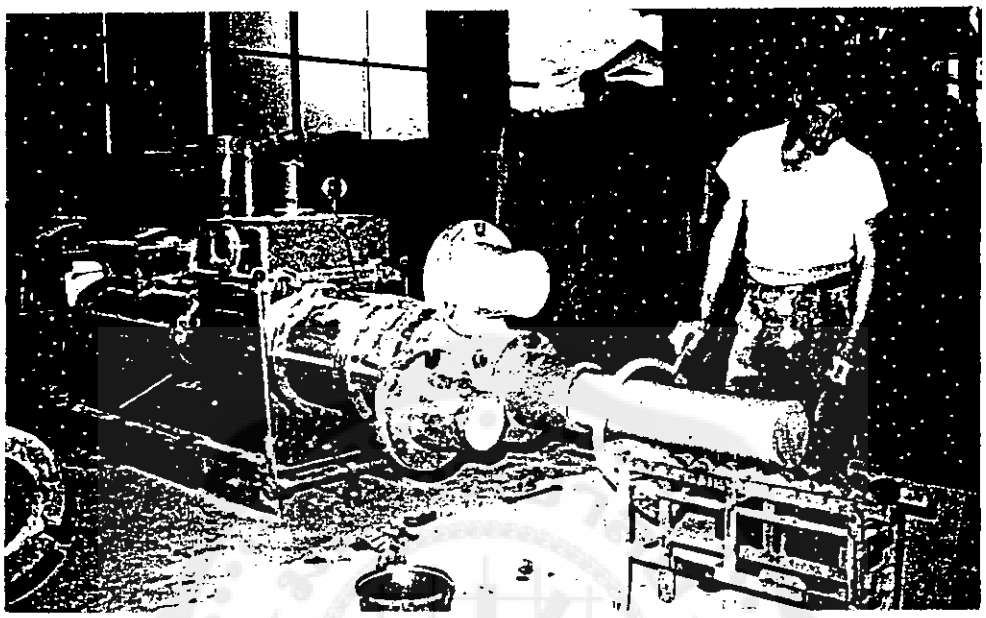
- หม้อบดเคลือบ (Pot - Mill) ใช้บดน้ำเคลือบ และเนื้อดินปั้นที่มีความต้องการใช้ไม่มากนัก



- เครื่องแยกเหล็ก (Magnetic Separator) มีอุปกรณ์ที่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าทำหน้าที่แยกเศษเหล็กออกไซด์ที่ปะปนมากับวัตถุดิบออกโดยป้อนวัตถุดิบที่ผ่านการบดโดยหม้อบดแล้วและอยู่ในรูปของเหลวให้ไหลผ่านเครื่องแยกเหล็กนี้



- เครื่องกรองอัดน้ำดิน (Filter Press)



- เครื่องรีดดิน (Pug and De - Airing Extrusinon Machine)

การคำนวณส่วนผสมเนื้อดินปั้น

การคำนวณส่วนผสมของเนื้อดินปั้นคือการหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาใช้ผสมเป็นเนื้อดินปั้น ซึ่งไม่ได้มีสูตรส่วนผสมที่แน่นอนตายตัว ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบคือ ดิน และหินต่าง ๆ ในแต่ละแหล่งมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการปรับอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำเป็นเนื้อดินปั้นให้ได้คุณสมบัติตามความต้องการคือสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตามประเภทที่ต้องการได้ตลอดจนมีความเหมาะสมกับคุณสมบัติเฉพาะของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เช่นการลดความเหนียว การเพิ่มความเหนียว การทนไฟ ความแข็งแกร่ง การหดตัว การดูดซึมน้ำและสีของเนื้อดินปั้น ซึ่งในการผสมเนื้อดินปั้นอย่างง่ายด้วยการใช้วัตถุดิบ 2,3 ตัวมีดังนี้

การผสมเนื้อดินปั้นด้วยการใช้วัตถุดิบ 2 ตัว

เป็นการผสมเนื้อดินปั้นด้วยการใช้วัตถุดิบ 2 ตัว เช่นใช้ดินเหนียวปากเกร็ดผสมกับดินขาวลำปาง มีวิธีการทำสูตรส่วนผสมดังนี้

สูตรที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ดินเหนียวปากเกร็ด	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	ดินขาวลำปาง

โดยสูตร ส่วนผสมที่ 1 ใช้ดินเหนียวปากเกร็ด 10% ดินขาวลำปาง 90%

ส่วนผสมที่ 2 ใช้ดินเหนียวปากเกร็ด 20% ดินขาวลำปาง 80%

ส่วนผสมที่ 7 ใช้ดินเหนียวปากเกร็ด 70% ดินขาวลำปาง 30%

นำดินเหนียวปากเกร็ดและดินขาวลำปางที่ชั่งได้สูตรส่วนผสมข้างต้นตั้งแต่สูตรส่วนผสมที่ 1-9 นำมาบดด้วยโกร่งบด หม้อบด ผสมกับน้ำให้เกิดความเหนียว นำมานวดด้วยมือแล้วนำเนื้อดินที่ได้ในแต่ละสูตรส่วนผสมไปอัดในแบบแผ่นทดลองเสร็จ

แล้วก็นำเนื้อดินปั้นที่ทำเป็นแผ่นทดลอง (Test Pice) แต่ละสูตรที่ทำเครื่องหมายไว้แล้วไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ก่อนเผาและหลังจากการเผาได้แก่ความเหนียว การหดตัวเมื่อแห้ง การหดตัวเมื่อเผา การทนไฟ การดูดซึมน้ำ สีในเนื้อดินปั้น ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองเนื้อดินปั้นทั้ง 9 สูตร ส่วนผสมนี้จะมีสูตรส่วนผสมหนึ่งที่ได้ตามความต้องการโดยเหมาะสมต่อการขึ้นรูปและอุณหภูมิในการเผา

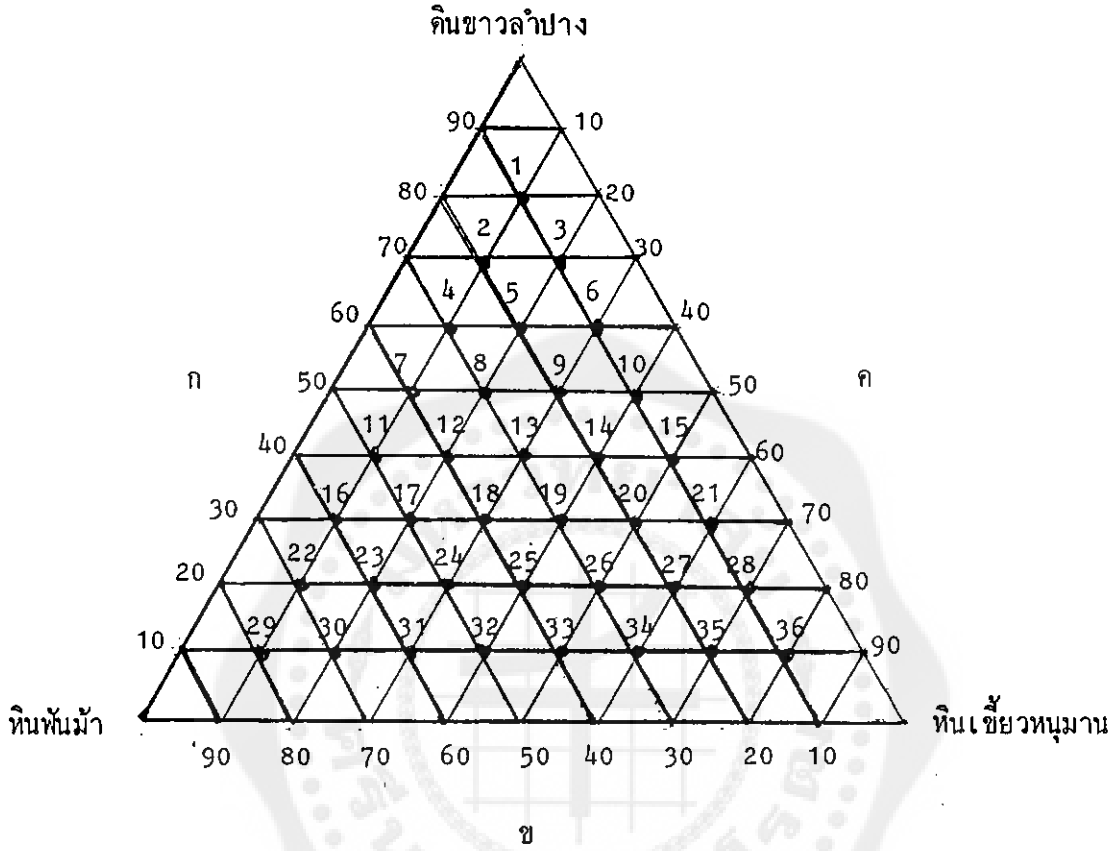
การผสมเนื้อดินปั้นด้วยวัตถุดิบ 3 ตัว

การผสมเนื้อดินปั้นด้วยการใช้วัตถุดิบ 3 ตัวซึ่งมีดินเป็นตัวหลักแล้วใช้วัตถุดิบอื่นอีก 2 ตัว หรือใช้ดิน 2 ตัว วัตถุดิบอื่นอีก 1 ตัว หรืออาจใช้ดินทั้ง 3 ตัวเลยก็ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการหรือวัตถุประสงค์ที่จะนำเนื้อดินปั้นไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดใด ดังนั้นความสำคัญของการผสมเนื้อดินปั้นนี้ ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น

ดินพื้นบ้าน	ดินดำ	ดินขาว
ดินดำ	ดินขาว	หินฟันม้า
ดินขาว	หินฟันม้า	หินเขี้ยวหนุมาน

การผสมวัตถุดิบ 3 ตัวนี้ด้วยการใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าโดยการวางวัตถุดิบแต่ละตัวไว้ตรงมุมทั้งสามของสามเหลี่ยมด้านเท่า แล้วอ่านค่าออกมาเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละจุดที่มีวัตถุดิบทั้ง 3 ตัวรวมกันเท่ากับ 100 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นวิธีการทดลองแบบสุ่มเอาหลาย ๆ จุดแต่ในที่นี้ใช้การทดลอง 36 จุด

โดยการใช้สูตรแผนภาพไตรดุลยภาค (Triaxial Diagram)



วิธีอ่านค่าสูตรแผนภาพไตรดุลยภาคมีดังนี้

การหาค่าดินขาวลำปาง ให้อ่านค่าตามแกนนอน (←) ค่าที่ได้ให้อ่านด้าน ก.

การหาค่าหินฟันม้าให้อ่านค่าตามแกนเฉียงลง (↘) ที่ลากจากฐาน ก. ไปฐาน ข. ค่าที่ได้ให้อ่านด้าน ข.

การหาค่าหินเขี้ยวหนุมานให้อ่านค่าตามแกนเฉียงขึ้น (↗) ที่ลากจากฐาน ข. ไปยังฐาน ค. ค่าที่ได้ให้อ่านด้าน ค. การอ่านค่าสูตรส่วนผสมวัตถุดิบ 3 ตัว คือดินขาวลำปาง หินฟันม้าและหินเขี้ยวหนุมานจะต้องได้ 100 พอดี

ตัวอย่างวิธีการอ่าน

จุดที่ 1 = ดินขาวลำปาง 80 หินฟันม้า 10 หินเขี้ยวหนุมาน 10

จุดที่ 6 = ดินขาวลำปาง 60 หินฟันม้า 10 หินเขี้ยวหนุมาน 30

จุดที่ 22 = ดินขาวลำปาง 20 หินฟันม้า 70 หินเขี้ยวหนุมาน 10

จุดที่ 35 = ดินขาวลำปาง 10 หินฟันม้า 20 หินเขี้ยวหนุมาน 70

นำวัตถุดิบทั้ง 3 ตัวคือดินขาวลำปาง หินฟันม้าและหินเขี้ยวหนุมานที่ชั่งได้ทั้ง 36 สูตรส่วนผสม นำมาบดด้วยโกร่งบดหรือหม้อบดแต่ละสูตรส่วนผสมเป็นรูปของน้ำดิน แล้วนำมาเกรอะให้อยู่ในรูปของเนื้อดินปั้นแล้วนำไปทำเป็นแผ่นทดลองเพื่อทำการทดสอบทางเคมี และฟิสิกส์ทั้งก่อนเผาและหลังเผา หลังจากนั้นก็เลือกจุดสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปผลิต และอุณหภูมิในการเผาตามความต้องการ

การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินก่อนและหลังเผา (Testing the Pysical Properties of Clay Before and After Firing)

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์จะมีคุณภาพดีขึ้นจะต้องสามารถปรับปรุงหรือคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นได้ถ้ารู้ถึงลักษณะเฉพาะ (Characteristic) ของดินที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์

การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ (กายภาพ) ของดินมีทั้งก่อนและหลังเผา โดยดินที่จะนำมาใช้ในสูตรส่วนผสมควรได้รับการทดสอบสิ่งเหล่านี้คือ

ความเหนียวของดิน (Plasticity) เป็นคุณสมบัติของดินเมื่อเปียกอย่างหนึ่ง ช่วยให้สามารถนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ทรงต่าง ๆ จะเป็นด้วยวิธีขึ้นรูปแบบอิสระ แบบขด แบบแผ่น หรือโดยเฉพาะการขึ้นรูปแบบแป้นหมุน จะต้องเตรียมดินให้มีความเหนียวเป็นสำคัญ

การวัดความเหนียวยุ่งยากพอสมควรดินชนิดเดียวกันมาจากแหล่งเดียวกันอาจจะมีความเหนียวไม่เท่ากันก็ได้เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองหาความเหนียวมีชื่อว่า Alterbery แต่มีวิธีง่าย ๆ สำหรับทดสอบว่าดินเหล่านั้นมีความเหนียวเพียงพอที่จะขึ้นรูปต่าง ๆ ได้หรือไม่โดยวิธีการนำดินที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์มาทดสอบดังนี้

1. ถ้าสามารถคลึงดินแล้วรีดให้เป็นเส้นเล็ก ๆ ขนาดไส้ดินสอดำและให้มีความยาวระดับหนึ่งโดยไม่ขาดออกจากดิน จัดว่าดินนี้มีความเหนียวเพียงพอที่จะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยอาศัยความเหนียว เช่น การขึ้นรูปบนแป้นหมุน แบบอิสระ แบบขด แบบแผ่น เป็นต้น

2. ถ้าคลึงดินให้มีขนาดโตเท่ากับแท่งดินสอแล้วเอามาพันรอบ ๆ นิ้ว ถ้าหากว่าเกิดรอยแยกรอยปริบนผิวของดินขึ้นแล้ว แสดงว่าดินชนิดนี้ไม่มีความเหนียวเพียงพอที่จะทำการขึ้นรูปโดยอาศัยความเหนียวของดิน

ความเหนียวของดินขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้

1. ความละเอียดของเม็ดดิน (The Finess of Grain) ดินที่มีขนาดเม็ดดินละเอียดจะโดยธรรมชาติหรือโดยการบดจะมีความเหนียวมากกว่าดินที่ขนาดเม็ดหยาบ

2. สารอินทรีย์ (Organic Mather's) ซึ่งอยู่ในดินเป็นผลทำให้ดินมีความเหนียวเพิ่มอีกโดยการช่วยยึดเหนี่ยวให้เม็ดดินมาติดกันทำให้เกิดความเหนียวของดินขึ้นมาได้ บางกรณี อาจจะเติมสารอินทรีย์บางอย่าง เช่น กาว (Gum) ลงไปในดินเพื่อช่วยเพิ่มความเหนียว

3. การหมักดินซึ่งมีความชื้นอยู่แล้ว (Aging) โดยมีที่เก็บดินไว้ในที่มิดชิดไม่ให้อากาศถ่ายเทได้จะทำให้ดินเกิดความเหนียวได้เช่นกัน เนื่องจากการเก็บดินไว้นาน ๆ ประมาณ 3-4 สัปดาห์ขึ้นไปทำให้อนุภาคเม็ดดินเล็ก ๆ เปียกน้ำโดยทั่วถึงกันหมดและสารอินทรีย์ที่อยู่ในดินอาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้เล็กน้อยทำให้ความเหนียวของดินเพิ่มขึ้นอีก

การที่อนุภาคเม็ดดินเล็ก ๆ เปียกน้ำนี้จะเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากขึ้น การหมักดินเพื่อให้เกิดความเหนียวขึ้นนี้ต้องให้ดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยดีกว่าให้เป็นด่าง ถ้าดินที่อยู่ในสภาพที่เป็นด่าง สามารถแก้ให้เป็นกรดได้โดยเติมกรดเกลือชนิดเจือจางเพียงเล็กน้อยเพื่อให้ดินจับตัวดีขึ้น

การทดสอบหาปริมาณน้ำที่ช่วยทำให้เกิดความเหนียว

(Test for the water of plasticity)

เป็นการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ช่วยทำให้เกิดความเหนียวและสามารถนำไปขึ้นรูปและทรงตัวได้วิธีทดสอบและปฏิบัติได้เช่น ตัวอย่างดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักดินแห้งให้ได้หนัก 100 กรัม

2. เตรียมน้ำใส่ไว้ในกระบอกตวง (Buret) ซึ่งมีขีดวัดปริมาตรน้ำที่ใช้ไปเป็น ซีซี เช่น วัดได้ 30 ซีซี เท่ากับใช้น้ำผสมไปหนัก 30 กรัม

3. ใส่ดินแห้งไว้บนแผ่นกระจกแล้วค่อย ๆ หยดน้ำจากกระบอกตวงลงบนดินแห้งทีละหยดจากนั้นค่อย ๆ ใช้เกียง (Spactula) ผสมดินกับน้ำให้เข้ากันดี สังเกตดูว่าดินจับตัวกันหรือไม่ ถ้าดินยังจับตัวกันไม่ดีเราจะหยดน้ำจากกระบอกตวงไปเรื่อย ๆ จนดินไม่ร่อนแสดงว่าดินเริ่มเกิดความเหนียวขึ้นมาแล้ว ตามปริมาตรของน้ำที่ใช้ไปจากน้ำหนักดินแห้ง 100 กรัมพอดี ดังนั้นปริมาณของน้ำที่ใช้ไปกี่กรัมก็เป็นเปอร์เซนต์ของน้ำ ดินโดยทั่ว ๆ ไปแล้วมีค่าเปอร์เซนต์ของน้ำที่ช่วยทำให้เกิดความเหนียว (Water of Plasticity) ประมาณ 30-45 เปอร์เซนต์

4. นวดดินจนกว่าจะสามารถนำไปขึ้นรูปได้

5. คำนวณตามสูตร

$$\text{จำนวนเปอร์เซนต์ของน้ำที่ทำให้เกิดความเหนียว (\% Water of Plasticity)} = \frac{\text{จำนวนน้ำหนักของน้ำที่ใช้ (Weight of Water)}}{\text{จำนวนน้ำหนักของดินแห้ง (Weight of Dry Clay)}} \times 100$$

การหดตัวของดิน (Shrinkage) การหดตัวของดินมีอยู่ 2 ระยะด้วยกันคือ

1. การหดตัวของดินจากสภาพที่มีความเหนียวมาสู่สภาพเมื่อแห้งสนิท (Drying Shrinkage) เนื้อดินปั้นที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้น จะต้องใช้น้ำผสมเพื่อให้เกิดความเหนียวขึ้นโดยที่น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญสาเหตุที่ดินหดตัวลงหลังจากการผึ่งให้แห้ง (Drying Shrinkage) สาเหตุที่ดินหดตัวก็เนื่องจากน้ำที่ผสมเข้าไป เพื่อให้เกิดความเหนียวนั้นระเหยออกไป ทำให้อนุภาคของเม็ดดินดึงตัวเข้ามาชิดกันจึงเกิดการหดตัว โดยปกติดินที่มีอนุภาคของเม็ดดินละเอียดจะเหนียวย่อมมีการหดตัวมากกว่าดินหยาบ

การหดตัวของดินมีความสำคัญเพราะในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ๆ ถ้าดินมีการหดตัวมากก็จำเป็นจะต้องให้ดินนั้นแห้งอย่างช้า ๆ และแห้งอย่างสม่ำเสมอทั่วเนื้อผลิตภัณฑ์ ถ้าการควบคุมการผึ่งให้แห้งไม่ดีจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าวได้เช่นกัน เพราะการดึงตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ระหว่างดินแห้งกับดินเปียกจะแตกต่างกัน

2.การหดตัวของดินจากสภาพที่แห้งสนิทมาสู่สภาพที่เผาแล้ว(Firing Shrinkage) เป็นการหดตัวของดินในระยะที่ 2 ต่อเนื่องมาจากระยะการหดตัว เมื่อผลิตภัณฑ์แห้งสนิทแล้ว การหดตัวหลังจากการเผามีความสำคัญในการเผาผลิตภัณฑ์มากเพราะถ้าดินมีเปอร์เซนต์การหดตัวสูงและเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ๆ และเผาจนเนื้อดินทุกจุดสุกตัวจำเป็นจะต้องมีการควบคุมการเผาผลิตภัณฑ์ให้อุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ และปล่อยให้เย็นตัวลงช้าๆ เช่นกันมิฉะนั้นผลิตภัณฑ์จะเกิดการบิดเบี้ยวหรือแตกเสียหายได้ หรือทำให้ขนาดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ผิดไปจากที่ต้องการ ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการทดสอบการหดตัวของเนื้อดินปั้นทั้ง 2 ระยะ ดังกล่าวข้างต้น เพื่อจะได้ทำการปรับปรุงการหดตัวของดินให้เป็นไปอย่างเหมาะสม ยังเป็นประโยชน์ต่อการคิดคำนวณขยายแบบผลิตภัณฑ์เพื่อจะให้ได้ผลิตภัณฑ์มีขนาดตามที่ต้องการได้อีกด้วย โดยมีการทดสอบการหดตัวของดินดังนี้

การทดสอบการหดตัวของเนื้อดินจากสภาพที่มีความเหนียวมาสู่สภาพที่แห้งสนิท (Test for Drying Shrinkage ปฏิบัติดังนี้

1. นวดดินได้ที่แล้วทำเป็นแท่งทดสอบที่มีขนาดความยาว 8 เซนติเมตร กว้าง 4 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร

2. บนผิวของแท่งทดสอบทำเครื่องหมายรูปกากบาท (X) ไว้ตรงส่วนหัวและส่วนท้ายของเส้นตรงที่วัดความยาวได้ 6 เซนติเมตร (ความยาวเมื่อเปียกเท่ากับ 6 เซนติเมตร)

3. นำแท่งทดสอบไปผึ่งให้แห้งแล้ววัดความยาวจดบันทึกไว้

4. นำข้อมูลที่จดบันทึกวัดความยาวของดิน เมื่อผึ่งแห้งแล้วที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซนต์การหดตัวของดิน โดยใช้สูตรดังนี้

จำนวนเปอร์เซนต์การหดตัวของดินแห้ง =

$$\frac{\text{ความยาวของดินเปียก - ความยาวของดินแห้ง}}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$$

การทดสอบการหดตัวเมื่อทำการเผา (Test Firing Shrinkage)

วิธีทดสอบปฏิบัติดังนี้คือ

1. จดข้อมูลความยาวของแท่งทดสอบที่เป็นดินแห้งไว้แล้วนำไปเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้

2. วัดความยาวหลังจากการเผาแล้วจดบันทึกไว้

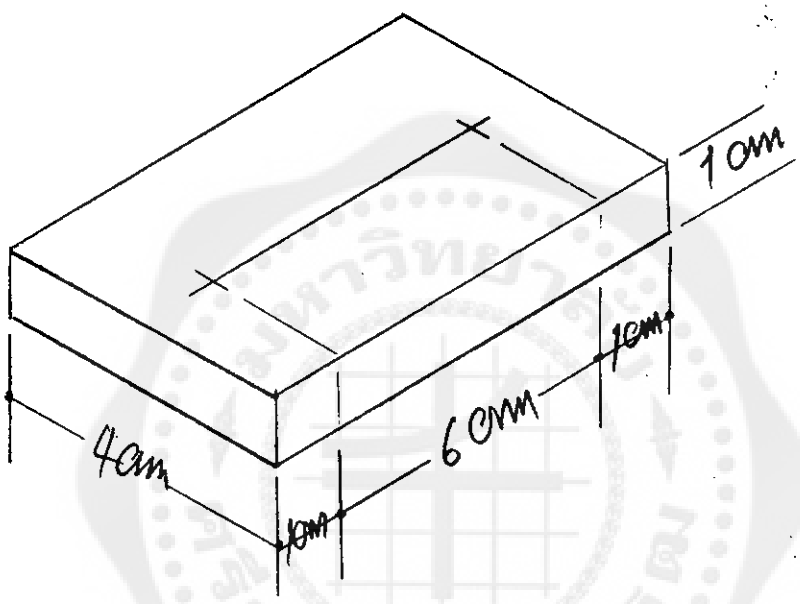
3. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

จำนวนเปอร์เซนต์การหดตัวของดินที่เผาแล้ว=

$$\frac{\text{ความยาวของดินแห้ง - ความยาวของดินที่เผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินแห้ง}} \times 100$$

จำนวนเปอร์เซนต์การหดตัวของดิน =

$$\frac{\text{ความยาวของดินเปียก - ความยาวของดินเผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$



ภาพประกอบแท่งทดสอบเมื่อเป็นดินเปียก

ความพรุนตัว (Porosity)

ความพรุนตัวของดินเป็นคุณสมบัติที่ช่วยให้ทราบถึงการเผาที่ถึงจุดสุกตัว (Vitrification) หรือไม่อันหมายถึงคุณภาพของเนื้อผลิตภัณฑ์วิธีทดสอบได้ด้วยวิธีนำดินที่เผาแล้วแต่ยังไม่ได้เคลือบไปชั่งน้ำหนักดูแล้วนำมาแช่น้ำทิ้งไว้หนึ่งคืนแล้วนำขึ้นมาชั่งใหม่ ถ้าดินมีความพรุนตัวมากน้ำหนักจะเพิ่มมากขึ้น เนื้อดินปั้นที่ถือเป็นมาตรฐานทั่วไปคือเนื้อดินชนิด (Earthenware) มีความพรุนตัวได้ 3-10 เปอร์เซนต์ เนื้อดินชนิด Stoneware มีความพรุนตัวได้ 0-6 เปอร์เซนต์ เนื้อดินชนิด Vitreousware มีความพรุนตัวได้ 0-1 เปอร์เซนต์ การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ของผลิตภัณฑ์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเผาเนื้อดินถึงจุดสุกตัวหรือไม่ มีวิธีการทดสอบและปฏิบัติดังนี้

1. นำแท่งเนื้อดินทดลองมีขนาด 4x1x6 เซนติเมตร จำนวน 3 แท่ง แต่ละแท่งนำไปเผาที่อุณหภูมิต่างกันเช่น ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส 1,250 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส

2. นำมาชั่งน้ำหนักแต่ละอันแล้วจดบันทึกเก็บรายละเอียดไว้

3. นำแท่งดินนี้ไปต้มในจุดน้ำเดือดประมาณ 2 ชั่วโมงแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นอีก 24 ชั่วโมง

4. แล้วนำมาทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส หรือด้วยวิธีเช็ดด้วยผ้า หรือผึ่งลมให้แห้งเสร็จแล้วนำมาชั่งน้ำหนักจดบันทึกเก็บรายละเอียดไว้

5. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{จำนวนเปอร์เซนต์ที่ดูดน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักดินที่อิ่มตัว - น้ำหนักดินแห้ง}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100$$

Losson Ignition (ใช้ตัวย่อว่า L.O.I) คือการหาน้ำหนักที่สูญเสียไปในระหว่างการเผาดินแต่ละชนิดที่เกิดจากการสูญเสียน้ำผลึกในดินรวมทั้งการสลายตัวของสารอินทรีย์กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 คำนวณได้จากสูตร

$$\%\ \text{L.O.I} = \frac{\text{น้ำหนักดินแห้ง - น้ำหนักดินที่เผาแล้ว}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100$$

ความทนไฟของดิน (Refractories) คือการหาจุดหลอมตัวของดินว่าดินแต่ละชนิดมีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิสูงสุดเท่าใดเพื่อการจำแนกหาคุณสมบัติความทนไฟของดินแต่ละชนิดว่าดินที่ได้ควรจะนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทไหนถึงจะเหมาะสม เช่น นำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดทนไฟได้หรือไม่ โดยดินที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟจะต้องสามารถทนความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า 1,580 องศาเซลเซียส

วิธีทดสอบความทนไฟของดินปฏิบัติดังนี้

1. นำดินที่เตรียมไว้ทดสอบมาทำเป็นแท่งรูปทุ่น วัดอุณหภูมิโดยให้มีขนาดเท่ากับทุ่นวัดอุณหภูมิขนาดใหญ่ตามมาตรฐานของออร์ตัน (Orton Cone) แล้วนำไปผึ่งให้แห้งสนิท

2. นำแท่งทดสอบที่แห้งสนิทแล้วไปเผาดิบที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

3. นำแท่งทดสอบที่เผาดิบแล้วมาวางบนแท่งดินโดยทำมุมเอียง 82 องศา เช่นเดียวกับการวางทุ่นวัดอุณหภูมิ

4. แล้วนำแท่งทดสอบไปเผาตามอุณหภูมิให้สูงขึ้นตามลำดับ เช่น ครั้งแรกเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 2 -1,150 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 3 -1,200 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 4 -1,250 องศาเซลเซียส ฯลฯ ซึ่งเมื่อเผาตามอุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนดไว้แล้วแต่ละครั้งก็นำแท่งทดสอบออกมาวิเคราะห์ดูลักษณะว่าแท่งทดสอบมีการหดตัว งอตัว บิดเบี้ยว ในช่วงอุณหภูมิที่เท่าไร และใช้อุณหภูมิในการเผาสูงสุดเท่าไร ที่แท่งทดสอบหลอมละลายล้มลงราบกับพื้น ที่แท่งทดสอบวางอยู่โดยอุณหภูมิที่วัดได้ก็จะเป็นค่าของความทนไฟของดินที่นำมาทำการทดสอบ

การทดสอบสีของดิน (Color Test)

สีของดินขึ้นอยู่กับสารประกอบของแร่ต่าง ๆ ที่เจือปนมากับดิน เช่น เหล็กออกไซด์ แมงกานีสไดออกไซด์ โคบอลท์ออกไซด์ ฯลฯ และอินทรีย์สารต่าง ๆ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ ก็มีผลต่อการเกิดสีได้เล็กน้อยเช่นกัน สีของดินจะมีความเข้มน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับจำนวนเปอร์เซนต์ของสารประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นโดยปกติแล้วสีของดินที่แท้จริงจะเห็นต่อเมื่อนำดินไปเผาแล้ว เช่น ดินบอลเคย์ (Bail Clay) ก่อนเผามักจะมีสีดำคล้ำหรือสีเทา แต่เมื่อเผาแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีขาว หรือดินเหนียวราชบุรีก่อนเผาเป็นสีน้ำตาลอ่อนเผาแล้วจะมีสีแดงเข้ม เป็นต้น

ส่วนสีของดินที่เกิดจากการผสมวัตถุดิบที่เป็นสารให้สีได้แก่ พวก Oxide หรือ Stain ต่าง ๆ ควรมีการจดบันทึกไว้เป็นจำนวนเปอร์เซนต์ที่ใช้ผสมเข้าไปโดยการนำ

ตารางอัตราส่วนผสมตามจำนวนเปอร์เซนต์ของ Oxide หรือ Stain ที่ใช้แล้วนำไปเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ว่าสีที่ได้จะออกมาเป็นสีอะไร สีที่เกิดจากส่วนผสมของ Oxide ของโลหะถ้าอุณหภูมิที่เผาแตกต่างกันในส่วนผสมของเนื้อดินเดียวกัน oxide ชนิดเดียวกัน และจำนวนเปอร์เซนต์ที่เท่ากัน สีที่ได้จะแตกต่างกันด้วย รวมถึงบรรยากาศการเผาก็มีผลต่อสีด้วยเช่นกัน

ดังนั้นการทดสอบสีของดินทำได้โดยนำดินที่ทดลองไปผสมกับ Oxide หรือ Stain ที่ต้องการตามอัตราส่วนต่าง ๆ ที่กำหนดไว้แล้วนำไปเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดแล้วนำผลที่ได้คือ ดินที่มีสีต่าง ๆ แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับตารางเทียบสีของ Munsell Soil Color Chart ว่าสีที่ได้มีสีอะไรบ้าง Oxide ชนิดใดให้สีอะไร เป็นต้น

ความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture) ความแข็งแรงของดินเป็นการหาคุณสมบัติของเนื้อดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ในด้านความทนทานต่อแรงกดหรือกระทบจนทำให้ผลิตภัณฑ์แตกเสียหาย ดินที่มีความแข็งแรงเมื่อแห้งจะไม่เปราะแตกหักได้ง่าย ดังนั้นถ้านำไปขึ้นรูปทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแล้วเวลาจับต้องหรือมีการเคลื่อนย้ายจะทำได้โดยสะดวก โดยทั่วไปดินที่มีความเหนียวมากก็จะมีความแข็งแรงมาก ตามมาตรฐานสากลถือว่าดินจะต้องมีค่าความแข็งแรงตั้งแต่ 20 ถึง 1,500 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว หรือ 9.1 ถึง 682 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร

วิธีทดสอบความแข็งแรงของดิน โดยเป็นการหาค่าความแข็งแรงของดินโดยอาศัยแรงกดกระทั่งแท่งดินที่ทำการทดสอบหักออกเป็น 2 ท่อน

ลักษณะการทดสอบปฏิบัติได้ดังนี้

1. นำดินที่นวดผสมแล้วมาปั้นเป็นแท่ง ทดสอบด้วยวิธีการอัดลงไปในแบบพิมพ์ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีความยาว กว้าง และหนา ตามที่กำหนดไว้แล้วจดบันทึกไว้

2. นำแท่งทดสอบไปผึ่งให้แห้ง หรือนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส

3. นำแท่งทดสอบไปกดให้หัก (ดังภาพประกอบ M of R)

4. จดบันทึกแรงกดที่ทำให้แท่งทดสอบหักแล้วนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรงจากสูตรดังต่อไปนี้

$$M\ of\ R^{33} = \frac{3pl}{2bd^2}$$

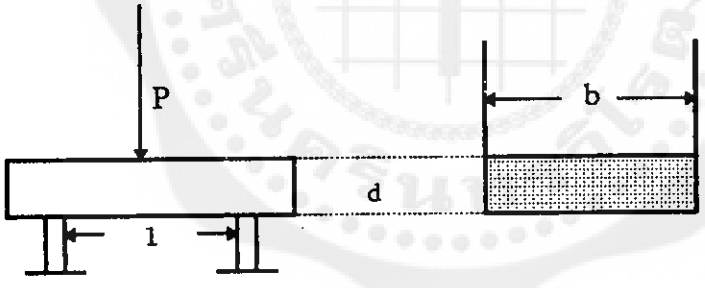
โดย M of R = ค่าความแข็งแรงของดิน (ก.ก. / ซ.ม.^{2})

p = แรงกดที่ทำให้แท่งทดสอบหัก (ก.ก)

l = ระยะห่างของแท่นรองรับแท่งทดสอบ (ซ.ม.)

b = ความกว้างของแท่นทดสอบ (ซ.ม.)

d = ความหนาของแท่งทดสอบ (ซ.ม.)



ภาพประกอบ M of R

เชิงอรรถท้ายบทที่ 3

[1]จาตุรงค์ กีระนันท์. เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผา. 2518. หน้า 29.

[2]จาตุรงค์ กีระนันท์. เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผา. 2518. หน้า 34.

[3]กรมวิทยาศาสตร์. กระทรวงอุตสาหกรรม. เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. ม.ป.ท. ม.ป.ป. อัดสำเนาหน้า 1.

[4]โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. 2535. หน้า 18.

[5]ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ. เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. 2538. หน้า 6.

[6]กองบริการอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีการผลิตภัณฑ์ Whiteware. ม.ป.ป., หน้า 11 และดูรายละเอียดการวิเคราะห์ดินขาวจากแหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ จากกรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, "ดินขาว", ในเอกสารวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. 2513. หน้า 116-132.

[7]F.H.Norton,Fine Ceramics Technology and Applications. 1970. p.52.

[8]กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, "แหล่งวัตถุดิบ," เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. 2514. หน้า 2.36-2.56 และกองบริการอุตสาหกรรม, เทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์ Whiteware. ม.ป.ป. หน้า 11.

[9]โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. 2535. หน้า 12.

[10]กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, "แหล่งวัตถุดิบ," เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. 2513. หน้า 133.

[11]จาตุรงค์ กีระนันท์. เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผา. 2518. หน้า 41.

[12]จาตุรงค์ กีระนันท์. เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผา. 2518. หน้า 43.

[13]F.H. Norton,Fine Ceramics Technology and Applications. 1970. p.66.

[14]กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, "แหล่งวัตถุดิบ," เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. 2513. หน้า 142-143.

[15]กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, "แหล่งวัตถุดิบ," เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. 2513. หน้า 140.

[16]จาตุรงค์ กีระนันท์. เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผา. 2518. หน้า 60.

[17]ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, "ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิก", เอกสารวิชาการชุดที่ 1. 2538. หน้า 23.

[18]กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. 2529. หน้า 27.

[19]กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. 2529. หน้า 28.

[20]กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. 2529. หน้า 26.

[21]ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, "ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิก", เอกสารวิชาการชุดที่ 1. 2538. หน้า 24.

[22]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 89.

[23]สมหวัง นรพัลลภ. เอกสารประกอบการสอนเนื้อดินปั้นพื้นบ้าน. 2518. หน้า 21.

[24]สมหวัง นรพัลลภ. เอกสารประกอบการสอนเนื้อดินปั้นพื้นบ้าน. 2518. หน้า 30.

[25]กองบริการอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีการผลิตภัณฑ์ Whiteware. ม.ป.ป., หน้า 2.

[26]ปรีชา พิมพ์ขาวขำ. เซรามิกส์. 2527. หน้า 305.

[27]กองบริการอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีการผลิตภัณฑ์ Whiteware. ม.ป.ป., หน้า 8.

[28]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 99.

[29]วิเชียร ศิริประภาวัฒน์, ดินและเนื้อดินปั้น. ม.ป.ป. หน้า 28.

[30]จาตุรงค์ กีระนันท์. เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผา. 2518. หน้า 73.

[31]โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. 2535. หน้า 165.

[32]เมช (Mesh) เป็นหน่วยวัดความถี่ห่างของตะแกรงในพื้นที่ 1x1 นิ้วฟุตว่ามีกี่ช่อง ซึ่งตัวเลขมากหมายถึงมีความถี่มาก

[33]SonjaS, Singer. Industrial Ceramics. 1963. p. 337.

บทที่ 4
น้ำเคลือบเซรามิกส์

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยเฉพาะที่เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาโดยทั่วไปทั้งประเภทที่ใช้ใส่อาหาร (Tableware) เครื่องครัว (Kitchenware) เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitaryware) ฯลฯ ส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความคงทนแข็งแกร่งสวยงามมีคุณค่าเหมาะสมกับการใช้งานนั้นจะต้องผ่านการเคลือบ

โดยเครื่องปั้นดินเผาแต่ดั้งเดิมนั้นไม่มีการเคลือบจะมีแต่ตัวเนื้อดินปั้นหรือมีการตกแต่งด้วยวิธีการเขียนสีต่าง ๆ ต่อมาจึงมีการพัฒนาเป็นเคลือบด้วยน้ำดิน (Slip Glaze) โดยการนำน้ำดินสีมาทา หรือชุบทับเนื้อดิน สำหรับในประเทศไทยอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาสมัยลพบุรีนั้น เป็นระยะแรกของการทำเครื่องปั้นดินเผาชนิดใช้เคลือบ ปัจจุบันแม้ว่ายังมีการทำน้ำเคลือบด้วยวัตถุดิบและวิธีการแบบดั้งเดิมอยู่เป็นบางส่วน แต่ส่วนมากก็ได้มีการศึกษาค้นคว้าทดลองโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลที่แน่นอนเหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ การนำไปใช้ตลอดจนการใช้เทคโนโลยีการผลิตสมัยใหม่

น้ำเคลือบ (Glaze) คือสารประกอบอย่างหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบพวกกรด, ด่าง และกลาง ผสมกันตามสูตรส่วนผสมแล้วนำมาเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินแล้วนำไปเผาให้ได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างพวกกรด ด่าง และกลาง กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอลูมิโน ซิลิเกต (Alumino Silicate) ที่มีลักษณะหลอมตัวจนกลายเป็นแก้วเกาะติดอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

การเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาสำหรับเพื่อประโยชน์ใช้สอยและเพื่อคุณค่าทางด้านความงามโดยทั่วไปจะต้องคำนึงถึงความเหมาะ

สมกับการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เพราะการเคลือบนั้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นทั้งเป็นการเพิ่มประโยชน์การใช้งานเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่สำคัญดังนี้

1. เพื่อช่วยลดความพรุนตัว ซึ่งมีอยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์ทำให้ก๊าซและของเหลวซึมผ่านไม่ได้ เนื่องจากเคลือบมีลักษณะคล้ายแก้ว ไม่มีช่องว่างให้ก๊าซและของเหลวซึมผ่านได้ ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่นำมาเคลือบนั้น จะมีความพรุนตัวอยู่ก็ตาม

2. เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เนื้อผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเคลือบมีความแข็งแกร่งกว่าเนื้อดินที่เผาแล้ว

3. เพื่อเพิ่มความคงทนต่อการขีดข่วนและต่อการกัดกร่อนของสารเคมี เนื่องจากเคลือบมีความแข็งแกร่งกว่าเนื้อดินเผา และไม่มีความพรุนตัว สารเคมีจึงดูดซึมเข้าไปกัดกร่อนได้ยาก ยกเว้นกรดกัดแก้ว (HF)

4. เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดได้ง่าย เพราะเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วจะมีผิวมันเรียบทำให้สิ่งสกปรกหรือไขมันไม่สามารถซึมผ่านผิวเคลือบเข้าไปเกาะเนื้อผลิตภัณฑ์ข้างในได้ ทำให้สะดวกต่อการล้างเช็ด

5. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม มีสีสัน มีคุณค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเคลือบแต่ละประเภทที่เลือกใช้มีคุณลักษณะ และผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น มีผิวเป็นมันวาว ใส ทึบ ด้าน และมีดอกจุด อันจะเป็นผลต่อการดึงดูดความสนใจ และน่าใช้สอยมากกว่าแบบไม่เคลือบ

การแบ่งประเภทของน้ำเคลือบ

น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีหลายประเภทด้วยกัน แล้วแต่จะยึดถือเกณฑ์อะไรเป็นหลัก และมีการพิจารณารายละเอียดแต่ละประเภทมากน้อยเพียงใด โดยในที่นี้ขอแบ่งประเภทของเคลือบไว้พอสังเขปดังนี้

1. เคลือบตามลักษณะที่มองเห็น

1.1 เคลือบใส (Clear Glaze) คือชนิดของเคลือบที่เผาถึงจุดสุกตัวจะเกิดความมันแวววาวและยังมองเห็นสีของเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ ส่วนมากจะนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ได้เขียนสีใต้เคลือบ (Under Glazes Colours) หรือใช้เคลือบทับผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งด้วยวิธีเอนโกม[1] (Engobe) เมื่อเผาเคลือบแล้วจะเห็นสีและลวดลาย ที่ตกแต่งออกมาอย่างชัดเจน

1.2 เคลือบทึบ (Opaque Glaze) คือเคลือบที่เผาถึงจุดตัวแล้วไม่สามารถมองเห็นสีของเนื้อผลิตภัณฑ์ได้สูตรส่วนผสมของเคลือบชนิดนี้จะมีสารพวกดีบุกออกไซด์ (Sn_2O) หรือเซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO_2) ผสมอยู่ด้วย ซึ่งเหมาะกับการปิดบังสีของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการด้วย

1.3 เคลือบด้าน (Mat Glaze) คือเคลือบที่เผาจนถึงจุดสุกตัวแล้วไม่มีความมันแวววาว สะท้อนแสงบนผิวเคลือบได้น้อยมาก เกิดจากการเพิ่มสารบางตัวลงไปในสูตรส่วนผสมของเคลือบได้แก่ อลูมิน่า (Al_2O_3) เซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO_2) แบเรียมคาร์บอเนต ($BaCO_3$) และลดปริมาณของสารที่มีคุณสมบัติเป็น ฟลัก (Flux) ลงโดยเคลือบด้าน มีผู้นิยมเรียกชื่อตามวัตถุดิบที่ผสมลงไปเช่น อลูมิน่าแมต (Alumina Mat) และแบเรียมแมต (Barium Mat) เป็นต้น

1.4 เคลือบราน (Crackle Glaze) คือเคลือบที่เกิดจากการหดตัวของน้ำเคลือบมากกว่าเนื้อดินปั้น จึงทำให้เคลือบเกิดการรานขึ้น การรานมีลักษณะเป็นร่างแหแบบละเอียดหรือแบบหยาบ เคลือบรานนี้สามารถทำได้ทั้งเคลือบ ทึบ และเคลือบใส โดยชาวจีนเป็นคนคิดทำขึ้น เพื่อนำมาใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์ให้มีความสวยงามขึ้น

1.5 เคลือบผลึก (Crystal Glaze) คือเคลือบที่มีผลึกเกิดอยู่ภายใต้ผิวของเคลือบ อาจเป็นผลึกรูปพัด รูปเข็ม หรือเป็นดอกดวงเล็กและใหญ่ การเกิดผลึกของ

เคลือบนี้ทำได้โดยการเติม Lithium Carbonate ($LiCO_3$) หรือ Zinc Oxide (ZnO) ลงไปในสูตรส่วนผสมของเคลือบผสมผสานกับเทคนิคของการแช่อุณหภูมิในขณะเผา ทำให้ Zinc Oxide ตกผลึกรวมตัวกับ Silica กลายเป็นผลึกของ Zine Silicate ($2ZnO.SiO_2$)

1.6 เคลือบมุก (Luster Glaze) คือพื้นผิวเคลือบที่มีเหลือบประกายที่มีความมันแววววาวมาก คล้ายกับด้านในของกาบหอยมุกซึ่งเคลือบชนิดนี้มีส่วนผสมของตะกั่วอยู่ในสูตรส่วนผสมจึงไม่เหมาะกับการนำเคลือบชนิดนี้ไปเคลือบในผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นภาชนะใส่อาหาร

2. เคลือบตามวัตถุดิบที่ใช้

2.1 เคลือบตะกั่ว (Lead Glaze) คือเคลือบที่มีสูตรส่วนผสมที่ใช้ตะกั่วเป็นหลัก โดยที่ตะกั่วจะทำให้เคลือบไหลตัวได้ดี มีความมันแววววาว ถ้าเป็นเคลือบที่มีสีจะมีสีที่สดใส ซึ่งเคลือบตะกั่วนี้จะเป็นเคลือบไฟต่ำ นิยมนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์เช่น กระเบื้องมุงหลังคา และอิฐโชว์ต่าง ๆ ที่มีราคาไม่แพง แต่เนื่องจากสารตะกั่วนี้มีพิษต่อมนุษย์และสัตว์จึงควรใช้ในรูปของฟริต[2] (Frit) แทน

2.2 เคลือบหินฟันม้า (Feldsparthic Glaze) คือเคลือบที่มีสูตรส่วนผสมที่ใช้หินฟันม้าเป็นหลักซึ่งหินฟันม้านี้เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลายในเคลือบ ช่วยให้เกิดความมันแววววาว มีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้นทนต่อการขีดข่วน สามารถทนต่อการกัดกร่อนของกรดและด่างได้ โดยเฉพาะในการเผาไฟสูงตั้งแต่ 1,250 - 1,350 องศาเซลเซียส

2.3 เคลือบขี้เถ้า (Ash Glaze) คือเคลือบที่ใช้ขี้เถ้าพืชต่าง ๆ เช่น ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าฟางข้าว ขี้เถ้าไม้สน ฯลฯ หรือได้จากขี้เถ้ามูลสัตว์ เช่น ขี้เถ้ามูลหมู ขี้เถ้ามูลไก่ ขี้เถ้ามูลเป็ด เป็นส่วนประกอบหลักในสูตรส่วนผสมของเคลือบ ขี้เถ้าต่าง ๆ เหล่านี้ส่วนหนึ่งเป็นตัวทำให้เคลือบเกิดการหลอมละลายเกิดความมันแววววาวในเคลือบ

และในขณะเดียวกัน สารประกอบบางตัวที่ได้จากขี้เถ้าก็ช่วยให้เกิดสีด้วย ได้แก่เหล็กออกไซด์ โดยผลวิเคราะห์ทางเคมีของขี้เถ้าพืชและไม้จะประกอบไปด้วยสารประกอบต่าง ๆ ดังนี้ คือ CaO, K_2O, Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2 และมี P_2O_5, Fe_2O_3, MnO เพียงเล็กน้อย ซึ่งสารประกอบต่าง ๆ เหล่านี้คือสารประกอบที่ใช้ในการทำเคลือบ

2.4 เคลือบเกลือ (Salt Glaze) คือเคลือบที่ใช้เกลือแกง (Sodium Chloride) หรือเกลือที่ใช้ปรุงอาหารนั่นเอง ที่เป็นตัวทำให้เกิดความมันแวววาว เนื้อดินปั้นที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เคลือบเกลือจะต้องเป็นเนื้อดินที่มีความทนไฟสูงและมีส่วนผสมของซิลิกาสูง

วิธีการเคลือบคือการเผาผลิตภัณฑ์ในบรรยากาศสันดาปไม่สมบูรณ์ และเป็นการเผาครั้งเดียวจนดินสุกตัวโดยการเริ่มเผาจากดินดิบจนถึงระยะอุณหภูมิที่ดินสุกตัวจึงสาดเกลือ (ขว้าง) เข้าไปในช่องของเตาเผา (Fire Boxes) เกลือที่ใช้จะเป็นเม็ดหรือป่นก็ได้ แต่ถ้าป่นจะทำปฏิกริยากับความร้อนในเตาเผาได้ดีกว่าชนิดเม็ด เมื่อเม็ดเกลือสัมผัสกับความร้อนภายในเตาเผาเกลือจะเกิดปฏิกริยาระเหยเป็นไอของโซเดียมไปเกาะบนผิวผลิตภัณฑ์ที่มีซิลิกาอยู่สูงจนกลายเป็นแก้วมันเคลือบอยู่ เตาที่ใช้เผาเคลือบเกลือส่วนมากนิยมใช้เตาฟืนชนิดทางลมร้อนลง (Down Draft Kiln)

2.5 เคลือบน้ำดิน (Slip Glaze) เป็นเคลือบที่ในสมัยโบราณค้นพบจากแหล่งที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติ เกิดอยู่ในรูปที่มีลักษณะเป็นน้ำดิน (Slip) ที่มีส่วนผสมของตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) อย่างเพียงพอที่จะเป็นเคลือบได้โดยเคลือบน้ำดินนี้จะมีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิสูงคือ ประมาณ 1,225 - 1,285 องศาเซลเซียส

แต่ในปัจจุบันเคลือบน้ำดินได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ด้วยวิธีการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไปในเคลือบน้ำดินนี้เพื่อปรับปรุงสี หรืออุณหภูมิให้ได้ตามความต้องการ

3. เคลือบตามอุณหภูมิที่เผา

3.1 เคลือบไฟสูง คือเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาสูงคือ ประมาณ 1,280 องศาเซลเซียส ขึ้นไป หรือ Cone 9 ขึ้นไป

3.2 เคลือบไฟกลาง คือเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาให้ถึงจะหลอมตัวที่อุณหภูมิระหว่าง 1,150 - 1,280 องศาเซลเซียส

3.3 เคลือบไฟต่ำ คือเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาให้ถึงจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1,150 องศาเซลเซียส

4. แบ่งตามรูปแบบของสารในเคลือบ

4.1 เคลือบดิบ (Raw Glaze) คือเคลือบที่ผสมจากวัตถุดิบจำพวกอนินทรียสารที่เกิดและมีอยู่ในธรรมชาติ เช่น สารต่าง ๆ ได้แก่ หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน หินปูน ดินขาว เป็นต้น โดยนำวัตถุดิบเหล่านี้นำมาผสมทำน้ำเคลือบ

4.2 เคลือบฟริต คือเคลือบที่มีส่วนผสมของสารตัวที่ทำหน้าที่ช่วยในการหลอมละลายของเคลือบ เช่น ตะกั่วบอร์แรก (Borrax) และโซดาแอช (Soda Ash) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารพิษที่มีคุณสมบัติสามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นการทำเคลือบชนิดนี้จะต้องนำสารเหล่านี้ไปหลอมให้อยู่ในรูปของแก้วซึ่งเรียกว่าการหลอมฟริต (Frit) แล้วจึงนำฟริตนี้มาใช้ผสมลงไปในสูตรส่วนผสมของเคลือบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบมีลักษณะและคุณสมบัติ เช่นเดียวกับวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเซรามิกส์ โดยทั่วไป คือการนำวัตถุดิบที่มีความเหนียวได้แก่ ดิน เมื่อใช้อยู่ในสูตรส่วนผสมของเคลือบจะช่วยให้น้ำเคลือบเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์และลดการไหลตัวของเคลือบ ส่วนวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว ได้แก่ หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน หินปูน

ฯลฯ ซึ่งเป็นวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ในสูตรส่วนผสมของเคลือบจะเป็นตัวหลอมละลายตัวทำให้เกิดสี เกิดแก้วมีความมันแวววาว เกิดความทึบและด้าน เป็นต้น

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบนี้สามารถแบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีที่มีผลก่อให้เกิดเป็นน้ำเคลือบแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มด่าง (Bases Group) เป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลายให้ต่ำลง ได้แก่ สารประกอบออกไซด์ ที่เขียนเป็นสูตรทางเซรามิกส์ ได้โดยใช้สัญลักษณ์ RO และR_2O วัตถุดิบกลุ่มนี้ที่นำมาใช้ทำน้ำเคลือบของเครื่องปั้นดินเผาจะใช้สารจำพวกด่าง 2 พวก คือ

1.1 พวกอัลคาไลน์ (Alkalies) ด่างพวกนี้ได้แก่ โซเดียม (Na) โปแตสเซี่ยม (K) ลิเทียม (Li) เป็นตัวลดอุณหภูมิหลอมละลายที่ดี ช่วยเพิ่มการไหลตัวของเคลือบได้ดี มีอิทธิพลต่อการเกิดสีของน้ำเคลือบด้วย เพิ่มดัชนีการหักเหของแสง ทำให้เคลือบมีความมันวาว สารประกอบของวัตถุดิบพวกนี้ได้แก่

1.1.1 โซเดียมออกไซด์ (Sodium Oxide Na_2O) เป็นสารที่ช่วยลดจุดหลอมละลายในอุณหภูมิต่ำ มีการขยายตัวสูง และมีความแข็งแรงน้อยกว่าด่างตัวอื่น สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ Na_2O ได้แก่

- Sodium Chloride (NaCl) ทำพวกเคลือบเกลือ
- Soda Ash (Na_2CO_3) หรือ Sodium Carbonate หรือโซดาซักผ้า
- Borrax ($Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$) คือ น้ำประสานทอง
- Cullet เศษแก้ว ($0.5Na_2O \cdot 0.5CaO \cdot SiO_2$)
- Soda Feldspar ($Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$)
- Cryolite (Na_3AlF_6)
- Nephiline Syenite ($K_2O.3Na_2O.4Al_2O_3.9SiO_2$)
- Sodium Nitrate (Na_2NO_3)

1.1.2 โปแตสเซียมออกไซด์ (Potassium Oxide - K_2O) ทำหน้าที่เป็นตัวลดจุดหลอมละลาย มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำกว่า Na_2O ซึ่งเป็นผลให้เคลือบไหลตัวน้อยลง มีความแข็งแรง ทนทานต่อการขีดข่วน ทำให้เคลือบมีความมันวาว สารประกอบของวัตถุดิบ ที่ให้ K_2O ได้แก่

- Potassium Carbonate (K_2CO_3) หรือที่เรียกว่า Pearl Ash เป็นสารที่ละลายน้ำได้
- Potassium Nitrate (KNO_3)
- Potash Feldspar ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$)

1.1.3 ลิเทียมออกไซด์ (Lithium Oxide - LiO_2) เป็น Flux ที่แรงและมีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกับ Na, K การใช้ Lithium แทน Alkaline อย่างอื่นจะใช้น้อยกว่าในอัตราส่วน 1: 5 แต่มันมีราคาแพง และมีคุณสมบัติพิเศษคือ เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีช่วยให้งานที่เคลือบสามารถนำไปใช้กับความร้อนได้ สารประกอบของวัตถุดิบที่ LiO_2

- Lithium Carbonate (Li_2CO_3)
- Spodumene ($Li_2O. Al_2O_3.4SiO_2$)

1.2 พวกอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline Earths) ด่างพวกนี้ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) แบเรียม (Ba) สตรอนเซียม (Sr) สตีทไทท์ และทัลค์ สังกะสี (Zn) ตะกั่ว (Pb) สารประกอบของวัตถุดิบพวกนี้ได้แก่

1.2.1 แคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide - CaO) เป็นสารประกอบที่ใส่เข้าไปในเคลือบจะช่วยให้ความแข็งแกร่งดีขึ้น ทนต่อการขีดข่วน ทนต่อการกัดกร่อนของเคมี และลดการขยายตัว เมื่อเทียบกับด่างชนิดอื่น ๆ แต่ถ้าใช้จำนวนมากจะมีความทนไฟสูงขึ้นและมักจะเกิดการตกผลึกได้ และเป็นสาเหตุให้เกิดเคลือบด้าน สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ CaO ได้แก่

- Calcium Carbonate ($CaCO_3$) หรือหินปูน หรืออีกชื่อเรียกว่า Whiting
- Dolomite ($CaCO_3.MgCO_3$)
- Calcium Fluoride (CaF_2)
- Calcium Chorite ($CaCl_2$)
- Calcium Borate ($2CaO.3B_2O_3.5H_2O$) มีชื่อเรียกว่า Colemanite
- Calcium Silicate ($Ca\ SiO_3$)
- Calcium Phosphate $Ca_3(PO_4)_2$ จากเถ้ากระดูกสัตว์
- Calcium Feldspar ($CaO.Al_2O_3.2SiO_2$)

1.2.2 แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium Oxide - MgO) เป็นตัวลดจุดหลอมละลายในเคลือบไฟสูงเพิ่มการไหลตัวและความมันวาว ช่วยลดสัมประสิทธิ์ การขยายตัวของเคลือบได้ดี สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ MgO ได้แก่

- Magnesium Carbonate ($MgCO_3$) จะละลายน้ำได้เล็กน้อย
- Dolomite ($CaCO_3.MgCO_3$) ซึ่งจะได้ CaO ด้วย
- Talc ($3MgO.4SiO_2.H_2O$)
- Steatite ($4MgO.5SiO_2.H_2O$)

1.2.3 แบเรี่ยมออกไซด์ (Barium Oxide - BaO) เป็นตัวลดจุดหลอมละลายในเคลือบไฟสูงมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวน้อยโดยปกติ BaO เป็นวัตถุทนไฟและทำปฏิกิริยาช้าจึงมักทำให้เกิดเคลือบด้าน สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ BaO ได้แก่

- Barium Carbomate ($BaCO_3$)
- Barium Chromate ($BaCrO_4$)

1.2.4 สตรอนเชียมออกไซด์ (Strontium Oxide - SrO) เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลายที่ดีช่วยให้การไหลตัวของเคลือบดีขึ้นทำให้พื้นที่ผิวเคลือบเรียบสม่ำเสมอ สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ SrO ได้แก่

- Strontium Carbonate หรือ Strontianite ($SrCO_3$)

- Strontium Chloride ($SrCl_2.6H_2O$)

1.2.5 สังกะสีออกไซด์ (Zinc Oxide - ZnO) เป็นตัวลดจุดหลอมละลายในเคลือบไฟสูง ถ้าใช้ประมาณมากเคลือบจะมีการตกผลึก ถ้าให้เคลือบเย็นตัวอย่างช้า ๆ และถ้าใช้มากเกินจะทำให้เคลือบเกิดการดึงตัว (Crawling) นอกจากนี้ยังเป็นตัวช่วยให้สีเคลือบสดใสขึ้น สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ ZnO ได้แก่

- Zinc Chloride ($ZnCl_2.H_2O$)

- Zinc Carbonate หรือ Calamine ($ZnCO_3$) หรือ Zinc Spar

- Zinc Spinel หรือ Gahnite ($ZnO.Al_2O_3$)

1.2.6 ตะกั่วออกไซด์ (Lead Oxide - PbO) เป็นตัวลดจุดหลอมละลายของเคลือบไฟต่ำ ให้เคลือบมีความมันแวววาว ช่วยทำให้เคลือบสีสดใส และทำให้เคลือบไหลตัวดี แต่เนื่องจากตะกั่วเป็นสารมีพิษ และสามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นการนำไปใช้จะต้องนำตะกั่วไปหลอมเป็น Frit เสียก่อน อนึ่งเคลือบตะกั่วจะทนทานต่อการขีดข่วนต่ำ เพราะมีความแข็งแกร่งน้อย สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ PbO ได้แก่

- Litharge (PbO)

- Red Lead (Pb_3O_4)

- Lead Sulfide (PbS) หรือ Galena

- Lead Bisilicate ($PbO.2SiO_2$) คือ Frit

- Lead Monosilicate ($PbO.SiO_2$) คือ Frit

- Lead Sesquisilicate ($2PbO.3SiO_2$) คือ Frit

- Lead Orthosilicate ($2PbO.SiO_2$) คือ Fritt

- Lead Titanate ($PbTiO_3$)

2. กลุ่มกลาง (Neutral Group) สารจำพวกที่เป็นกลางส่วนมากจะใช้เฉพาะในน้ำเคลือบมากกว่าใช้ในพวกแก้ว เพราะสารประกอบของวัตถุดิบเหล่านี้จะทำหน้าที่

เป็นตัวทนไฟ เพิ่มความหนืดของเคลือบโดยปรับและควบคุมการไหลตัวของเคลือบ ทำให้เคลือบด้าน เพิ่มความแข็งแกร่ง และทนทานต่อการขีดข่วน ได้แก่สารประกอบออกไซด์ ที่เขียนเป็นสูตรทางเซรามิกส์ได้โดยใช้สัญลักษณ์ R_2O_3 สารประกอบของวัตถุดิบกลุ่มนี้ได้แก่ อลูมิน่าออกไซด์ (Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) พลวงออกไซด์ (Sb_2O_3) โครเมี่ยมออกไซด์ (Cr_2O_3) โบรอนออกไซด์ (B_2O_3) ซึ่งวัตถุดิบกลุ่มนี้แต่ละตัวมีคุณสมบัติดังนี้

2.1 อลูมิน่าออกไซด์ (Alumina Oxide - Al_2O_3) อลูมิน่าเป็นสารประกอบที่อยู่ในวัตถุดิบหลายตัว เช่นในดินและหินต่าง ๆ อลูมิน่ามีคุณสมบัติเฉพาะตัว คือทนไฟสูง การนำมาใช้ในส่วนผสมของเคลือบ ถ้าใช้มากไปจะก่อให้เกิดเคลือบด้าน ลดความมันแววววาว ต้านทานการตกผลึกของเคลือบอลูมิน่าจะเพิ่มความแข็งแกร่ง และแก้ปัญหาการรานของเคลือบ

รวมทั้งการใช้ในการบอกว่าเป็นเคลือบชนิดใด โดยดูที่อัตราส่วนของอลูมิน่า (Al_2O_3) : ซิลิกา (SiO_2) เช่น อลูมิน่า 1 ส่วน : ซิลิกา 2.5-5 ส่วน จะเป็นชนิดของเคลือบด้าน, อลูมิน่า 1 ส่วน : ซิลิกา 7-12 ส่วนจะเป็นชนิดของเคลือบใส และอลูมิน่า 1 ส่วน : ซิลิกา 15-20 ส่วน จะเป็นชนิดของเคลือบผลึก[3] สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ Al_2O_3 ได้แก่

- Alumina Oxide (Al_2O_3)
- Kaolin ($Al_2O_3.2SiO_2.I2H_2O$)
- Feldspar ($KNaO.Al_2O_3.6SiO_2$)
- Bentonite ($Al_2O_3.4SiO_2.9H_2O$)
- Pyrophylite ($Al_2O_3.4SiO_2.2H_2O$)

2.2 เหล็กออกไซด์ (Ferric Oxide - Fe_2O_3) เหล็กออกไซด์เป็นสารประกอบที่ให้สีในเคลือบเป็นสำคัญ คือมีสีน้ำตาลแดงและยังทำให้สีของทองแดง (Copper) และโคบอลท์ (Cobalt) เปลี่ยนไปด้วย เหล็กออกไซด์ถ้าไม่ไวต่อการให้สีแล้วมันจะเป็นตัว

ช่วยลดจุดหลอมละลายที่ดี สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ Fe_2O_3 ได้แก่

- Ferric Oxide (Red) หรือ Hematite (Fe_2O_3)
- Ferro - Ferried Oxide หรือ Magnetite (Fe_3O_4)
- Ferrous Oxide (FeO)
- Ferrous Carbonate หรือ Sidelite ($FeCO_3$)
- Ferrous Sulphate หรือ Ironvitriol ($FeSO_4.7H_2O$)
- Ferrous Sulphide หรือ Pyrite (FeS)

2.3 พลวงออกไซด์ (Antimony Oxide - Sb_2O_3) เป็นสารที่ละลายน้ำได้เล็กน้อย มีคุณสมบัติทำให้เคลือบทึบแสงในเคลือบไฟต่ำ ถ้าใช้เป็นสารเดี่ยว ๆ จะไม่มีสี แต่ถ้าในเคลือบมีเหล็กออกไซด์ หรือตะกั่วออกไซด์จะทำให้เคลือบมีสีเหลือง สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ Sb_2O_3 ได้แก่

- Antimony Sulphide หรือ Stibnite (Sb_2S_3)
- Naple Yellow ($Pb_3(SbO_4)_2$)
- Sodium Meta - Antimonate ($Na_2SbO_3.7_2HO$)

2.4 โครเมี่ยมออกไซด์ (Chromiun Oxide - Cr_2O_3) ดูรายละเอียดในสารที่ให้สีในเคลือบ สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ Cr_2O_3 ได้แก่

- Chromium Hydroxide หรือ Chromhydrate ($Cr_2O_3.3H_2O$)
- Chromium Sulphate ($Cr_2(SO_4)_3.18H_2O$)
- Chromium Yellow ($PbO.CrO_3$)
- Chromium Alum ($Cr_2O_3.K_2O.4SO_3.2H_2O$)
- Cromium Nitrate ($Cr_2O_3.3N_2O_5.18H_2O$)
- Chromite ($FeO.Cr_2O_3$)

2.4 โบรอนออกไซด์ (Boron Oxide - B_2O_3) เป็นสารที่ช่วยในการลดจุดหลอมละลายของสารตัวอื่นในเคลือบ และเป็นตัวละลายพวกสารให้สีต่าง ๆ ในขณะเดียวกัน

ยังช่วยลดการไหลตัวของเคลือบไฟต่ำ แต่จะไหลตัวได้ดีในเคลือบไฟสูง มันจะเป็นตัวเพิ่มความมันแววววาวในผิวเคลือบ ซึ่งโบรอนออกไซด์เป็นสารที่ละลายน้ำได้ดี ฉะนั้นก่อนจะใช้ควรนำไปหลอมเป็น Frit เสียก่อน สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ B_2O_3 ได้แก่

- Boric Acid ($B_2O_3.2H_2O$)
- Boracic Acid ($B_2O_3.3H_2O$)
- Borax ($Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$)
- Colemanite ($2CaO.3B_2O_3.5H_2O$)

3. กลุ่มกรด (Acid Group) ได้แก่ วัตถุดิบหรือสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นกรดที่ใส่เข้าไปในส่วนผสมของเคลือบจะทำให้เกิดแก้ว เพิ่มจุดหลอมละลายให้สูงขึ้น เพิ่มความแข็งแกร่งทนทานต่อการกัดกร่อน ทำให้เคลือบไหลตัวน้อยลง ทำให้เคลือบทึบหรือด้านได้เช่นกัน ได้แก่พวกสารประกอบออกไซด์ ที่เขียนเป็นสูตรทางเซรามิกส์ได้โดยใช้สัญลักษณ์ R_2O วัตถุดิบกลุ่มนี้ได้แก่ ซิลิก้า (SiO_2) ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) ติตาเนี่ยมไดออกไซด์ (TiO_2) เซอร์โคเนี่ยมออกไซด์ (ZrO_2) ปริมาณการใช้ซิลิก้าขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ กลุ่มด่างและจุดสุกตัวของเคลือบ แต่นิยมใช้กันในระหว่าง 1-6 สมมูลย์ เพราะใช้น้อยเกินไปจะทำให้เคลือบไม่อยู่ตัวและละลายน้ำได้ง่ายแต่ถ้าใช้มากเกินไปก็จะทำให้เคลือบทนไฟสูง

สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ SiO_2 ได้แก่

3.1 ซิลิก้า (Silica, Quartz, Flint, Sandstone SiO_2) ซิลิก้าจะอยู่ในรูปของสารอิสระและเป็นสารประกอบที่อยู่ในวัตถุดิบหลายชนิดมีคุณสมบัติเพิ่มจุดหลอมละลายของเคลือบให้สูงขึ้น เมื่อหลอมจะเป็นแก้วลดการไหลตัวของน้ำเคลือบเพิ่มความคงทนต่อการกัดกร่อนของสารละลายเพิ่มของแข็งแกร่งของเคลือบตลอดจนลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ SiO_2 ได้แก่

- Quartz, Flint, Silica, Sandstone (SiO_2)
- Clay, Kaolin ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$)
- Feldspar ($KNaO.\ Al_2O_3.6SiO_2$)

- Spodimene ($Li_2O.Al_2O_3.4SiO_2$)
- Celsian ($BaO.Al_2O_3.2SiO_2$)
- Serpentine ($3MgO.2SiO_2.2H_2O$)
- Pyrophillite ($Al_2O_3.4SiO_2.H_2O$)
- Silimanite ($Al_2O_3.SiO_2$)
- Tale ($3MgO.4SiO_2.H_2O$)
- Willemite ($2ZnO.SiO_2$)
- Wollastonite ($CaO.SiO_2$)
- Zircon ($ZrO_2.SiO_2$)

3.2 ดีบุกออกไซด์ (Tin Oxide, Stanic Oxide - SnO_2) เป็นสารที่ใส่เข้าไปในเคลือบจะทำให้เกิดการทึบแสงเพราะว่ามันละลายใน Silicate ได้น้อย โดยใช้ได้ดีมากกว่าสารทึบแสงชนิดอื่นและให้สีขาว นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมลงไปในสารให้สีตัวอื่น เพื่อทำสีสำเร็จรูป (Stain) เช่นสีชมพูและม่วงแดง ควรใช้ในปริมาณที่เหมาะสมคือ 5-7 เปอร์เซนต์[4] ซึ่งถ้าใช้มากเกินไปจะเกิดการทึบด้าน

3.3 ติตาเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide, Rutile - TiO_2) เป็นสารที่ใส่เข้าไปในเคลือบสามารถละลายได้ดีในสารประกอบพวกอัลคาไลน์ (Alkaline) ฉะนั้นผลอาจมีการเปลี่ยนแปลงคือ การทึบแสงในเคลือบและในขณะเดียวกันจะเกิดสีฟาง (Tan or Brown Colour) ซึ่งถ้าใส่ในปริมาณมากจะทำให้เคลือบเกิดการไหลตัวง่ายขึ้น ซึ่งถ้าใส่ในปริมาณ 5-10[5] เปอร์เซนต์ มีผลทำให้เคลือบมีผลึกได้ และมีความมันแววววาว ดังนั้นจึงนิยมใช้เป็นส่วนผสมในการทำเคลือบผลึกต่าง ๆ ด้วย

3.4 เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium Dioxide - ZrO_2) เป็นสารที่ใส่เข้าไปในเคลือบทำให้เกิดการทึบด้านเช่นเดียวกับดีบุกเป็นตัวทึบแสงที่ดี เมื่อเผาแบบออกซิเดชั่น (Oxidation) เช่นเตาไฟฟ้าก็จะได้เคลือบที่มีสีขาวได้โดยเฉพาะ ถ้าใช้ร่วมกับดีบุกจะช่วยให้ทึบแสงได้ดีกว่าใช้ดีบุกอย่างเดียวใช้ได้ทั้งในเคลือบไฟต่ำและไฟสูง ที่สำคัญ

คือมีราคาถูกกว่าดีบุกมาก สารประกอบของวัตถุดิบที่ให้ ZrO_2 ได้แก่

- Zirconium Dioxide (ZrO_2)
- Zirconium Silicat ($ZrSiO_4$)

สารสำคัญที่ให้สีทางเซรามิกส์

สีต่าง ๆ ที่ใช้ในทางเซรามิกส์ไม่ว่าจะเป็นสีที่ใช้ผสมในน้ำเคลือบ หรือสีที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นนั้นเกิดขึ้นจากการใช้สารประกอบที่อยู่ในรูปออกไซด์ของโลหะ หรือการนำสารที่อยู่ในรูปของสารประกอบออกไซด์ของโลหะต่างๆนำไปผสมกับสารประกอบตัวอื่นแล้วนำไปเผาในอุณหภูมิที่กำหนดไว้จะได้สารให้สีตัวใหม่ ที่อยู่ในรูปของสีสำเร็จรูป (Stain) เพื่อจะได้สีสำเร็จรูปที่มีคุณภาพของสีที่คงที่ ถึงแม้จะเผาในอุณหภูมิที่ต่างกัน รวมถึงบรรยากาศที่เผาต่างกันด้วย

สีที่เกิดจากสารประกอบออกไซด์ของโลหะตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไป ซึ่งสารให้สีบางตัวนั้นอาจให้สีได้หลายสี เมื่อเผาในอุณหภูมิและบรรยากาศการเผาที่แตกต่างกันรวมถึงการผสมกับออกไซด์ของโลหะชนิดอื่น ๆ ก็สามารถให้สีที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน สารประกอบออกไซด์ของโลหะที่ให้สีที่สำคัญได้แก่

1. เหล็กออกไซด์ (Ferric Oxide - Fe_2O_3) เป็นสารประกอบออกไซด์ที่ให้สีในโทนสีแดง น้ำตาลอ่อน-เข้ม จนถึงดำ ความเข้มของสีที่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนเปอร์เซนต์ที่ใช้ส่วนมากใช้ในปริมาณ 2-10% เหล็กออกไซด์มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,565 องศาเซลเซียส และจัดว่าเป็นสารที่ให้สีรุนแรง

2. โครมิคออกไซด์ (Chromic Oxide - Cr_2O_3) เป็นสารประกอบออกไซด์ที่ให้สีในโทนสีเขียว - น้ำตาล ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้เผา ถ้าเผาในอุณหภูมิต่ำจะได้สีเขียว ถ้าใช้เผาในอุณหภูมิสูงจะได้สีน้ำตาล ถ้าเคลือบนั้นมีส่วนประกอบของ ZnO รวมอยู่ด้วย ใช้กันในปริมาณ 2-5% โครมิคออกไซด์ มีจุดหลอมตัวทีอุณหภูมิ 2,265 องศาเซลเซียส และจัดว่าเป็นสารที่ให้สีรุนแรง

3. โคบอลท์ออกไซด์ (Cobalt Oxide - CoO) เป็นสารที่ให้สีรุนแรงที่สุดในบรรดาสารประกอบออกไซด์ของโลหะที่ใช้เป็นสารให้สีของผลิตภัณฑ์ทางเซรามิกส์ใช้ในปริมาณ 0.5-3% จะให้สีในโทนสีฟ้า น้ำเงิน และดำ เมื่อใช้ร่วมกับเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) และแมงกานีสไดออกไซด์ จะให้สีดำ ถ้าใช้ผสมกับสังกะสีออกไซด์ (ZnO) จะให้สีน้ำเงินแกมเขียว ถ้าใช้ผสมกับแมกนีเซียม (Periclase - MgO) จะให้สีม่วง โคบอลท์ออกไซด์มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,805 องศาเซลเซียส

4. ทองแดงออกไซด์ (Copper Oxide - CuO) เป็นสารให้สีในโทนสีเขียว ถ้าใช้ในน้ำเคลือบที่มีโซเดียมออกไซด์สูง มีอลูมินาน้อย และไม่มีตะกั่ว หรือสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ แล้วเผาในบรรยากาศเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (Reduction Firing) จะได้สีแดงที่เรียกกันว่า Copper Red โดยใช้ในปริมาณไม่เกิน 3%[6] ทองแดงออกไซด์มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,148 องศาเซลเซียส

5. แมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese Dioxide - MnO_2) เป็นสารที่ให้สีน้ำตาล ถ้าใช้ใน Alkaline Glaze จะได้สีม่วง การใช้สารตัวนี้ไม่ควรเกิน 10% เพราะถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปจะมีผลทำให้ผิวเคลือบเกิดตำหนิ เป็นฟองอากาศ แต่ถ้าใช้ในเคลือบที่มีเหล็กออกไซด์สูงจะทำให้เคลือบที่มันวาวออกจุดสีน้ำตาลดำ แมงกานีสไดออกไซด์มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,080 องศาเซลเซียส

6. นิเกิลออกไซด์ (Nickel Oxide - NiO) เป็นสารให้สีในโทนสีเทา เทาแก่เทาน้ำตาล ที่ใช้กันอยู่มักอยู่ในรูปของออกไซด์ ที่มีสีดำ (Nickeric Oxide - Ni_2O_3) และออกไซด์ที่มีสีเขียว (Nickel Oxide - NiO) ใช้ในปริมาณ 2-12% ในเคลือบไฟสูง โดยนิเกิลนี้เป็นสารที่นำไปผสมกับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบบางตัวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในเคลือบได้เช่น ถ้าใช้นิเกิล 2% ในเคลือบที่มีส่วนผสมของแบเรียมคาร์บอเนตอยู่ในเปอร์เซนต์สูงจะให้สีม่วงแดงโดยใช้ระยะเวลาการเผาที่ยาว แต่ถ้าใช้ระยะเวลาการเผาที่สั้นจะให้สีเทาปนน้ำตาล และถ้าในส่วนผสมของเคลือบที่มี

สังกะสีออกไซด์ผสมอยู่มาก จะให้สีฟ้าอมน้ำเงิน โดยทั่วไปการใช้นิเกิลออกไซด์จะควบคุมสีเคลือบให้คงที่ลำบาก เพราะมันเป็นตัวช่วยให้สีของออกไซด์ตัวอื่นมีสีจางลงหรือเปลี่ยนแปลงไป นิเกิลออกไซด์มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,990 องศาเซลเซียส

7. ยูเรเนียมออกไซด์ (Uranium Oxide (Acidanhyd) UO_3) เป็นสารให้สีในโทนสีเหลืองส้มแดง ถ้าใช้กับเคลือบที่มีส่วนผสมของตะกั่วจะให้สีแดง มีส่วนผสมของคีบุกออกไซด์ - เซอร์โคเนี่ยมไดออกไซด์ สามารถทำให้เกิดสีในเคลือบได้ตั้งแต่สีเหลือง - ส้ม - แดง โดยขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใช้ ตั้งแต่ 3-8% และให้สีในเคลือบได้ดีจะต้องเป็นเคลือบไฟสูง เผาในบรรยากาศแบบเผาไหม้สมบูรณ์ (Oxidation Firing) ยูเรเนียมออกไซด์ (U_3O_8) มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 2,176 องศาเซลเซียส

8. เวเนเดียมออกไซด์ (Vanadium Oxide - V_2O_5) เป็นสารให้สีได้หลายสี เช่นสีเหลือง เขียวออกเหลือง น้ำตาลแดง และสีเขียวมรกต ใช้ในปริมาณ 5-10% ช่วยลดจุดสุกตัวของเคลือบได้ดี แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้เคลือบเกิดการตกผลึกและสีที่ผิวเคลือบไม่สม่ำเสมอ และทำให้เกิดเคลือบทึบได้ เมื่อใช้ร่วมกับคีบุกออกไซด์ เวเนเดียมออกไซด์ มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 690 องศาเซลเซียส

อย่างไรก็ตามสารให้สีในเคลือบที่ใช้อยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์ของโลหะเหล่านี้จะให้สีเข้ม - จาง เปลี่ยนแปลงหรือแตกต่างกันออกไปได้ ขึ้นอยู่กับอัตราเปอร์เซนต์ของสารให้สีและอัตราส่วนผสมของเคลือบแต่ละชนิดวัตถุดิบที่ใช้ผสมเป็นสูตรเคลือบพื้นฐาน บรรยากาศการเผา อุณหภูมิที่ใช้ รวมถึงระยะเวลาการเผาด้วยเช่นกัน สิ่งเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการเกิดสีในเคลือบทั้งสิ้น

สูตรน้ำเคลือบ

ในอดีตวิธีการผสมทำน้ำเคลือบนั้น มีการทำในลักษณะพื้นบ้าน คือวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ทำน้ำเคลือบ มิได้แยกประเภทคุณสมบัติของสารแต่ละชนิด และการชั่งตวงวัตถุดิบก็ใช้แบบกะประมาณ เช่น เป็นถัง หรือเป็นส่วน

ต่อมาได้มีวิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์ที่เจริญก้าวหน้าขึ้นตามยุคสมัย การทำน้ำเคลือบจึงมีส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ซับซ้อนขึ้นและสามารถแยกคุณสมบัติของสารแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้อง การชั่งน้ำหนักของสารก็มีความละเอียดถี่ถ้วนขึ้น มีการคิดคำนวณมีการทดลอง จึงทำให้ปัจจุบันสามารถทำสูตรน้ำเคลือบต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลายชนิด ทำให้สามารถเลือกผสมน้ำเคลือบไปใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ของผลิตภัณฑ์ที่จะเคลือบ การทำน้ำเคลือบนั้นได้มีการคิดคำนวณน้ำเคลือบออกมาในสูตรแต่ละประเภทดังนี้คือ

1. สูตรแบบพื้นบ้าน (Folk Formular)

ขี้เถ้า	3 ถัง
ดินเลนร่องผัก	7 ถัง
หรือ	
ขี้เถ้าไม้มะก่อตาหมู (ตัวเมีย)	25 ส่วน[8]
ขี้เถ้าไม้รกฟ้า (ตัวผู้)	25 ส่วน
ดินผิวนา	50 ส่วน

2. สูตรที่บอกส่วนผสมเป็นร้อยละ (Percentage Formular)

Potash Feldspar	63.10%
Whiting	12.71%
Barium Carbonate	10.04%
Kaolin	6.79%
Quartz	7.36%

3. สูตรที่บอกเป็นจำนวนน้ำหนักส่วนผสม (Batch Formular)

Potash Feldspar	102.04 กรัม
Whiting	7.90 กรัม

Barium Carbonate	78.96	กรัม
Zinc Oxide	32.56	กรัม
Kaolin	9.07	กรัม
	230.53	กรัม

4. สูตรที่บอกเป็นจำนวนโมเลกุลของออกไซด์ (Empirical Formular)

0.15 K_2O
0.10 CaO
0.10 SrO 0.16 Al_2O_3 $2SiO_2$
0.05 MgO
0.60 ZnO

จะเห็นได้ว่าสูตรเคลือบทั้ง 4 สูตรดังกล่าวข้างต้นจะมีความแตกต่างกันทั้ง 4 สูตร แต่สามารถจำแนกได้คือสูตร 1 การผสมเคลือบจะใช้วัดปริมาณด้วยวิธีตวง หรือแบ่งเป็นส่วน ๆ ตามความเคยชิน สูตรที่ 2 เป็นผลของการคิดคำนวณสูตรเคลือบที่สำเร็จมาแล้วเพื่อสะดวกต่อการนำไปชั่งส่วนผสมของวัตถุดิบว่าจะทำเคลือบทั้งหมดในจำนวนเท่าใดแล้วดูจากอัตราส่วนสูตรเคลือบที่ได้มานำไปเทียบเป็นจำนวนจากเปอร์เซนต์ดังกล่าว สูตรที่ 3 เป็นสูตรที่บอกส่วนผสมของการทำน้ำเคลือบที่ได้จากอัตราส่วนของวัตถุดิบนั้น ๆ มีน้ำหนักเป็นกรัมหรือกิโลกรัมต่อผลรวมของสูตรเคลือบ 1 สูตร ซึ่งทั้ง 3 สูตรที่กล่าวมาค่อนข้างจะเป็นการกำหนดวัตถุดิบที่จะใช้ทำน้ำเคลือบที่แน่นอนลงไป สำหรับสูตรที่ 4 นั้น จะเป็นการบอกส่วนผสมของวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติ ด่าง กลาง กรด ในลักษณะที่เป็นจำนวนสมมูลย์ของออกไซด์ต่าง ๆ ไว้จึงเป็นการง่ายที่จะเลือกใช้วัตถุดิบที่สามารถทดแทนกันได้ โดยให้ได้สารประกอบครบตามสูตร แต่การนำไปใช้ปฏิบัติจริง จำเป็นจะต้องมีวิธีการคิดคำนวณเพื่อแปรเปลี่ยนสูตรเอ็มไพริคัล ให้เป็นสูตรส่วนผสมและเป็นเปอร์เซนต์โดยคำนึงถึงวัตถุดิบที่มีอยู่

การคำนวณน้ำเคลือบจากสูตรเอ็มไพริคัล

สูตรเอ็มไพริคัลนี้เป็นสูตรที่บอกจำนวนโมเลกุลของสารประกอบต่าง ๆ ไว้ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามคุณสมบัติของสารประกอบ คือ กลุ่มด่าง ใช้สัญญลักษณ์แทนด้วย RO, R_2O ซึ่งจะมีวัตถุดิบกี่ตัวก็ได้ แต่เมื่อรวมกันแล้วต้องมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ กลุ่มกลางใช้สัญญลักษณ์แทนด้วย R_2O_3 และกลุ่มกรดใช้สัญญลักษณ์แทนด้วย RO_2 และสิ่งที่สำคัญอัตราส่วนของสารระหว่างอลูมิน่าและซิลิก้า (Al_2O_3: SiO_2) สามารถแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติและจุดสุกตัวของเคลือบ เช่น อัตราส่วนของ Al_2O_3: SiO_2 = 1 : 8 หมายความว่าเคลือบจะใสมันวาว หรือ Al_2O_3: SiO_2 = 1 : 4 จะเป็นลักษณะแบบเคลือบด้าน และ Al_2O_3: SiO_2 = 1 : 10 จะเป็นลักษณะของเคลือบที่มันวาวมากใช้อุณหภูมิของการเผาต่ำลง ทั้งนี้เพราะปริมาณของอลูมิน่าลดลงและซิลิก้ามากขึ้น[9]

การเขียนสูตรเอ็มไพริคัล จะต้องเขียนเป็นหมวดหมู่ดังนี้

----------K_2O----------Al_2O_3----------SiO_2

----------CaO----------Cr_2O_3----------ZrO_2

----------BaO

----------ZnO

----------MgO

----------SrO

การคำนวณหาส่วนผสมของเคลือบจากสูตรเอ็มไพริคัลจำเป็นจะต้องรู้สัญญลักษณ์ทางเคมีของสารประกอบที่อยู่ในรูปวัตถุดิบต่าง ๆ รวมถึงน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบของวัตถุดิบที่จะใช้เพื่อในการคำนวณสูตรเอ็มไพริคัลมีข้อควรพิจารณาดังนี้คือ

1. ถ้าสูตรเคลือบนั้นมีสาร K_2O หรือ NaO ให้ใช้วัตถุดิบที่อยู่ในรูปของ Potash Feldspar หรือ Soda Feldspar เพราะเป็นตัวลดจุดหลอมละลาย (Flux) ในเคลือบไฟสูง

เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำและยังมี Al_2O_3 และ SiO_2 อยู่ด้วยและที่สำคัญเป็นวัตถุดิบที่ราคาถูก

2. ในกรณีที่มีสาร เช่น MgO, CaO, BaO ให้ใช้วัตถุดิบที่อยู่ในรูปของสารประกอบ Carbonate ได้เพราะเมื่อเผาในอุณหภูมิ 500 องศาเซนติเกรด สารประกอบที่อยู่ในรูปของ Carbonate จะแตกตัวเป็นก๊าซคาร์บอนระเหยไปได้ เช่น

$$CaCO_3 \xrightarrow[\Delta]{825^{\circ}C} CaO + CO_2 \uparrow$$ จะเหลือแต่ CaO

และที่สำคัญเนื่องจากราคาถูกกว่าออกไซด์บริสุทธิ์

3. ส่วน Al_2O_3 และ SiO_2 ที่มีอยู่ในสูตรเคลือบให้ใช้วัตถุดิบที่อยู่ในรูปสารประกอบของดินหลังจากใช้ในรูปของ Feldspar แล้ว และที่เหลือจึงใช้เป็นรูปของสารอิสระ

4. ส่วนโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในรูปของสารประกอบในวัตถุดิบต่าง ๆ ไม่ต้องนำเข้ามาคำนวณด้วยเพราะเวลาเผาแล้วโมเลกุลของน้ำระเหยไปหมด เช่น ที่อยู่ในรูปของ Kaolin ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) เป็นต้น

วิธีการคำนวณ ขั้นตอนที่ 1

1. คัดลอกตามโจทย์ที่ได้มาด้วยวิธีการจัดเรียงออกไซด์ลงในช่องตารางโดยเรียงจากกลุ่มด่างให้หมด ตามด้วยกลุ่มกลางและกลุ่มกรด โดยนำจำนวนของออกไซด์ของสารแต่ละกลุ่มตามโจทย์ใส่ไว้ให้ตรงกัน

2. จัดเรียงวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติอยู่กลุ่มด่างให้หมด ตามด้วยกลุ่มกลางและกลุ่มกรดแล้วแทนค่าออกไซด์แต่ละตัวด้วยวัตถุดิบที่มีสารประกอบตามโจทย์ต้องการโดยแทนให้ครบทุกตัว

วิธีการคำนวณ ขั้นตอนที่ 2

1. นำจำนวนสมมูลย์ของวัตถุดิบแต่ละตัว ที่ได้จากการแทนค่าของออกไซด์ดูณด้วยน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบนั้น ซึ่งจะได้น้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละตัวแล้วหาผลรวมของน้ำหนักส่วนผสม[10]

2. นำน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบมาคำนวณหา เป็นเปอร์เซนต์เพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้

ตัวอย่างที่1

การคำนวณสูตรเอ็มไพริคัล เพื่อหาน้ำหนักส่วนผสมและเปอร์เซนต์ของวัตถุดิบ

0.41 K_2O 0.48 Al_2O_3 3.54 SiO_2

0.54 CaO

0.05 BaO

<u>วิธีทำ</u> ขั้นตอนที่ 1

วัตถุดิบ Raw materials	Glaze Formular				
	K_2O	CaO	BaO	Al_2O_3	SiO_2
	0.41	0.54	0.05	0.48	3.54
0.41 ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$)	0.41	-	-	0.41	2.46
	-	0.54	0.05	0.07	1.08
0.54 ($CaCO_3$)	-	0.54	-	-	-
	-	-	0.05	0.07	1.08
0.05 ($BaCO_3$)	-	-	0.05	-	-
	-	-	-	0.07	1.08
0.07 ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$)	-	-	-	0.07	0.14
	-	-	-	-	0.94
0.94 (SiO_2)	-	-	-	-	0.94

อธิบาย วิธีทำขั้นตอนที่ 1

นำออกไซด์ตามโจทย์มาเรียงใส่ไว้ในตารางโดยเรียงตามลำดับจากกลุ่มด่างจนครบคือ K_2O, CaO, BaO แล้วตามด้วยกลุ่มกลาง Al_2O_3 ต่อด้วยกลุ่มกรด SiO_2 พร้อมด้วยจำนวนสมมูลย์ของออกไซด์แต่ละตัวลงในบรรทัดล่างให้ตรงกัน จากนั้นพิจารณาถึงวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติของสารประกอบออกไซด์ ตามที่โจทย์ต้องการว่ามีวัตถุดิบตัวใดที่ให้ K_2O ซึ่งในหลักการต้องพยายามใช้รูปของเฟลสปาร์ ในกรณีนี้ต้องมีความรู้เรื่องสูตรทางเคมีของเฟลสปาร์ ว่าประกอบด้วยอะไรบ้างในที่นี้โจทย์ต้องการ K_2O จำนวนสมมูลย์ 0.41 ก็นำมาใส่ในช่องตารางของวัตถุดิบ ตามสูตรทางเคมีของเฟลสปาร์จะมีสารประกอบ Al_2O_3 และ SiO_2 รวมอยู่ด้วย ดังนั้นจำนวนสมมูลย์ของเฟลสปาร์ตามโจทย์นี้ก็คือ 0.41 x ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) ซึ่งจะได้ $0.41K_2O.0.41Al_2O_3.2.46SiO_2$ แล้วก็นำจำนวนสมมูลย์ของสารประกอบออกไซด์แต่ละตัวไปใส่ในช่องตาราง หลังจากนั้นหักลบออกจากจำนวนเดิม แล้วจึงมาดูออกไซด์ตัวต่อไปคือ CaO ซึ่งวัตถุดิบที่ให้สารตัวนี้คือสารประกอบ $CaCO_3$ โดยใช้ตามจำนวนที่โจทย์ต้องการคือ 0.54 ออกไซด์ตัวต่อมาคือ BaO ก็ใช้วัตถุดิบคือ $BaCO_3$ ตามจำนวน 0.05 สำหรับ Al_2O_3 และ SiO_2 ให้ใช้รูปของดินให้มากที่สุด โดยเหลือจำนวนสมมูลย์ของ Al_2O_3 ที่ต้องแทนค่าอยู่ 0.07 ให้ใช้ดิน 0.07 x ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) ซึ่งจะได้ $0.07Al_2O_3.0.14SiO_2$ ดังนั้น SiO_2 จึงเหลือเพียง 0.94 จากเดิมที่ต้องการอยู่ 3.54 ที่เป็นเช่นนี้เพราะได้รับผลจากการใช้วิธีการแทนค่าด้วยวัตถุดิบตัวอื่นคือ เฟลสปาร์ และดินไปบ้างแล้ว ฉะนั้น SiO_2 ส่วนที่เหลือนี้จะใช้ในรูปของสารอิสระโดยวิธีการแทนค่าให้หมด ในปริมาณที่ต้องการคือ 0.94

วิธีทำ ขั้นตอนที่ 2

วัตถุดิบ Raw materials	จำนวนโมลย์		นน.โมเลกุล		นน.ส่วนผสม	ส่วนผสมร้อยละ
Potash Feldspar	0.41	X	556	=	227.96	62.23
Whiting	0.54	X	100	=	54	14.74
Barium Carbonate	0.05	X	197	=	9.85	2.71
Kaolin	0.07	X	258	=	18.06	4.93
Quartz	0.94	X	60	=	56.4	15.39
			รวม		366.27	100.00

อธิบาย วิธีทำขั้นตอนที่ 2

หลังจากการแทนค่าของจำนวนสารตามที่โจทย์ต้องการด้วยวัตถุดิบต่าง ๆ ในขั้นตอนที่ 1 ครบเสร็จสมบูรณ์แล้วก็จะได้จำนวนสมมูลย์ของวัตถุดิบทั้งหมด จากนั้นนำจำนวนสมมูลย์ของวัตถุดิบที่ได้มาจัดเรียงเป็นลำดับลงมาในตารางแล้วคูณด้วยน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบแต่ละตัวผลที่ได้จะเป็นน้ำหนักส่วนผสม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้นำไปปฏิบัติการเพื่อผสมเคลือบได้ แต่เพื่อความสะดวกในการที่จะนำไปใช้ปฏิบัติการควรนำไปคิดเป็นร้อยละ โดยเทียบบัญญัติไตรยางค์จากผลรวมของน้ำหนักส่วนผสมซึ่งจะได้เปอร์เซนต์ของวัตถุดิบที่ใช้แต่ละตัว

ตัวอย่างที่ 2

การคำนวณสูตรเอ็มไพริคัล เพื่อหาน้ำหนักส่วนผสมและเปอร์เซนต์ของวัตถุดิบ

0.33 K_2O 0.38 Al_2O_3 2.5SiO_2

0.42 CaO

0.25 ZnO

วิธีทำ ขั้นตอนที่ 1

วัตถุดิบ Raw materials	Glaze Formular				
	K_2O	CaO	ZnO	Al_2O_3	SiO_2
	0.33	0.42	0.25	0.38	2.50
0.33 ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$)	0.33	-	-	0.33	1.98
	-	0.42	0.25	0.05	0.52
0.42 ($CaCO_3$)	-	0.42	-	-	-
	-	-	0.25	0.05	0.52
0.25 (ZnO)	-	-	0.25	-	-
	-	-	-	0.05	0.52
0.05 ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$)	-	-	-	0.05	0.10
	-	-	-	-	0.42
0.42 (SiO_2)	-	-	-	-	0.42

วิธีทำ ขั้นตอนที่ 2

วัตถุดิบ Raw materials	จำนวนโมลย์		นน.โมเลกุล		นน.ส่วนผสม	ส่วนผสมร้อยละ
Potash Feldspar	0.33	X	556	=	183.48	64.64
Whiting	0.42	X	100	=	42	17.79
Zinc Oxide	0.25	X	81	=	20.25	7.13
Kaolin	0.05	X	258	=	12.9	4.54
Quartz	0.42	X	60	=	25.2	8.87
			รวม		283.83	99.97

การคำนวณน้ำเคลือบจากสูตรส่วนผสม

การคำนวณน้ำเคลือบจากสูตรส่วนผสมเป็นสูตรเอ็มไพริคัลนั้น ก็เพื่อจะทราบถึงสารประกอบออกไซด์ของวัตถุดิบ ซึ่งอาจจะเป็นแนวทางนำไปเลือกใช้วัตถุดิบอย่างอื่นที่เหมาะสมกว่าก็ได้ นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมและเป็นวิธีการคำนวณที่สามารถตรวจสอบการคำนวณจากสูตรเอ็มไพริคัลเพื่อหาน้ำหนักส่วนผสมและเปอร์เซนต์ของวัตถุดิบ

วิธีการคำนวณขั้นตอนที่ 1

1. เขียนชื่อวัตถุดิบตามโจทย์จัดเรียงลงในช่องตารางจากกลุ่มด่างให้หมดตามด้วยกลุ่มกลางและกลุ่มกรด
2. นำน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบแต่ละตัวไปหารน้ำหนักส่วนผสม ซึ่งอาจจะเป็นเปอร์เซนต์ก็จะได้จำนวนโมเลกุลของวัตถุดิบแต่ละตัว

วิธีการคำนวณขั้นตอนที่ 2

1. นำจำนวนโมลของวัตถุดิบที่ได้จาก ขั้นตอนที่ 1 ทุกตัวแต่ละตัวไปกระจายหาออกไซด์ที่เป็นสารประกอบของวัตถุดิบนั้น ๆ ใส่ในช่องตาราง
2. นำจำนวนโมเลกุลของออกไซด์แต่ละตัวตามสูตรทางเคมีของวัตถุดิบไปคูณน้ำหนักสมมูลย์ของวัตถุดิบแต่ละตัวแล้วจัดเรียงให้ตรงช่องตารางของออกไซด์นั้น ๆ
3. รวมจำนวนโมลของออกไซด์แต่ละตัว

วิธีการคำนวณขั้นตอนที่ 3

1. นำผลรวมของจำนวนโมลของออกไซด์แต่ละตัวมาจัดเรียงในรูปของสูตรเอ็มไพริคัล คือ กลุ่มด่าง กลาง กรด
2. ทำผลรวมกลุ่มด่างให้มีค่าเท่ากับ 1 โดยการนำผลรวมของกลุ่มด่าง มาหารผลของอ๊อกไซด์ทุกตัว

ตัวอย่างที่ 1

การคำนวณสูตรส่วนผสมไปเป็นสูตรเอ็มไพริคัล

Potash Feldspar	62.23%
Whiting	14.47%
Barium Carbonate	2.71%
Kaolin	4.93%
Quartz	15.39%

<u>วิธีทำ</u> ขั้นตอนที่ 1

วัตถุดิบ	%	÷	นน.โมเลกุล	=	จำนวนโมล
Potash Feldspar	62.23	÷	556	=	0.111
Whiting	14.74	÷	100	=	0.147
Barium Carbonate	2.71	÷	197	=	0.013
Kaolin	4.93	÷	258	=	0.019
Quartz	15.39	÷	60	=	0.256

อธิบาย วิธีทำขั้นตอนที่ 1

นำสูตรส่วนผสมของน้ำเคลือบตามโจทย์มาจัดเรียงลงในช่องตารางพร้อมด้วยจำนวนเปอร์เซนต์ของวัตถุดิบแต่ละตัวแล้วหารด้วยน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบนั้นๆ โดยน้ำหนักโมเลกุลของเฟลสปาร์คือ 556 น้ำหนักโมเลกุลของหินปูนคือ 100 น้ำหนักโมเลกุลของแบเรียมคาร์บอเนตคือ 197 น้ำหนักโมเลกุลของดินคือ 258 และน้ำหนักโมเลกุลของซิลิก้าคือ 60 ผลลัพธ์ที่ได้คือจำนวนโมลของวัตถุดิบแต่ละตัว

วิธีทำ ขั้นตอนที่ 2

วัตถุดิบ Raw materials	X	จำนวนโมล	จำนวนโมลของออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบ				
			K_2O	CaO	BaO	Al_2O_3	SiO_2
$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	X	0.111	0.111	-	-	0.111	0.666
$CaCO_3$	X	0.147	-	0.147	-	-	-
$BaCO_3$	X	0.013	-	-	0.013	-	-
$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	X	0.019	-	-	-	0.019	0.038
SiO_2	X	0.256	-	-	-	-	0.256
			0.111	0.147	0.013	0.13	0.96

อธิบาย วิธีทำขั้นตอนที่ 2

จากนั้นนำผลลัพธ์คือ จำนวนโมลของวัตถุดิบที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 แต่ละตัวมาจัดเรียงลงในช่องตารางพร้อมกับพิจารณาดูว่าวัตถุดิบ แต่ละตัวนั้นมีสูตรสารประกอบ

ทางเคมี ที่ให้ออกไซด์อะไรบ้าง โดยโปแตสเฟลสปาร์ คือ $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$ หินปูนคือ $CaCO_3$ แบเรียมคาร์บอเนตคือ $BaCO_3$ ดินคือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$. ควอทซ คือ SiO_2แล้วจัดเรียงออกไซด์เหล่านี้ใส่ในช่องตารางของวัตถุดิบโดยถ้าออกไซด์ของวัตถุดิบมีซ้ำกันให้ใช้ช่องตารางอันเดียวกัน

จากนั้นนำจำนวนโมเลกุลตามสูตรสารประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแต่ละตัวคูณด้วยจำนวนโมลของวัตถุดิบนั้น ๆ คือ นำ ($K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) คูณกับ 0.111 เท่ากับ $0.111K_2O.0.111Al_2O_3.0.666SiO_2$. แล้วนำจำนวนของออกไซด์แต่ละตัว จัดเรียงใส่ให้ตรงช่องตารางของออกไซด์นั้น ๆ นำผลของ ($CaCo_3$) คูณกับ 0.147 เท่ากับ 0.147 ใส่ตรงช่องตาราง CaO นำผลของ ($BaCo_3$) คูณกับ 0.013 เท่ากับ 0.013 ใส่ตรงช่องตาราง BaO นำผลของ($Al_2O_3.2SiO_2 2H_2O$) คูณกับ 0.019 เท่ากับ 0.019 ใส่ตรงช่องตารางของ Al_2O_3 และ 0.038 ใส่ตรงช่องตารางของ SiO_2 ตามลำดับ นำผลของ (SiO_2) คูณกับ 0.256 เท่ากับ 0.256 ใส่ตรงช่องตารางของ SiO_2 จากนั้นทำการรวมจำนวนโมลของออกไซด์แต่ละตัวจะได้ผลลัพท์ดังนี้คือ $0.111K_2O$ 0.147 CaO 0.013 BaO $0.13Al_2O_3$ และ 0.96 SiO_2

<u>วิธีทำ</u> ขั้นตอนที่ 3

<u>สูตร Empirical</u>

$0.111K_2O$	$0.13Al_2O_3$	0.96 SiO_2
0.147 CaO		
0.013 BaO		

0.271 ผลรวมของจำนวนโมลออกไซด์โดยนำมาทำให้กลุ่มด่างเป็น I

0.41 K_2O	$0.48Al_2O_3$	3.54 SiO_2
0.54 CaO		
0.05 BaO		

อธิบาย วิธีทำขั้นตอนที่ 3

นำผลรวมของจำนวนโมลออกไซด์แต่ละตัวจากวิธีทำขั้นตอนที่ 2 มาจัดเรียงในรูปของสูตรเอ็มไพริคัล 3 กลุ่มคือ ด่าง กลาง กรด คือ

$0.111K_2O$ $0.13Al_2O_3$ $0.96\ SiO_2$

0.147 CaO

0.013 BaO

ทำจำนวนโมลของกลุ่มด่างให้เท่ากับ I โดยการนำผลรวมของกลุ่มด่างคือ 0.111 บวกกับ 0.147 และบวกกับ 0.013 เท่ากับ 0.271 มาหารจำนวนโมลของออกไซด์ทุกตัว ก็จะได้ดังนี้

$0.41\ K_2O$ $0.48Al_2O_3$ $3.54\ SiO_2$

0.54 CaO

0.05 BaO

ตัวอย่างที่ 2

การคำนวณสูตรส่วนผสมไปเป็นสูตรเอ็มไพริคัล

Potash Feldspar	64.64%
Whiting	14.79%
Zinc Oxide	7.13%
Kaolin	4.54%
Quartz	8.87%

วิธีทำ ขั้นตอนที่ 1

วัตถุดิบ	%	÷	นน.โมเลกุล	=	จำนวนโมล
Potash Feldspar	64.64	÷	556	=	0.116
Whiting	14.79	÷	100	=	0.147
Zinc Oxide	7.13	÷	81	=	0.088
Kaolin	4.54	÷	258	=	0.017
Quartz	8.87	÷	60	=	0.147

วิธีทำ ขั้นตอนที่ 2

วัตถุดิบ Raw materials	X	จำนวนโมล	จำนวนโมลของออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบ				
			K_2O	CaO	ZnO	Al_2O_3	SiO_2
$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	X	0.116	0.116	-	-	0.116	0.696
$CaCO_3$	X	0.147	-	0.147	-	-	-
ZnO	X	0.088	-	-	0.088	-	-
$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	X	0.017	-	-	-	0.017	0.034
SiO_2	X	0.147	-	-	-	-	0.147
			0.116	0.147	0.088	0.133	0.877

วิธีทำ ขั้นตอนที่ 3

สูตร Empirical

$0.116K_2O$ $0.133Al_2O_3$ $0.887\ SiO_2$

0.147 CaO

0.088 ZnO

0.351 ผลรวมของจำนวนโมลออกไซด์โดยนำมาทำให้กลุ่มด่างเป็น I

0.33 K_2O $0.38Al_2O_3$ 2.5 SiO_2

0.42 CaO

0.25 ZnO

การคำนวณน้ำเคลือบโดยการใช้สูตรแผนภาพไตรดุลยภาค (Triaxial Diagram)

การคำนวณน้ำเคลือบนอกจากการคำนวณจากสูตรเอ็มไพริคัล และจากสูตรส่วนผสมแล้วสามารถคำนวณและทดลองผสมน้ำเคลือบได้โดยการใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า เช่นเดียวกับการคำนวณสูตรเนื้อดินปั้น[11] การคำนวณสูตรน้ำเคลือบวิธีนี้จะเป็นการใช้ส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ตัว เช่น

ดิน	-	หินฟันม้า	-	ขี้เถ้า
ดิน	-	หินเขี้ยวหนุมาน	-	ขี้เถ้า
ดิน	-	หินฟันม้า	-	หินเขี้ยวหนุมาน
ดิน	-	หินเขี้ยวหนุมาน	-	หินปูน
ดิน	-	หินฟันม้า	-	หินปูน

จากการคำนวณและทดลองผสมเคลือบด้วยวิธีการนี้คือ เพื่อที่จะหาจุดสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมว่าจุดสูตรส่วนผสมของวัตถุดิบตรงจุดใดที่เหมาะกับการทำเป็นสูตรเคลือบพื้นฐาน (Base Glaze) โดยผลของน้ำเคลือบที่ได้ผลดีนั้น หมายถึงสัดส่วนของวัตถุดิบตรงจุดนั้น เมื่อเผาในอุณหภูมิที่กำหนดเกิดการหลอมละลายกลายเป็นแก้วได้

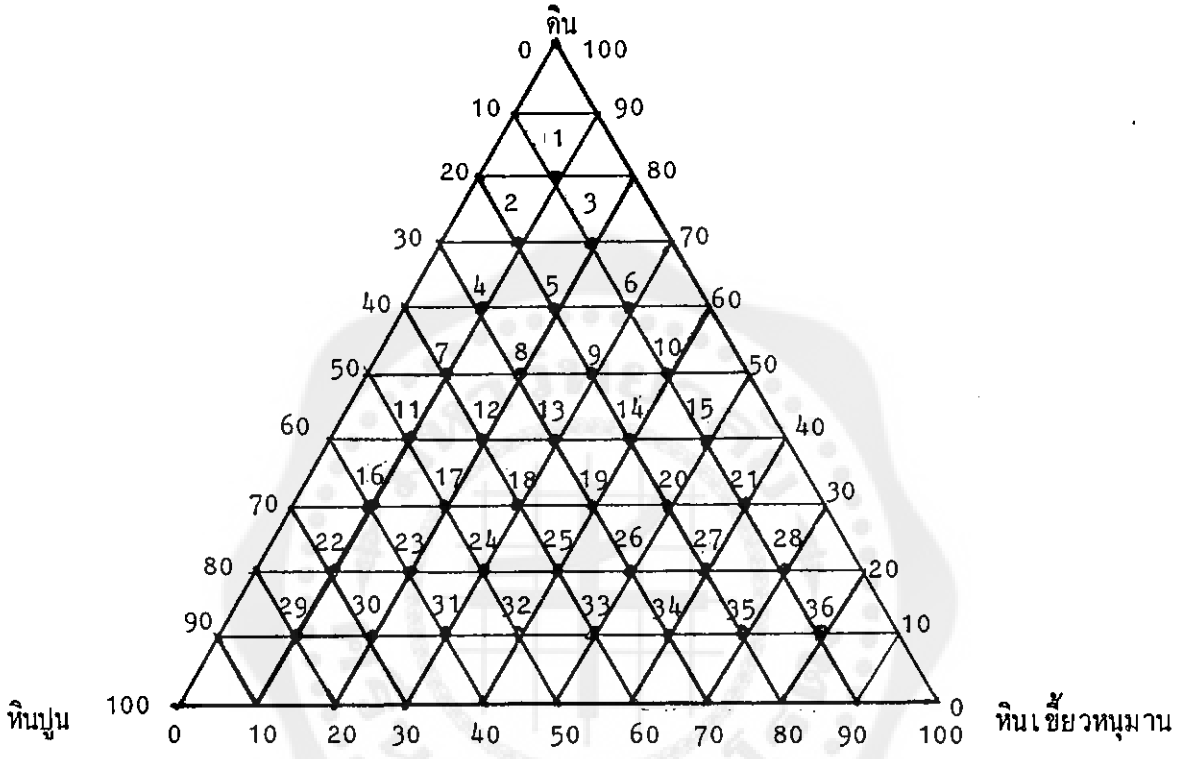
นอกจากนี้ยังสามารถนำสูตรเคลือบพื้นฐานมาทดลองผสมสารให้สีได้แก่สีสำเร็จรูป (Stain) หรือสารให้สีที่อยู่ในรูปของออกไซด์ต่าง ๆ ก็ได้ เช่นกัน เช่นใช้สูตรเคลือบใสเผาที่อุณหภูมิ 1,260 องศาเซลเซียส ทดลองผสมด้วยสารให้สีที่อยู่ในรูปของออกไซด์ 3 ตัวคือ

Ferric Oxide	-	Cobalt Oxide	-	Manganese dioxide
Ferric Oxide	-	Chromium Oxide	-	Cobolt Oxide
Anitmony Oxide	-	Copper Oxide	-	Nikel Oxide

การคำนวณน้ำเคลือบใสจากสูตรแผนภาพไตรดุลยภาค

ตัวอย่าง จากส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ตัว

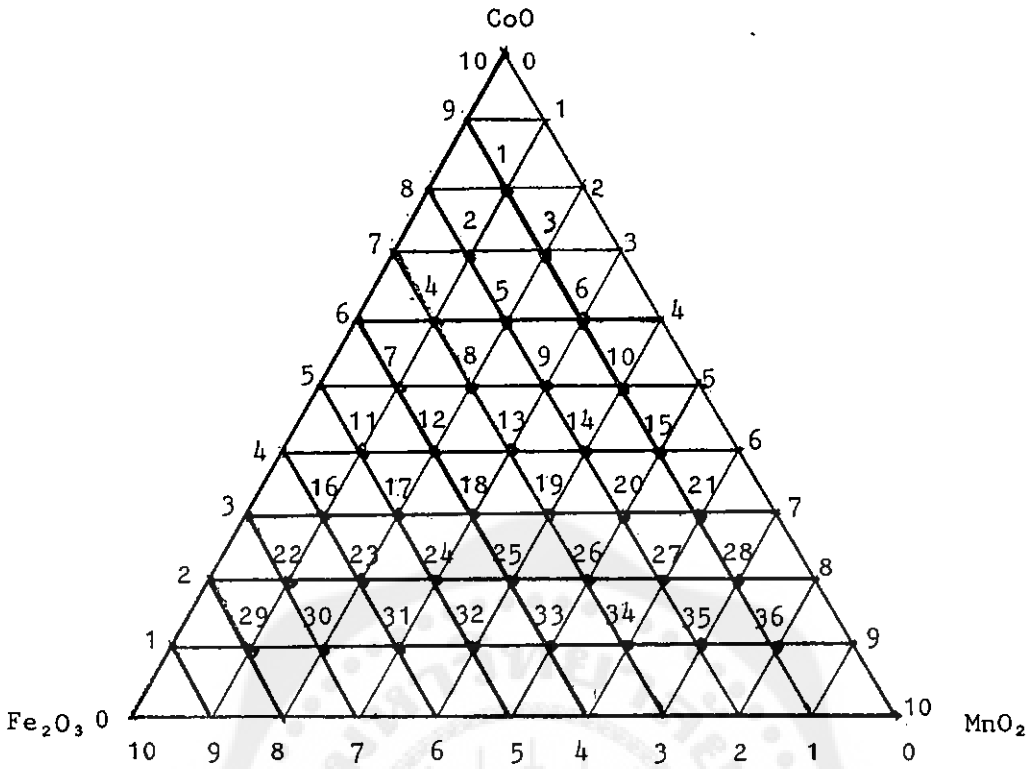
ได้แก่ ดิน - หินปูน - หินเขี้ยวหนุมาน



การทดลองสูตรเคลือบด้วยตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าผลของเคลือบที่ใช้ได้จะอยู่ที่ส่วนผสมของวัตถุดิบจุดที่ 8, 9, 11, 12, 16, 17, 18, 30, 31 เป็นต้น

สูตรคำนวณเคลือบสีจากแผนภาพไตรดุลยภาค

โดยนำสูตรเคลือบพื้นฐานมาผสมกับสารให้สีที่อยู่ในรูปของออกไซด์ 3 ตัวคือ Ferric Oxide (Fe_2O_3) , Cobalt Oxide (CoO) และ Managanese Dioxide (MnO_2) ด้วยตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า



ผลของการทดลองพบว่า ส่วนผสมของสารให้สีที่อยู่ในรูปของออกไซด์มีผลต่อเคลือบเช่น ถ้ามีส่วนผสมของ CoO มีปริมาณอยู่ตั้งแต่ 6% - 8% มีผลทำให้เคลือบด้านสีจะคล้ำมาก และเคลือบจะเกิดการตกผลึกได้ ส่วน Fe_2O_3 ถ้ามีปริมาณส่วนผสม 8% จะทำให้เคลือบเกิดความมันวาวเพิ่มขึ้นและถ้ามีส่วนผสมของ MnO_2 ในปริมาณ 8% จะทำให้เคลือบมีตำหนิในลักษณะปูด และเป็นรูพรุนที่ผิวเคลือบ

การผสมสีเคลือบ ที่ใช้สารให้สีอยู่ในรูปออกไซด์ 2 ตัว นำมาผสมกันตามเปอร์เซนต์หรือปริมาณที่แตกต่างกัน โดยวิธีการนำมาจัดเรียงตามตารางในแนวนอน ดังตัวอย่างนี้

	1 2 3 4 5 6 7 8 9	
	9 8 7 6 5 4 3 2 1	
Fe_2O_3	———————————	MnO_2
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	

โดยสูตรส่วนผสมที่ 1 มี Fe_2O_3 1% MnO_2 9% สูตรส่วนผสมที่ 7 มี Fe_2O_3 7% MnO_2 3%

เคลือบฟริต

ในปัจจุบันการทำน้ำเคลือบได้พัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปโดยดีสามารถแก้ไขข้อบกพร่องในด้านต่าง ๆ ของน้ำเคลือบได้ เช่นการทำเคลือบฟริต และส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำเคลือบคือสาร หรือวัตถุดิบที่ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการหลอมละลาย (Flux) ซึ่งถ้าเป็นเคลือบไฟสูงสาร หรือวัตถุดิบที่ทำหน้าที่นี้ได้แก่ หินฟันม้า (Feldspar) หินปูน (Whiting) ส่วนสำหรับเคลือบไฟต่ำวัตถุดิบที่ช่วยการหลอมละลาย และสุกตัวในอุณหภูมิต่ำได้แก่ สารตะกั่ว (PbO) และบอแร็กซ์ (B_2O_3)

เนื่องจากสารตะกั่วและบอแร็กซ์เป็นสารที่มีคุณสมบัติสามารถละลายน้ำได้ และที่สำคัญเป็นสารที่มีพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ และสัตว์โดยพิษของสารตะกั่วและบอแร็กซ์สามารถซึมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้ทางผิวหนังและการสูดลมหายใจ ดังนั้นการนำสารตะกั่ว, บอแร็กซ์หรือพวกโซเดียมคาร์บอเนต (Soda Ash) ไปใช้เป็นส่วนผสมของเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ใส่อาหารจะต้องทำการแก้ไขข้อบกพร่องในคุณสมบัติของวัตถุดิบทั้ง 2 ลักษณะ ดังกล่าวก่อนจึงต้องทำการปรับปรุงแก้ไขด้วยการนำวัตถุดิบเหล่านี้มาหลอมเป็นฟริตเสียก่อน แล้วจึงนำไปผสมเคลือบได้ด้วยวิธีการนำสารตะกั่ว, บอร์แร็กซ์ และโซเดียมคาร์บอเนต สารตัวใดตัวหนึ่งหรือสองตัว สามตัว ก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสมจะต้องนำสารนี้ไปผสมกับซิลิก้า (Silica) และอลูมิน่า (Alumina) แล้วนำไปเผาเพื่อให้เกิดการหลอมเปลี่ยนโครงสร้างผลึกใหม่กลายเป็นแก้ว ทั้งนี้เพื่อเปลี่ยนจากสารที่ละลายน้ำได้และขจัดความเป็นพิษของสารให้หมดไปด้วย

ฉะนั้นฟริตที่จะนำมาใช้ผสมทำน้ำเคลือบคือเนื้อแก้วที่ผ่านการบดย่อยให้ละเอียดแล้ว

เคลือบฟริตนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมกระเบื้องบุผนัง เครื่องสุขภัณฑ์ และของตกแต่งที่ระลึกต่างๆและที่สำคัญเคลือบฟริตมีข้อดีคือเป็นเคลือบมาตรฐานอุณหภูมิต่ำถึงปานกลาง เนื้อเคลือบมีความสม่ำเสมอ ไหลตัวดี มีความหนาแน่นน้อย เบา ชุบเคลือบสะดวก[12] เนื้อเคลือบฟริตจะช่วยให้สารให้สีในเคลือบมีสีสดใสขึ้นและ

ทำให้ผงสารให้สีที่อยู่ในรูปของสีสำเร็จรูป (Stain)หรือสารให้สีที่อยู่ในรูปของออกไซด์ต่างๆกระจายตัวได้ดีมีความสม่ำเสมอกัน และทำให้เวลากวนน้ำเคลือบสะดวกขึ้นเพราะเคลือบมีการจมตัวน้อย

วิธีทำฟริต

การทำฟริตมีการผลิตเป็นระบบอุตสาหกรรม โดยการนำส่วนผสมที่เป็นวัตถุดิบอันได้แก่ ตะกั่ว บอร์แร็กซ์ โซเดียมคาร์บอเนต ซิลิก้าและอลูมิน่า ในอัตราส่วนสูตรส่วนผสมต่าง ๆ นำมาหลอมในเบ้าหลอม (Crucible) โดยใช้เตาเผาแบบรังผึ้ง ที่มีฝาเตาด้านบนสามารถเปิดได้ใช้น้ำมันหรือแก๊สเป็นเชื้อเพลิงสามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูงถึง 1,600 องศาเซลเซียส ด้วยขนาดความจุของวัตถุดิบ 680 กิโลกรัม ถึง 900 กิโลกรัม การผลิตฟริตนั้นจะต้องทำการผสมวัตถุดิบให้ได้ตามสูตรส่วนผสมที่ต้องการแล้วนำลงไปใส่ในเบ้าหลอม ก่อนที่จะนำไปใส่ลงในช่องเปิดด้านบนของเตาเผาที่เป็นฝาปิดเปิดสำหรับสังเกตุการณ์อยู่ด้านบนด้วย การหลอมโดยการใช้ความร้อนโดยการจุดเตาเผาจนได้อุณหภูมิที่ต้องการก่อนที่จะลำเลียงวัตถุดิบใส่เข้าไปและทำการหลอมในช่วงอุณหภูมิ 1,150-1,480 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของฟริตที่ทำการผลิต การหลอมฟริตนั้นจะต้องมีผู้ควบคุมและคอยตรวจสอบการหลอมตัวของฟริตเป็นระยะๆด้วยเหล็กเขี่ยยาวเพื่อดูว่าการหลอมตัวของฟริตสมบูรณ์หรือไม่ จนกระทั่งฟริตหลอมใสจึงจะเปิดจุกที่อุดอยู่ตรงฐานเบ้าหลอม เพื่อให้ฟริตที่หลอมแล้วไหลออกมาโดยมีช่องทางที่ลาดเอียงนำฟริตไหลลงมาสู่ตะแกรงลวดในถังเก็บน้ำขนาดใหญ่การทำให้เย็นตัวนี้เรียกว่า “การดับ (Quenching)” ซึ่งมีผลต่อการทำให้ฟริตแตกตัวเป็นชิ้นเล็ก ๆ ง่ายต่อการนำไปบดย่อย ซึ่งขั้นตอนหรือกระบวนการผลิตฟริตนี้จะใช้ระยะเวลาประมาณ 3 - 4 ชั่วโมง

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตฟริต เพื่อออกจำหน่ายให้ทันต่อความต้องการของตลาดนั้น การผลิตฟริตจึงต้องพัฒนาขึ้นโดยมีวิธีการหลอมฟริตในเตาเผาแบบต่อเนื่องซึ่งวัตถุดิบจะถูกส่งเข้าเตาเผาเพื่อหลอมด้วยอัตราความเร็วที่คงที่โดยผ่านสายพานลำเลียงส่วนที่ทำการหลอมถูกทำให้ร้อนด้วยไฟฟ้าหรือแก๊ส ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิ

อย่างใกล้ชิด ส่วนฟริตที่หลอมละลายแล้วจะไหลมาตามรางสู่ลูกกลิ้ง แล้วอัดฟริตที่ไหลออกมานี้ให้มีลักษณะเป็นแผ่นเมื่อเย็นตัวลงจะถูกทำให้แตกโดยสารพานแบบสั่นสะเทือน ซึ่งฟริตที่ได้นี้จะแตกเป็นเกล็ดขนาดครึ่งนิ้ว โดยประมาณ แล้วนำไปบดย่อยให้ได้ตามขนาดที่ต้องการอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะชั่งปริมาณขนาดความจุของฟริตที่ต้องบรรจุลงใส่ถุงหรือหีบห่อเพื่อนำออกจำหน่าย ส่วนผสมของฟริตที่ประกอบด้วยซิลิก้าและอลูมิน่า ควรมีอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 2:1 ของตะกั่ว หรือ วัตถุดิบที่สามารถละลายน้ำได้[13] เพราะถ้าผสมซิลิกาน้อยจะทำให้สารนั้นยังสามารถละลายน้ำได้ และยังมีพิษอยู่ สำหรับอลูมิน่านั้นจะใช้ปริมาณไม่เกิน 0.2 โมล เพราะถ้าใช้ปริมาณมากจะทำให้ฟริตมีความทนไฟสูงขึ้น และเป็นการเพิ่มความหนืด[14]

ตัวอย่างสูตรฟริต [15]

ที่ทำเคลือนราน (Crackel Glaze)

สูตรส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้หลอมเป็นฟริต

Borax	52.4
Quartz	16.1
Feldspar	3.5
Lime Stone	3.5
Soda Ash	22.4

สูตรส่วนผสมของน้ำเคลือบ

Frit	40
Lime Stone	45
Quartz	15

ตัวอย่างสูตรเคลือบเอ็มไพริคัล[16] **(Empirical Formular)**

สูตรเคลือบใส cone 8 Oxidation Firing

$0.3K_2O$

0.4 CaO 0.45 Al_2O_3 4.05 SiO_2

0.3 ZnO

สูตรเคลือบสีฟ้าใส[17] cone 8 Oxidation Firing

0.3K_2O

0.4 CaO 0.45 Al_2O_3 4.05 SiO_2

0.3 ZnO

add TiO_2 5%

CoO 0.5%

สูตรเคลือบผลึกดอกเข็มสีน้ำตาลออกเทา cone 9-10 Reduction Firing

0.15 KNaO

0.10 CaO

0.10 SrO 0.16 Al_2O_3 2.0 SiO_2

0.05 MgO

0.60 ZnO

add NiO 3%

Fe_2O_3 2%

ตัวอย่างสูตรส่วนผสม (Batch Formular)

สูตรเคลือบเซลาดอน cone 8-9 Reduction Firing

Potash Feldspar	80%
Whiting	10%
Barium Carbonate	5%
ZnO	1%
Kaolin	4%

สูตรเคลือบมันสีฟ้าจุดขาว cone 7 Oxidation Firing

Potash Feldspar	39%
Whiting	16.1%
Zinc Oxide	25%
Kaolin	6.7%
Quartz	14.2%

add	TiO_2	2%
	CoO	0.5%
	MnO_2	4%

สูตรเคลือบสีม่วงด้าน cone 6-7 Oxidation Firing

Potash Feldspar	44.26%
Whiting	3.42%
Barium Carbonate	34.25%
Zinc Oxide	14.12%
Kaolin	3.93%

add NiO 2%

การเตรียมน้ำเคลือบ

ก่อนที่จะมีการผสมน้ำเคลือบนั้นจะต้องมีการตระเตรียมสูตรส่วนผสมของเคลือบที่ต้องการ มีการตรวจสอบวัตถุดิบต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ว่ามีครบและมีจำนวนเพียงพอที่จะใช้หรือไม่ ซึ่งการเตรียมน้ำเคลือบมีวัสดุ - อุปกรณ์ และวิธีการดังนี้คือ

วัสดุ - อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัตถุดิบต่าง ๆ วัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำเคลือบที่สำคัญ ๆ ได้แก่ หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน หินปูน ฟริต ดิน ขี้เถ้า และที่อยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์ต่าง ๆ รวมถึงวัตถุ

ดิบที่อยู่ในรูปออกไซด์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น เป็นตัวทำให้เคลือบทึบ เป็นสารให้สีต่าง ๆ สีสำเร็จรูป (Stain) และกาวกระถิน เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบส่วนใหญ่จะได้รับการบดย่อยอย่างละเอียดมาแล้ว และเป็นการสะดวกต่อการนำไปใช้

2. เครื่องชั่ง เป็นเครื่องมือที่ใช้ชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ในสูตรส่วนผสมของน้ำเคลือบซึ่งจะต้องมีทั้งชนิดชั่งได้อย่างละเอียดเป็นมิลลิกรัม หรือกรัม และชนิดที่สามารถชั่งได้ถึง 10 กิโลกรัม เครื่องชั่งจะต้องมีความเที่ยงตรง ก่อนใช้จะต้องมีการตรวจสอบความเที่ยงตรงทุกครั้ง และหลังจากการใช้จะต้องทำความสะอาดให้ดีและเรียบร้อยเสมอ การใช้เครื่องชั่งอย่างละเอียดไม่ควรให้มีลมพัดโกรกได้ เพราะจะทำให้การชั่งขาดความเที่ยงตรง

3. เครื่องบด คือเครื่องมือที่ใช้ในการบดย่อยวัตถุดิบต่าง ๆ ให้มีความละเอียดเพิ่มขึ้น และคลุกกันเข้ากันได้ดี โดยมีเครื่องบดหลายขนาดและมีวิธีการใช้เครื่องบดที่แตกต่างกันไป เช่น

- โกร่งบด มีให้เลือกใช้ได้หลายขนาดการใช้เป็นการบดด้วยมือในปริมาณที่ไม่มากนักโดยมีความละเอียดเพิ่มขึ้น แต่ให้วัตถุดิบคลุกเคล้าเข้ากันได้ดี

- หม้อบดเคลือบ (Pot - Mill) เป็นหม้อบดที่ใช้บดวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้เป็นสูตรส่วนผสมของเคลือบ หรือใช้บดสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจะทำให้วัตถุดิบต่าง ๆ มีความละเอียดเพิ่มขึ้นได้อย่างดี ตามระยะเวลาที่ใช้ในการบด เพราะเป็นการใช้เครื่องกลเป็นตัวขับเคลื่อนให้หม้อบดทำงานซึ่งปริมาณความจุของหม้อบดเคลือบมีขนาดความจุวัตถุดิบตั้งแต่ 2 กิโลกรัม 4 กิโลกรัม ซึ่งหม้อบดเคลือบลักษณะนี้จะผลิตขึ้นในขนาดความจุของน้ำหนักวัตถุดิบไม่เกินกำลังคนยกโดยตัวหม้อบดจะทำด้วยเนื้อพอร์สเลนอย่างหนา มีที่ล็อคฝาได้อย่างปิดสนิท การใช้หม้อบดเคลือบชนิดนี้จะไม่ใส่วัตถุดิบเข้าในหม้อบดจนเต็มจะต้องเหลือเนื้อที่ว่างภายในหม้อบดสำหรับใส่ลูกบดที่เป็นเนื้อพอร์สเลน เช่นกัน โดยมีขนาดของลูกบดเล็ก ใหญ่ ที่แตกต่างกันหลายขนาดและที่สำคัญจะ

ต้องมีการผสมน้ำเข้าไปด้วย แล้วนำหม้อบดที่เตรียมเสร็จแล้วขึ้นเครื่องบด ซึ่งจะทำให้หม้อบดหมุนรอบตัวเอง ส่วนลูกบดจะเสียดสีวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลง

- ตะแกรงร่อน หรือแร่ง (Sieve) เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้กรองน้ำเคลือบหลังจากที่ผ่านการบดย่อยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ตะแกรงที่ใช้กับการกรองน้ำเคลือบส่วนมากจะใช้ตะแกรงเบอร์ 80-100 เมช

- เครื่องกวนน้ำเคลือบไฟฟ้า (Rapid - Mixer) คืออุปกรณ์ที่ใช้กวนน้ำเคลือบที่ตกตะกอนอยู่ในถังเก็บให้เกิดการกระจายตัวและลอยตัวขึ้นจากก้นถังให้หมดจนมีความข้นเสมอกัน ก่อนนำไปใช้ควรจะกรองอีกครั้งหนึ่งเพราะบางครั้งอาจมีเนื้อเคลือบที่ยังเกาะกันเป็นเม็ด

การผสมเคลือบ หลังจากเตรียมวัตถุดิบและอุปกรณ์ต่าง ๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วก็ดำเนินการชั่งวัตถุดิบต่าง ๆ ตามสูตรส่วนผสมของเคลือบ โดยวัตถุดิบตัวไหนที่ชั่งไปแล้ว ก็สมควรทำเครื่องหมายลงไปในกระดาษที่จดสูตรส่วนผสมของวัตถุดิบตัวนั้น ๆ เพื่อกันความผิดพลาดในการชั่งวัตถุดิบซ้ำกัน ทำให้สูตรน้ำเคลือบผิดไปเมื่อชั่งสูตรส่วนผสมของวัตถุดิบเสร็จแล้วก็นำมาบด การบดมีทั้งการบดแบบเปียก และแบบแห้ง การบดแบบเปียกคือ มีน้ำผสมอยู่ในอัตราส่วนประมาณ 30-40 เปอร์เซนต์ของน้ำหนัก ระยะเวลาการบดขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของเม็ดวัตถุดิบที่ก่อนจะนำมาบดด้วยแต่ถ้าเป็นวัตถุดิบที่ผ่านการบดละเอียดมาแล้วการบดเคลือบจะใช้ระยะเวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง ถ้ายิ่งบดนานความละเอียดก็ยิ่งมากขึ้น ๆ การหลอมตัวของน้ำเคลือบจะหลอมเร็วขึ้นเช่นกัน

หลังจากที่น้ำเคลือบผ่านการบดละเอียดตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ก็นำเคลือบนั้นมากรองด้วยตะแกรงเบอร์ 100-200 เมช แล้วนำเคลือบไปใช้ได้

การเคลือบ ก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์ไปเคลือบควรทำความสะอาดผลิตภัณฑ์เสียก่อน เพราะตัวผลิตภัณฑ์ถ้าทิ้งไว้นานฝุ่นละอองก็จะเกาะจับพื้นผิวผลิตภัณฑ์ ถ้านำผลิตภัณฑ์นี้ไปชุบน้ำเคลือบเลย จะเป็นเหตุให้เคลือบร่อนหลุดจากผิวผลิตภัณฑ์ได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีตำหนิ การทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ก็โดยวิธีการใช้ลมเป่าเพื่อให้ฝุ่นที่เกาะอยู่ฟุ้งกระจายออกจากตัวผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นก็ใช้ฟองน้ำจุ่มน้ำหมาด ๆ เช็ดพื้นผิวตัวผลิตภัณฑ์อีกครั้งหนึ่ง ต่อจากนี้ก็นำผลิตภัณฑ์ไปเคลือบในขั้นตอน การเคลือบผลิตภัณฑ์นี้ ผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาเคลือบจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ อยู่ในสภาพดินดิบและผ่านการเผาดิบแล้ว

ดังนั้นจะต้องการปรับน้ำเคลือบที่จะนำไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์โดยน้ำเคลือบที่จะไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพดินดิบ ความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบคือ ประมาณ 1.4 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้ว ใช้น้ำเคลือบที่มีความถ่วงจำเพาะ คือ ประมาณ 1.7 - 1.9

ข้อควรระวังการหยิบจับผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพดินดิบนั้นจะต้องมีความระมัดระวังเพราะจะเกิดการแตกหักได้ง่าย และน้ำเคลือบที่ใช้จะต้องมีความเข้มข้น เพื่อมิให้เนื้อดินดูดน้ำมากอันที่จะทำให้ตัวผลิตภัณฑ์เปื่อยยุ่ยระหว่างชุบเคลือบ

สำหรับกรรมวิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้นมีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับรูปแบบและขนาดของผลิตภัณฑ์ รวมถึงชนิดของผลิตภัณฑ์ ความชำนาญของผู้เคลือบและผลที่ผู้เคลือบต้องการ โดยมีวิธีการเคลือบแบบต่าง ๆ ดังนี้ คือ

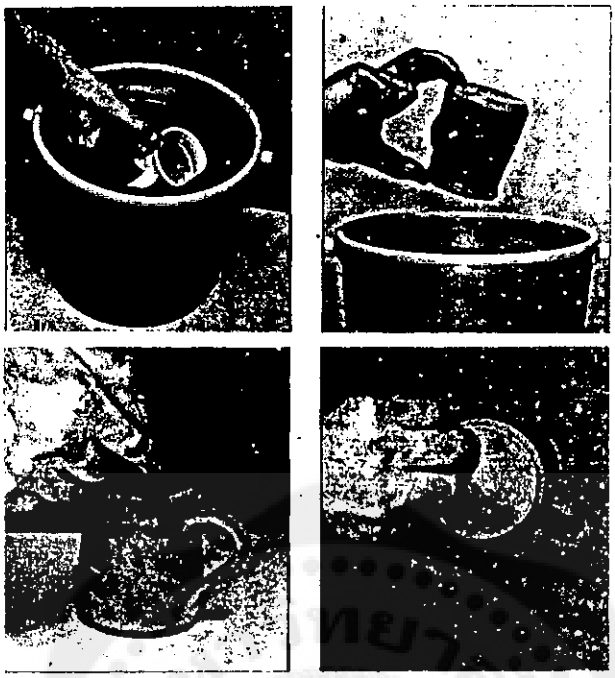
1. การชุบหรือจุ่ม การเคลือบวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดไม่ใหญ่จนเกินไปทำได้รวดเร็ว ผิวเรียบสม่ำเสมอกัน การหยิบจับผลิตภัณฑ์ชุบเคลือบจะต้องอยู่ในลักษณะที่สะดวกเช่น การชุบเคลือบแก้วกาแฟ จะต้องใช้นิ้วหัวแม่มือกดตรงริมขอบปากแก้ว และใช้นิ้วกลางในมือเดียวกันกดตรงขอบฐานหรือขอบก้นแก้วกาแฟแล้วจุ่มลงไปในถังน้ำเคลือบให้มิดแล้วรีบดึงขึ้นโดยให้ขอบปากแก้ว

กาแฟคว่ำลงให้น้ำเคลือบที่ติดค้างอยู่ไหลออกให้หมด แล้วนำไปวางในที่จัดไว้หลังจากนั้นใช้นิ้วกลางจุ่มน้ำเคลือบไปแตะตรงบริเวณริมขอบปากแก้วกาแฟตรงที่นิ้วจับตอนชุบให้ทั่ว ขณะเดียวกันระยะเวลาชุบจะต้องไม่แช่นานเกินไป เพราะจะทำให้เคลือบเกาะหนา พอเคลือบแห้งจะร่อนหลุดได้

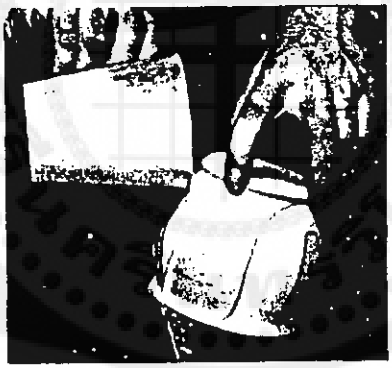
2. การเทราด การเคลือบผลิตภัณฑ์แบบนี้ เป็นการใช้น้ำเคลือบเทราดลงบนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่เช่น โอ่ง อ่าง ซึ่งไม่สามารถจุ่มลงถังน้ำเคลือบได้หรือ มีน้ำเคลือบที่จะใช้ปริมาณน้อย โดยนำผลิตภัณฑ์เช่น อ่าง คว่ำปากลงบนไม้ระแนงที่พาดอยู่บนขอบอ่างที่มีขนาดใหญ่กว่าตัวผลิตภัณฑ์เพราะจะเป็นที่รองรับน้ำเคลือบจากการเทราดน้ำเคลือบ วิธีการเทราดจะต้องหาภาชนะที่จะใส่น้ำเคลือบได้แก่ ขันน้ำพลาสติกแบบที่มีแขนจับการเทราด น้ำเคลือบจะต้องค่อย ๆ เทไปให้รอบฐานอ่างพยายามอย่าให้น้ำเคลือบขาดตอน เพราะจะทำให้เห็นร่องรอยของน้ำเคลือบที่ทับซ้อนกัน ทำให้น้ำเคลือบหนาไม่เท่ากัน ส่วนมากการเทราดน้ำเคลือบนิยมใช้ในการเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีหลายสี

3. การทา เป็นการใช้พู่กันหรือแปรงทาสีจุ่มน้ำเคลือบทาทับลงบนผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่ขนาดเล็กเพื่อให้ได้รูปแบบและสีที่ต้องการ แต่ถ้าการทาเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่พื้นผิวของเคลือบที่ได้จะไม่เรียบ เพราะพู่กันแปรงและน้ำเคลือบจะทำให้เกิดร่องรอยของการทับซ้อนของเคลือบและรอยพู่กัน รอยแปรงที่ทา ซึ่งการทาเคลือบนิยมไปใช้เพื่อการตกแต่งเท่านั้น

4. การพ่นด้วยเครื่องพ่น เป็นวิธีการเคลือบที่ใช้แรงดันของลมเป็นตัวขับน้ำเคลือบให้ฟุ้งกระจายออกมา วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่เวลาพ่นควรพ่นในตู้พ่น (Spray Booth) เพื่อมิให้ฝุ่นเคลือบฟุ้งกระจายและเป็นการเคลือบผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอกันของน้ำเคลือบ น้ำเคลือบที่ตกค้างอยู่ในตู้พ่นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเผาครั้งเดียว (One Firing) วิธีการพ่นเคลือบอาจใช้พ่นได้เฉพาะภายนอกผลิตภัณฑ์และไม่ควรพ่นใกล้ผลิตภัณฑ์ให้มากเกินไป เพราะน้ำเคลือบจะกระจุกกันอยู่ที่เดียว ทำให้เคลือบเป็นคลื่น ส่วนภายในของผลิตภัณฑ์ควรชุบเคลือบเสียก่อนที่จะพ่นเคลือบ

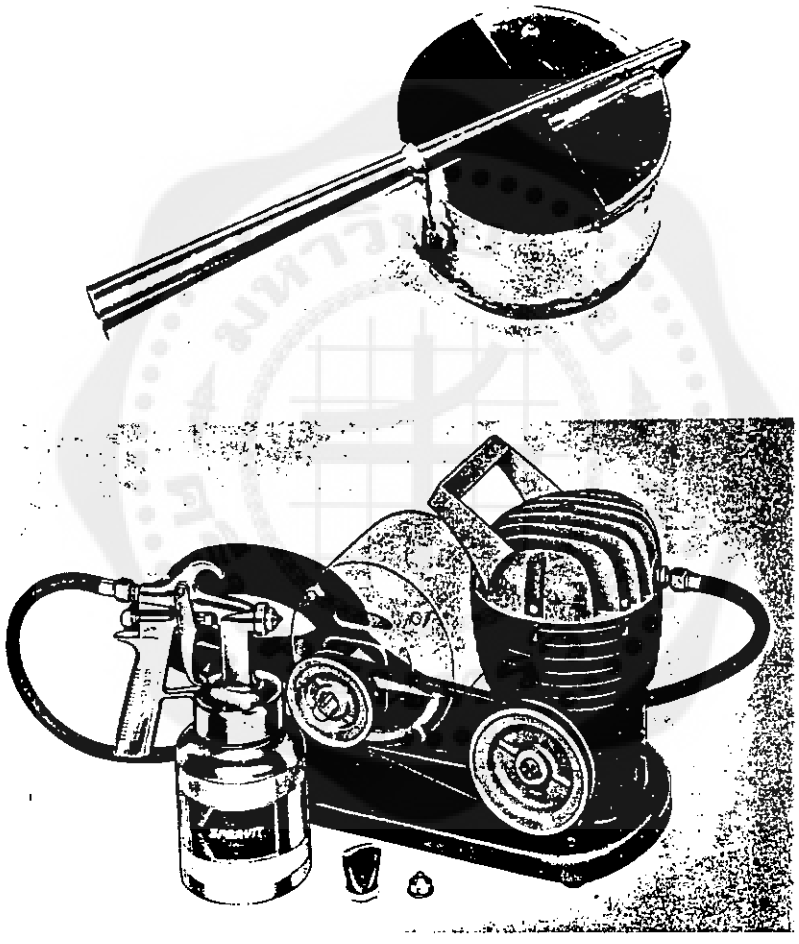


วิธีการชุบเคลือบแก้วกาแฟ



วิธีการเทราดน้ำเคลือบ

การพ่นน้ำเคลือบ



กาพ่นน้ำเคลือบ

เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านขั้นตอนการเคลือบเสร็จแล้วด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งผู้เคลือบผลิตภัณฑ์ จะต้องคำนึงถึงผลการเคลือบดังนี้

1. การเคลือบผลิตภัณฑ์นี้จะต้องไม่หนาหรือบางจนเกินไป

2. ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ และต้องการเคลือบทั้งภายนอก และภายในควรจะเคลือบภายในเสียก่อนและจะต้องทิ้งให้น้ำเคลือบแห้งก่อนที่จะเคลือบภายนอก ถ้าผลิตภัณฑ์ยังเปียกชื้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดน้ำเคลือบได้ไม่ดี และจะทำให้ผิวเคลือบผลิตภัณฑ์บางกว่าปกติที่ต้องการ

3. ถ้าที่ผิวเคลือบของผลิตภัณฑ์เป็นรูเล็ก ๆ หลังจากที่เคลือบแห้งแล้วก็ใช้นิ้วลูบเบา ๆ เพื่อให้ผงเคลือบลงไปอุดรูนั้นจนเรียบ

4. หลังจากนี้นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบเคลือบแล้ว นำมาเช็ดเคลือบในส่วนที่จะสัมผัสกับพื้นเตาได้แก่ ฐานของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยการใช้ใบมีดขูดส่วนที่เคลือบเกาะติดอยู่แล้วใช้ฟองน้ำจุ่มน้ำหมาด ๆ เช็ดทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่ง เพื่อมิให้น้ำเคลือบในส่วนดังกล่าวหลอมติดกับแผ่นรองเตาเผาจะทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้

ข้อบกพร่องที่เป็นตำหนิบนผิวเคลือบ

ข้อบกพร่องที่เป็นตำหนิบนผิวเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้นเกิดขึ้นด้วย หลายสาเหตุแต่ละสาเหตุก็มีขั้นตอนการเกิดที่แตกต่างกันไป แต่จะปรากฏผลก็ต่อเมื่อผ่านการเผาเคลือบเสร็จแล้ว ซึ่งทำให้ผลิตผลเกิดความเสียหายอย่างมาก ทั้งในเรื่องของค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบ เชื้อเพลิง เวลา และทำให้สูญเสียกำลังใจในการปฏิบัติงานที่ผ่านมา ฉะนั้นในการปฏิบัติการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์แต่ละขั้นตอนควรที่จะมีการจดบันทึกแล้วศึกษาตรวจสอบหาสาเหตุที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งเพื่อเป็นประโยชน์ในการหาวิธีทางแก้ไขและป้องกันเพื่อมิให้ผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียในครั้งต่อไป

อย่างไรก็ตามข้อบกพร่องที่เป็นตำหนิบนผิวเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อาจมีสาเหตุการเกิดมากมาย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้คือ

ฉักษณะรูเข็ม ซึ่งข้อบกพร่องที่เป็นตำหนิบนผิวเคลือบในลักษณะที่เกิดเป็นรูเข็มจะมีลักษณะเป็นรูเล็ก ๆ ที่เกิดบนผิวเคลือบจะเกิดจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน ได้แก่

1. เนื้อดินมีความพรุนตัวมาก เพราะการนวดเนื้อดินไม่ดีพอ ทำให้เกิดฟองอากาศเล็ก ๆ ขับอยู่ในเนื้อดิน เมื่อนำไปเผาฟองอากาศเล็ก ๆ เหล่านี้จะขยายตัว และดันออกมาตามผิวเคลือบ ทำให้ผิวเคลือบมีตำหนิ ดังนั้นการนวดดินก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จะต้องนวดเนื้อดินให้อัดแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน อย่าให้มีฟองอากาศเล็ก ๆ แซกอยู่ในตัวเนื้อดินได้

2. เนื้อดินมีน้ำผสมมากเกินไป ทำให้การยึดเกาะระหว่างอนุภาคของเม็ดดินมีรูพรุนได้

3. เนื้อดินมีอินทรีย์สาร ได้แก่ ซากพืชซากสัตว์เจือปนอยู่ เมื่อเผาเนื้อดินนี้ สิ่งเจือปนจะเกิดการเผาไหม้กลายเป็นแก๊สดันผิวเคลือบออกมา ดังนั้นจะต้องมีการล้างดินให้สิ่งเจือปนได้แก่ อินทรีย์สารต่าง ๆ ออกให้หมด หรือถ้ายังมีอินทรีย์สารเจือปนอยู่เล็กน้อยก็ใช้วิธีการควบคุมการเผาไหม้ ให้เป็นไปอย่างช้า ๆ ในช่วงเผาไหม้อินทรีย์สาร

4. เนื้อดินมีสารซัลเฟตเจือปนอยู่ เช่นเศษเล็ก ๆ ของปูนปลาสเตอร์ เมื่อนำเนื้อดินไปเผาสารซัลเฟตเหล่านี้จะทำปฏิกริยากับความร้อนจะยุ่ยสลายคลายแก๊สออกมาดันให้ผิวเคลือบเป็นรูพรุนมีตำหนิได้ วิธีแก้คือ การล้างดินให้สะอาดก่อนนำไปใช้

5. เกิดจากฝุ่นละอองที่เกาะติดกับผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปเคลือบ ดังนั้นจำเป็นต้องทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเคลือบทุกครั้ง

6. ในส่วนผสมของน้ำเคลือบ ถ้ามีพวกสารคาร์บอเนต หรือพวกกาวที่ทำจากอินทรีย์สาร การเก็บน้ำเคลือบนี้ไว้นาน จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารคาร์บอเนตและการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์สาร ทำให้เกิดเป็นแก๊สขึ้นแล้วดันผิวเคลือบให้เกิดเป็นรูเข็ม ดังนั้นการเก็บรักษาเคลือบประเภทนี้ควรทำให้แห้งเวลาจะใช้ถึงจะเอามาผสมกับน้ำใหม่

7. การเผาที่เร่งอุณหภูมิเร็วเกินไป และใช้ระยะเวลาการเผาที่สั้นจะทำให้น้ำเคลือบเดือด และเป็นรูเข็ม ดังนั้นวิธีการเผาเคลือบควรยืดระยะเวลาให้นานออกไป

8. การชุบเคลือบที่หนามากเกินไป หรือการทับซ้อนของเคลือบที่ไม่เรียบสนิทเกิดมีฟองอากาศแซกอยู่เวลาเผาจะเกิดรูเข็มได้เช่นกัน

เคลือบราน ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ทำเป็นภาชนะไว้ใช้ใส่อาหารรับประทานนั้น เคลือบผลิตภัณฑ์ที่เกิดการรานขึ้นในผิวเคลือบถือเป็นตำหนิเคลือบที่จะต้องแก้ไข ซึ่งการรานของผิวเคลือบจะมีลักษณะเป็นรอยรานแตกเป็นร่างแห หรือที่เรียกกันว่า เคลือบแตกลาย สาเหตุที่ทำให้เคลือบเกิดการรานคือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวและหดตัวของเนื้อดินปั้น และเคลือบไม่เท่ากัน ดังนั้นจะต้องมีการปรับสัมประสิทธิ์การขยายตัวและหดตัวของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบให้เท่ากันด้วยวิธีการทดลองเพิ่มหรือลดปริมาณของตัวหลอมละลาย (Flux) ในเนื้อดินปั้นและเคลือบ

การร่อนของเคลือบ เป็นลักษณะของเคลือบที่ร่อนหลุดออกจากผิวผลิตภัณฑ์เป็นแผ่น ๆ หรือการแยกตัวจากเนื้อดิน เพราะเกิดจากสาเหตุดังนี้

1. เคลือบมีส่วนผสมของดินมากเกินไป เพราะเวลาเผาดินจะมีการหดตัวที่สูง

2. ผิวผลิตภัณฑ์สกปรกมีไขมัน หรือฝุ่นละอองเกาะอยู่ซึ่งเกิดจากการทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ก่อนเคลือบไม่ดี

3. ในส่วนผสมของเนื้อดินปั้นมีปริมาณของ ซิลิก้า (SiO_2) มากเกินไป น้ำเคลือบไม่เกาะผิวผลิตภัณฑ์

4. นำผลิตภัณฑ์ที่ร้อนอยู่ไปเคลือบ ทำให้เคลือบเกิดการร่อนออกในขณะที่ผลิตภัณฑ์เย็นตัวลง

5. เกิดจากการชุบเคลือบหนาเกินไป

เคลือบแยกตัว คือลักษณะของเคลือบที่แยกหนีออกจากกัน ทำให้เกิดช่องว่างไม่มีเคลือบติดอยู่ ซึ่งสาเหตุเกิดจาก

1. เคลือบมีส่วนผสมของดินมากเกินไป

2. บดน้ำเคลือบละเอียดมากเกินไป

3. เคลือบที่ใช้ข้นมากเกินไป หรือชุบเคลือบหนาผิดปกติ

4. ผลิตภัณฑ์ยังเปียกชื้นอยู่แล้วนำไปเคลือบ

5. ผิวผลิตภัณฑ์สกปรกด้วยไขมัน หรือละอองฝุ่น

เคลือบไม่มัน เป็นตำหนิที่ผิดปกติของสูตรส่วนผสมเคลือบมัน แต่เมื่อเผาเคลือบแล้วไม่มันตามความเป็นจริง สาเหตุเกิดจาก

1. เผาเคลือบไม่ถึงอุณหภูมิที่กำหนด

2. หรืออาจเผาเคลือบเลยอุณหภูมิที่กำหนดเพราะสูตรส่วนผสมของเคลือบมีสารที่ระเหยได้ง่าย เช่น สารบอแรกซ์ และสารตะกั่วจะระเหยกลายเป็นไอไปหมด

การไหลตัวของเคลือบ เป็นลักษณะอาการของเคลือบที่ไหลตัวมากเกินกว่าความเป็นจริงที่กำหนดไว้ ซึ่งมีสาเหตุจาก

1. เกิดจากการเผาเคลือบเกินอุณหภูมิที่กำหนดไว้

2. ใช้ระยะเวลาการเผาที่แช่อุณหภูมินานเกินไป

3. ชุบเคลือบหนามากเกินไป

เชิงอรรถท้ายบทที่ 4

[1] Engobe หมายถึง การชุบน้ำดินที่ต่างสีจากเนื้อดินปั้นเดิม เป็นการตกแต่งเพื่อให้ได้สีเนื้อดินปั้นเกิดความสวยงามขึ้นตามวัตถุประสงค์

[2] Frit หมายถึง การนำตะกั่ว บอร์แร็กซ์ และโซเดียมคาร์บอเนตไปผสมกับซิลิก้าและอลูมิน่า แล้วนำไปเผาเพื่อให้เกิดการหลอมเปลี่ยนโครงสร้างผลึกใหม่กลายเป็นแก้ว

[3] สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. 2526. หน้า 17.

[4] สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. 2526. หน้า 22.

[5] สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. 2526. หน้า 22.

[6] สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. 2526. หน้า 25.

[7] Daniel Rhodes. Clay and Glaze for the Potter. 1973, p.211.

[8] กรมทรัพยากรธรณี "โครงการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผา จังหวัดราชบุรี". คุณสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ทำโอ่งราชบุรี. 2540 หน้า 7.

[9] ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 136.

[10] ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 137.

[11] ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 151.

[12] ปรีชา พิมพ์ขาวขำ. เคลือบเซรามิกส์. 2530. หน้า 133.

[13] ศิริชัย โพธิตาปนะ. น้ำยาเคลือบ (Glazes). ม.ป.ป. หน้า 14.

[14] ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น 2530. หน้า 156.

[15] สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. 2526. หน้า 55.

[16] ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ. เคลือบเซรามิกเบื้องต้น. ม.ป.ป. หน้า 59.

[17] ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ. เคลือบเซรามิกเบื้องต้น. ม.ป.ป. หน้า 61.

บทที่ 5

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ คือการนำสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นชนิดต่าง ๆ มาทำให้เป็นรูปร่าง รูปทรงต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีจุดมุ่งหมายทั้งเพื่อประโยชน์ใช้สอยและเพื่อความงามโดยที่การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีหลายวิธีการ ซึ่งแต่ละวิธีการจะมีความเหมาะสมต่อลักษณะหรือสภาพของเนื้อดินที่แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องถึงวิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสมต่อเนื้อดินปั้นนั้น ๆ ตลอดจนเทคนิคหรือวิธีการต่าง ๆ อันที่จะช่วยเสริมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด โดยสามารถแบ่งวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็น 3 ประเภทดังนี้คือ

1. การขึ้นรูปด้วยมือ (Hand Forming Method)

คือการนำเนื้อดินปั้น (Clay Bodies) มาปั้นขึ้นรูปด้วยมือ หรือที่เรียกว่าวิธีการขึ้นรูปแบบอิสระซึ่งเป็นวิธีหรือหลักการเบื้องต้นในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เปิดโอกาสให้ผู้ปั้นได้แสดงความสามารถทางด้านทักษะและความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเต็มที่ การขึ้นรูปด้วยมือนี้สิ่งที่สำคัญคือคุณสมบัติของดินที่จะใช้ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้คือ เนื้อดินปั้นจะต้องมีความเหนียว ดังนั้นสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นนี้จึงจำเป็นจะต้องใช้วัตถุดิบที่ก่อให้เกิดความเหนียวสูง เช่นดินบอลล์เคย์ (Ball Clay) ดินเอริ์ทเธนแวร์เคลย์ (Earthenware Clay) ดินสโตนแวร์ (Stoneware Clay) และดินเทอราคอตตา (Terra Cotta) ซึ่งในสูตรส่วนผสมการใช้แต่ดินที่มีความเหนียวสูงอย่างเดียวนั้นไม่ได้เพราะ คุณสมบัติทางกายภาพของดินพวกนี้จะมีเปอร์เซนต์การหดตัวที่สูงและมีการแตกร้าวได้ ดังนั้นจึงต้องมีการผสมวัตถุดิบตัวอื่นลงในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เพื่อช่วยลดการหดตัว การแตกร้าว และเป็นโครงสร้างได้แก่ ดินขาว (Kaolin) ดินเชื้อ และทราย ซึ่งสูตรส่วนผสมโดยทั่วไปที่ใช้คือ

- ดินบอลล์เคย์ 70 + ดินขาว 30 + ทราย 30
- ดินเอริ์ทเธนแวร์ 70 + ดินขาว 30 + ทราย 30
- ดินสโตนแวร์ 70 + ดินขาว 30 + ทราย 30
- ดินเทอราคอตตา 80 + ดินขาว 20 + ดินเชื้อ 30

เมื่อได้เนื้อดินปั้นตามสูตรส่วนผสมที่ต้องการแล้วจะต้องนำเนื้อดินปั้นนี้มานวด โดยการนวดด้วยสันมือกดหมุนลงไปในดิน นวดเช่นนี้ไปจนเนื้อดินปั้นผสมคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน มีความนิ่มสม่ำเสมอกันรวมทั้งเห็นการตรวจสอบสิ่งที่ไม่ต้องการเจือปนอยู่เช่น เศษไม้ใบหญ้า เศษปูน และกรวด ฯลฯ และที่สำคัญเป็นการไล่ฟองอากาศที่แทรกอยู่ในเนื้อดินปั้นด้วย จากนั้นใช้เส้นลวดตัดเพื่อดูฟองอากาศและสิ่งเจือปนอื่น ๆ แล้วนวดต่อไปจนได้ที่

ในการขึ้นรูปด้วยมือเนื้อดินที่ใช้จะต้องมีความเหนียว ไม่นิ่มมาก และแข็งจนเกินไป ถ้าดินนิ่มมากแสดงว่ามีน้ำผสมอยู่มากเกินจะต้องนำดินมาเกรอะและนวดบนแผ่นปูนปลาสเตอร์ เพื่อช่วยดูดน้ำลดความนิ่มลง แต่ถ้าดินแห้งหรือมีความแข็งเกินความต้องการก็ใช้วิธีเอาน้ำพรมแล้วนวดให้ดินนิ่มขึ้น เนื้อดินที่ใช้ปั้นจะต้องมีความเหนียวดีโดยมีอัตราส่วนผสมของน้ำในเนื้อดินปั้นนั้นโดยประมาณร้อยละ 25-30

ในปัจจุบันการนวดดินได้ใช้เครื่องจักรกลเป็นเครื่องมือในการนวดดินและรีดดิน (Pug Mill) เพื่อช่วยให้มีความสะดวกรวดเร็วขึ้นกว่าการนวดดินด้วยมือ

เมื่อทำการนวดดินเสร็จแล้วไม่ว่าจะนวดด้วยมือ หรือด้วยเครื่องจักรกล ก็นำดินนี้มาปั้นขึ้นรูปด้วยมือ โดยมีวิธีการต่าง ๆดังนี้

การจับ บีบ (Pinching) โดยการนำดินที่ผ่านการนวดมาเสร็จเรียบร้อยแล้วตามขนาดที่ต้องการแล้วทำเป็นก้อนกลม เหลี่ยม ทรงกระบอก ฯลฯ จากนั้นก็ทำการบีบ กด ให้มีรูปแบบตามความต้องการโดยมีความหนาของดินที่ใกล้เคียงกัน การขึ้นรูปแบบนี้

เหมาะสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใหญ่โตนักรูปแบบผลิตภัณฑ์ได้แก่ ถ้วย ชาม แจกัน ประติมากรรมตกแต่งขนาดเล็ก การปั้นแบบนี้จะมีการใช้เครื่องมือปั้นช่วยในการตกแต่งเช่น การขุด เจาะ ทำพื้นผิวให้หยาบ เรียบ ไล่ความหนาบางให้ใกล้เคียงกัน ก็ได้

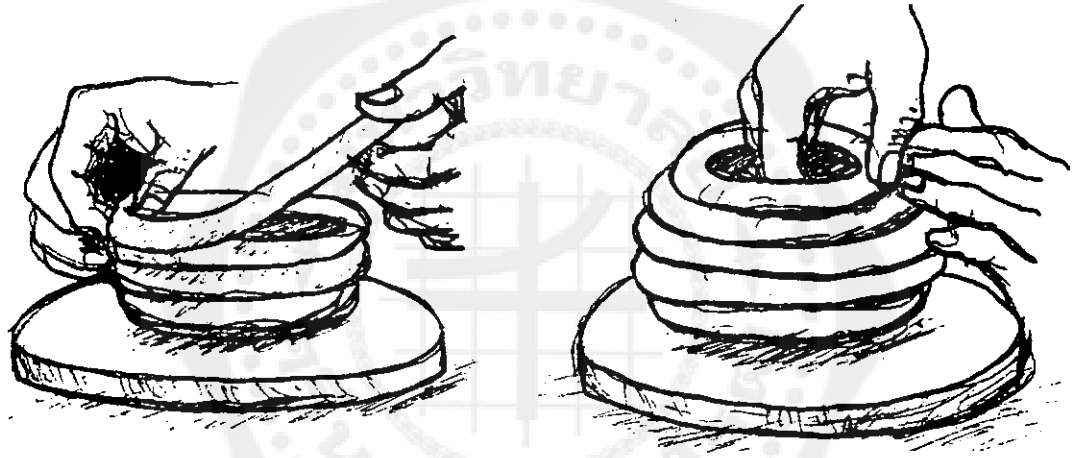
การขด (Coiling) เป็นวิธีการขึ้นรูปที่นิยมใช้ปฏิบัติกันมากเพราะสามารถนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กจนถึงโอ่งน้ำขนาดใหญ่ มีวิธีการที่ง่าย และยังช่วยทุ่นแรงในขณะที่ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่

วิธีการขึ้นรูปก็คือ นำดินที่นวดดีแล้วแบ่งมาส่วนหนึ่ง สำหรับทำฐานผลิตภัณฑ์ โดยวิธีการตบ หรือทุบให้ดินนี้แผ่ออกเป็นแผ่นโดยมีรูปแบบ ขนาด และความหนาตามความต้องการ ต่อจากนั้นก็นำดินมาคลึงให้เป็นเส้นกลมโดยมีความยาว ขนาดเล็กหรือโต ขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ปั้นแล้วนำไปขดลงบนแผ่นฐานที่เตรียมไว้โดยใช้น้ำสลิปทาตรงบริเวณที่ดินจะทำการเชื่อมต่อประสานกันแล้วใช้มือบีบกดดินให้เข้ากันแน่นสนิท ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนเกิดเป็นรูปทรงตามความต้องการ ในการขดดินซ้อนกันแต่ละชั้นจะต้องทาน้ำสลิป และใช้มือบีบกดดินให้เข้ากันแน่นสนิททุกครั้ง เพื่อป้องกันการดึงตัว และหดตัวอาจทำให้ดินตรงรอยต่อเกิดการแตกร้าวแยกออกจากกันได้

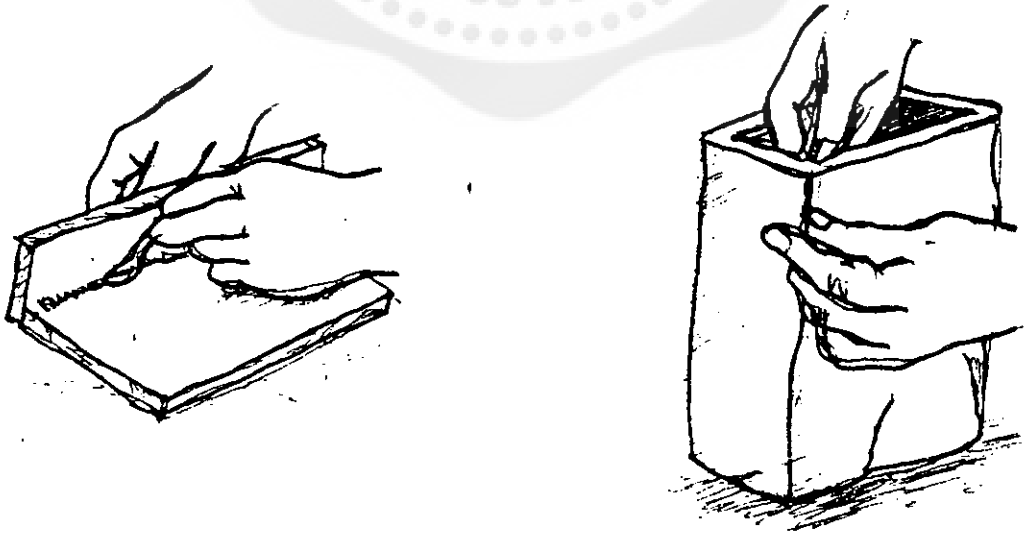
ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ หลังจากปั้นเสร็จแล้วควรใช้ถุงปลาสติกคลุมไว้ปล่อยให้แห้งอย่างช้า ๆ มิฉะนั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าวได้ เพราะพื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์มีมากจะทำให้เกิดการแห้งที่ไม่สม่ำเสมอกัน การดึงตัวและหดตัวของดินจึงไม่เท่ากัน

การทำแผ่น (Slabbing) เป็นวิธีการรีดดินให้เป็นแผ่นโดยมีความหนา หรือบางที่สม่ำเสมอกัน โดยการนำดินที่นวดไว้เป็นก้อนมีขนาดโตตามความต้องการแล้วใช้มือตบหรือทุบแผ่ออกเป็นแผ่นโดยมีผืนผ้าใบหรือแผ่นปูนปลาสเตอร์รองรับอยู่ด้านล่าง แล้วใช้ไม้ขนาบที่มีความหนาเท่ากับความหนาของผลิตภัณฑ์ที่จะทำรองรับลูกกลิ้งแล้ว

การขึ้นรูปด้วยการจับ บีบ กด



การขึ้นรูปด้วยการขด



การขึ้นรูปแบบแผ่น

ทำการรีดดินด้วยลูกกลิ้งให้เป็นแผ่นแล้วใช้เครื่องมือตัดดินตามรูปแบบที่ต้องการแล้วนำไปประกอบกันเข้าเป็นรูปทรงที่ออกแบบไว้และรูปทรงของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะกับวิธีการขึ้นรูปแบบแผ่นนี้ได้แก่ รูปทรงมูลฐาน (Basic Forms) เช่น ทรงกรวย ทรงกระบอก ลูกบาศก์ ทรงปิรามิด และรูปเหลี่ยมต่าง ๆ

การขึ้นรูปแบบแผ่นนี้ก่อนที่จะนำดินที่ตัดไว้ตามรูปแบบเสร็จแล้วไปประกอบกันเข้าเป็นรูปทรงที่ต้องการนั้น ดินจะต้องมีลักษณะหมาด ๆ คือดินสามารถทรงตัวอยู่ได้โดยไม่ยุบหรืองอ แล้วถึงจะนำดินเหล่านี้ไปขึ้นรูปช่วงรอยต่อของดิน ใช้น้ำสลิปข้นเป็นตัวประสานเชื่อมรอยต่อให้ติดกันแล้วใช้มือช่วยกดบีบรอยต่อของดินให้ติดกันอย่างแน่นสนิท

การตีดิน (Beating) เป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แบบพื้นบ้านที่ทำกันมาแต่อดีต โดยใช้วิธีการตีดินช่วยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากการขดดิน ที่มีความหนาและรูปทรงยังไม่ได้ตามแบบที่ต้องการ จึงใช้วิธีเอาไม้ที่มีหน้ากว้างตีดินเพื่อช่วยในการขึ้นรูปโดยใช้ไม้นี้ตีด้านนอกและใช้ดินเผาหรือหินที่มีลักษณะกลมมนที่เรียกว่า หินดุ รองดินด้านในเพื่อไม่ให้ดินยุบตัวลงและยังเป็นการบังคับให้แผ่ขยายออกได้ตามรูปทรงมีเนื้อดินที่อัดแน่นและมีความหนา บาง ตามความต้องการได้อีกด้วย

การขึ้นรูปด้วยวิธีการตีดินนี้มักจะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีฐานมล เช่น หม้อดินเผาแบบโบราณ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น โอ่ง อ่าง กระถางต้นไม้ เป็นต้น

[1]ปัจจุบันการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการตีดินนี้ยังมีทำกันอยู่ที่เป็นลักษณะงานพื้นบ้านในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นภาชนะเครื่องปั้นดินเผาชนิดไม่เคลือบ เช่น หม้อดิน ฐานมล อ่าง ตุ่มใส่น้ำ และกระถางต้นไม้

2. การขึ้นรูปด้วยเครื่อง (Machine Forming Method)

การขึ้นรูปด้วยเครื่อง คือ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวกับเครื่องจักรกลช่วยทำให้การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ง่าย และสะดวกสบายขึ้น

ซึ่งเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ นี้อาจทำมาจากวัสดุและวิธีการแบบพื้นบ้านหรือเป็นเครื่องจักรกลที่ทันสมัย มีประสิทธิภาพการใช้งานที่สูง ในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีมีส่วนสำคัญที่ทำให้เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ได้พัฒนาให้เหมาะกับวิธีการขึ้นรูปสามารถผลิตงานได้ในปริมาณมากในเวลาอันรวดเร็ว มีขนาดรูปทรง และคุณภาพที่ได้มาตรฐานเท่าเทียมกัน ดังนั้นในปัจจุบันการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในระบบอุตสาหกรรม จึงนิยมใช้เครื่องจักรกลในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์และการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องสามารถแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน (Throwing)

การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน เป็นวิธีการขึ้นรูปที่มีความสำคัญ และนิยมแพร่หลายโดยทั่วไป ตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้เครื่องมือเครื่องใช้ของวิธีการนี้เจริญขึ้น มีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้โดยเปลี่ยนจากการใช้แป้นหมุนที่หมุนด้วยแรงคนมาเป็นการใช้แป้นหมุนไฟฟ้า การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากแป้นหมุนนี้โดยอาศัยหลักการนำแรงที่ได้จากแรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางของแป้นหมุนตามทิศทางทวนเข็มนาฬิกา หรือตามเข็มนาฬิกาก็ได้ ช่วยในการดึงดินขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตามรูปแบบที่ต้องการซึ่งความเร็วรอบของแป้นหมุนเป็นสิ่งสำคัญ เพราะสามารถกำหนดรูปแบบและขนาดของผลิตภัณฑ์ได้ คือถ้าความเร็วรอบของแป้นหมุนช้าจะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ใบใหญ่ แต่ถ้าความเร็วรอบของแป้นหมุนเร็วจะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้เฉพาะใบเล็กเท่านั้น ซึ่งความเร็วรอบของแป้นหมุนที่เป็นมาตรฐานประมาณ 80 รอบต่อนาที

วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยแป้นหมุนใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีสัณฐานกลม เพราะสามารถผลิตได้ค่อนข้างรวดเร็ว โดยมีขนาดรูปแบบที่ใกล้เคียงกันมาก แต่ทั้งนี้ต้องมีความชำนาญพอสมควร

เนื้อดินปั้นที่เหมาะกับการขึ้นรูปบนแป้นหมุนนั้น เนื้อดินจะต้องมีความเหนียวมาก มีเนื้อดินละเอียด มีการเกาะตัวดี น้ำซึมผ่านได้ยาก เมื่อนำมาปั้น เมื่อถูกน้ำจึงไม่

ยุบตัวง่าย สามารถปั้นได้สูงและบางกว่าดินที่มีความเหนียวน้อย ตามปกติดินที่นำมาขึ้นรูปบนแป้นหมุนจะต้องมีส่วนผสมของดินเหนียวอยู่ในปริมาณจำนวนที่มากพอสมควร ส่วนผสมที่เหลือจะเป็นดินขาว ดินเชื้อ หรือทรายละเอียด จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความต้องการด้านคุณสมบัติของเนื้อดินที่ผู้ปั้นต้องการ คุณลักษณะของดินที่เหมาะกับการขึ้นรูปบนแป้นหมุนจะต้องไม่นิ่มมากหรือแข็งจนเกินไป ถ้านิ่มมากจะจับศูนย์กลางได้ง่ายก็จริง แต่จะดึงขึ้นรูปได้ไม่สูง และปั้นบางก็ไม่ได้ เพราะเนื้อดินจะยุบ ส่วนถ้าดินแข็งมากจะทำให้การจับศูนย์กลางยากมาก การดึงดินให้ขยายออกจะมีปัญหาเรื่องเนื้อดินมีการแยกตัว ถึงแม้จะดึงดินปั้นได้สูงและบางตามความต้องการก็จริง ดังนั้นเนื้อดินปั้นที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปบนแป้นหมุนจะต้องมีความเหนียวและมีน้ำผสมอยู่ในปริมาณร้อยละ 20-25

วิธีการขึ้นรูปบนแป้นหมุนเริ่มแรกจะต้องนำดินที่เตรียมไว้ไปนวดเพื่อไล่ฟองอากาศ ให้ดินมีความนิ่มสม่ำเสมอกัน เป็นเนื้อเดียวกันทั้งก้อนแล้วนำดินที่นวดดีแล้วนำมาทุบหรือตบให้เป็นก้อนกลมเสร็จแล้ว มาวางตรงกลางแป้นโดยมีแผ่นไม้ หรือแผ่นปูนปลาสเตอร์รองรับ แล้วทำการจับดินให้ได้ศูนย์กลาง หลังจากนั้นก็ทำการเจาะดินให้ได้ศูนย์กลางโดยใช้หัวแม่มือหรือนิ้วกลางข้างใดข้างหนึ่งค่อย ๆ กดลงให้อยู่ตรงกลางของก้อนดินลึกลงไป จนเหลือความหนาของดินที่จะเป็นฐานของผลิตภัณฑ์ ประมาณ 1 เซนติเมตรโดยประมาณ ต่อจากนี้ก็ทำการดึงดินหรือรีดดินให้สูงขึ้นเป็นรูปทรงกระบอกโดยพยายามให้ดินมีความหนา หรือบางที่สม่ำเสมอกัน ตามปกติส่วนล่างจะมีความหนามากกว่าส่วนบนเล็กน้อยเพราะเป็นส่วนที่รับน้ำหนักจากข้างบน เมื่อดึงดินหรือรีดดินเป็นรูปทรงกระบอกเสร็จแล้วก็ทำการดึงดินปั้นให้เป็นรูปทรงของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการโดยวิธีการดึงดินดันดินให้ขยายออกดินส่วนนี้ก็จะบางขึ้นหรือการกดบีบ อัดดินส่วนนี้ก็จะหนาขึ้น ที่สำคัญการดึงดินหรือรีดดินให้เป็นรูปทรงนั้น จะต้องเริ่มจากข้างล่างขึ้นไปข้างบนและจะต้องใช้น้ำช่วยในระหว่างการขึ้นรูปเพื่อให้เกิดความลื่นด้วย

การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน

1. การจับศูนย์

2. การเปิดปากหลุม

3. การวัดหาความหนาของฐาน

4. เริ่มต้นการดึงดิน

5. การดึงดินให้เป็นรูปทรงกระบอก

การดึงดินหรือรีดดินให้เป็นรูปทรงนั้นจะต้องคำนึงถึงความหนาหรือบางต้องให้เหมาะสมกับขนาดของผลิตภัณฑ์ด้วยเมื่อการขึ้นรูปทรงเสร็จแล้วต้องปล่อยทิ้งให้ผลิตภัณฑ์นี้หมาดก่อน แล้วถึงจะนำมาขูดตกแต่งไล่ความหนาบาง ตั้งแต่ปากแจกันจนถึงฐานแจกันให้เรียบร้อยตามความต้องการ ด้วยวิธีการตกแต่งบนแป้นหมุนอีกครั้งหนึ่ง

การขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jiggering)

การขึ้นรูปด้วยใบมีด เป็นวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ต้องการรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่แน่นอนเป็นมาตรฐานเดียวกันสามารถผลิตได้ในปริมาณที่มากใช้เวลาการผลิตที่รวดเร็วจึงนิยมนำไปใช้ผลิตพวกจาน ชาม ถ้วยกาแฟ ในระบบการผลิตแบบอุตสาหกรรม

วิธีการขึ้นรูปโดยอาศัยหลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์จากหลักการของแป้นหมุนมาประยุกต์โดยมีครื่องมือที่คล้ายกับแป้นหมุนเพียงแต่มีความเร็วรอบของตัวแป้นที่มากกว่า โดยตัวแป้นจะประกอบกับพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ และมีแขนสำหรับเป็นที่ยึดใบมีด สำหรับขึ้นรูปตามลักษณะของงาน

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยใบมีดนี้อาศัยพิมพ์ที่เป็นแบบทำด้วยปูนปลาสเตอร์มีทั้งชนิดแบบภายใน (Inside) ทำพวกถ้วยชาม ถ้วยกาแฟ ส่วนแบบภายนอก (Outside) ทำพวกจานต่าง ๆ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น การทำพิมพ์แก้วน้ำ เริ่มแรกจะต้องมีการกลึงแบบที่หล่อจากแท่งปูนปลาสเตอร์ให้เป็นรูปส่วนนอกของแก้วที่อยู่ในลักษณะคว่ำปากลงเสร็จแล้วเซาะรอยกั้นแบบพิมพ์ห่างจากตัวแก้วประมาณ 3 นิ้ว - 4 นิ้ว ทาสบู่ที่ตัวแก้วและบริเวณฐานของแท่นปูนปลาสเตอร์ให้ทั่วกั้นพิมพ์ด้วยสังกะสีแผ่นเรียบอย่างบางใช้เชือกหรือยางในรถยนต์รัดให้แน่นผสมปูนปลาสเตอร์แล้วเทลงในแบบพิมพ์ที่กั้นไว้ให้สูงกว่าก้นแก้วประมาณ 1.5นิ้ว - 2นิ้ว เมื่อปูนปลาสเตอร์แข็งตัวแล้วก็กลึงด้านนอกของแบบพิมพ์ให้มีความหนาจากตัวต้นแบบแก้วด้านในประมาณ 1 นิ้ว โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเบ้าจิ๊กเกอร์รองรับต้องมีขนาดเท่ากับบ่าพิมพ์ที่จะวางลงไปได้พอดี ซึ่งขั้นตอนนี้จะได้พิมพ์ใช้งาน (Working Mold) ชิ้นแรกต่อจากนี้นำพิมพ์ใช้งานชิ้น

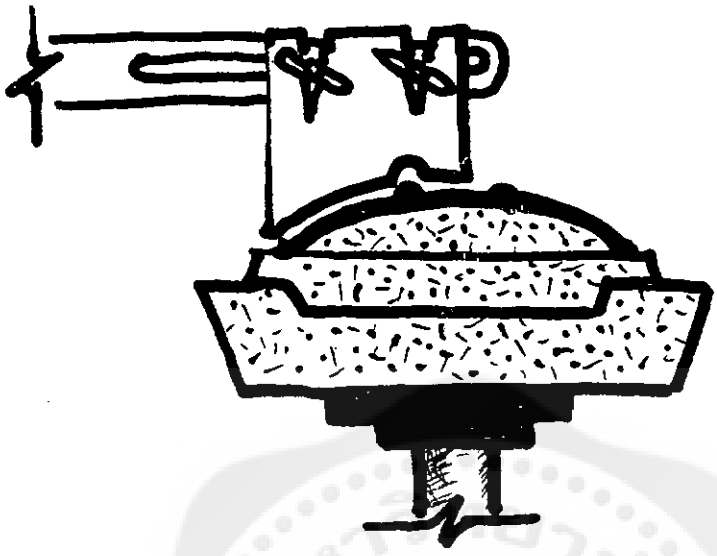
แรกนี้ไปทำพิมพ์ครอบ (Case Mold) เพื่อจะสามารถนำไปหล่อแม่พิมพ์ใช้งานให้ได้จำนวนมากตามที่ต้องการ สำหรับใบมีดนั้นทำจากไม้หรือโลหะตัดแต่งให้พอดีกับรูปทรงภายในของแก้วน้ำใบมีดนี้จะยึดติดคานของเครื่องและสามารถโยกขึ้นลงได้ โดยมีการปรับระดับของใบมีดในขณะที่คานโยกลงในระดับต่ำที่สุดให้ได้ความหนาของแก้วน้ำที่ต้องการเมื่อได้พิมพ์ใช้งานตามจำนวนที่ต้องการแล้วและมีการปรับใบมีดเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ทำการขึ้นรูปโดยการสวมพิมพ์ใช้งานลงในเบ้าจิ๊กเกอร์เสร็จแล้วนำดินโปะลงในเบ้าพิมพ์ใช้งานที่กำลังหมุนอยู่และกดใบมีดลงในเบ้าพิมพ์ใช้งาน

ความเร็วและใบมีดจะช่วยอัดและรีดดินให้เป็นรูปตามแบบลักษณะส่วนตัดของใบมีดและตามลักษณะของแบบเบ้าพิมพ์ใช้งานจากนั้นยกแบบพิมพ์ใช้งานออกผึ่งไว้และนำพิมพ์ใช้งานชิ้นต่อไปมาสวมลงในเบ้าจิ๊กเกอร์เพื่อที่จะขึ้นรูปงานชิ้นต่อไป

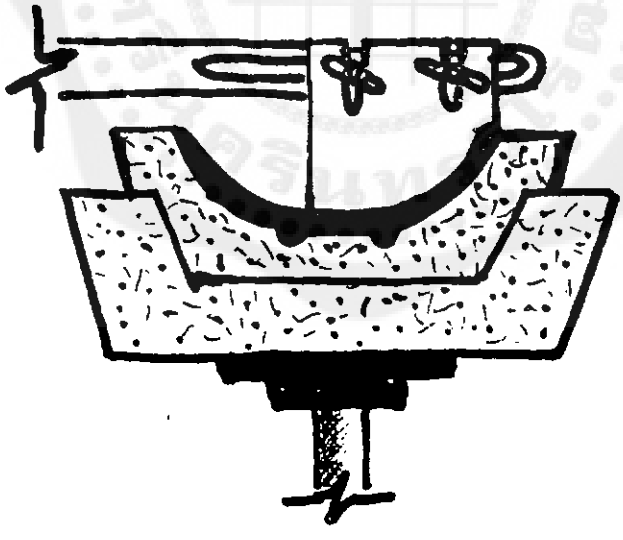
วิธีการขึ้นรูปด้วยใบมีดนี้ ถ้าการใช้ใบมีดที่เป็นส่วนตัดด้านในของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงลึก เช่นแก้วน้ำ ถ้วยกาแฟ ชาม เรียกว่า Jiggering ส่วนการใช้ใบมีดที่มีส่วนตัดด้านนอกของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงค่อนข้างแบนหรือมีความลึกน้อย เช่น จานใส่อาหาร จานรองแก้วกาแฟ ชามก้นตื้น เรียกว่า Jollying

เครื่องโรลเลอร์ (Roller Machine) คือเครื่องจักรที่มีพัฒนามาจากเครื่องจิ๊กเกอร์ที่ใช้ใบมีดในการขึ้นรูป ถูกเปลี่ยนมาเป็นจานหมุน (Roller) ทำให้สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้รวดเร็วมากกว่าและดินที่ใช้ในการขึ้นรูปก็มีปริมาณน้ำน้อยกว่า การใช้เครื่องจิ๊กเกอร์จึงทำให้โรงงานอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภท ถ้วยจาน ชาม ในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องโรลเลอร์แทนเครื่องจิ๊กเกอร์เพราะลดต้นทุนการผลิตได้มาก

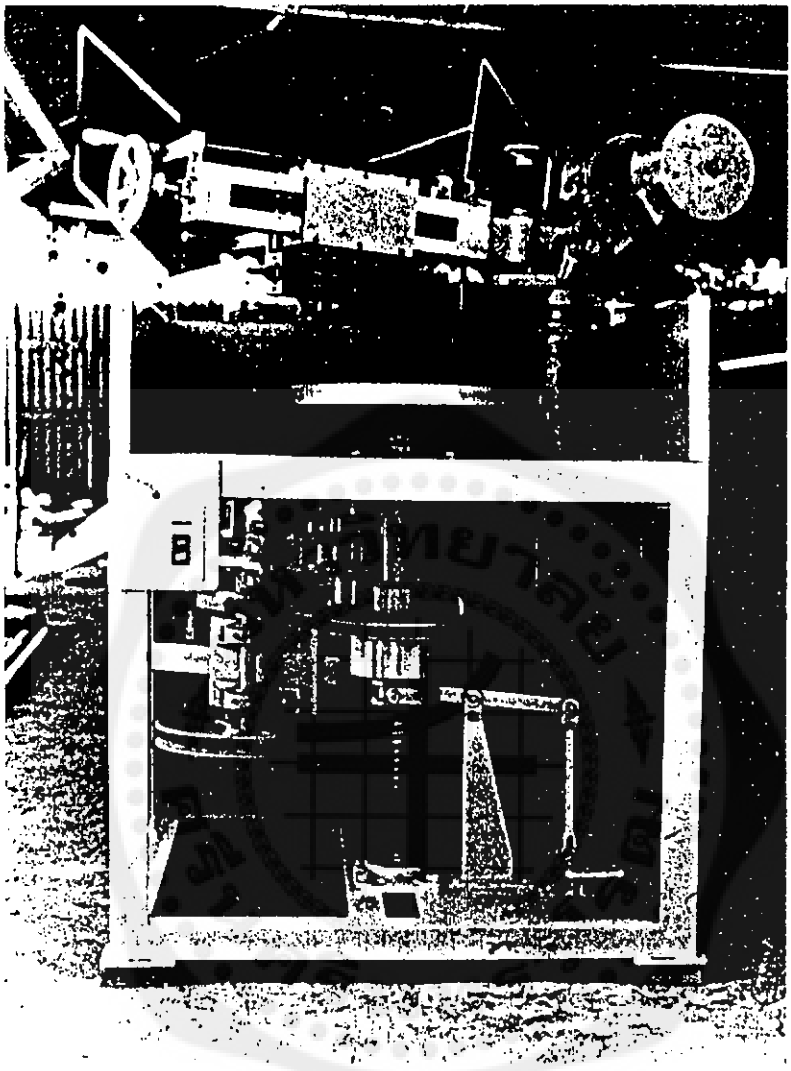
ดินที่ใช้ในการขึ้นรูปมีความเหนียวเช่นกัน แต่อาจจะเหนียวน้อยกว่าการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ทั้งนี้เนื่องจากมีพิมพ์ช่วยบังคับในการขึ้นรูป โดยดินนี้จะมีน้ำอยู่ปริมาณร้อยละ 14-20[2]



ภาพแสดงลักษณะการขึ้นรูปด้วยใบมีดแบบภายนอก

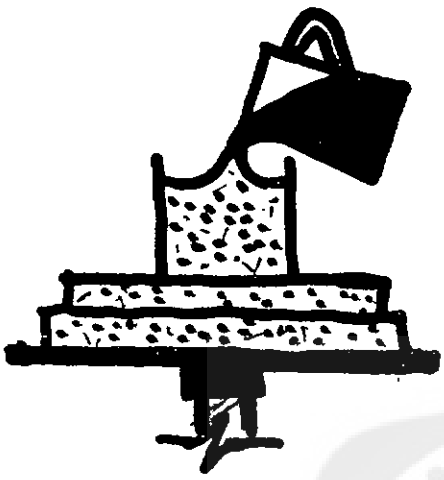


ภาพแสดงลักษณะการขึ้นรูปด้วยใบมีดแบบภายใน



รูปแบบหนึ่งของเครื่องจิ๊กเกอร์

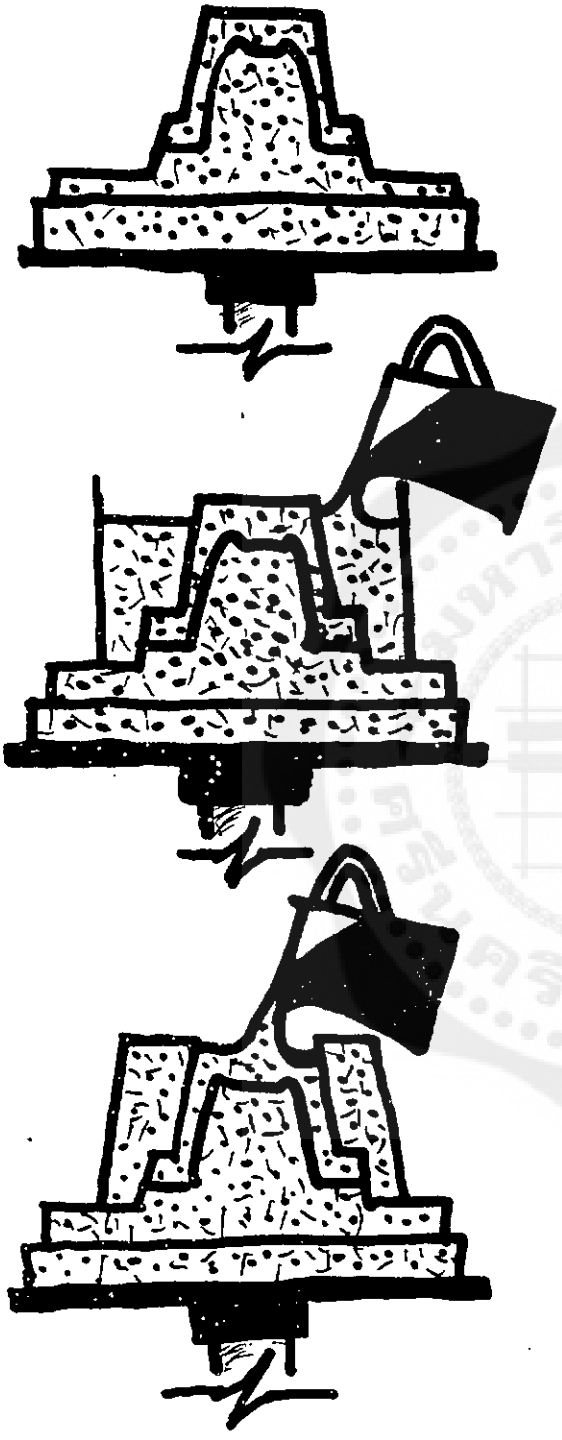
การทำพิมพ์จิ๊กเกอร์



1. เทปูนปลาสเตอร์ลงในแบบที่กั้นเป็นคอกไว้ให้สูงกว่าแบบแก้วประมาณ 1 นิ้ว

2. กลึงแท่งปูนปลาสเตอร์ที่เป็นต้นแบบให้เป็นรูปส่วนนอกของแก้วที่อยู่ในลักษณะที่คว่ำปากลงแล้วทาน้ำสบู่ที่ตัวแก้วและบริเวณฐานของแท่นปูนด้วย

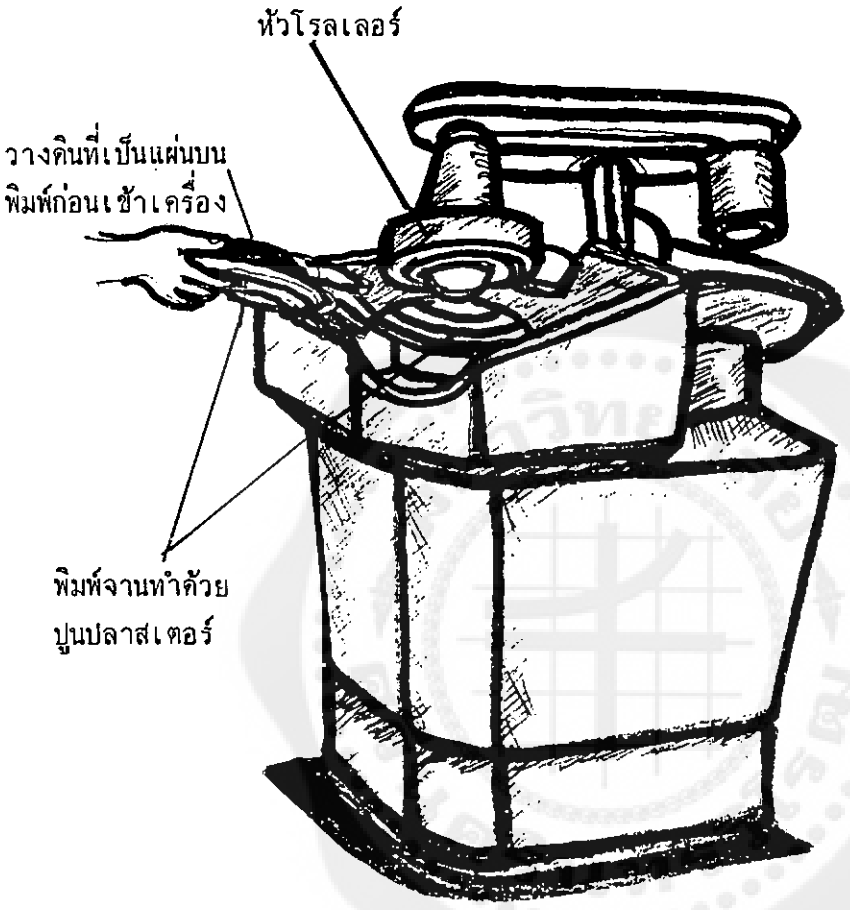
3. กั้นพิมพ์ด้วยสังกะสีแล้วเทปูนปลาสเตอร์ลงในแบบพิมพ์ที่กั้นไว้ให้สูงกว่าก้นแก้ว 1.5นิ้ว - 2นิ้ว



4. กลึงด้านนอกของแบบพิมพ์ให้มีความหนาจากตัวต้นแบบแก้วด้านในประมาณ 1 นิ้ว แล้วทาน้ำสบู่ให้ทั่ว (ส่วนนี้คือพิมพ์ใช้งานที่ได้)

5. กั้นแบบพิมพ์เสร็จแล้ว เทปูนปลาสเตอร์เพื่อทำพิมพ์ครอบ

6. กลึงพิมพ์ครอบแล้ว ถอดพิมพ์ใช้งานออกทาน้ำสบู่ภายในพิมพ์ครอบและตัวแก้วต้นแบบ ผสมปูนปลาสเตอร์แล้วเทลงในพิมพ์ครอบจะได้พิมพ์ใช้งานชิ้นที่ 2 ทำเช่นนี้จนได้พิมพ์ใช้งานครบตามจำนวนที่ต้องการ



รูปแบบหนึ่งของเครื่องโรลเลอร์

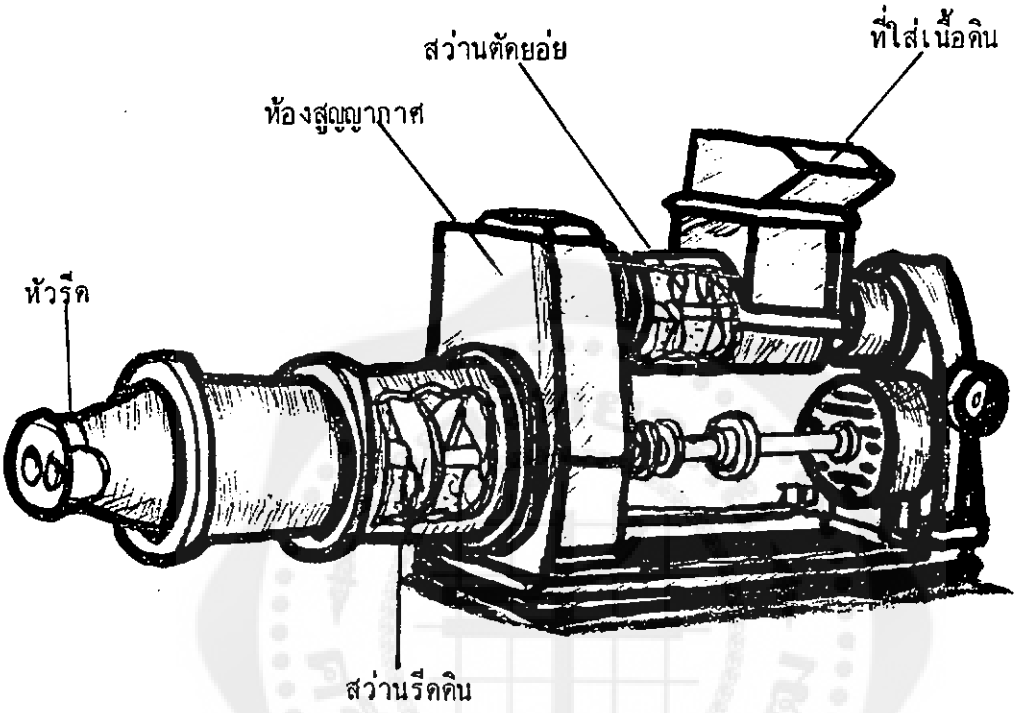
การขึ้นรูปด้วยการรีดดิน (Extrusion)

เป็นการขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรที่ขับเคลื่อนด้วยแรงของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่รีดดินออกมาตามท่อโดยใช้หัวรีดเป็นตัวกำหนด รูปแบบสามารถทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น รูปทรงกระบอก รูปแท่งสี่เหลี่ยม รูปแท่งสามเหลี่ยม ซึ่งหัวรีดแท่งดินนี้สามารถสับเปลี่ยนตามรูปแบบที่ต้องการได้ เมื่อแท่งดินถูกรีดออกมาจะถูกตัดออกเป็นส่วน ๆ ตามความยาวที่ต้องการ ซึ่งโดยวิธีนี้สามารถควบคุมปริมาณความยาว และน้ำหนักของเนื้อดินได้แน่นอนและสามารถควบคุมปริมาณของน้ำที่ถูกผสมเข้าในเนื้อดินได้เช่นกันทำให้สามารถนำดินที่ผ่านหัวรีดดินตามแบบจากเครื่องรีดดินที่ถูกขับเคลื่อนออกมาเป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ได้เลย เพราะในตัวเครื่องรีดดินมีสว่านรีดดินที่มีแรงดันสูงมีการผ่านห้องสูญญากาศ เพื่อทำให้ส่วนผสมของเนื้อดินเป็นเนื้อเดียวกัน มีความนิ่มหรือแข็งที่สม่ำเสมอกันเนื้อดินจะแน่นและไม่มีฟองอากาศอยู่เลย และสามารถกำหนดขนาด ความหนา บางได้จากแบบหัวรีด ตามที่ออกแบบไว้เช่นกัน ผลิตภัณฑ์ที่นิยมขึ้นรูปด้วยวิธีการรีดดินได้แก่ อิฐก่อสร้าง กระเบื้องมุงหลังคา ท่อระบายน้ำ ฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเครื่องนวดดินก่อนนำไปขึ้นรูปด้วยมือหรือบนแป้นหมุนดินที่ขึ้นรูปด้วยการรีดดินนี้จะเป็นดินที่มีความเหนียวพอสมควรโดยมีน้ำอยู่ในปริมาณ ร้อยละ 15-20[3]

การขึ้นรูปด้วยการอัดดิน (Pressing)

คือการนำดินไปกดอัดลงในแบบพิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์หรือที่ทำจากเหล็กรูปแบบลวดลายที่มีอยู่ในแบบพิมพ์จะเป็นร่องลึก นูนต่ำ พื้นผิวขรุขระจะต้องออกแบบทำให้การนำดินออกจากแบบพิมพ์ง่ายและไม่เสียรูปทรง การขึ้นรูปด้วยการอัดดินชนิดใช้แรงกดจากพิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะมีแบบพิมพ์ชิ้นเดียวและแบบพิมพ์สองชิ้นจะมีขนาดไม่ใหญ่มากและมีความหนาน้อย แบบพิมพ์ที่ใช้จะต้องไม่เปียกชื้น การอัดดินลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะใช้แป้งฝุ่นทาตัว หรือใช้ทัลคัมห่อผ้าประคบในพิมพ์ปูน



รูปแบบหนึ่งของเครื่องรีดดิน

ปลาสเตอร์ก่อนเป็นการหล่อลื่นเพื่อให้ดินออกจากพิมพ์ง่ายขึ้นดินที่ใช้จะมีความเหนียวเช่นเดียวกันกับดินที่ใช้ปั้นด้วยมือ หรือดินที่ใช้ปั้นบนแป้นหมุนกดอัดด้วยแรงมือ หลังจากนั้นก็ทำการตกแต่งพื้นผิวด้านหลังของงานให้เรียบโดยใช้ไม้บรรทัดปาดดินส่วนเกินออกเสร็จแล้วก็ใช้เนื้อดินเดียวกัน แต่นิ่มกว่าไปประกบดูดดินออกจากแบบพิมพ์ ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากการอัดดินด้วยมือจากพิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบบพิมพ์ชิ้นเดียวได้แก่ ที่ทับกระดาษ กระเบื้องตกแต่ง กระดุมที่ติดเสื้อ ฯลฯ

ส่วนแบบพิมพ์ชนิดสองชิ้น ได้แก่ พิมพ์อัดที่มีชิ้นล่าง และชิ้นบนประกบกันอยู่ โดยมีเดือยล็อคเพื่อไม่ให้พิมพ์เคลื่อน การขึ้นรูปด้วยการนำดินที่กะปริมาณมากกว่าเบ้าพิมพ์ตัวงานเล็กน้อย ใส่ลงในพิมพ์ชิ้นล่างแล้วนำพิมพ์ชิ้นบนประกบอัดลงไปให้เดือยล็อคตรงกันดินส่วนเกินก็จะปลิ้นออกมาตรงขอบช่วงรอยต่อของพิมพ์ทั้ง 2 ชิ้นแล้วแกะพิมพ์ประกบด้านบนออกทำการใช้เครื่องมือตัดดินส่วนที่เกินจากเบ้าพิมพ์ออกแล้วประกบพิมพ์อัดเข้าไปใหม่ ถ้ายังมีดินส่วนเกินอีกก็ทำการตัดออกเหมือนเดิม อัดดินจนไม่มีดินปลิ้นออกมาจากพิมพ์หรือถ้ามีก็เหลือน้อย เมื่อแกะพิมพ์นำดินออกจากพิมพ์แล้วทิ้งปล่อยไว้ให้ดินหมาดแล้วทำการขูดแต่งช่วงรอยดินที่ปลิ้นออกมาให้เรียบร้อย

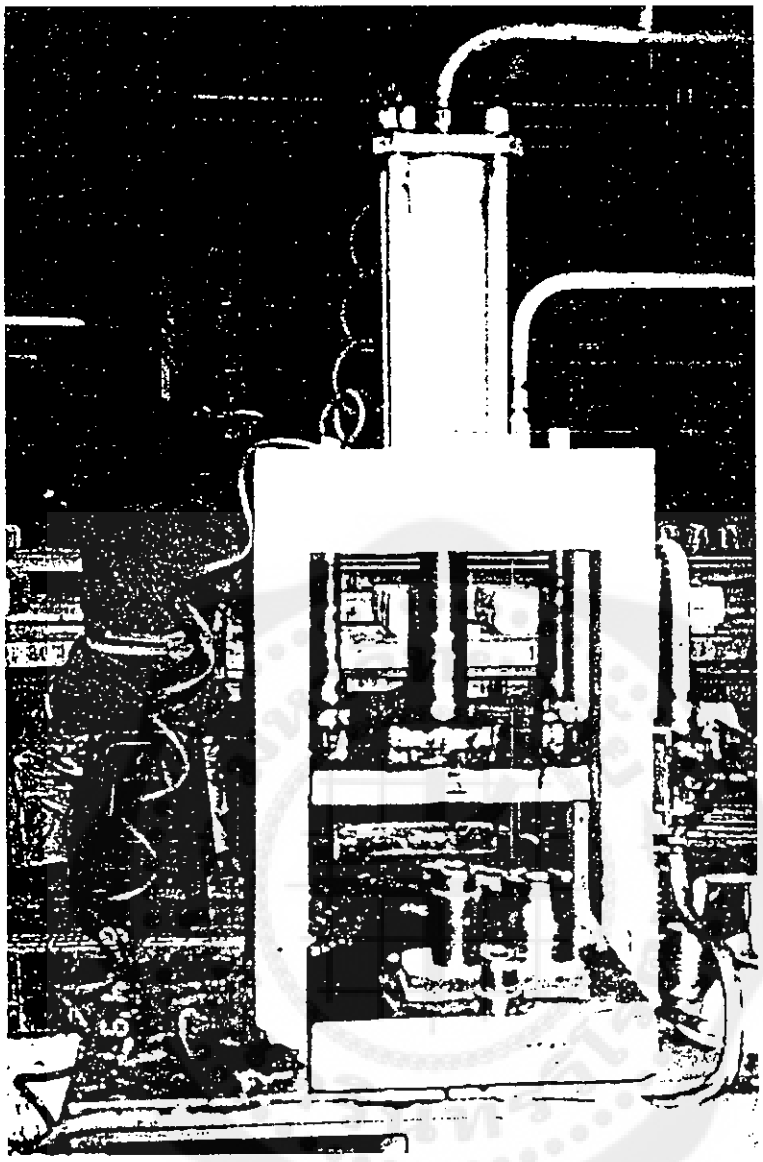
ผลิตภัณฑ์ที่จะทำการขึ้นรูปด้วยการอัดดินจากพิมพ์ 2 ชิ้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีลวดลายทั้งสองด้าน เช่น พิมพ์พระเครื่อง เป็นต้น หรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบแล้วนำไปขึ้นรูปด้วยการอัดดินจากพิมพ์ชิ้นเดียวไม่ได้

สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีอัดดินจากแบบพิมพ์เหล็กจะใช้น้ำมันช่วยในการหล่อลื่นให้ดินออกจากพิมพ์ง่ายขึ้น จะใช้ดินหมาดถึงดินแห้ง โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทกระเบื้องบุผนัง - ปูพื้น กระเบื้องมุงหลังคา อิฐทนไฟ ฉนวนไฟฟ้า วัตถุทนไฟ ส่วนมากจะขึ้นรูปด้วยวิธีอัดโดยเครื่องอัด

ชนิดของการอัดที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปมีดังนี้

ชนิด	ร้อยละของน้ำ	ชนิดของผลิตภัณฑ์
การอัดแบบเปียก	18-20	ฉนวนไฟฟ้าบางชนิด
การอัดแบบกึ่งเปียก	15-17 (ใช้น้ำมันช่วยในการหล่อลื่น)	อิฐทนไฟ
การอัดแบบกึ่งแห้ง	6-12	อิฐ - กระเบื้อง
การอัดแบบดินผง	4-10	อิฐ - กระเบื้อง
การอัดแบบวัตถุดิบเป็นผงแห้ง	0-5 (ใช้กาว Dextrin ช่วย)	ผลิตภัณฑ์ชนิดพิเศษบางอย่างเช่น วัตถุทนไฟแบบ Steatite

<u>ชนิดของเครื่องจักรที่ใช้กันอยู่คือ</u>	<u>ผลิตภัณฑ์ที่ใช้</u>
เครื่องอัดด้วยมือ	ฉนวนไฟฟ้า
เครื่องอัดที่ใช้แรงอัดของอากาศ (Friction Press)	ผลิตภัณฑ์ชิ้นเล็ก ๆ เช่นกระเบื้องโมเสค, กระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องบุผนัง อิฐ กระเบื้องปูพื้น
เครื่อง Eccentric - Driven Press	วัตถุทนไฟชนิดอลูมินาสูง
เครื่องอัดที่ใช้แรงอัดของน้ำมัน (Hydrostatic Press)	หัวเทียนรถยนต์

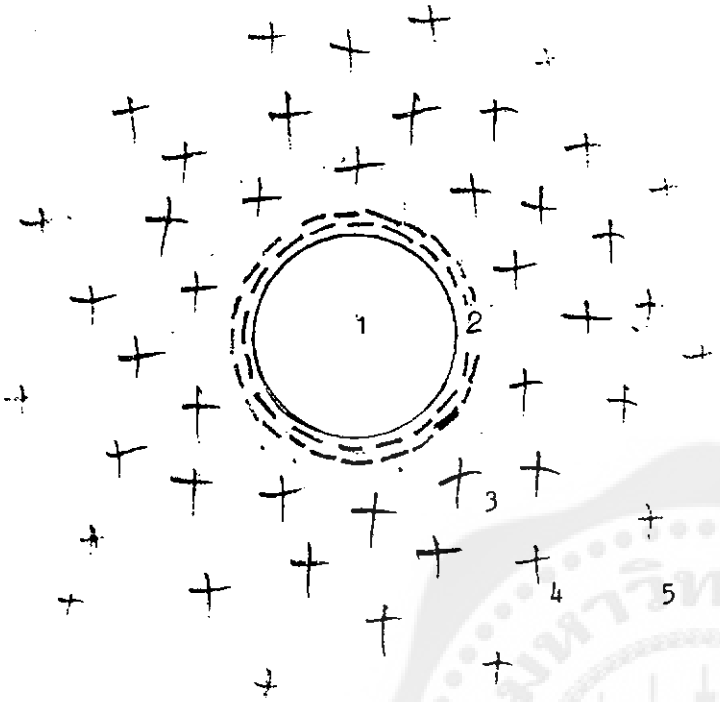


รูปแบบหนึ่งของเครื่องอัดดินผง
ที่เป็นเครื่องออโตเมตริค ไฮโดรลิค

3. การขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดิน (Slip Casting)

การขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดินหรือที่เรียกว่าการหล่อน้ำสลิป เป็นวิธีการขึ้นรูปแบบหนึ่งที่จะต้องอาศัยพิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ช่วยในการขึ้นรูปให้ได้ตามรูปร่างขนาดตามแม่พิมพ์นั้น โดยการใช้น้ำดินเทลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตมาจากแร่ยิปซั่ม (Gygsum, $CaSO_4.2H_2O$) เพราะมีคุณสมบัติดูดซึมน้ำได้ดี เนื่องจากพื้นที่ผิวจะมีรูพรุนมากมาย เมื่อเทน้ำดินลงไปในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์นี้ แบบพิมพ์จะดูดน้ำเข้าไว้ทำให้อนุภาคของเม็ดดินที่เหลือไปอัดเหนียวแน่นเกาะอยู่ตามผนังภายในของแบบพิมพ์ ซึ่งการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดินนี้ สามารถผลิตงานได้มาตรฐานเดียวกันทั้งขนาด รูปร่าง ความหนาบาง และสามารถผลิตได้อย่างจำนวนมากในเวลาที่รวดเร็วจึงเป็นวิธีการขึ้นรูปที่เหมาะกับระบบการผลิตแบบอุตสาหกรรม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร (Tableware) ฉนวนไฟฟ้าแบบต่างๆ ฯลฯ และเนื่องจากการขึ้นรูปแบบนี้ต้องใช้น้ำดินในการขึ้นรูปน้ำดินหรือน้ำสลิป จึงมีความสำคัญ ดังนั้นคุณสมบัติเฉพาะของน้ำดินหรือน้ำสลิปที่เหมาะกับการนำไปใช้ขึ้นรูปหล่อแบบพิมพ์จะมีคุณสมบัติและลักษณะดังนี้

เมื่อนำดินขาว ดินบอลล์เคลย์มาผสมกับน้ำจะได้น้ำดิน หรือน้ำสลิป ดินในน้ำดินจะมีการลอยตัวดี เนื่องจากเป็นสารที่มีขนาดเล็ก แต่ถ้าเติมสารจำพวก Electrolyte เช่น แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) , แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ลงไปในน้ำดินจะทำให้ดินจับกันเป็นก้อน และตกตะกอนได้ง่าย เรียกตามศัพย์ทางเทคนิคว่า Coagulation (การจับตัวกัน) ในทางตรงกันข้ามถ้าเติมสารจำพวกโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) , โซเดียมคาร์บอเนต (Na_3CO_3) ลงไปในน้ำดินเพื่อให้ดินลอยตัวมีการไหลตัวดีไม่จับกันเป็นก้อนเรียก Deflocculant ตามทฤษฎีดินในน้ำดินจะมีลักษณะโครงสร้างดังในรูปคือ รอบ ๆ เนื้อดินจะมีชั้นของน้ำปกคลุมอยู่ ซึ่งความหนาของชั้นน้ำนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนและความแรงของประจุ (Ion) ที่อยู่ในตัวของเนื้อดิน



จากรูป 1 คือ เนื้อดิน
2. คือชั้นของประจุลบ
3. คือชั้นของประจุบวกซึ่งเกิดจากแรงดึงดูด
4. คือชั้นของประจุบวกที่แยกออกมาจาก 3
5. คือน้ำ

ส่วนที่ 1 ถึง 4 เรียกว่า "Clay Micelle" การเตรียมน้ำดินใช้หล่อมีหลักการดังนี้

ดินที่นำมาผสมทำน้ำดินหรือน้ำสลิปจะต้องเป็นดินที่ละเอียดและมีการกระจายตัวดี เช่นดินขาว ดินบอลล์เคลย์ แล้วเติมสารที่ช่วยให้น้ำดินเกิดการกระจายตัวและไหลตัวดี ไม่จับกันเป็นก้อนได้แก่ โซเดียมซิลิเกต ประมาณร้อยละ 0.3-0.5 ของน้ำหนักเนื้อผลิตภัณฑ์ที่แห้งปริมาณของน้ำที่อยู่ในน้ำดิน ของผลิตภัณฑ์ประเภทเอริ์ทเธนแวร์ มีประมาณร้อยละ 29-31 และสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทปอร์สเลน มีประมาณร้อยละ 27-28 โดยจะมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.7 - 1.8 ซึ่งคุณสมบัติของน้ำสลิปคือ[4]

- ใช้ปริมาณน้ำน้อยแต่มีสภาพการไหลตัวที่ดีสม่ำเสมอ และไม่มีตกค้างนอนก้น
- เมื่อเทน้ำสลิปออกจากพิมพ์ด้านในต้องมีความเรียบไม่ขรุขระ
- น้ำสลิปต้องไม่ทำให้พิมพ์ชุ่มน้ำเร็ว
- หลังจากการเทน้ำสลิปออกจากพิมพ์เนื้อดินจะไม่แตกแยกกันภายในพิมพ์
- ดินเมื่อหมาดสามารถทรงตัวได้ดีต้องร่อนออกจากพิมพ์ ไม่หดตัวมาก และไม่ชำรุดหรือบิดเบี้ยว
- น้ำดินควรจะแห้งและให้ความหนาของผลิตภัณฑ์ได้ง่ายใช้ระยะเวลาที่สั้น
- ถอดแกะออกจากพิมพ์ได้ง่าย

ในการทำต้นแบบนี้นิยมทำด้วยปูนปลาสเตอร์ โดยการนำปูนปลาสเตอร์มา กลึง แกะ เหลา ให้เป็นรูปทรงต่าง ๆ ตามความต้องการ หรืออาจจะทำต้นแบบจากดินก่อน และนำไปทำพิมพ์ทุบก็ได้เช่นกัน

- วิธีทำแบบพิมพ์ใช้งาน (Working Mold) เพื่อได้ต้นแบบแล้วนำมาพิจารณาดูว่าจะจัดแบ่งพิมพ์ออกเป็นกี่ชิ้น โดยให้คำนึงถึงผลิตภัณฑ์ที่หล่อออกมาจากพิมพ์ที่ทำสมบูรณ์ที่สุดจากนั้นก็ใช้สีเมจิกเขียนลงตัวต้นแบบพิมพ์ปูนที่ได้พิจารณา การแบ่งพิมพ์ไว้แล้วว่าจะเป็นกี่ชิ้น แล้วก็ทำการทาน้ำสบู่ (Potassium Soap) ด้วยแปรงขนอ่อนเสร็จแล้วก็นำต้นแบบมาหนุน และกั้นดินทีละชิ้นโดยเมื่อทำพิมพ์ชิ้นที่หนึ่งแล้วจะต้องขัดตกแต่งผิวหน้าที่จะประกบกับชิ้นที่ 2 ให้เรียบร้อยพร้อมทั้งทำเดือยล็อค เพื่อมิให้พิมพ์เคลื่อนตัวทาน้ำสบู่แล้วหล่อทำพิมพ์ชิ้นต่อไปจนครบพร้อมกับทำช่องสำหรับเทน้ำดิน เมื่อทำพิมพ์เสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องนำพิมพ์ไปผึ่งให้แห้งสนิทเสียก่อน จึงนำมาหล่อน้ำดินหรือจะนำพิมพ์ไปอบที่อุณหภูมิโดยประมาณไม่ควรเกิน 60 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิมากกว่านี้ปูนปลาสเตอร์จะเสื่อมคุณภาพ

วิธีการขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดินมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

การหล่อกลวง (Drain Casting)

การหล่อกลวงก็คือการนำแบบพิมพ์ใช้งาน (Working Mold) ที่แห้งสนิทดีแล้วและผ่านการทำความสะอาดโดยวิธีการใช้ลมเป่าแล้วใช้ฟองน้ำชุบน้ำสะอาดบีบฟองน้ำให้หมาด ๆ เช็ดในเบ้าพิมพ์ให้ทั่ว ถ้าเป็นแบบพิมพ์หลายชิ้นจะต้องทำการประกบรัดยางเข้าด้วยกันให้ดีและแข็งแรงจากนั้นเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ให้เต็มตามแบบพิมพ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งแบบพิมพ์ปูนจะดูดน้ำเข้าไว้ โดยน้ำดินที่เทลงในพิมพ์จะลดลงเหลือดินที่เกาะติดอยู่ตามผิวผนังด้านในของพิมพ์ส่วนนี้จะเป็นความหนาชั้นแรกของผลิตภัณฑ์และต้องคอยเติมน้ำดินให้เต็มเป็นช่วงๆเมื่อได้ความหนาของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการแล้ว ต้องค่อย ๆ เอียงเทน้ำดินออกจากนั้นก็คว่ำไว้ โดยมีของหนุนให้แบบพิมพ์เอียงเล็กน้อยเพื่อให้มีอากาศถ่ายเทภายในพิมพ์น้ำดินที่เหลือจะได้ไหลออกอย่างหมดจดทิ้งไว้ระยะหนึ่ง แล้วหงายพิมพ์ขึ้นตัดดินส่วนเกินตรงขอบปากออกและสังเกตุดูดินส่วน

ที่เหลือว่ามีการหดตัว แล้วร่อนตัวจึงแกะพิมพ์ออกจะได้ผลิตภัณฑ์ที่หล่อนำไป ตัดปาก เก็บตะเข็บให้เรียบร้อยต่อไป

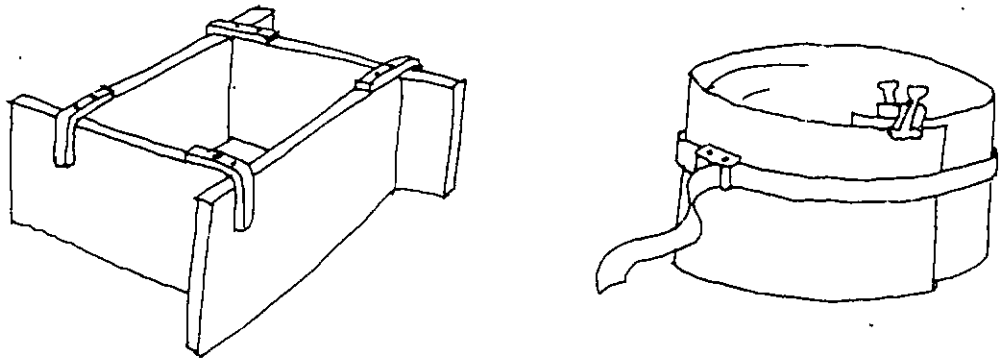
การหล่อตัน (Solid Casting)

การหล่อตัน คือการหล่อน้ำดินในแบบพิมพ์ที่กำหนดความหนาของผลิตภัณฑ์ไว้ โดยการเทน้ำดินเข้าไปในแบบพิมพ์จนเต็มเมื่อน้ำดินยุบจะต้องเทเติมให้เต็มเสมอจนน้ำดินไม่เกิดการยุบตัวแห้งและแข็งขึ้นอยู่ในแบบพิมพ์โดยไม่มีการเทน้ำดินออกจากแบบพิมพ์ เมื่อดินแห้งแล้วแกะพิมพ์ออกแล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตัดดินส่วนเกิน ขูดแต่งใช้ฟองน้ำชุบน้ำหมาด ๆ เช็ดถูให้เรียบร้อยต่อไป

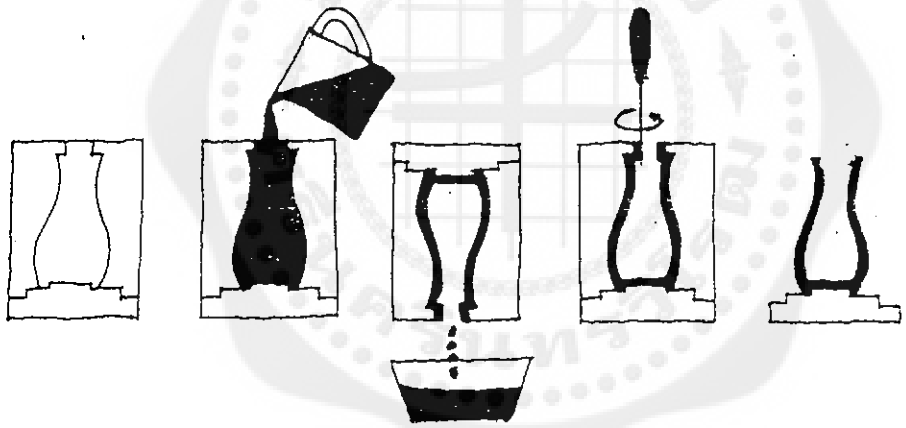
ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อตันได้แก่ ภาชนะทรงแบน จาน ชามถาดหรือพวกหูถ้วยกาแฟ หูแก้วน้ำ เป็นต้น

ถ้าเป็นการหล่อตันประเภทเครื่องสุขภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่จะใช้วิธีการเทน้ำดินแบบธรรมดาทั่วไปเหมือนกับหล่อตันผลิตภัณฑ์ภาชนะจานชามไม่ได้เนื่องจากจะเกิดโพรงอากาศได้ง่ายจึงต้องใช้วิธีการหล่อโดยใช้แรงอัดช่วย (Pressure Casting) คือการใช้ฉีดน้ำดินที่มีแรงดันเข้าไปในแบบพิมพ์ได้อย่างทั่วถึงโดยไม่มีโพรงอากาศเหลืออยู่ การหล่อตันส่วนมากจะมีปัญหาเรื่องโพรงอากาศที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ไม่ว่าเล็กหรือใหญ่ ดังนั้นจึงต้องทำรูระบายอากาศในแบบพิมพ์ด้วย

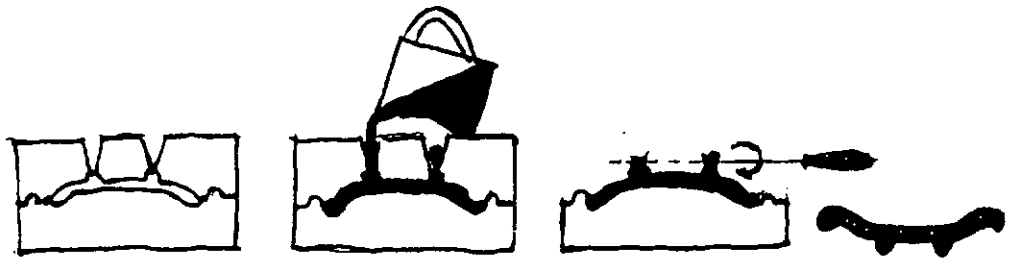
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แบบหล่อตันนี้สามารถควบคุมรูปแบบ ขนาด ความหนาบาง ของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการหล่อกลวง



ที่กั้นแบบพิมพ์เทปูนปลาสเตอร์ชนิดแผ่นไม้
และแผ่นสังกะสีอย่างบาง



การหล่อน้ำดินแบบหล่อกลวง



การหล่อน้ำดินแบบหล่อตัน

เชิงอรรถท้ายบทที่ 5

[1]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 59.

[2]กองบริการอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์ Whiteware. ม.ป.ป. หน้า 38.

[3]ปรีชา พิมพ์ขาวขำ. เซรามิกส์. 2537. หน้า 89.

[4]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 77.

[5]ไพจิตร อิ่งศิริวัตน์, ไพบูลย์ หล้าสมศรี และ กิติชัย ระมิงค์วงศ์. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิวัติการเกี่ยวกับเทคโนโลยีการทำพิมพ์ปลาสเตอร์สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา. 2539. หน้า14.

บทที่ 6

การตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

ในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ทันสมัยมาก มีการพัฒนาคุณภาพของเนื้อดินปั้นเคลือบ มีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ช่วยเสริมในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ทางด้านรูปร่าง รูปทรง สีสัน ความงาม ขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่สนองประโยชน์ใช้สอยในครัวเรือน เพื่อการตกแต่งทางสถาปัตยกรรม และเพื่อคุณค่าทางศิลปะแล้ว การตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นับว่ามีส่วนสำคัญอย่างมากที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เหล่านี้มีความสวยงาม น่าใช้สอย ได้รับความสนใจและสิ่งที่สำคัญสามารถเพิ่มคุณค่าขึ้นให้กับผลิตภัณฑ์ได้

การตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์หรือการตกแต่งเครื่องปั้นดินเผาได้ทำกันมานานแล้วตั้งแต่สมัยโบราณ โดยสามารถตกแต่งผลิตภัณฑ์ได้อย่างสวยงามมีคุณค่า และเป็นเอกลักษณ์ในแต่ละยุคสมัย ถึงแม้ว่าเครื่องมือ เทคนิค วิธีการยังไม่เจริญก้าวหน้าก็ตาม

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันได้มีการศึกษาค้นคว้าทดลองในด้านวัสดุ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องอันที่จะเสริมเทคนิคการตกแต่งให้หลากหลายและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทด้วยโดยมีความคิดสร้างสรรค์เสริมแต่งให้ผลิตภัณฑ์เพิ่มคุณค่าทางด้านความงาม โดยมีวิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ตั้งแต่ในอดีตที่ยังเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาจนถึงปัจจุบันซึ่งสามารถแบ่งตามสภาวะต่าง ๆ ของเนื้อดินปั้นและสภาวะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นอยู่

การตกแต่งในขณะเป็นเนื้อดินปั้น

เป็นการตกแต่งในขั้นตอนของการเตรียมดินก่อนที่จะนำมาขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยที่เนื้อดินปั้นที่จะนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์นั้นมี 3 ลักษณะด้วยกันคือ น้ำดิน หรือน้ำ

สลิป เนื้อดิน และดินผง ซึ่งการตกแต่งในขั้นตอนการเตรียมดินนี้สามารถทำการตกแต่งได้หลายลักษณะดังนี้

การตกแต่งสีดิน คือการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสีดินให้ได้ตามความต้องการนอกเหนือจากสีดินที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเพื่อความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อดินสี ตามแบบที่ต้องการโดยมีเทคนิคการตกแต่งที่ใช้สีสำเร็จรูป (Stain) ผสมลงในเนื้อดินหรือการเติมออกไซด์ที่เป็นสารให้เกิดสี ได้แก่ Fe_2O_3 ให้สีน้ำตาล CoO ให้สีน้ำเงิน MnO_2 ให้สีน้ำตาลอ่อนออกเทา CuO ให้สีเขียวเข้ม ฯลฯ

การใช้สีสำเร็จรูปหรือออกไซด์ที่เป็นสารให้สีผสมลงไปในน้ำสลิปเนื้อดินอัตราส่วนไม่ควรเกินร้อยละ 10 โดยประมาณ เพราะสารบางตัวเช่น MnO_2 ถ้าใช้เกินร้อยละ 7 จะทำให้เนื้อดินปั้นเกิดการหลอมและเป็นตุ่มพองได้ เมื่อเผาจะทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้ และ CoO เป็นสารที่ให้สีรุนแรงมากไม่ควรใช้เกินร้อยละ 3 โดยประมาณ แล้วก็เป็นสารที่มีราคาแพง อย่างไรก็ตามการผสมสารให้สีเหล่านี้ควรจะได้มีการทดลองกับส่วนผสมของเนื้อดินที่จะใช้ก่อน เพราะมีผลต่อการทนความร้อน การหดตัว การบิดเบี้ยว รวมถึงเรื่องของสีที่เกิดกับเนื้อดินเช่น สีเข้ม จางด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทดสอบเพื่อหาร้อยละของสารให้สีที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นที่นำมาใช้ และการใช้สีสำเร็จรูปหรือสารให้สีที่ผสมลงในน้ำดิน เนื้อดินแล้วจะต้องทำการบดให้ละเอียด แล้วนำไปกรองเพื่อให้สารให้สีเข้ากับดินได้อย่างดี เพราะไม่เช่นนั้นจะเกิดตำหนิเป็นตุ่มเป็นก้อนในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำเนื้อดินสีที่ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แล้วและผ่านการเผาดิบที่อุณหภูมิประมาณ 600 - 800 องศาเซลเซียสที่มีตำหนิหรือเกิดการเสียหายขึ้นนำมาทุบบดหยาบบดละเอียดนำมาผ่านตะแกรงร่อนตามขนาดที่ต้องการจะได้ดินเชื้อที่มีสีนำไปผสมลงในเนื้อดินปั้นที่มีสีขาวนำไปนวดผสมให้เข้ากันแล้วนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์จะได้พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ที่มีจุดสีในพื้นสีขาว ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการตกแต่งพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ให้มีความสวยงามได้เช่นกัน

การตกแต่งขณะขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อน้ำดิน

การตกแต่งวิธีนี้โดยการใช้น้ำดินสีที่มีการผ่านการทดลองแล้วเช่น ตัวอย่างการใช้เนื้อดินปั้นปอร์สเลนไฟต่ำใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการหล่อโดยใช้วัตถุดิบมีสูตรส่วนผสมดังนี้ [1]

ดินขาวลำปาง	ร้อยละ 27.0
ดินขาวระนอง	ร้อยละ 11.0
ดินเหนียวแม่ทาน	ร้อยละ 7.8
หินฟันม้าราชบุรี	ร้อยละ 30.4
หินเขี้ยวหนุมานจันทบุรี	ร้อยละ 21.8
โคโลไมค์กาญจนบุรี	ร้อยละ 2.0
โซเดียมซิลิเกต	ร้อยละ 0.3

นำไปผสมกับสารให้สีสามชนิดได้แก่ โคบอลท์ออกไซด์ (CoO), เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) และแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) โดยการวางสารให้สีทั้ง 3 ชนิดไว้ตรงมุมทั้ง 3 ของสูตรแผนภาพไตรดุลยภาค (คือรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า) โดยมีส่วนผสมของสารให้สีทั้ง 3 ชนิดได้ 36 จุด หรือ 36 สูตร ส่วนผสมแต่ละสูตรส่วนผสมจะรวมกันมีน้ำหนัก 10 กรัม นำสารให้สีแต่ละสูตรส่วนผสมนำไปผสมกับน้ำดินปอร์สเลนไฟต่ำที่มีปริมาตร 100 ซีซี คือการใช้สารให้สีร้อยละ 10 ในสูตรส่วนผสมของน้ำดินสีของเนื้อปอร์สเลนไฟต่ำโดยให้มีความถ่วงจำเพาะของน้ำดินสีเท่ากับ 1.7 แล้วไปเผาในอุณหภูมิ 1,225 องศาเซลเซียสในบรรยากาศ Oxidation และ Reduction ผลที่ได้จากการทดลองเช่นตัวอย่างของการทดลองจุดที่ 22 [2] โดยมีอัตราส่วนผสมของสารให้สีคือ มี CoO = 2, Fe_2O_3 = 7, และ MnO_2 = 1 เผาในบรรยากาศ Oxidation สีที่ได้คือ Dark Raw Umber แต่เผาในบรรยากาศ Reduction สีที่ได้คือ Dark Burnt Umber

สีที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ทุกจุดของสูตรส่วนผสมจะมีสีเข้มมากจึงมีความเหมาะสมที่จะทำเป็นแม่สีเพื่อใช้ในการตกแต่งแบบการใช้สีเอกรงค์ [3] (Monochrome) โดยมีการแบ่งระดับสีดังนี้ [4]

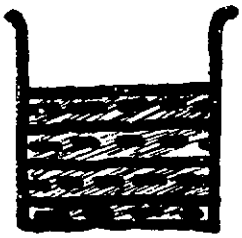
- ระดับสีอ่อนที่สุด (High Light Value)
- ระดับสีอ่อนมาก (Light Value)
- ระดับสีอ่อน (Low Light Value)
- ระดับสีกลาง (Half Tone)
- ระดับสีแก่ (High Dark)
- ระดับสีแก่มาก (Dark)
- ระดับสีแก่ที่สุด (Low Dark)

วิธีการตกแต่งขณะขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อน้ำดินโดยการใช้สูตรส่วนผสมที่ 22 เผาในบรรยากาศ Oxidation สีที่ได้คือ Dark Raw Umber นำไปเป็นแม่สีเพื่อการตกแต่งแบบการใช้สีเอกรงค์ โดยวิธีการนำแม่สีมาทำให้เจือจางลงในแต่ละระดับด้วยการผสมน้ำดิน หรือสลิปสีขาวที่เป็นเนื้อปอร์สเลนไฟต่ำชนิดเดียวกัน มาผสมเพิ่มเข้าไปตามอัตราส่วนจำนวนปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับความต้องการจะใช้สีแก่อ่อนกี่ระดับในการตกแต่ง

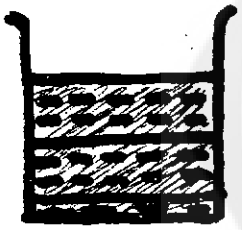
ตัวอย่างการตกแต่งขณะขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อน้ำดินสีแบบเอกรงค์ โดยใช้สี Dark Raw Umber เป็นแม่สีแล้วนำมาผสมกับสลิปขาวให้ได้ระดับสีดังนี้ คือ High Dark Raw Umber, Half Tone Raw Umber, Low Light Value Raw Umber และ Light Valve Raw Umber โดยมีระดับสีที่อ่อนลงมาอีก 4 ระดับ โดยมีปริมาณที่พอเหมาะกับการนำไปใช้หล่อขึ้นรูปจานโชว์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร มีความหนา 1.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการหล่อน้ำดินแบบหล่อตัน มีเทคนิควิธีการตกแต่งลวดลายของสีน้ำดินในขณะขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อน้ำดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมน้ำดินสีที่มีระดับสีต่าง ๆ ใส่ในภาชนะไว้

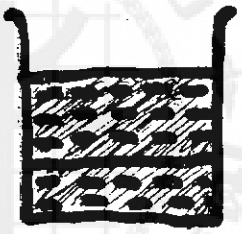
สี Dark Raw Umber



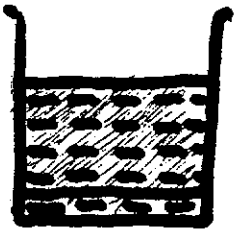
สี High Dark Raw Umber



สี Half Tone Raw Umber

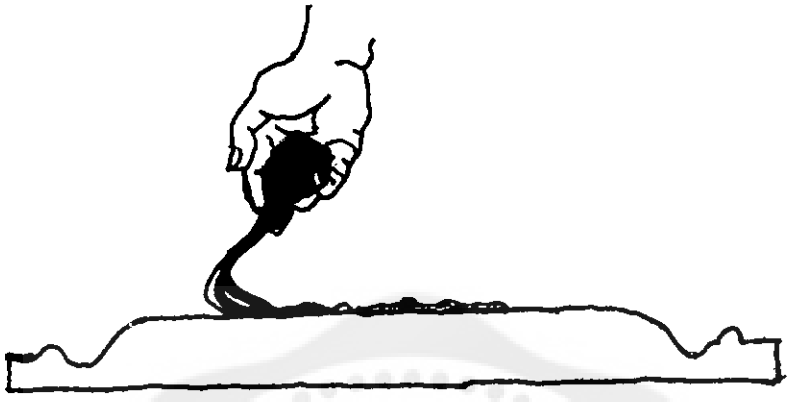


สี Low Light Value Raw Umber

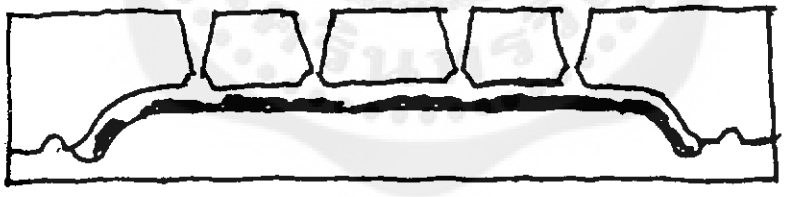


สี Light Value Raw Umber

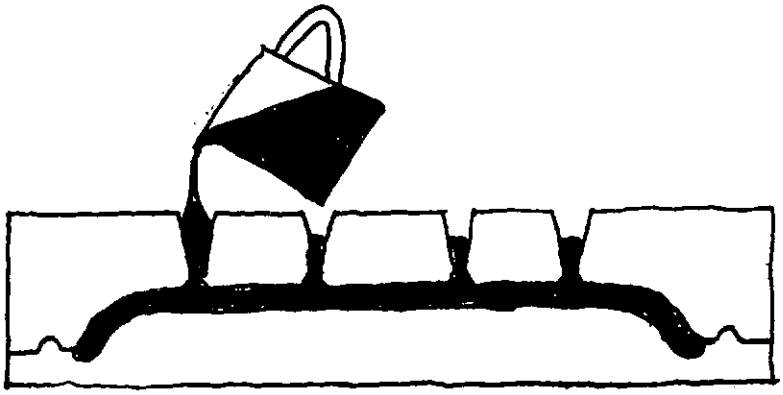
ขั้นตอนที่ 2 นำแบบพิมพ์จานโชว์มาทำความสะอาดให้เรียบร้อยแล้วเตรียมตกแต่งด้วยน้ำดินสีแบบเอกรงค์



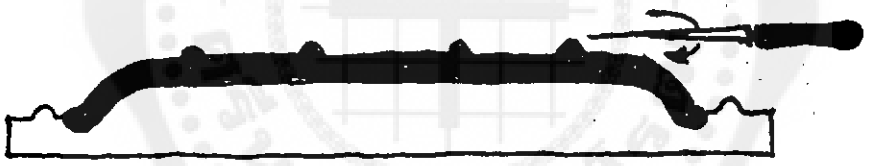
1. ใช้น้ำดินสีราดลงบนพิมพ์จานด้านหน้าให้ได้ตามรูปแบบที่ต้องการใช้น้ำดินที่มีระดับสีแตกต่างกัน



2. เมื่อตกแต่งลวดลายด้วยน้ำดินสีที่มีระดับสีแตกต่างกันเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ทำการประกบพิมพ์จานโชว์ด้านหลังเสร็จแล้วใช้ยางยืดรัดพิมพ์ปูนให้แน่น

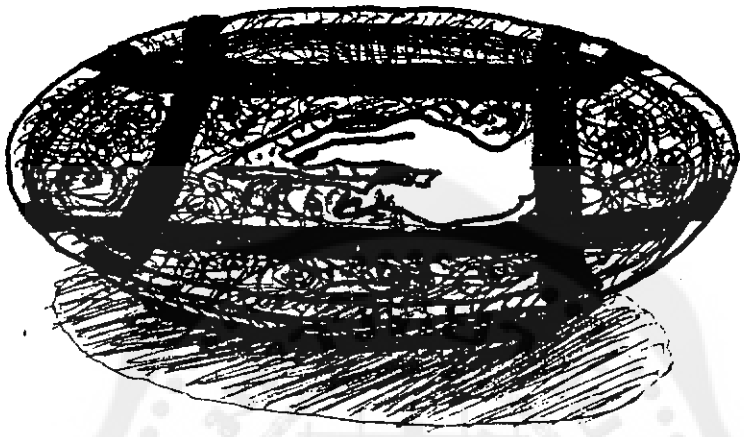


3. เทน้ำดินที่ใช้เป็นสีพื้นของจานโชว์ให้เต็ม ถ้าน้ำดินลดลงก็ต้องเติมไปเรื่อย ๆ จนน้ำดินแห้งแข็ง



4. ถอดพิมพ์จานโชว์ด้านหลังออก แล้วทำการตัดแต่งฐานจานให้เรียบร้อย

5. เมื่อแต่งฐานจานโชว์เรียบร้อยแล้วปล่อยให้ดินแห้งแล้ว ถอดผลิตภัณฑ์ออกจากแบบพิมพ์



6. เมื่อผลิตภัณฑ์แห้งสนิทดีแล้วก็ใช้แผ่นสก๊อตไบท์ที่แห้งขัดตกแต่งตัวผลิตภัณฑ์ให้เรียบร้อยแล้วนำไปเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดโดยไม่มีการเคลือบหรือจะใช้เคลือบใสเคลือบทับก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการเพราะความสวยงามของตัวผลิตภัณฑ์จะมีความแตกต่างกันให้ด้านความรู้สึก

การตกแต่งขณะขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อน้ำดินนี้ไม่จำเป็นต้องใช้สีแบบเอกรงค์ก็ได้ อาจจะใช้คู่สีตรงกันข้ามก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม การตกแต่งลวดลายต่าง ๆ โดยใช้น้ำดินสีราด เท ลงไปที่เป็นส่วนด้านในของแบบพิมพ์หล่อกลวง หรือแบบพิมพ์หล่อตันก็ได้เช่นกัน เมื่อราด เท น้ำดินสีลงในแบบพิมพ์ เมื่อดินแข็งตัวสักเล็กน้อยก็สามารถตัดแต่งดินในแบบพิมพ์ให้ได้รูปแบบตามความต้องการ แล้วแกะลอกดินส่วนที่ไม่ต้องการออกแล้วเทราดน้ำดินสีใหม่เข้าแทนที่ตามความต้องการ และเทคนิควิธีการตกแต่งแบบนี้ก็สามารถใช้กับน้ำเคลือบต่างสีกันราดเทลงภายในเบ้าพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ให้เกิดลวดลายต่าง ๆ ตามความต้องการแล้วประกบพิมพ์เทน้ำดินเข้าในแบบพิมพ์หล่อกลวง แบบพิมพ์หล่อตันก็ได้ เมื่อนำไปเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดลวดลายส่วนที่ตกแต่งด้วยน้ำเคลือบนี้จะหลอมลึกเข้าไปในเนื้อดินหล่อตามความหนาของเคลือบที่ใช้ตกแต่ง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้วิธีการตกแต่งแบบนี้ยังไม่มีใครทำแพร่หลาย โดยอาจจะนำเทคนิควิธีการอันนี้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแบบหัตถศิลป์ก็ได้

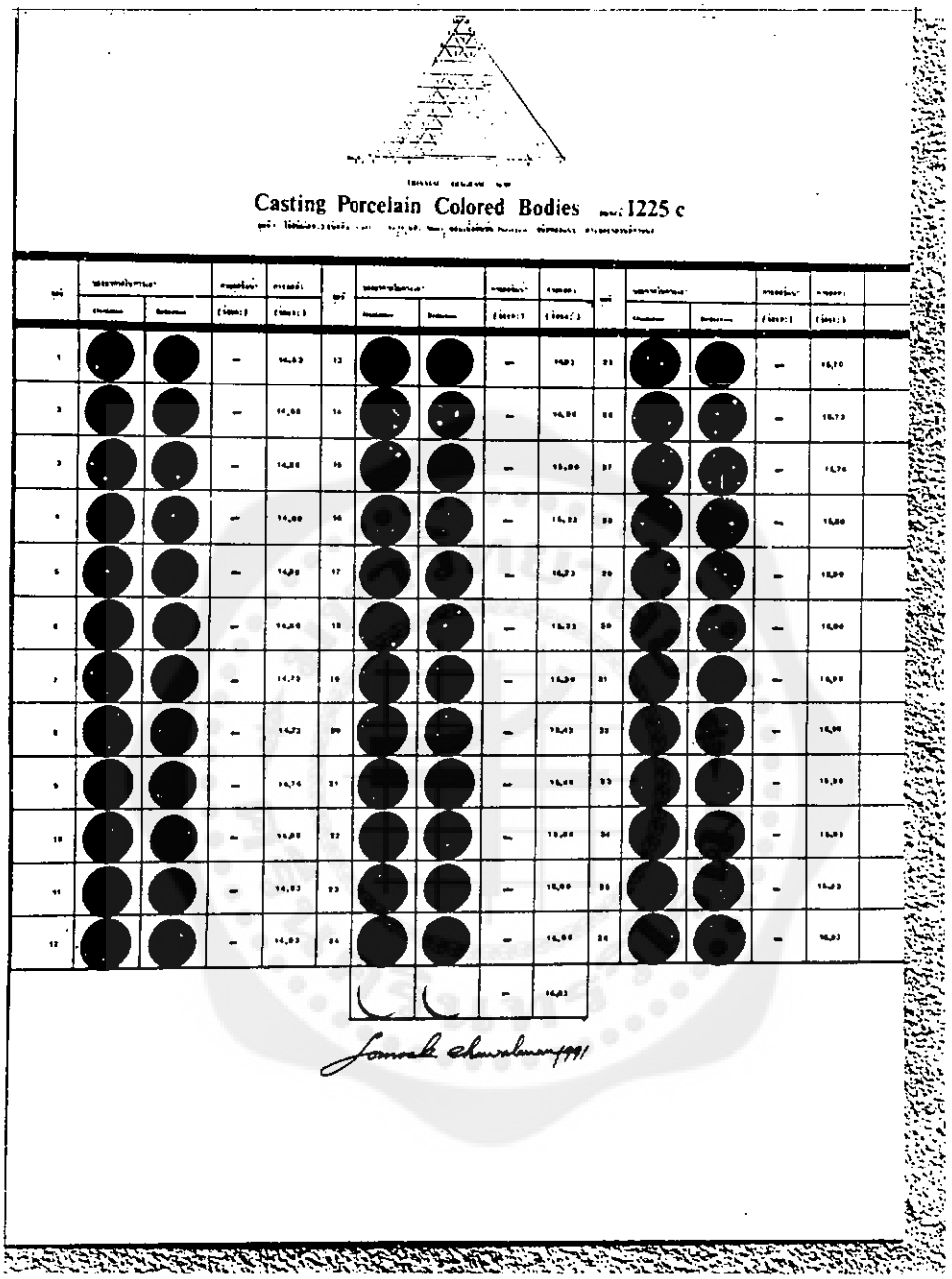
การตกแต่งขณะปั้นขึ้นรูปในขณะที่ดินยังคงนิ่มอยู่

เป็นการตกแต่งในขั้นตอนของการปั้นขึ้นรูปที่ใช้ดินนิ่มโดยมีเทคนิควิธีการที่ทำกันมาแต่ในอดีตโดยมีวิธีการที่สำคัญได้แก่

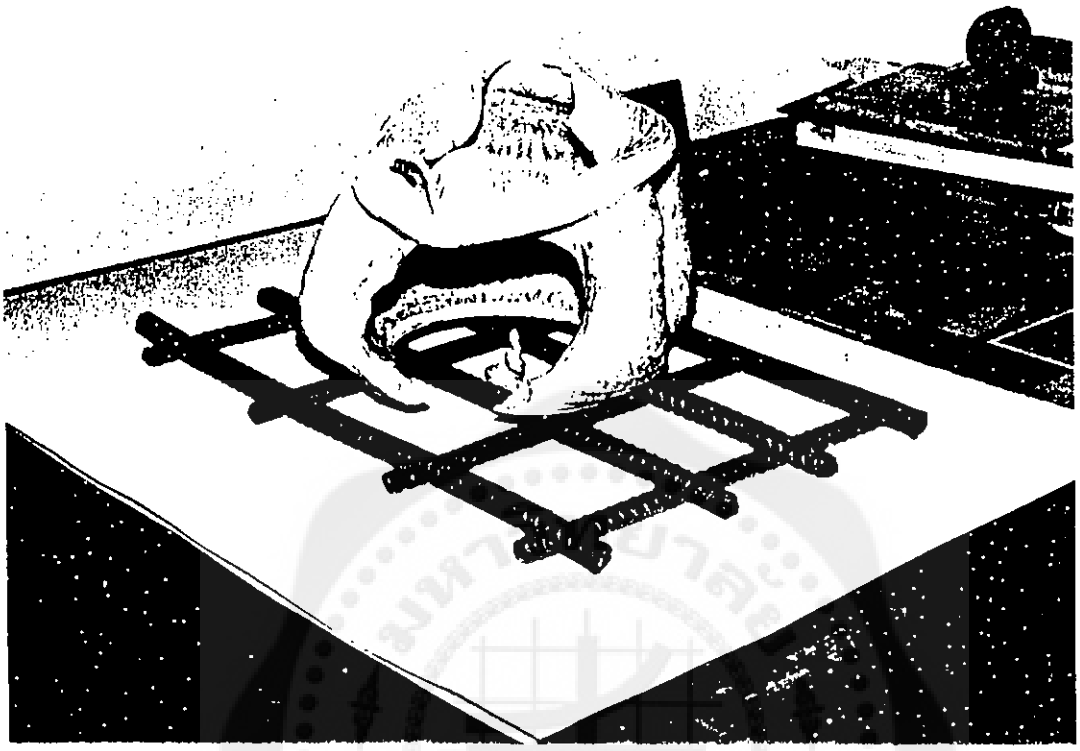
การเปลี่ยนรูปทรง เป็นการตกแต่งด้วยการดันดินออก กดดินเข้า บีบดิน ฉีกดิน ต่อดิน เพื่อเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปทรงให้เป็นลักษณะต่าง ๆ ตามความต้องการภายหลังจากการขึ้นรูปบนแป้นหมุน วิธีการหล่อน้ำดิน หรือการขึ้นรูปด้วยมือ เช่น การเปลี่ยนรูปทรงของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปบนแป้นหมุนแล้วใช้นิ้วมือดันดินส่วนบนให้เป็นทรงรีสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ฯลฯ หรือมีการดันดินให้โปนออกมา กดดินให้ยุบเข้าไปบริเวณส่วนลำตัวของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้รูปทรงใหม่ตามความต้องการ

การตกแต่งด้วยน้ำดินสีขณะขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อน้ำดิน
ผลงานของสมศักดิ์ ชวาลาวัฒย์

การตกแต่งด้วยน้ำดินสีขณะขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อน้ำดิน
ผลงานของสมศักดิ์ ชวาลาวัฒย์



การทดลองสีในเนื้อดินปั้นปอร์สเลนไฟต่ำโดยใช้ออกไซด์ที่เป็นสารให้สี 3 ตัว คือ CoO, Fe_3O_2 และ MnO_2 ตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาค



การตกแต่งโดยวิธีการเปลี่ยนรูปทรงจากผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปบน
แป้นหมุนให้เป็นรูปทรงของมนุษย์ในอริยาบทนั่งถ่ายทุกข์
ผลงานของสมศักดิ์ ชวาลาวัณย์

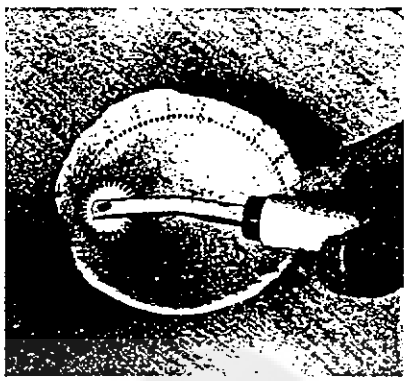
การปั้นตกแต่งเพิ่มเติม เป็นการตกแต่งภายหลังขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โดยมีการปั้นตกแต่งเพิ่มเติมบนผิวผลิตภัณฑ์ เช่น การปั้นดอกไม้ใบไม้ ลวดลายต่าง ๆ หรือมีการปั้นต่างหาก การอัดดินในแบบพิมพ์แล้วนำไปเชื่อมปะติดตามจุดต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบไว้

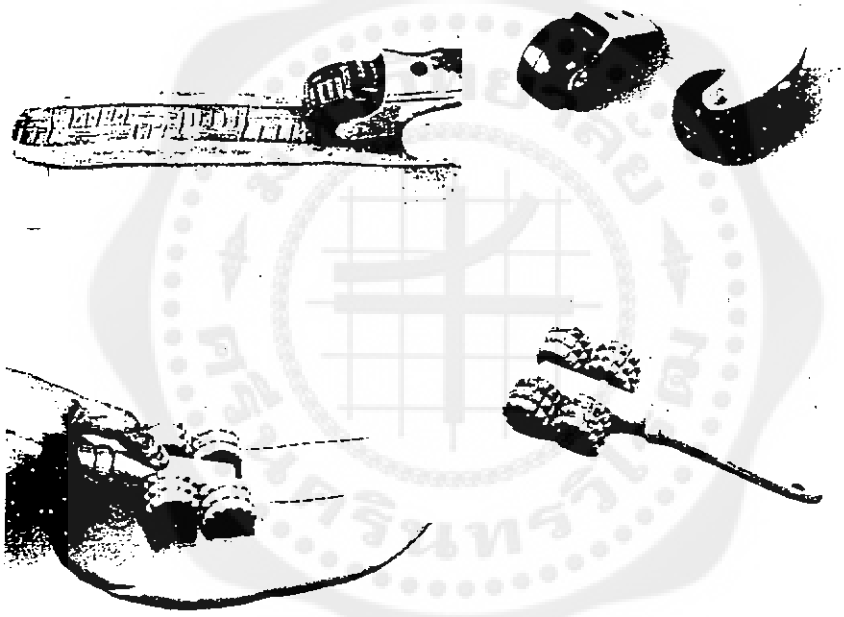
การกดประทับ ทาบ เป็นการตกแต่งที่ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีในธรรมชาติและสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่มีพื้นผิวขรุขระ มีล่องรอยสวยงามโดยนำมากดประทับ ทาบ ลงบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่ยังนิ่มอยู่ เช่น ใช้เปลือกต้นไม้ ผลมะกรูด เปลือกหอย หวี แปลงปลาสติก ตะไบโลหะ ตลอดจนการแกะประดิษฐ์ลวดลายลงบนไม้บนดินเผา บนปูนปลาสเตอร์

วิธีการตกแต่งแบบนี้ทำกันมาแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

การใช้ลูกกลิ้ง เป็นการตกแต่งที่คล้ายคลึงกับการกดประทับ แตกต่างกันที่การใช้ลูกกลิ้งจะมีลวดลายที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งลูกกลิ้งสามารถประดิษฐ์ได้จากการกลึงไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1นิ้ว ถึง 3 นิ้ว ความหนา 0.5 นิ้ว ถึง 2.5 นิ้วโดยประมาณ เพราะขนาดของลูกกลิ้งต้องคำนึงถึงความพอเหมาะในการนำไปใช้แล้วก็แกะลวดลายของลูกกลิ้งตามความต้องการ หลังจากนั้นก็ทำการเจาะรูตรงจุดศูนย์กลางให้ได้ขนาดที่หลวมกว่าแกนเหล็กที่ยึดกับโครงที่ใช้จับ ซึ่งลูกกลิ้งนี้สามารถทำได้จากดินเผาเช่นกัน โดยนิยมกลิ้งลงบนดินนิ่มเพื่อให้เกิดลวดลาย หรือนำไปกลิ้งตกแต่งบนส่วนบ่าของภาชนะที่มีสัณฐานกลม

การทำพื้นผิวดินให้เป็นลวดลาย คือการนำดินมาทาบบนแบบที่เป็นวัสดุมีลวดลาย พื้นผิวที่สวยงามเช่น เสื่อ กระสอบ กระดาษลูกฟูก ผิวเปลือกไม้ ใบไม้ ฯลฯ แล้วใช้ลูกกลิ้งคลึงดินให้เป็นแผ่นจนได้ความหนาบางตามความต้องการ แล้วปล่อยให้ดินมีความแข็งตัวเล็กน้อยจึงนำดินนี้มาตัดเป็นชิ้นต่อประกอบขึ้นให้เป็นรูปทรงของผลิตภัณฑ์ตามแบบที่ต้องการหรือมีการนำดินที่มีลวดลายเหล่านี้ไปตัดให้ได้ขนาดตามรูปแบบที่ต้องการแล้วนำไปปะติดบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปแล้วก็ได้





ลูกกลิ้งแบบต่าง ๆ

การอัดดินในแบบพิมพ์ เป็นการทำพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เป็นลักษณะพิมพ์อัดจากต้นแบบที่นำมาจากวัสดุจริงในธรรมชาติ หรือสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น เช่น ปลาทู ใบไม้ เชือก เหล็กเส้น ฯลฯ ตลอดจนการปั้นเป็นลวดลายนูนต่ำ นำมาเป็นต้นแบบก็ได้เช่นกัน แล้วนำดินที่เป็นเนื้อเดียวกันกับที่ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เสร็จแล้วไปอัดในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์นั้น โดยแต่งด้านหลังดินที่นำไปอัดในแบบให้เรียบแล้วแกะดินจากแบบพิมพ์ออกมาไปเชื่อมปะติดลงบนพื้นผิวตัวผลิตภัณฑ์ วิธีการตกแต่งแบบนี้เป็นเทคนิคการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ของบริษัท Wedge Wood ของอังกฤษที่มีชื่อเสียง โดยเป็นการตกแต่งด้วยลวดลายนูนต่ำสีขาวบนพื้นสีฟ้า

การขีดข่วน เซาะลวดลาย เป็นการตกแต่งโดยใช้วัสดุที่เป็นของมีคมนำไปขูดขีดเซาะลวดลายลงบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ให้มีลวดลายตามความต้องการในขณะที่ดินยังนิ่มอยู่ก็สามารถกระทำได้เช่นกันถึงแม้จะควบคุมรูปทรงของผลิตภัณฑ์ไม่ให้ยุบหรือเสียรูปทรงยากก็ตามที แต่ต้องกระทำการตกแต่งด้วยวิธีการนี้อย่างระมัดระวัง และวิธีการนี้ใช้ได้ในขณะดินหมาดดูจะมีความเหมาะสมมากกว่า

การตีดิน เป็นการตกแต่งพื้นผิวผลิตภัณฑ์ ให้มีลวดลายด้วยการทุบตีด้วยเครื่องมือที่ทำจากไม้เนื้อหนา มีหน้ากว้างพอประมาณแล้วแกะเซาะให้เป็นลวดลายตามความต้องการแล้วทำด้ามที่ใช้สำมือจับสำหรับการใช้ทุบตีด้วย

โดยไม้นี้จะใช้ตีภายนอกส่วนภายในจะใช้หินดุสำหรับรองกระทุ้งด้านในเพื่อไม่ให้ผิวผลิตภัณฑ์เกิดการยุบตัวลงขณะทำการตีดินให้เกิดลวดลาย[5]

การใช้น้ำดินสี เป็นการตกแต่งด้วยวิธีการใช้น้ำดินสีนำมาทา เทราด ระบาย หยอด ลงบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ โดยน้ำดินสีนี้สามารถเตรียมได้จากการนำน้ำดินมาผสมกับสารให้สีที่เป็นสีสำเร็จรูป หรือที่อยู่ในรูปของ Oxide ต่าง ๆ เช่น ใช้ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ร้อยละ 6-15 ให้สีน้ำตาล-น้ำตาลออกดำ, โคบอลท์ออกไซด์ (CoO) ร้อยละ 1-8

ให้สีน้ำเงิน-สีน้ำเงินเข้มออกดำ การตกแต่งด้วยวิธีการใช้น้ำดินสีนี้ควรจะให้สีของน้ำดินแตกต่างจากสีของเนื้อผลิตภัณฑ์ แต่ส่วนมากที่เป็นที่นิยมทำกันบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาว, น้ำตาล

การผสมน้ำดินสีจะต้องไม่ข้นจนเกินไปและจะต้องมีความเหนียวพอสมควรกับการยึดเกาะกับพื้นผิวผลิตภัณฑ์

การใช้วัสดุชุบน้ำดิน เป็นการตกแต่งด้วยการใช้วัสดุที่มาจากอินทรีย์สาร โดยมีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ ไม่เกิดปฏิกริยาภายหลังการเผาไหม้นำมาชุบน้ำดินสีขาว หรือที่มีสีอื่นก็ได้ เช่น ใช้เชือกฝ้าย หรือผ้าขนหนู นำไปตกแต่งบนตัวผลิตภัณฑ์ในขณะที่ทำการขึ้นรูปเสร็จใหม่ ๆ เมื่อผลิตภัณฑ์แห้งแล้วนำไปเผาวัสดุที่ใช้ชุบน้ำดินจะถูกเผาไหม้เหลือแต่ดินที่เคลือบไว้เป็นร่องรอยลวดลายของเชือกหรือผ้าขนหนู เป็นต้น

การใช้แป้นหมุน เป็นการตกแต่งในการที่ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์บนแป้นหมุนโดยการใช้มือหรือเครื่องมือตกแต่งต่าง ๆ ทำให้พื้นผิวผลิตภัณฑ์เกิดริ้วรอยตามแรงเหวี่ยงของแป้นหมุน เช่น การตกแต่งส่วนบริเวณขอบปากกระถางต้นไม้ให้เกิดรอยหยักอย่างต่อเนื่องได้แก่ กระถางที่ใช้ปลูกต้นไม้ที่พบเห็นอยู่ทั่วไป เป็นต้น

การต่อเติม เสริมแต่งส่วนต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

เป็นการตกแต่งผลิตภัณฑ์วิธีหนึ่งที่สามารถสร้างความสนใจให้แก่ผู้พบเห็นโดยที่ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ออกแบบไว้เพื่อประโยชน์ใช้สอยจะมีคุณลักษณะเฉพาะอย่าง เช่น กาน้ำชาจะมีพวยกาอยู่อันเดียว แต่ถูกต่อเติมให้มีพวยกาเป็น 2 อัน เป็นต้น

การตกแต่งขณะดินหมาด เป็นการตกแต่งผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการขึ้นรูปแล้วปล่อยทิ้งให้ดินหมาด คือดินที่มีความแข็งพอที่จะคงรูปทรงโดยไม่เสียรูปทรงขณะที่ทำการตกแต่งบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งการตกแต่งในขณะที่ดินหมาดนี้ทำการตกแต่งได้หลายวิธีคือ

การขีดข่วนเซาะลวดลาย เป็นการตกแต่งลวดลายลงบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องมือปั้นคือลวดขูดหรือใช้วัสดุของมีคมต่าง ๆ เช่น เศษใบเลื่อยหักนำมาขูดขีดให้เป็นร่องลึกตามรูปแบบของลวดลายที่ต้องการเมื่อนำไปชุบเคลือบและเผาน้ำเคลือบจะขังอยู่ตามร่องรอยที่ถูกขูดขีด หรือแกะจะทำให้เห็นลวดลายที่เด่นชัดขึ้น

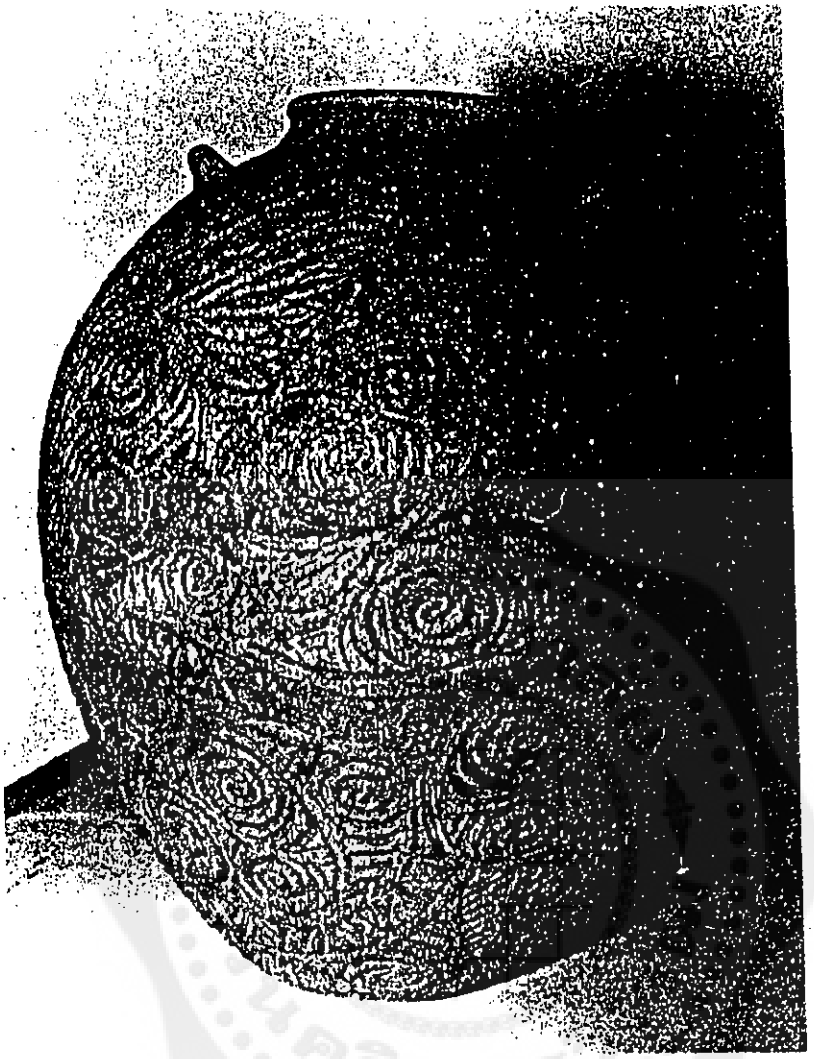
วิธีการตกแต่งด้วยวิธีการอันนี้ทำกันมาตั้งแต่ในอดีตสมัยสุโขทัย ที่ทำการตกแต่งภายในบริเวณถ้วยชามสังคโลกที่มีลวดลายเกี่ยวกับพันธุ์พฤกษา ในปัจจุบันทางภาคเหนือก็ยังนิยมใช้วิธีการตกแต่งแบบนี้ เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผาแบบเซลาดอน (Celadon)

การขัดผิว เป็นการตกแต่งผลิตภัณฑ์โดยการนำวัสดุบางชนิดที่มีความแข็งและผิวเรียบ เช่น ก้อนหิน, กรวด หรือกระดูกสัตว์ มาขัดถูผิวผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อดินอยู่ในสภาพดินหมาดมากพอสมควร ซึ่งเมื่อทำการขัดแล้วผิวผลิตภัณฑ์จะเกิดความมันเรียบ

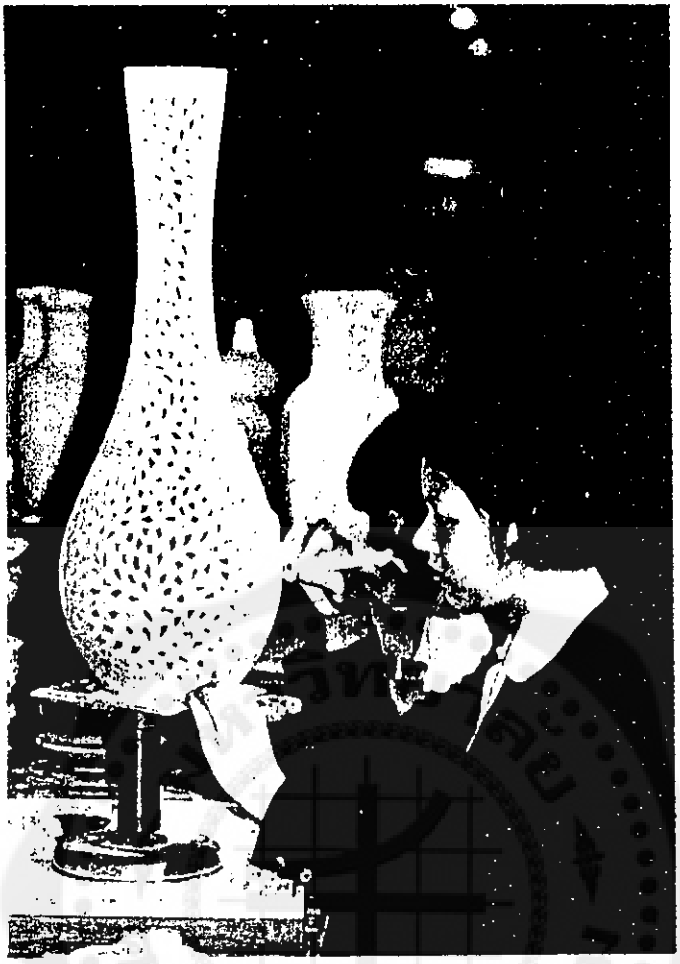
ดังเช่นการทำหม้อน้ำต้น ที่อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ทาผิวด้วยน้ำดินข้นสีน้ำตาลแดง และขัดผิวมัน ทั้งนี้เพื่อทำให้ผิวผลิตภัณฑ์เรียบน้ำจะได้ซึมออกช้า ทั้งยังเป็นการตกแต่งเพื่อให้เกิดความสวยงามด้วย[6]

การเจาะฉลุ เป็นการตกแต่งผลิตภัณฑ์วิธีการหนึ่ง ที่ใช้วัสดุที่เป็นเครื่องมือจะต้องเป็นของที่มีคมและเรียวบาง มีความแข็ง นำไปเจาะฉลุหรือตัดเนื้อผลิตภัณฑ์ให้ทะลุเป็นช่องลวดลายแบบโปร่ง โดยเนื้อผลิตภัณฑ์จะต้องมีความหนาบางใกล้เคียงกัน ส่วนมากจะนิยมนำผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อน้ำดินไปตกแต่งด้วยวิธีการนี้ เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทโคมไฟ ตะเกียงหรือของตกแต่งบางประเภท

การขุดร่องลึกฝังดินสี เป็นวิธีการตกแต่งที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่า Inlay หรือ Mishima ซึ่งเป็นชื่อของญี่ปุ่น โดยได้รับอิทธิพลมาจากเทคนิคการตกแต่งของเกาหลี[7] เป็นวิธีการตกแต่งที่คล้ายคลึงกับการขีดข่วนเซาะลวดลาย แต่วิธีการนี้จะทำขุดแกะบน



การตกแต่งด้วยการขีดข่วนเซาะลวดลาย
ผลงานของสมศักดิ์ ชวาลาวัฒย์



การตกแต่งด้วยการเจาะฉลุเพื่อที่จะนำผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้ทำเป็นโคมไฟ

พื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่มีร่องลึกมากกว่าเพื่อที่จะทำการอัดฝังดินสีลงไป เมื่ออัดฝังดินสีลงบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องปล่อยผลิตภัณฑ์นี้ให้แห้งสนิท แล้วทำการขัดแต่งพื้นผิวผลิตภัณฑ์ส่วนเกินจากการอัดฝังดินสีให้เรียบเท่ากับตัวพื้นผิวผลิตภัณฑ์เดิม โดยวิธีการใช้สก๊อตไบร์ที่แห้งนำไปขัดแต่งให้เรียบร้อย

ซึ่งการตกแต่งด้วยวิธีการนี้จะต้องอัดฝังดินสีต่างจากสีของพื้นผิวผลิตภัณฑ์ จึงจะได้ลวดลายที่เป็นดินสีฝังอยู่บนพื้นผิวผลิตภัณฑ์

การขูดน้ำดินสี เป็นการตกแต่งโดยใช้น้ำดินสีที่มีสีต่างจากสีของเนื้อผลิตภัณฑ์มาทาทับบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง หลังจากนั้นนำมาขูดขีดให้เป็นลวดลายที่ลึกลงไปจนถึงเนื้อผลิตภัณฑ์จะทำให้เห็นลวดลายเป็นสีของเนื้อดินโดยมีพื้นเป็นสีของน้ำดินที่ทาทับดังเช่น ผลิตภัณฑ์โอ่งมังกรของจังหวัดราชบุรี ที่ใช้น้ำดินสีขาวทาและป้ายเป็นรูปมังกรบนพื้นผิวโอ่งที่ออกสีน้ำตาล แล้วขูดขีดเป็นร่องลึกเน้นลวดลายบนตัวมังกร เป็นต้น

การทา เขียน ราดด้วยน้ำดินสี เป็นวิธีการตกแต่งที่ใช้น้ำดินสีต่าง ๆ มาทา เขียน หรือราดลงบนผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดเป็นลวดลายต่าง ๆ ตามความต้องการโดยน้ำดินสีจะต้องมีสีที่แตกต่างจากสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งน้ำดินสีจะต้องไม่ข้นจนเกินไปเพราะเวลาใช้น้ำดินสีทาทับกันหลายครั้งจะทำให้เนื้อดินสีส่วนนี้จะหนามาก ทำให้ร่อนหลุดได้ง่ายน้ำดินสีน้ำตาลอาจจะใช้ดินลูกรังนำมาบดย่อยผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่พอเหมาะแล้วนำไปผ่านตะแกรง ก็สามารถนำไปใช้ได้เช่นกัน การตกแต่งแบบนี้เป็นวิธีการที่ทำกันมาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์เช่น เครื่องปั้นดินเผาบ้านเชียง

การตกแต่งในขณะดินแห้ง

การตกแต่งผลิตภัณฑ์ในขณะที่ดินแห้งสามารถตกแต่งได้หลายวิธีการโดยตกแต่งได้เช่นเดียวกันกับในขณะดินหมาด เช่น การทา เขียน ราดด้วยน้ำดินสีการขูดดิน

สี และการเจาะฉลุ แต่ทั้งนี้ต้องทำการตกแต่งด้วยความระมัดระวังมาก เพราะเนื้อดินเมื่อแห้งจะมีความแข็ง แต่เปราะ ถ้าถูกน้ำมากสามารถยุ่ยได้ วิธีการตกแต่งขณะดินแห้งที่เพิ่มขึ้นจากวิธีการอื่น ได้แก่

การใช้ขี้ผึ้งกันน้ำเคลือบ เป็นวิธีการตกแต่งที่ใช้ขี้ผึ้ง พาราฟินมาละลายด้วยความร้อนแล้วนำมาตกแต่งบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ด้วยการเขียนลายด้วยพู่กัน การใช้ภาชนะตักเทราดหรือสลัดเป็นลวดลายที่ต้องการ ซึ่งขี้ผึ้ง หรือพราฟินนี้จะยึดเกาะบนผิวผลิตภัณฑ์เมื่อนำไปชุบ ทา หรือพ่น ด้วยน้ำดินสีหรือน้ำเคลือบ ส่วนที่เป็นขี้ผึ้งก็จะไม่ดูดซึมน้ำดินสีหรือน้ำเคลือบ เมื่อนำไปเผาเคลือบส่วนที่เขียน เทราด หรือสลัดด้วยขี้ผึ้งส่วนนี้จะไม่มีน้ำเคลือบติดเห็นแต่สีของเนื้อผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ยังสามารถเขียนลวดลายด้วยน้ำดินสี สีใต้เคลือบ น้ำเคลือบก่อนนำไปทาขี้ผึ้งทับ หรือเมื่อชุบน้ำเคลือบแล้วก็สามารถทาขี้ผึ้งได้เช่นกัน แต่ทั้งนี้ต้องใช้กาวยางน้ำเขียนทับแทนเพื่อป้องกันน้ำเคลือบร่อนหลุด[8]

การเขียนสีใต้เคลือบ เป็นวิธีการตกแต่งลวดลายโดยการใช้สีสำเร็จรูป (Stain) หรือสารให้สีที่อยู่ในรูปของอ๊อกไซด์ เช่น CoO, Fe_2O_3, CuO นำมาเขียนหรือทาลงบนผลิตภัณฑ์ให้เกิดเป็นลวดลายตามความต้องการ การเขียนสีใต้เคลือบนี้สามารถทำได้ในช่วงดินแห้งและภายหลังจากการเผาดิบแล้ว แต่การเขียนสีใต้เคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ตอนที่เป็นดินแห้งดูจะเหมาะสมมากกว่า เพราะในขณะที่เขียนสีลงบนเนื้อดินแห้งมันจะทำการดูดน้ำและสีไว้อย่างติดแน่น เวลานำไปชุบเคลือบหรือพ่นเคลือบใส สีใต้เคลือบที่เขียนไว้จะไม่หลุดร่อน ข้อควรระวังในการใช้สีใต้เคลือบคือ ไม่ควรเขียนโดยใช้สีหนามากจนเกินไป เพราะมักจะเกิดสีกะเทาะร่อนออกจากพื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่เขียนไว้

และการใช้สารให้สีที่อยู่ในรูปออกไซด์ของอโลหะต่าง ๆ อาจมีการเปลี่ยนแปลงของสีการไหลตัวของสารให้สีหรือออกไซด์บางตัวทำปฏิกริยากับเคลือบใส เพราะ

การตกแต่งโดยการเขียนสีใต้เคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ภาชนะสามขา

บรรยากาศการเผาอุณหภูมิที่ใช้สารบางชนิดในส่วนผสมของเคลือบทำปฏิกริยากับออกไซด์ของโลหะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีที่เขียนไป

ดังนั้นโรงอุตสาหกรรม ที่ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทใช้การตกแต่งแบบการใช้สีใต้เคลือบจะใช้สีสำเร็จรูป (Stain) แทนสารให้สีที่อยู่ในรูปของออกไซด์ของโลหะเพราะคุณภาพสีจะคงที่ และสามารถควบคุมคุณภาพของสีที่เขียนได้ง่ายกว่า

การชุบเคลือบ ถือว่าเป็นวิธีการตกแต่งแบบหนึ่งที่ต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพราะการชุบเคลือบในขณะดินแห้งจะเกิดการเสียหายได้ง่าย วิธีการชุบเคลือบจะต้องทำการชุบอย่างรวดเร็วโดยไม่มีน้ำเคลือบขังค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันเนื้อดินดูดซับน้ำไว้มากจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกยุ่ยได้

การชุบเคลือบในช่วงดินแห้งนี้เป็นที่นิยมทำกันในระบบอุตสาหกรรมเพราะถือว่าเป็นการลดต้นทุนการผลิต เพราะไม่ต้องผ่านการเผาดิบ ส่วนถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่เช่น เครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ จะใช้วิธีการพ่น เคลือบแทนชุบเคลือบ

การตกแต่งภายหลังการเผาดิบ การตกแต่งผลิตภัณฑ์หลังจากการเผาดิบแล้วนั้น การตกแต่งในสภาวะนี้มีข้อจำกัดอยู่แต่ในส่วนของการตกแต่งด้วยสีน้ำเคลือบ เป็นส่วนใหญ่ เช่น การชุบเคลือบสีขาวแล้วเขียนลายด้วยสารให้สีที่อยู่ในรูปของออกไซด์ของโลหะต่างๆเช่น CoO, Fe_2O_3, CuO โดยนำออกไซด์เหล่านี้ผสมกับน้ำและกลีเซอรีน หรืออาจจะใช้น้ำเคลือบต่างสีเขียนลายทับก็ได้เช่นกัน

วิธีการใช้เคลือบตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้วนั้นมีเทคนิคการใช้น้ำเคลือบตกแต่งพอสังเขปดังนี้

- การใช้เม็ดทรายผสมในเคลือบ
- การราด สลัด เคลือบสีอื่นทับบนสีพื้น
- การพ่นละอองเคลือบสีขาวทับบนสีเข้ม

- การชุบเคลือบทับกันสองสีทำให้เกิดสีที่สาม
- การใช้เคลือบเฉพาะเช่น เคลือบผลึก, เคลือบด้าน, เคลือบมัน, เคลือบราน, เคลือบเกลือ, เคลือบขี้เถ้าไหล
- การชุบเคลือบเสร็จแล้วใช้ฟองน้ำจุ่มน้ำให้หมาดแล้วเช็ดเคลือบออกบางส่วน
- การชุบเคลือบสีพื้นเสร็จแล้วใช้ฟองน้ำที่แกะเป็นลวดลายร่องลึกนำไปจุ่มน้ำเคลือบต่างสีแล้วนำไปกดประทับบนเคลือบสีพื้น
- การชุบเคลือบเสร็จแล้ว ขูดเป็นลวดลายให้เห็นเนื้อผลิตภัณฑ์ ฯลฯ

การตกแต่งผลิตภัณฑ์ภายหลังการเผาดิบแล้วสามารถเลือกวิธีการตกแต่งบางวิธีการจากดินหมาดและดินแห้ง เช่นการเขียน ทา ราด สลัดด้วยน้ำดินสี แต่ทั้งนี้น้ำดินสีจะต้องไม่ข้นมากจนเกินไปและต้องมีการหดตัวที่ต่ำสามารถหดตัวได้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้ว นอกจากนี้ยังมีวิธีการการเขียนสีใต้เคลือบ, การใช้ขี้ผึ้ง, การติดรูปลอกใต้เคลือบตลอดจนการใส่เศษแก้วลงในผลิตภัณฑ์ที่มีแอ่งหรือหลุมรองรับการหลอมของเนื้อแก้ว เป็นต้น

การตกแต่งภายหลังจากการเผาเคลือบ การตกแต่งผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการเผาเคลือบแล้วส่วนใหญ่จะเป็นการตกแต่งด้วยการใช้สีบนเคลือบด้วยเทคนิควิธีการต่าง ๆ หลังจากการตกแต่งเสร็จแล้วจะต้องนำไปเผาสีบนเคลือบอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้สีบนเคลือบเกิดการหลอมละลายติดกับพื้นผิวของเนื้อเคลือบโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 700 - 900 องศาเซลเซียส

การตกแต่งผลิตภัณฑ์โดยการใช้สีบนเคลือบส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์เกี่ยวกับสิ่งของเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น ชุดอาหาร ชุดกาแฟ หรือผลิตภัณฑ์ตกแต่งสถาปัตยกรรม เช่นกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องประดับผนัง ที่ต้องการความสวยงามทางด้านสีสันและลวดลายที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

การตกแต่งภายหลังจากการเผาเคลือบมีหลายวิธีแต่ที่สำคัญมีดังนี้

การเขียนสีบนเคลือบ มีทำกันมานานตั้งแต่ในอดีตสมัยกรุงศรีอยุธยาตอนปลาย จนถึงในยุคปัจจุบัน โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบใสหรือเคลือบขาวมาแล้ว ได้แก่ ภาชนะ ถ้วย โถ ชาม ตลับ กาน้ำ นำมาตกแต่งเขียนลวดลาย ด้วยสีสำเร็จรูปบนเคลือบที่ต้องการเน้นความงามของลวดลาย สีสัน ที่สดใส โดยเป็นวิธีการตกแต่งที่นิยมทำกันในลักษณะของงาน หัตถศิลป์

สีบนเคลือบมีผลิตจำหน่ายหลายรูปแบบ เช่น ผลิตในรูปของสีหลอด สีเป็นแท่ง ดินสอ และสีที่เป็นผง สามารถเลือกนำมาใช้ได้ตามความเหมาะสม แต่ส่วนมากจะนิยมใช้สีผงมากกว่าเพราะราคาถูก ส่วนการใช้สีบนเคลือบสำเร็จรูปชนิดผงจะต้องนำมาผสมกับน้ำมันสน หรือกลีเซอรีน เพื่อให้เกิดการละลายและลื่นสะดวกต่อการเขียน โดยมีการเติมกาวยางกระถิน กาวยางมะขวิดเล็กน้อย เพื่อให้เมื่อสีที่เขียนแห้งแล้วจะเกาะติดแน่นบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ เวลาจับต้องสีจะไม่หลุดง่าย

แล้วนำมาใส่ในโกร่งบดผสมให้เข้ากันจะได้เนื้อสีที่มีความละเอียดขึ้นและสามารถปรับปรุงให้สีมีความเหมาะสมในการเขียนมากขึ้นแล้วจึงนำมาใช้เขียนลวดลายลงบนภาชนะที่ร่างลวดลายไว้ด้วยปากกาสีเมจิก การลงสีมักจะนิยมทำการตัดเส้นด้วยสีทองหรือสีเงินบนเคลือบก่อนเสร็จแล้วจึงลงสีอื่น ๆ ตามมาภายหลังจนเสร็จ แล้วจึงนำเข้าเตาเผาใช้อุณหภูมิเผาสีบนเคลือบประมาณ 700-900 องศาเซลเซียส

การติดรูปลอก เป็นวิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่เหมาะกับการตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่มีเป็นจำนวนมากที่ต้องการรูปแบบลวดลายหรือสีสันที่เหมือนกัน และสามารถทำการตกแต่งได้อย่างรวดเร็ว วิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยการติดรูปลอกจึงเหมาะกับการตกแต่งผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเช่น ผลิตภัณฑ์ชุดอาหาร ชุดกาแฟ เครื่องครัว และกระเบื้องบุผนัง เป็นต้น

การทำรูปลอกสำหรับการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้นเบื้องต้นจะต้องมี การออกแบบลวดลาย และสีสันที่ต้องการเสร็จแล้วนำไปถ่ายลงในบล็อก Silk Screen ถ้าเป็นสีเดียวก็ทำบล็อกซิลค์สกรีนเพียงครั้งเดียว แต่ถ้ารูปแบบเป็นหลายสีก็ต้องทำการแยกสีทำบล็อกซิลค์สกรีนเพิ่มตามจำนวนสีเมื่อถ่ายบล็อกซิลค์สกรีนเสร็จแล้วก็ใช้สีสำเร็จรูปบนเคลือบผสมกับ Medium, Vehicles[9] หมายถึงพาหะ, ตัวช่วยละลาย, สื่อผสมหรือน้ำมันผสมสี ตามอัตราส่วนที่กำหนดแล้วนำไปบดในหม้อบดเพื่อให้เม็ดสีบนเคลือบมีความละเอียดมากขึ้น และเพื่อให้สีจับตัวรวมกันกับ Vehicles เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำสีบนเคลือบที่เตรียมเสร็จแล้วนี้ไปใช้ปาดผ่านบล็อกซิลค์สกรีน ลงบนกระดาษรูปลอกน้ำที่มีสารละลายกาว Gelatin หรือ Adhesive ฉาบไว้บนด้านหน้ากระดาษ ถ้าพิมพ์หลายสีต้องพิมพ์สีให้ครบทุกสีเสียก่อน หลังจากนั้นผึ่งสีพิมพ์ให้แห้งแล้วนำมาพิมพ์เคลือบผิวหน้าด้วย Covered Coat (Clear Coat) เป็นตัวฉาบทับลงบนสีที่พิมพ์อีกทีหนึ่งเพื่อเป็นตัวช่วยให้สีหลุดออกจากกระดาษรูปลอกน้ำโดยไม่ฉีกขาดและเสียรูปร่าง การพิมพ์ Covered Coat นั้นจะต้องพิมพ์ให้คลุมพื้นที่ของสีทั้งหมด เพื่อให้สีทุกส่วนหลุดออกมาจากกระดาษได้โดยไม่เสียหายเสร็จแล้วผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นนำกระดาษรูปลอกน้ำนำไปแช่ในน้ำสะอาดโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 20-30 วินาที รูปลอกที่เป็นส่วนของ Covered Coat กับสีที่พิมพ์จะค่อย ๆ หลุดร่อนออกจากกระดาษแล้วจึงนำมาทาบลงบนผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วโดยใช้มือค่อย ๆ เลื่อนแถบ Covered Coat ลงบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์โดยมีการกดติดกับพื้นผิวผลิตภัณฑ์แล้วทำการเลื่อนชิ้นกระดาษออกไป หลังจากนั้นทำการจัดตกแต่งรูปลอกไม่ให้บิดเบี้ยว และที่สำคัญรูปลอกจะต้องติดแนบสนิทบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์โดยไม่มีน้ำหรือฟองอากาศขังอยู่ในรูปลอกนั้น หลังจากนั้นก็นำผลิตภัณฑ์ที่ทำการติดรูปลอกเสร็จแล้วผึ่งให้แห้งสนิทก่อน จึงนำผลิตภัณฑ์ที่ทำการติดรูปลอกนี้ไปเผาอบสีที่อุณหภูมิประมาณ 700-900 องศาเซลเซียส เพื่อให้เนื้อสีเกิดการหลอมละลายติดกับพื้นผิวเคลือบผลิตภัณฑ์อย่างคงทนถาวร

การพิมพ์สกรีน เป็นการตกแต่งด้วยการใช้สีบนเคลือบผสมกับ Medium เช่นเดียวกับการผสมสีที่ใช้ทำรูปลอกแล้วนำสีที่เตรียมได้ไปปาดให้ผ่านบล็อกสกรีนตามรูปแบบลวดลายที่ได้ออกแบบไว้โดยให้เนื้อสีที่ผสมกับ Medium ผ่านออกไปเกาะติดกับ

พื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วและมีผิวเรียบซึ่งเป็นการพิมพ์ลงบนผิวผลิตภัณฑ์โดยตรง ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการตกแต่งพิมพ์สกรีนกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประเภทกระเบื้องบุผนัง นอกจากนี้ยังนำไปใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบเป็นภาชนะผิวโค้ง เช่น ชุดอาหาร ชุดกาแฟ เป็นต้น

การนำวิธีการตกแต่งด้วยการพิมพ์สกรีนด้วยมือลงบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วจะต้องมีความระมัดระวัง เรื่องความสะอาดของพื้นผิวผลิตภัณฑ์ ที่จะนำมาพิมพ์สกรีนเพราะ ถ้าเกิดคราบมันหรือมีฝุ่นละอองที่เกิดจากการจับต้อง เมื่อพิมพ์สีลงไปแล้วเมื่อนำไปผ่านการเผาอบสีที่พิมพ์บริเวณส่วนนี้จะหลุดร่อนได้

การพิมพ์สกรีนนี้เป็นวิธีการตกแต่งที่นิยมทำกันในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทกระเบื้องบุผนังเพราะเป็นวิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ได้อย่างจำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว และสามารถควบคุมคุณภาพของรูปแบบลวดลายสีสันได้ง่าย เนื่องจากมีอุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการควบคุมการผลิต

สเตนซิล เป็นวิธีการตกแต่งโดยการใช้แผ่นกระดาษหรือแผ่นปลาสติกใส นำมาเจาะฉลุให้ทลุทำให้เป็นลวดลายต่าง ๆ ตามความต้องการหรืออาจจะใช้แผ่นปลาสติกลูกไม้ที่มีลวดลายเจาะฉลุทะลุที่ใช้ทำเป็นผ้าปูโต๊ะอาหาร ซึ่งมีรูปแบบและลวดลายสวยงามนำมาตัดออกบางส่วนแล้วนำมาใช้ทาบลงบนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบแล้วใช้สีบนเคลือบมาทาหรือพ่นใส่จะทำให้เกิดลวดลายตามช่องเจาะฉลุ

การตกแต่งด้วยวิธีสเตนซิลนี้สามารถนำไปตกแต่งผลิตภัณฑ์ในขณะที่ดินนิ่มและในขณะดินหมาดก็ได้เช่นกันโดยการใช้สีใต้เคลือบหรือโดยการใช้น้ำดินต่างสีก็ได้ เช่น การตกแต่งผลิตภัณฑ์โอ่งมังกร ของจังหวัดราชบุรี ในขณะที่ดินหมาดโดยใช้น้ำดินขาวทาป้ายลงในแผ่นปลาสติกใสที่เจาะฉลุทลุเป็นรูปมังกรที่นำมาทาบติดอยู่บนโอ่งเป็นต้น

การถ่ายรูป

เป็นวิธีการการตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยการใช้วิธีกระบวนการถ่ายรูป (Photographic Method) โดยการใช้ภาพถ่ายตกแต่งบนผลิตภัณฑ์ โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่เคลือบสีขาว เช่น จานนำไปเคลือบด้วยน้ำยาไวแสงของฟิลม์ถ่ายรูปแล้วนำไปอัดกับรูปถ่ายที่ต้องการเสร็จแล้วไปล้างตามกระบวนการถ่ายรูปเป็นวิธีการตกแต่งที่นิยมเหมือนกัน[10]

ตรายาง เป็นวิธีการตกแต่งโดยการใช้ตรายาง ชุบ หรือจุ่มสีบนเคลือบนำไปกดประทับลงบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบ ซึ่งการที่จะนำตรายางมาใช้ตกแต่งลวดลายนั้นกระทำได้โดยการสั่งทำจากร้านรับทำซิลสกรีนที่มีอยู่ทั่วไปเพียงแต่เรานำรูปแบบลวดลายที่ได้ออกแบบไว้ไปให้ที่ร้านซึ่งทำการทำตรายางนี้ราคาก็ไม่แพง แต่การนำมาใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์โดยการใช้ตรายางกดประทับนี้รูปแบบลวดลายของเส้นและสีจะไม่ค่อยคมชัดนักจึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้วิธีการตกแต่งแบบนี้นัก

การตกแต่งโดยใช้ตรายางกดประทับสามารถนำไปตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบมาแล้วโดยใช้สีใต้เคลือบ หลังจากนั้นก็นำไปชุบเคลือบใสทับได้เช่นกัน

เชิงอรรถท้ายบทที่ 6

[1]สมศักดิ์ ชวาลาวัฒย์. "การพัฒนาสีในเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยการใช้สนิมโลหะตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาค", ในปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ปีการศึกษา 2535. หน้า 10.

[2]สมศักดิ์ ชวาลาวัฒย์. "การพัฒนาสีในเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยการใช้สนิมโลหะตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาค", ในปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ปีการศึกษา 2535. หน้า 74.

[3]สีเอกรงค์ (Monochrome) หมายถึงการระบายสีหรือตกแต่งด้วยบริเวณแก่อ่อนของสีสีเดียวเช่น ใช้สีใดสีหนึ่งและสีขาว

[4]สมศักดิ์ ชวาลาวัฒย์. "การพัฒนาสีในเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยการใช้สนิมโลหะตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาค", ในปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ปีการศึกษา 2535. หน้า 58.

[5]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 178.

[6]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 179.

[7]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 182.

[8]วิเชียร ศิริประภาวัฒน์. การตกแต่งผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา. ม.ป.ป. ไม่มีเลขหน้า

[9]เวนิช สุวรรณโมลี. "การผลิตรูปลอกสำหรับงานอุตสาหกรรมเซรามิค โดยวิธีการพิมพ์สกรีน", การพิมพ์สกรีน. 3(3) : 35; 2538.

[10]ทวี พรหมพฤกษ์. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. 2523. หน้า 176.

บทที่ 7

เตาและการเผา

ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์หรือเครื่องปั้นดินเผานั้น ขั้นตอนสุดท้ายที่สำคัญคือจะต้องนำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามาผ่านกระบวนการความร้อนเพื่อให้เนื้อดินปั้นและเคลือบเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีและฟิสิกส์อันจะทำให้ผลิตภัณฑ์ของเครื่องปั้นดินเผามีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น สามารถทนกรดและด่างได้ .

ดังนั้นเตาและการเผานับเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในกระบวนการผลิต เพราะถือว่าเป็นการตกแต่งผลงานขั้นตอนสุดท้าย ดังนั้นการเผาจะเป็นตัวกำหนดว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาจะดีหรือไม่

การผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์การใช้สอยหรือเพื่อความงาม การจะผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้ดีนั้นจะต้องประกอบด้วยของดี 4 อย่างคือ[1]

1. เตาเผาดี
2. ดินเหนียวดี
3. น้ำยาเคลือบดี (อาจยกเว้นข้อนี้ ถ้าทำผลิตภัณฑ์ชนิดไม่เคลือบ)
4. การออกแบบดี

ทั้ง 4 อย่างนี้จะขาดข้อหนึ่งข้อใดเสียไม่ได้เลย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเตาและการเผาก็นับเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งอันหนึ่งในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ในอดีตการเผาเครื่องปั้นดินเผานั้นจะทำการเผาในที่โล่งแจ้งโดยใช้เศษไม้ใบหญ้า ฟางและแกลบทำเป็นเชื้อเพลิง โดยการสุมเผา พวกภาชนะที่ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้แก่ พวกหม้อไห เป็นต้น

ต่อมาได้มีการพัฒนาการโดยการขุดหลุมใช้เชื้อเพลิงเช่น กิ่งไม้ ฟาง แกลบ หญ้าแห้งรองก้นหลุม วางผลิตภัณฑ์และใช้เชื้อเพลิงคลุมผลิตภัณฑ์อีกชั้นหนึ่ง[2] และเริ่มมีการทำเตาเผาโดยวิธีการขุดเป็นโพรงตามแหล่งธรรมชาติ เช่น บริเวณที่เป็นโคกเนิน และจอมปลวกต่าง ๆ ซึ่งเตาแบบนี้เรียกว่า เตาจอมปลวก หรือเตาขุด ภายหลังต่อมาได้มีการพัฒนาการขึ้นสามารถรู้จักการควบคุมความร้อน การให้ความร้อนตลอดจนเทคนิคต่าง ๆ จึงได้มีการสร้างเตาเผาริมฝั่งแม่น้ำ หรือริมตลิ่ง ที่เรียกว่า Bank Kiln โดยมีวิธีการขุดดินเข้าไปให้เป็นอุโมงค์โดยมีพื้นที่ด้านหน้าสำหรับใส่ฟืนที่เป็นเชื้อเพลิง ส่วนด้านในจะมีพื้นที่สำหรับวางภาชนะเผาด้านหลังสุดจะมีการเจาะช่องให้ทะลุผิวดินทำเป็นปล่องระบายควันและความร้อน เตาในลักษณะนี้นับเป็นเตาระยะแรกในสมัยสุโขทัยและพัฒนาการมาสู่การก่อเตาบนดินโดยการใช้อิฐก่อเตาที่เรียกว่า เตาทุเรียง ในสมัยสุโขทัย ซึ่งเป็นเตาเผาที่ให้ความร้อนได้สูงมาก เพราะพบหลักฐานที่เป็นภาชนะถูกเผาจนบิดเบี้ยว

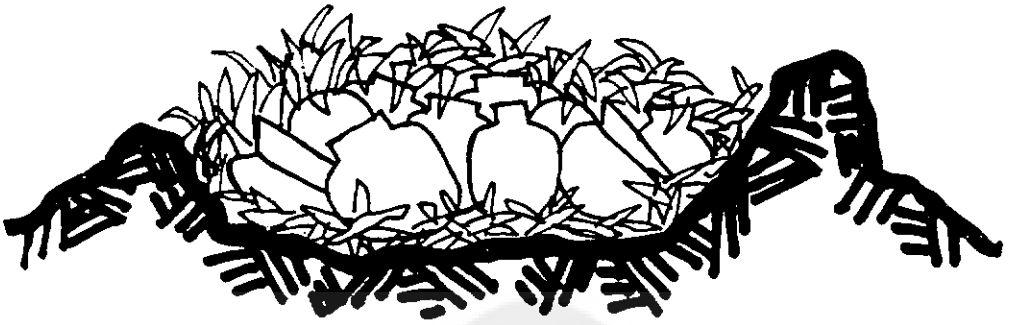
จากการลำดับวิวัฒนาการของเตาจะเห็นได้ว่ามีวิวัฒนาการทางด้านโครงสร้าง รูปแบบ อุปกรณ์ เทคนิคการเผา ตลอดจนคุณภาพของเตา ที่สามารถเผาได้อุณหภูมิสูงขึ้นที่มีหลักฐานปรากฏอยู่ได้แก่ เตาเผาที่ศรีสัชนาลัย จากการขุดค้นและศึกษาค้นคว้าของนักโบราณคดีไทย ร่วมกับนักโบราณคดีออสเตรเลีย[3]

นอกจากนี้ยังมีแหล่งเตาเผาในภาคเหนือที่สร้างขึ้นโดยมีรูปแบบเช่นเดียวกันกับเตาเผาที่ศรีสัชนาลัยได้แก่ เตาสันกำแพง ที่อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ และเตาเวียงกาหลง ที่อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย เป็นต้น

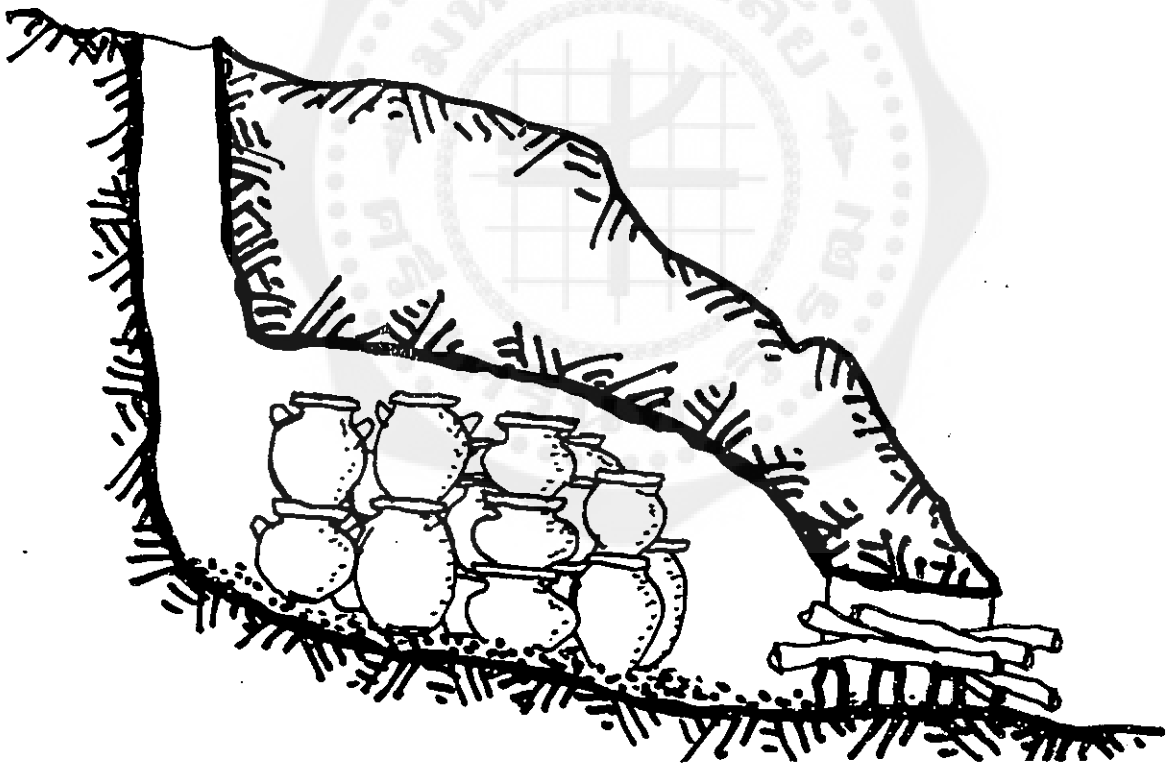
ประเภทของเตาเผา

เตาเผาเครื่องปั้นดินเผาจากอดีตถึงที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายประเภทพอจะแยกประเภทของเตาเผาได้ดังนี้

แบ่งตามการใช้งาน คือ การพิจารณาถึงเวลาของการใช้เตาในการเผาผลิตภัณฑ์ โดยสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะคือ



ภาพแสดงลักษณะของเตาหลุม



ภาพแสดงลักษณะเตาขุดริมฝั่งน้ำ

1. เตาเผาที่ใช้แบบไม่ต่อเนื่อง หมายถึงเตาที่เผาเป็นครั้งคราว โดยเผาไม่ติดต่อกัน อาจจะมีการทิ้งระยะเวลารอจนกว่าจะมีผลิตภัณฑ์บรรจุจนเต็มเตาถึงจะได้ทำการเผา เมื่อเผาผลิตภัณฑ์เสร็จแล้ว รอให้เย็นแล้วนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตา จึงจะมีการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาใหม่ ขนาดของเตาที่นำมาใช้ในลักษณะแบบนี้จะมีขนาดไม่ใหญ่นักจะเป็นเตาไฟฟ้า เตาแก๊ส เตาน้ำมัน หรือเตาฟืนก็ได้ มักจะเป็นเตาที่ใช้ในสถาบันการศึกษาหรือเป็นเตาที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

2. เตาเผาที่ใช้แบบกึ่งต่อเนื่อง หมายถึงเตาเผาที่ใช้เวลาการทำงานเกือบจะต่อเนื่องกันไปเพราะเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงเตาเผาประเภทนี้จะมีรถเคลื่อน (Kiln Car) ที่บรรจุผลิตภัณฑ์สำหรับเลื่อนเข้าเตาเผา 2 คัน เมื่อรถเคลื่อนคันหนึ่งขณะเผาอยู่ในเตาเผา รถเคลื่อนคันที่อยู่นอกเตาเผาจะต้องทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้เสร็จเรียบร้อย หลังจากการเผาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในรถเคลื่อนคันแรกเสร็จ และเตาเย็นพอประมาณที่จะไม่มีผลต่อการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ขณะที่นำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเมื่อปะทะกับอากาศภายนอกเตา ก็ทำการเข็นรถเคลื่อนคันที่บรรจุผลิตภัณฑ์รออยู่เข้าเตาแล้วทำการเผาต่อเนื่องกันไปเลย เตาเผาประเภทนี้จะมีขนาดกลาง และขนาดใหญ่เหมาะสำหรับการใช้กับอุตสาหกรรมขนาดกลาง จนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะเป็นเตาไฟฟ้า และส่วนมากที่นิยมใช้จะเป็นเตาแก๊ส

3. เตาเผาที่ใช้แบบต่อเนื่อง หมายถึงเตาเผาที่ใช้เผาตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเตาเผาที่ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้องบุผนัง กระเบื้องปูพื้น เป็นต้น เตาที่ใช้เผาคือ เตาอุโมงค์ หรือเตาแบบวงแหวน ที่เดินเครื่องตลอดเวลา ผลิตภัณฑ์จะบรรจุอยู่บนรางเลื่อนที่จะพาผลิตภัณฑ์เข้าสู่จุดเผาเมื่อเผาเสร็จก็จะเลื่อนออกมา และส่วนที่ยังไม่ได้เผาก็จะเลื่อนเข้าสู่จุดเผาแทนที่ตลอดเวลา เตาประเภทนี้จะมีระบบการควบคุมอย่างดีเพราะใช้เทคโนโลยีชั้นสูง จึงทำให้การใช้ความร้อนจากเตาเผาได้อย่างคุ้มค่า

แบ่งตามลักษณะรูปร่าง หมายถึงการแบ่งตามลักษณะรูปร่างจากการพิจารณารูปทรงของเตาภายนอก จากการมองเห็นได้โดยง่าย มีดังนี้คือ

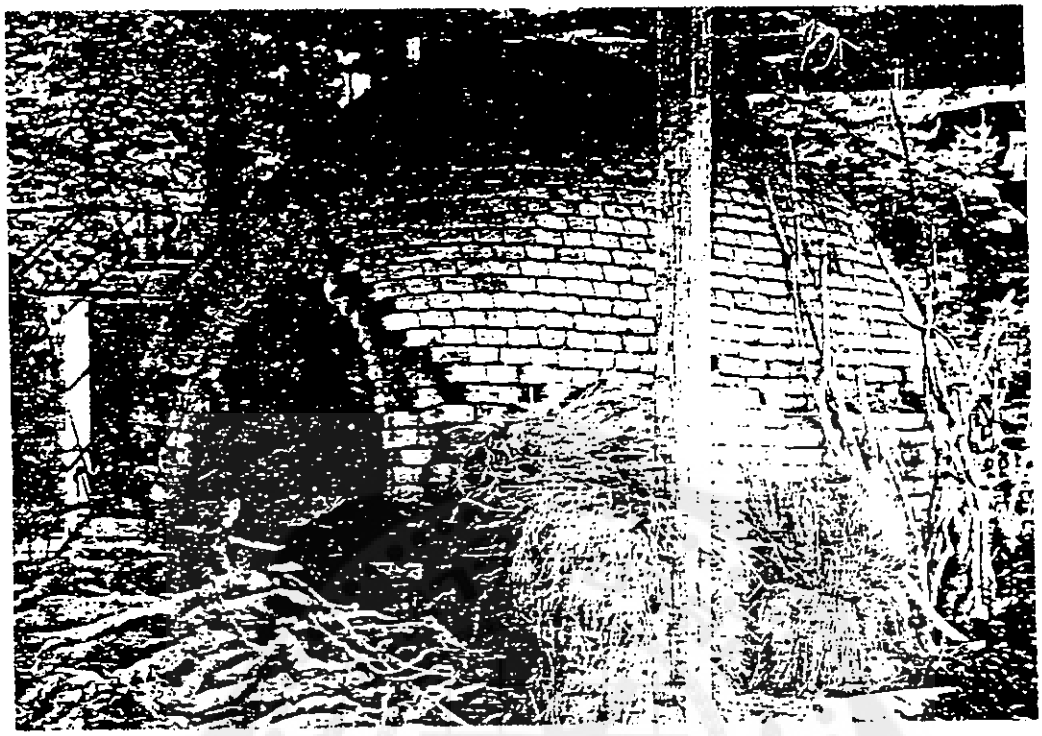
1. เตากลม จะเป็นเตาที่ก่อขึ้นในลักษณะรูปทรงกระบอกส่วนบนจะทำเป็นหลังคาเตาที่สามารถยกสวมครอบกับตัวเตาได้ ส่วนมากหลังคาเตาจะทำเป็นรูปทรงกรวยแต่ตัดส่วนปลายให้เป็นปล่องระบายควันและความร้อนส่วนล่างของตัวเตาเผาด้านหน้าและด้านหลังจะทำที่ใส่ไฟ และการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาจะเปิดฝาครอบหรือหลังคาเตาด้านบนออก แล้วนำผลิตภัณฑ์ใส่ในหีบดินที่วางอยู่บนตะกรับเตา

เตาเผาที่กล่าวมานี้จะมีขนาดเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านในประมาณ 60 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 160 เซนติเมตร เผาได้ในอุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส เป็นเตาฟืน นิยมใช้ในสถานศึกษา

ส่วนเตากลมที่ใช้สำหรับเผาผลิตภัณฑ์พื้นบ้านทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเช่น เตาเผาบ้านเทอดไทย อำเภอธวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด จะก่อเตาในลักษณะที่มีรูปทรงโค้งครึ่งวงกลมมีขนาดที่ไม่ใหญ่มากมีที่ใส่ไฟอยู่ด้านหน้า ส่วนด้านข้างจะทำเป็นประตูเตาเพื่อการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาและเป็นเตาเผาแบบระบายความร้อนขึ้น เผาได้ในอุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส

2. เตาเหลี่ยม เป็นเตาเผาแบบชนิดความร้อนลงใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ก่อด้วยอิฐ ขนาดประมาณ 5 คิว และต้องใช้ปล่องควันสูงมากมีอยู่ในภาคเหนือแต่ไม่เป็นที่นิยม[4]

แต่ในปัจจุบันได้นำรูปทรงของเตาสี่เหลี่ยมมาพัฒนาขึ้นโดยการใช้วัสดุในการทำเตาที่มีคุณภาพดีสามารถเป็นฉนวน และทนความร้อนได้สูง และนำมาประยุกต์ใช้กับเชื้อเพลิง เช่น แก๊ส น้ำมัน ไฟฟ้า จึงทำให้เตาประเภทนี้เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน



เตากลมบ้านเทอดไทย อำเภอวัชบุรี จังหวัดร้อยเอ็ด

ภาพจากบรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

<u>เครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบ</u>

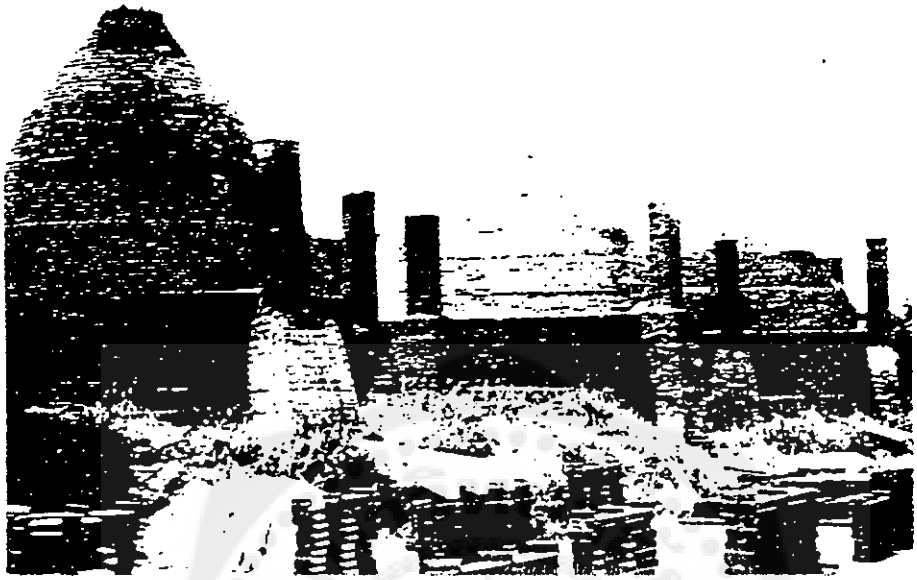
3. เตาทรงกระโจม หรือทรงขวด เป็นเตาที่ก่อด้วยอิฐสอดินที่มีรูปทรงเหมือนกระโจม หรือกองฟางขนาดใหญ่อยู่ในกลางแจ้ง มีการก่อเตาที่ใกล้เคียงกันมีส่วนที่เชื่อมต่อกัน เพื่อถ่ายเทความร้อนไปสู่ภายในเตาเผาข้างเคียง เพื่อเป็นการอุ่นเตาก่อนที่จะทำการใส่ฟืนเตาจริงเพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง เตาประเภทนี้นิยมใช้ในการเผาอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ใช้อุณหภูมิในการเผาไม่สูงนัก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระเบื้องโชว์ ที่ใช้ดินท้องถิ่นทำ ซึ่งเตาแบบนี้ก่อใช้กันมากในแถบจังหวัดชลบุรี ในเขตอำเภอพานทอง อำเภอพนัสนิคม และที่จังหวัดอยุธยา เป็นต้น

4. เตาแมงป่อง, เตากูบ[5] เป็นเตาที่ก่ออิฐสอดิน อยู่ในที่โล่งแจ้ง หรือมีหลังคาคลุมเฉพาะตัวเตาส่วนปล่องควันจะเจาะทะลุหลังคาออกไป ซึ่งการก่อเตาถ้ามองจากด้านบนจะมีรูปทรงคล้ายกับลำตัวของแมงป่อง ซึ่งเตาแมงป่องนี้จะมีรูปทรงคล้ายกับเตาจีนหรือเตามังกร แต่มีขนาดความยาวของตัวเตาที่สั้นกว่า วิธีการเผาจะใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงเหมือนกับเตาจีน โดยการใส่ไฟในส่วนด้านหน้าของตัวเตาก่อน แล้วจึงค่อยไล่ใส่ไฟในส่วนเตาด้านข้างของเตาเป็นลำดับไปจนถึงสุดท้าย

เตาประเภทนี้ใช้ในการเผาหม้อดินเผา กระถางดรก ของตกแต่งที่เป็นภาชนะแบบมีฝา โดยการใช้ดินเหนียวท้องถิ่นขึ้นรูป มีใช้กันที่อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

5. เตามังกร หรือเตาจีน เป็นเตาเผาแบบโบราณที่นำแบบอย่างของจีนมาใช้ โดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงสามารถเผาได้อุณหภูมิสูง ก่อด้วยอิฐ เป็นเตาในลักษณะลมร้อนเฉียง หัวเตาที่ใส่ฟืนอยู่ต่ำสุด ส่วนปลายตอนบนต่อจากตัวเตาเป็นปล่องควัน ด้านข้างของตัวเตามีช่องใส่ไฟเป็นคู่ เรียกว่าตา การเผาจะเริ่มที่หัวเตาก่อนและเปิดตาใส่ไฟทีละคู่ ไล่ไปจนถึงส่วนบนสุด ความยาวของเตามีตั้งแต่ 20-30 เมตร สำหรับเผาถ้วย ชาม ลูกถ้วยไฟฟ้า ในจังหวัดลำปาง[6]

เตามังกรนี้ยังนิยมก่อใช้ในจังหวัดราชบุรี สำหรับใช้เผาผลิตภัณฑ์พวกโอ่งมังกร ไห กระถาง และภาชนะที่ทำเป็นที่รองขาตู้กับข้าว เป็นต้น



เตาทรงกระโจมใช้ในการเผาอิฐ อำเภอพานทองจังหวัดชลบุรี

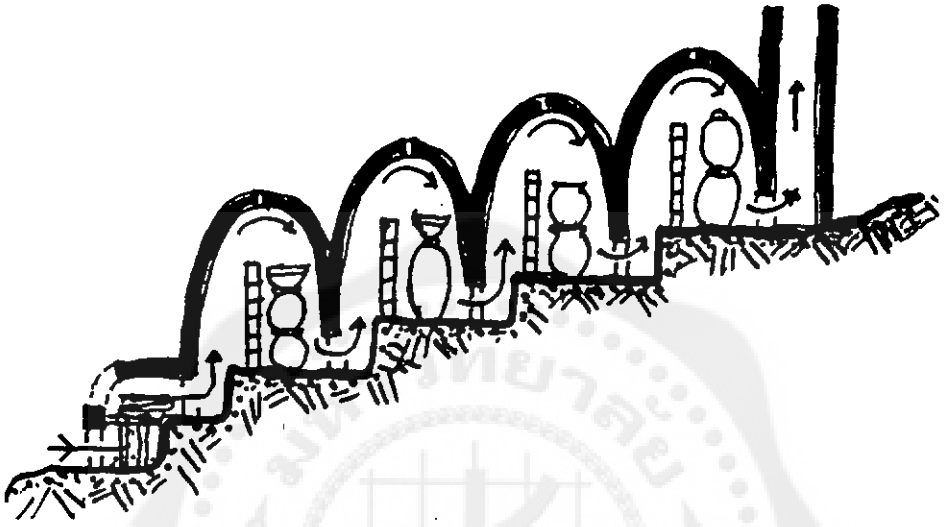
เตาวังเหนือจังหวัดลำปาง ซึ่งจัดแสดงกลางแจ้ง
ที่บริเวณพิพิธภัณฑ์แห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลาการเผาผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 20 - 24 ชั่วโมงและต้องปล่อยให้เตาเย็นโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง เตามังกรนี้ใช้เผาผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการความปราณีตมาก ความร้อนในเตาเผามักไม่ค่อยสม่ำเสมอทำให้ผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียสูง[7]

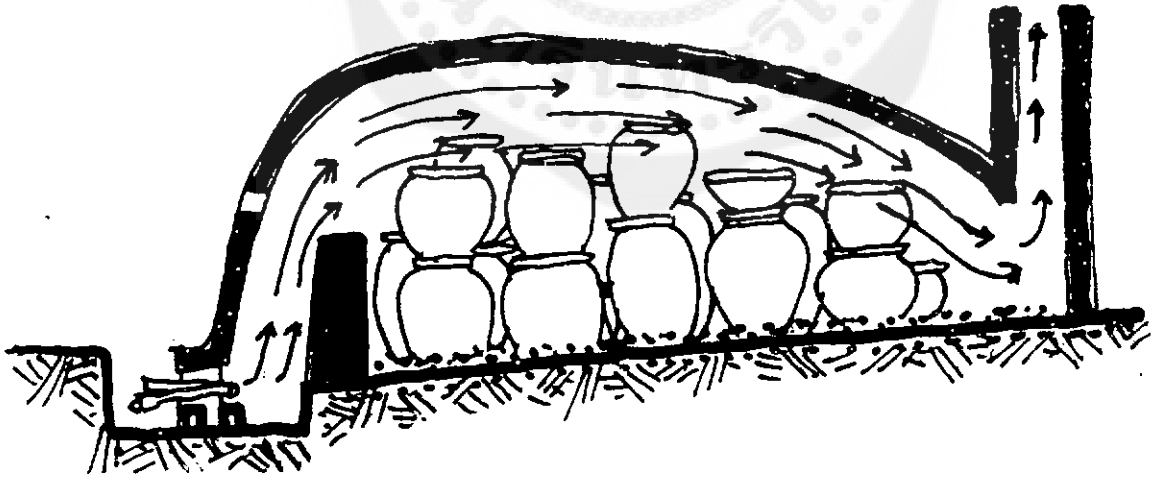
6. เตาอุโมงค์ เป็นเตาที่ได้รับการออกแบบสร้างเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ขนาดใหญ่ที่ต้องการเผาผลิตภัณฑ์ที่มีเป็นจำนวนมากด้วยเวลาอันรวดเร็ว ซึ่งเตาอุโมงค์นี้เป็นเตาเผาแบบต่อเนื่องสามารถเผาได้ตลอด 24 ชั่วโมง รูปแบบของเตาเผาจะมีลักษณะคล้ายกับอุโมงค์ ซึ่งมีการก่อเตาด้วยการใช้วัสดุที่มีคุณภาพดีในทุก ๆ ส่วนที่ประกอบกันเป็นตัวเตาเผา ตามรูปแบบและขนาดที่ได้จากการคิดคำนวณ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ในการนำมาใช้รวมทั้งระบบการควบคุมความร้อนของเตาเผาที่ใช้เทคโนโลยีชั้นสูงในการควบคุม

เตาอุโมงค์ขนาดเล็กจะมีความยาวของตัวเตาโดยประมาณ 15 เมตร ส่วนเตาขนาดใหญ่จะมีความยาวตั้งแต่ 80 เมตรขึ้นไป การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาโดยมีวิธีการลำเลียงผลิตภัณฑ์อยู่บนรถเข็นรางเลื่อนที่มีจำนวนโดยประมาณ 36-40 คัน ซึ่งรถเข็นที่บรรจุผลิตภัณฑ์จะวิ่งตามรางเข้าไปในเตาเผาโดยอัตโนมัติโดยการใช้ระบบเทคโนโลยีในการควบคุมการทำงาน ตามระยะเวลาที่ใช้ในการเผาต่อ 1 คันรถ ภายในเตาเผาจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันเป็น 3 ตอน โดยอุณหภูมิส่วนตอนหน้าของเตาเผาหรือปากทางเข้าอุณหภูมิจะเริ่มอุ่น และอุณหภูมิจะสูงสุดตามที่ตั้งไว้จะอยู่บริเวณตอนกลางเตา ส่วนตอนที่จะเริ่มออกจากตัวเตาอุณหภูมิจะเริ่มลดลง เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาได้แก่ น้ำมันเตา แก๊ส หรือไฟฟ้า[8]

7. เตาขั้นบันได เป็นเตาเผาที่นิยมก่อขึ้นตามเนินเขา โดยมีการปรับพื้นที่จะก่อเตาให้เป็นแบบขั้นบันไดขึ้นไปทีละชั้น โดยลักษณะของเตาที่ก่อจะแบ่งเป็นห้อง ๆ ในแต่ละขั้นบันไดสูงขึ้นไปทีละขั้นบันไดจะยาวต่อเนื่องกันไปบางเตาจะมีถึง 20 ห้อง จัดเป็นเตาในประเภททางเดินลมร้อนลง นิยมใช้กันในประเทศญี่ปุ่น[9]



ภาพแสดงระบบทางเดินลมร้อนของเตาเผาแบบขั้นบันได



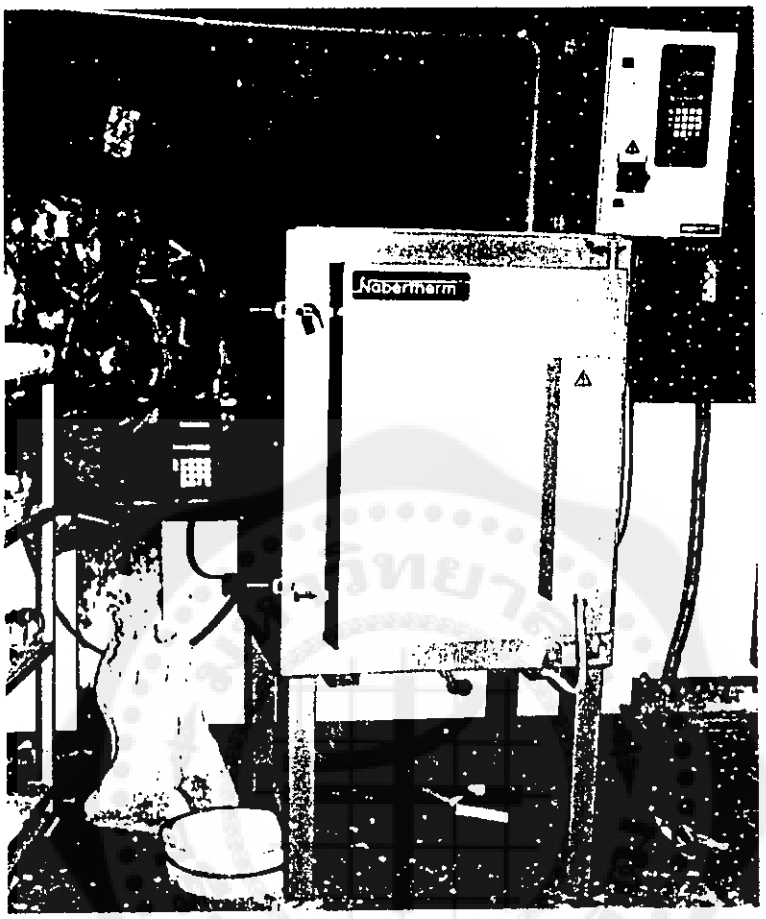
ภาพแสดงระบบทางเดินลมร้อนในแนวนอน

การเผาเตาโดยการใส่เชื้อเพลิงที่เป็นฟืนโดยการใส่ไฟทีละห้องโดยที่ห้องต่อไปจะได้รับความร้อนด้วย เมื่อห้องแรกเผาถึงอุณหภูมิตามความต้องการแล้ว ก่อนที่จะทำการเร่งไฟให้สูงสุดของห้องแรกจะต้องทำการจุดไฟห้องที่สองรอไว้ เมื่อเร่งไฟในห้องแรกเสร็จแล้วก็ทำการปิดช่องใส่ฟืนห้องแรกไปเร่งไฟห้องที่สองถัดไปจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ โดยมีช่องใส่ฟืนอยู่ด้านข้างของตัวเตาแต่ละห้อง นอกจากห้องแรกที่ก่ออยู่ด้านหน้า และทำการเช่นนี้เรื่อยไปจนถึงห้องสุดท้าย ทำให้การเผาแบบนี้เกิดการสูญเสียน้อย เพราะการเผาแต่ละห้องมีการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ และสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี แต่ในปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมเตาประเภทนี้ เพราะเนื่องจากใช้แรงงานมากกับการบรรจุของเข้าเตาการควบคุมการเผา และต้องใช้เนื้อที่มีบริเวณกว้างขวางมากจึงไม่เหมาะในสภาพยุคปัจจุบัน[10]

8. เตาริมฝั่งน้ำ เป็นเตาเผาที่นิยมใช้ในอดีตแต่ปัจจุบัน ไม่สามารถขุดสร้างเตาเผาประเภทนี้ได้ เพราะพื้นที่จะใช้ก่อเตาประเภทนี้ในยุคปัจจุบันพื้นที่ริมตลิ่งหรือชายแม่น้ำจะเป็นพื้นที่สงวนของส่วนราชการที่รับผิดชอบดูแล

แบ่งตามเชื้อเพลิงที่ใช้ คือการแบ่งตามลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้กับเตาเผา เพื่อให้เตาเผาสามารถทำการเผาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการสุกตัวและเคลือบสามารถเกิดการหลอมกลายเป็นแก้วได้

1. เตาไฟฟ้า คือเตาเผาที่ออกแบบขึ้นเพื่อให้เหมาะกับการใช้ระบบไฟฟ้าที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ตามอาคารบ้านเรือนทั่วไปจะเป็นการใช้ไฟแบบ Single Phase ส่วนไฟที่ใช้ในระบบโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะใช้ระบบไฟแบบ Three Phase ซึ่งเตาเผาไฟฟ้าในปัจจุบันที่ใช้กันอยู่ตามสถานศึกษาหรือตามโรงงานอุตสาหกรรรมขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่จะใช้ระบบไฟ Three Phase เพราะเตาเผาจะใช้กระแสไฟฟ้ามากว่าปกติของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านทั่วไป



เตาเผาไฟฟ้าที่มีสวิทซ์ควบคุมการเผาแบบอัตโนมัติ

เตาเผาไฟฟ้า เป็นเตาที่นิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน เพราะใช้สะดวก ควบคุมง่าย ไม่มีเสียงรบกวนและมีความปลอดภัยสูงเตาเผาไฟฟ้าที่ใช้จะมีขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่โดยใช้ขดลวดความร้อนเป็นตัวแผ่รังษีความร้อนอยู่ภายในเตาที่มีผนังอิฐทนไฟเป็นตัวรองรับอยู่โดยรอบเตาดังนั้นการให้ความร้อนของเตาไฟฟ้าจึงไม่มีเปลวไฟ เขม่าควัน หรือก๊าซ CO เกิดขึ้นจึงทำให้บรรยากาศการเผาของเตาไฟฟ้าเป็นแบบ Oxidation โดยสมบูรณ์

เตาเผาไฟฟ้าสามารถเผาได้ทั้งอุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ขึ้นอยู่กับการควบคุมการเผาตามอุณหภูมิที่ต้องการโดยไม่เกินจากอุณหภูมิที่กำหนดไว้ตามข้อจำกัดประสิทธิภาพของเตาที่มีอยู่

2. เตาแก๊ส ในปัจจุบันเตาแก๊สเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ทั้งในสถานศึกษาและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ เพราะเป็นเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ค่อนข้างสะอาดสามารถปรับบรรยากาศการเผาได้ทั้งแบบออกซิเดชั่น และรีดักชั่น เผาได้ทั้งอุณหภูมิต่ำและสูง มีความสะดวก ประหยัดเพราะในปัจจุบันแก๊สเป็นเชื้อเพลิงที่หาซื้อได้ง่ายมีขายอยู่ทั่วไป

เตาแก๊สจะมีการสร้างขึ้นทั้งขนาดเล็กไปจนขนาดใหญ่ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะนำไปใช้รูปแบบโครงสร้างส่วนประกอบของตัวเตาจะต้องมีการคิดคำนวณและวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้เป็นส่วนประกอบการสร้างเตาจะต้องมีคุณภาพที่ดีด้วย

3. เตาฟืน เป็นเตาเผาที่ออกแบบก่อขึ้นโดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาโดยรูปแบบของเตาที่ก่อขึ้นจะมีหลายลักษณะเช่น เตาแมงป่อง เตาขั้นบันได เตามังกร เตาทรงกระโจม เป็นต้น

เตาฟืนนี้สามารถเผาได้ทั้งอุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิสูงขึ้นอยู่กับการออกแบบทางเดินลมร้อนภายในเตาเป็นสำคัญ เตาฟืนที่เผาได้ในอุณหภูมิต่ำได้แก่ เตาเผาแบบระบายความร้อนขึ้น ส่วนเตาเผาแบบระบายความร้อนลง จะเผาได้อุณหภูมิที่สูงกว่า

การเผาเตาฟืนจะต้องอาศัยผู้ชำนาญการ เพราะการควบคุมการเผาจะต้องอาศัยประสบการณ์จากการสังเกตในเรื่องของอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาว่าถึงตามที่กำหนดไว้หรือไม่ จะต้องมีวิธีการเร่งโหมไฟโดยวิธีการใส่ฟืนอย่างไร ตลอดจนเรื่องของการดูไฟว่าอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เท่าไร เป็นต้น

บรรยากาศการเผาเตาฟืนจะเป็นแบบรีดักชั่น คือการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีเปลวไฟ เขม่า และควันในการเผาทำให้เกิดปฏิกริยากับน้ำเคลือบ และเนื้อดินปั้น ดังนั้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียค่อนข้างมากในการเผาแต่ละครั้ง ประกอบกับต้องใช้ระยะเวลาการเผาที่ยาวนานคือ ประมาณ 12-36 ชั่วโมง

ปัจจุบันการใช้เตาฟืนมีแต่จะลดน้อยลง เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนฟืนที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เพราะมีกฎหมายบังคับใช้ห้ามตัดไม้ทำลายป่า

4. เตาน้ำมัน เป็นเตาเผาที่ออกแบบก่อขึ้นโดยใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง น้ำมันที่ใช้ได้แก่ น้ำมันเตา หรือน้ำมันโซลา รูปแบบของเตาเผาส่วนมากจะนิยมสร้างเตาเผาแบบระบายความร้อนลง โดยจะต้องออกแบบสร้างห้องเผาไหม้ให้มีความกว้างหรือยาวพอเหมาะเพื่อให้น้ำมันเกิดการเผาไหม้ได้หมด ถ้าห้องเผาไหม้แคบจะทำให้เปลวไฟไปกระทบอิฐผนังเตาเป็นเหตุให้ชำรุดเสียหายได้ง่าย[11]

การเผาที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงสามารถปรับหรือเร่งความร้อนภายในเตาเผาให้สูงขึ้นง่ายและเร็ว แต่ถ้าเร็วเกินไปความร้อนที่กระจายออกไปในเตาจะไม่สม่ำเสมอกันจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสียหายได้ โดยจะมีผลิตภัณฑ์บางส่วนที่เคลือบยังไม่เกิดการหลอมตัว ดังนั้นการเผาจะต้องมีการปรับอุณหภูมิความร้อนภายในเตาให้สูงขึ้นอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอกันโดยตลอด

แบ่งตามทางเดินของการระบายความร้อน

1. เตาเผาแบบระบายความร้อนขึ้น (Up Draft Kiln)

เป็นเตาเผาที่มีการออกแบบแล้วก่อขึ้นในลักษณะที่ตัวเตามีปล่องระบายความร้อนหรือควันไฟอยู่ด้านบนหลังคาเตา โดยมีทางเดินความร้อนจากจุดปากเตาที่ใส่เชื้อเพลิงผ่านภาชนะที่กำลังเผาอยู่ในเตาแล้วระบายความร้อนตรงไปสู่ปล่องควันเลยเชื้อเพลิงที่ใช้จะเป็นฟืน แก๊ส หรือน้ำมันก็ได้

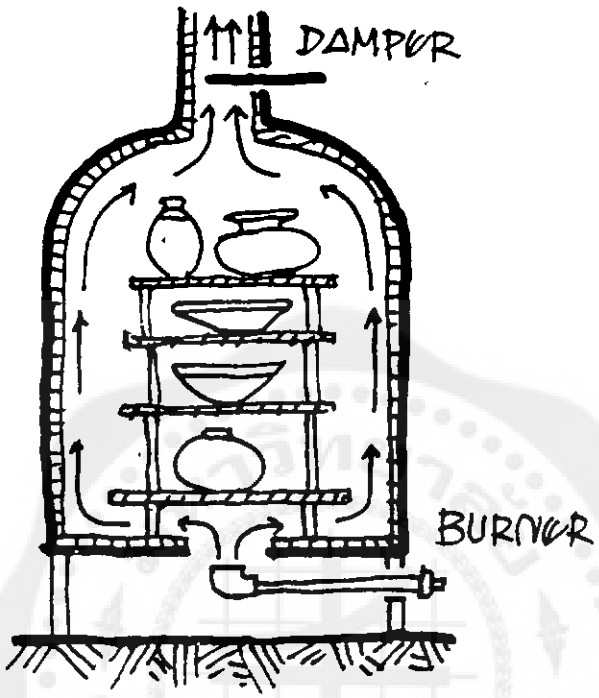
เตาชนิดนี้เป็นเตาที่ก่อใช้กันมาตั้งแต่สมัยโบราณที่มีการทำเครื่องปั้นดินเผา แต่เตาเผาชนิดนี้จะให้ความร้อนผ่านภายในเตาได้โดยไม่ทั่วถึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางตอนล่างของเตาจะได้รับความร้อนน้อยโดยความร้อนจะผ่านออกทางตอนกลางของภายในเตาแล้วระบายความร้อนสู่ปล่องตอนบนเลย ดังนั้นเตาเผาแบบระบายความร้อนขึ้นจึงมีประสิทธิภาพการเก็บความร้อนไม่ดีนัก เนื่องจากความร้อนออกจากเตาไปเร็ว

2. เตาแบบระบายความร้อนเป็นแนวนอน (Horizontal Draft Kiln)

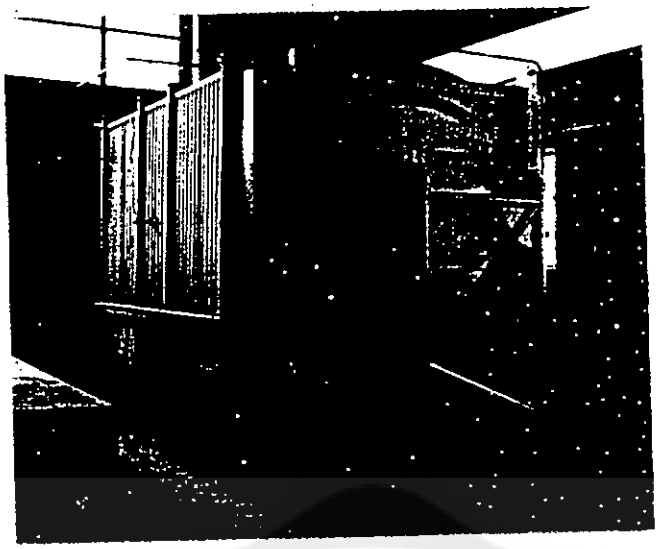
เป็นเตาเผาที่มีการออกแบบแล้วก่อขึ้นในลักษณะที่มีรูปทรงของตัวเตาที่วางอยู่บนพื้นตามแนวนอนโดยส่วนด้านหน้าหรือด้านข้างจะเป็นที่ใส่เชื้อเพลิงเช่น ฟืน ส่วนด้านหลังสุดของตัวเตาจะเป็นปล่องระบายความร้อนหรือเขม่าควันโดยจะมีทางเดินความร้อนจากจุดปากเตาและด้านข้างไหลผ่านภาชนะไปออกปล่องท้ายเตา ซึ่งเตาเผาลักษณะนี้มีการก่อใช้ตั้งแต่สมัยโบราณ ปัจจุบันก็ยังมีการก่อใช้อยู่บางท้องที่ ได้แก่ เตาทุเรียง ในสมัยสุโขทัย และเตาแมงป่อง เตามังกร หรือเตาจีน มีในจังหวัดราชบุรี นนทบุรี และลำปาง

3. เตาเผาแบบระบายความร้อนลง (Drown Draft Kiln)

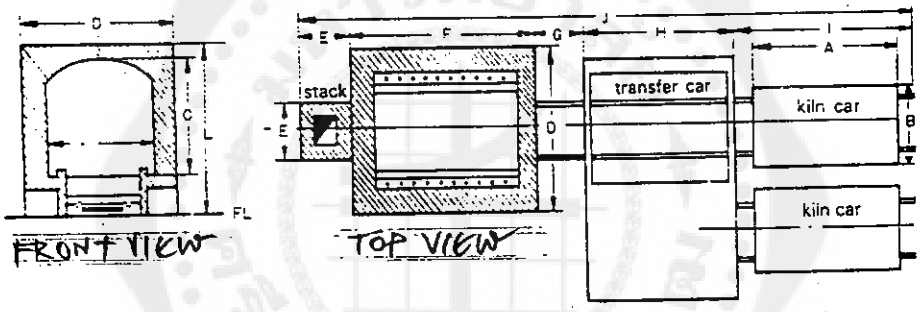
เป็นเตาเผาที่มีการออกแบบแล้วก่อขึ้นในลักษณะเป็นเตาชนิดที่มีปล่องติดต่อกับช่องทางเดินความร้อนซึ่งอยู่ใต้เตา ส่วนปล่องระบายความร้อนและควันจะอยู่นอกเตา โดยความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้ได้แก่ แก๊ส หรือน้ำมัน จะเริ่มระบายความร้อนจากส่วนล่างที่อยู่ด้านข้างของเตาตรงส่วนที่ติดตั้งหัวพ่นเชื้อเพลิง (Burner) พุ่งขึ้นสู่หลังคา



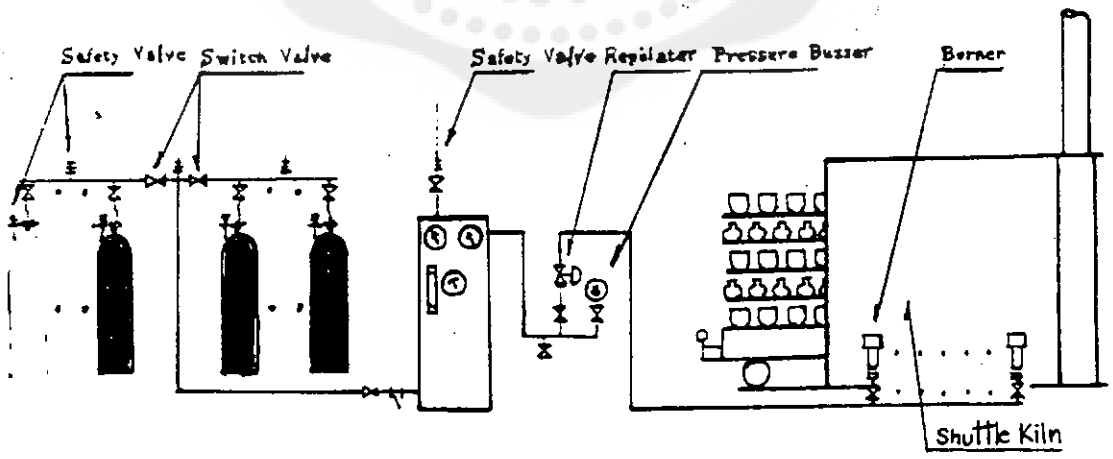
ภาพแสดงลักษณะด้านหน้าของเตาชนิดทางเดินลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln)



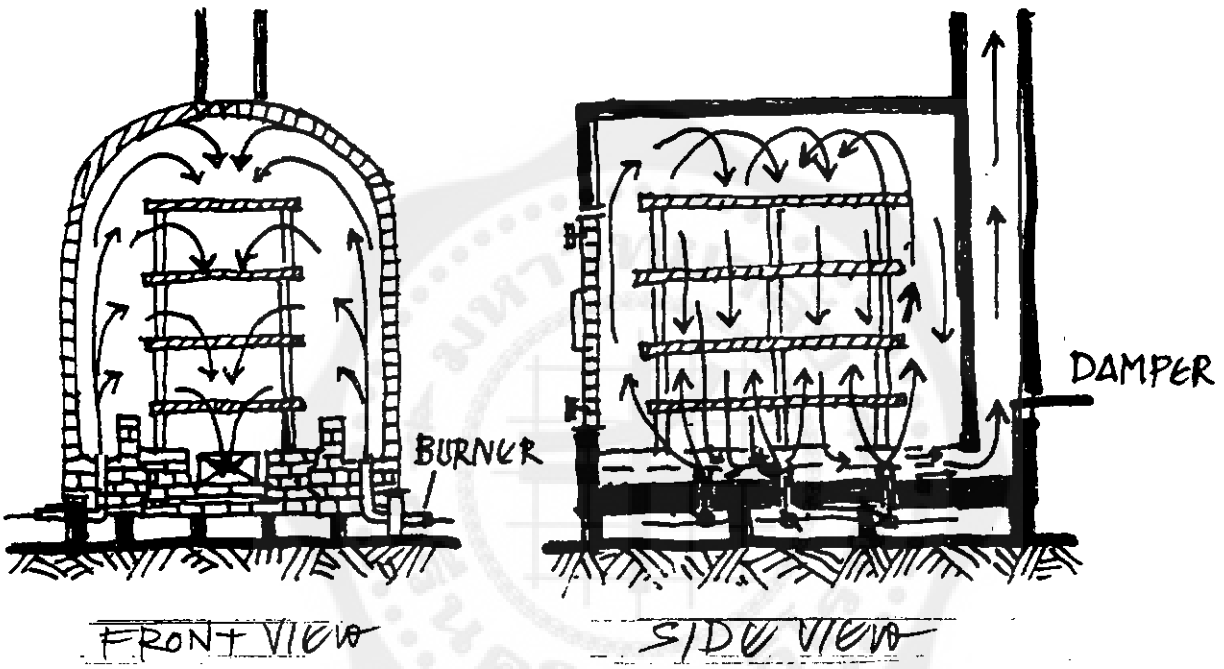
ภาพแสดงเตาแก๊สชนิดทางเดินลมร้อนลงแบบ Shuttle Kiln



ภาพแสดงแบบเตา Shuttle Kiln



ภาพแสดงผังการเดินแก๊สของเตา Shuttle Kiln



ภาพแสดงลักษณะด้านหน้าและด้านข้างของเตา

ชนิดทางเดินลมร้อนลง (Down Draft Kiln)

เตาซึ่งเป็นส่วนโค้งแล้วกลับระบายลงสู่พื้นเตาไปช่องทางเดินความร้อนที่พื้นเตาและออกสู่ปล่องระบายความร้อนหรือควันด้านนอกซึ่งทำให้สามารถนำความร้อนจากปล่องนี้ไปใช้ต่อเข้ากับเตาเผาอีกเตาหนึ่งได้ เพราะปล่องระบายความร้อนนี้จะร้อนจัดอยู่เสมอจึงนำความร้อนจากปล่องนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์เช่น ใช้พัดลมดูดความร้อนจากปล่องมาเข้าเตาเผาอีกใบหนึ่งเพื่ออบภาชนะที่จัดเรียงบรรจุไว้ในเตาเผาเรียบร้อยแล้ว เป็นการไล่ความชื้นให้ผลิตภัณฑ์อีกเตาหนึ่งเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงในการเผา

เตาเผาชนิดนี้เป็นเตาที่ให้ความร้อนได้สูง เพราะสามารถเก็บกักความร้อนภายในเตาไว้ได้นานก่อนที่ความร้อนจะไหลออกสู่ปล่องระบายความร้อนหรือควันด้านนอก

ส่วนประกอบที่สำคัญของเตา

เตาเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์หรือเครื่องปั้นดินเผานี้ มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องมีการออกแบบและก่อสร้างให้ถูกวิธี โดยเตาเผานี้จะต้องมีประสิทธิภาพสูงทางด้านการกระจายความร้อนได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ เผาได้ในอุณหภูมิสูงประหยัดและปลอดภัย จึงทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตาเผามีความสำคัญ ซึ่งเตาเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาแต่ละชนิดนั้นจะมีรูปร่างลักษณะ เชื้อเพลิงที่ใช้และวิธีการเผาไหม้ที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามจะมีส่วนประกอบที่สำคัญที่คล้ายคลึงกัน[12] ได้แก่

ส่วนที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน (Fire Box & Combustion Chamber) เป็นบริเวณส่วนที่เกิดการสันดาปหรือการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกรณีที่ใช้เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งได้แก่ ฟืน ถ่านหิน รูปแบบของเตาเผาจะต้องมีส่วนที่เป็นห้องไฟที่ใช้ในการสันดาปของเชื้อเพลิงส่วนมากจะจัดไว้อยู่ด้านหน้าและด้านข้างของเตาเผาโดยการเผาแต่ละครั้งจะเหลือเศษขี้เถ้าฟืน ถ่านหิน ซึ่งจะต้องทำความสะอาดก่อนที่จะเผาครั้งต่อไปได้ง่าย

ส่วนเตาไฟฟ้าจะใช้ขดลวดความร้อนที่ยึดติดกับผนังเตาส่วนที่เป็นอิฐทนไฟโดยรอบเตาการให้ความร้อนภายในเตาจะเป็นการแผ่รังษีความร้อนออกมาจากขดลวดความร้อน

แต่สำหรับเตาที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นของเหลวได้แก่ เตาแก๊ส และเตาน้ำมัน โดยเฉพาะเตาที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงนี้จะต้องสร้างห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) ให้มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมเพราะหัวพ่นน้ำมัน (Burner) จะฉีดพ่นน้ำมันให้เป็นฝอยกระจายอยู่ภายในห้องเผาไหม้ ถ้าห้องเผาไหม้คับแคบการเผาไหม้ของน้ำมันจะไม่หมดและเปลวไฟที่เกิดจะไปกระทบอิฐผนังเตา ทำให้เกิดการชำรุดเสียหาย

ตะกรับเตา (Checker Work) คืออิฐทนไฟที่ใช้ตั้งเรียงอยู่ข้างล่างตรงกลางเตาเผาแบบระบายความร้อนขึ้น ซึ่งตะกรับเตาจะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยเฉลี่ยความร้อนให้กระจายได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งเตาและที่สำคัญคือทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในหีบดินที่ตั้งเรียงซ้อนกันขึ้นมา

อิฐที่ใช้เรียงตะกรับเตาควรเป็นอิฐทนไฟที่มีคุณภาพดี มีความแข็งแรงการเรียงตะกรับเตา แถวแรกที่อยู่ส่วนล่างสุดจะต้องเรียงอิฐตามแนวตั้งส่วนแถวที่ 2-3 จะต้องเรียงอิฐตามแนวนอนทับอยู่บนแถวแรกและทับอยู่บนแถวที่ 2

การเรียงตะกรับเตาไม่ควรเรียงชิดผนังเตามากเกินไป และไม่ควรเรียงตะกรับเตาให้ทึบจนเกินไป เพราะจะทำให้ความร้อนภายในเตาเผาจะกระจายได้ไม่ทั่วถึง

ตะแกรง (Grate) คือพื้นล่างของเตาที่ทำช่องให้อากาศผ่านขึ้นมาช่วยในการเผาไหม้ได้ ซึ่งวิธีการเรียงตะแกรงที่อยู่ส่วนล่างของห้องเผาไหม้ (Fire Box) นี้มีวิธีการเรียงได้ 3 แบบ คือ แบบแนวนอน (Horizontal) แบบเอียง (Inclined) และแบบเป็นขั้น ๆ (Step) เพื่อที่จะให้การเผาไหม้สมบูรณ์จำเป็นต้องคำนึงถึงช่องที่จะให้อากาศผ่านตะแกรงขึ้นมาได้[13]

ช่องดูดลม (Suction Pore) ช่องดูดลมคือ ช่องที่เจาะขึ้นตรงบริเวณพื้นเตาเพื่อให้เป็นทางลมร้อนไหลผ่านลงข้างล่างออกสู่ปล่องเตาด้านนอก พื้นที่ของช่องดูดลมขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงและกำลังของลมซึ่งคิดเฉลี่ยโดยประมาณ 1:10 - 1:5 ของพื้นที่เตาเป็น

หลัก ช่องดูดลมควรเจาะให้กระจายทั้งพื้นเตา เพราะช่วยทำให้อุณหภูมิภายในเตาสม่ำเสมอ

ห้องเผาผลิตภัณฑ์ (Firing Chamber) เป็นส่วนหรือบริเวณที่ใช้วางผลิตภัณฑ์ในการเผาห้องเผานี้จะเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิความร้อนสูงสุดภายในเตาและจะต้องเป็นบริเวณที่สะสมความร้อนได้ดีด้วย ห้องเผานี้จะมีพื้นที่มากที่สุดภายในเตาเผา เพราะเป็นส่วนที่ต้องใช้งาน

สำหรับเตาที่ก่อขึ้นในสมัยโบราณเช่น เตาทุเรียง สมัยสุโขทัย ห้องเผาคือพื้นเตาที่เป็นส่วนของพื้นดินที่อยู่ถัดจากช่องใส่ฟืนที่อยู่ด้านหน้าของตัวเตาโดยมีการก่ออิฐให้สูงขึ้นมาเล็กน้อยและยื่นออกมาจากผนังด้านข้างของตัวเตาที่ติดกับพื้นดินโดยยื่นยาวออกมาเล็กน้อยเพื่อทำเป็นขื่อคั่นตอนระหว่างช่องที่ใส่เชื้อเพลิงกับห้องเผาผลิตภัณฑ์ ส่วนท้ายเตาจะเป็นปล่องที่ระบายความร้อนและเขม่าควัน บริเวณส่วนที่เป็นห้องเผาผลิตภัณฑ์จะมีทรายโรยอยู่บนผิวหน้าของพื้นดิน เพื่อป้องกันความร้อนไม่ให้ไปสัมผัสกับพื้นผิวดินซึ่งเป็นการสูญเสียความร้อนในการเผาผลิตภัณฑ์และเพื่อป้องกันน้ำเคลือบละลายติดพื้น รวมทั้งเตามังกร และเตาแมงป่อง ห้องเผาก็คือส่วนของพื้นดินที่ต้องโรยด้วยทรายเช่นกัน

แต่ถ้าเป็นเตาอุโมงค์ ซึ่งได้จัดระบบการเผาแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนแรกจะเป็นการอุ่นผลิตภัณฑ์ (Pre-Heating Zone) ตอนที่ 2 การเผาผลิตภัณฑ์ (Firing or Heating Zone) และตอนที่ 3 คือการทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัว (Cooling Zone) ซึ่งแต่ละตอนจะต้องทำงานสัมพันธ์และต่อเนื่องกันตลอดเวลา หลักการของเตาเผานี้คือให้ผลิตภัณฑ์วางเรียงบนรถเข็นโดยรถเข็นจะเคลื่อนที่ไปตามรางเคลื่อนผ่านเข้าไปในอุโมงค์เตาที่มีระดับอุณหภูมิค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นในตอนแรกส่วนที่เป็น Pre-Heating Zone ต่อจากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุด ตามที่กำหนดไว้ในช่วงตอนที่ 2 คือห้องเผาผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในห้องเผานี้ส่วนที่เป็นเนื้อดินปั้นจะถึงจุดสุกตัวและน้ำเคลือบจะเกิดการหลอมละลายกลายเป็นเนื้อแก้ว เมื่อผลิตภัณฑ์เคลื่อนออกสู่ส่วนที่ 3

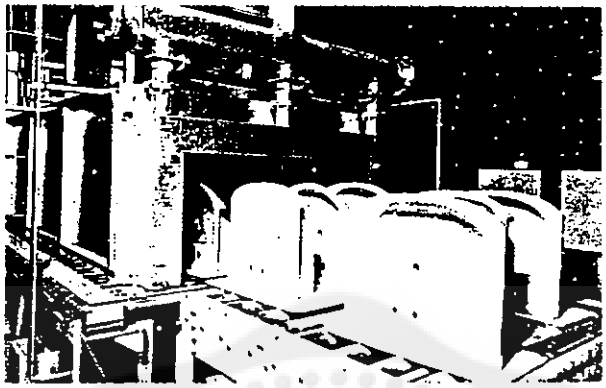
ของเตาเผาซึ่งระดับอุณหภูมิจะค่อย ๆ ลดต่ำลง คืออยู่ในตอนของ Cooling Zone เมื่อผลิตภัณฑ์ที่เลื่อนออกมาสู่ปากเตาภายนอกผลิตภัณฑ์ก็จะเกิดการเย็นตัวพอดี

เตาอุโมงค์ (Tunnel Kiln) ในปัจจุบันได้พัฒนาเป็นเตาแบบโรลเลอร์ฮาร์ท (Roller Hearth Kiln) โดยผลิตภัณฑ์จะวิ่งบน Roller แทนที่จะวางผลิตภัณฑ์บนรถเข็นรางเลื่อนเหมือนในอดีต

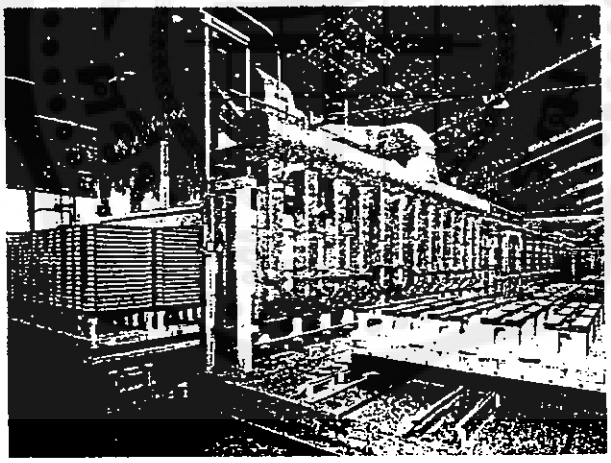
ผนังเตาและหลังคาเตา (Roof & Kiln Wall) จัดเป็นส่วนที่สำคัญของเตาเผาเช่นกัน เพราะเป็นส่วนที่จะกักเก็บความร้อนให้อยู่ภายในเตาได้มากที่สุด ดังนั้นวัสดุต่าง ๆ เช่น ฉนวนความร้อนที่ใช้บุภายในเตาและอิฐทนไฟที่ใช้ก่อจะต้องมีคุณภาพที่ดี ผนังอิฐที่ก่อขึ้นมารองรับหลังคาเตาที่มีรูปแบบโค้ง (Arch) จะต้องมีความแข็งแรงเพราะจะต้องรับน้ำหนักและแรงอัดที่จะเกิดภายในเตาด้วย ส่วนหลังคาเตาที่ก่ออยู่ในลักษณะรูปโค้งอิฐทนไฟที่ใช้จะต้องมีคุณภาพดีมีการหดตัวและขยายตัวน้อย ดังนั้นการเรียงอิฐจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการก่อหลังคาเตา เพราะจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้วย

การออกแบบก่อสร้างหลังคาเตาที่มีรูปแบบโค้งจะทำให้หลังคาเตามีความแข็งแรงกว่ารูปแบบอื่น และสามารถสะท้อนทางเดินลมร้อนให้ย้อนกลับสู่เบื้องล่างที่เป็นส่วนพื้นเตาได้จึงทำให้เกิดความร้อนกระจายทั่วเตา

กำแพงไฟ (Buffle Wall) เป็นส่วนที่ใช้อิฐทนไฟก่อขึ้นมาภายในเตาเพื่อเป็นกำแพงป้องกันเปลวไฟจากฟืน น้ำมันหรือแก๊ส ที่จะไม่ให้ถูกผลิตภัณฑ์โดยตรง โดยก่อคั่นระหว่าง Fire Box กับ Firing Chamber การก่อกำแพงไฟนี้จะต้องไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป จะต้องให้พอเหมาะกับสัดส่วนของเตาและลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้



การเผาเครื่องสุขภัณฑ์โดยใช้เตา Roller



การเผาผลิตภัณฑ์กระเบื้องโดยใช้เตาอุโมงค์

ประตูเตา (Door) ประตูเตาจะทำหน้าที่เปิด - ปิด เมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา เมื่อเผาเสร็จแล้วหลังจากเตาเย็นก็นำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผา รูปแบบของประตูเตาขึ้นอยู่กับการออกแบบเตาที่จะนำไปใช้ประตูเตาจะอยู่ด้านบน ด้านหน้า ด้านข้างของเตาก็ได้

ประตูเตาหรือฝาเตา เมื่อทำการปิดเตาแล้วจะต้องไม่ให้มีความร้อนภายในเตารั่วไหลออกมาภายนอกได้

สำหรับประตูเตาที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงเช่น เตาทุเรียง เตาแมงปล่อง เตามังกร หลังจากการเผาได้ตามอุณหภูมิที่กำหนดแล้วก็จะทำการปิดเตาโดยการใช้อิฐก่อปิดส่วนหน้าของห้องเผาไหม้ (Fire Box) เพื่อไม่ให้ความร้อนออกจากเตาเร็วเกินไป โดยจะทำเช่นนี้เมื่อเผาผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง

ช่องดูไฟ (Fire Hole) คือช่องที่เจาะทะลุประตูเตาด้านหน้า หรือด้านข้างของเตาเผาโดยมีขนาดตามความเหมาะสมที่ใช้ในการดูสีไฟดูทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิ (Cone) ที่ตั้งอยู่ภายในเตา และสามารถดูสอดใส่หรือนำออกของแผ่นทดลอง เนื้อดินและเคลือบ ช่องดูไฟที่ดีจะต้องมีที่ปิดเปิดด้วย

สำหรับช่องดูไฟของเตาไฟฟ้าที่เจาะขึ้นจะมีขนาดเล็กกว่าเตาฟืน เตาน้ำมัน และเตาแก๊ส ที่สำคัญช่องดูไฟนี้สามารถระบายไอน้ำและแก๊สจากการเผาผลิตภัณฑ์ด้วย

รถเข็นบรรจุผลิตภัณฑ์ (Kiln Car) เตาเผาชนิดที่ใช้รถเข็นบรรจุผลิตภัณฑ์เลื่อนตามรางเข้าเตาเผาได้แก่ เตาชัททีล (Shuttle Kiln) และเตาอุโมงค์ ส่วนบนของรถเข็นจะก่อและปูด้วยอิฐทนไฟและมีการเจาะช่องดูดลม (Suction Pore) มีช่องที่จะไปต่อเชื่อมกับปล่องระบายความร้อนหรือควัน เมื่อทำการเลื่อนรถเข็นเข้าตัวเตาเผารถเข็นจะกลายเป็นส่วนพื้นของห้องเผาผลิตภัณฑ์

แผ่นบังคับความร้อน (Damper) คือ แผ่นอิฐทนไฟที่สอดใส่ไว้ในช่องทางที่ความร้อนจะระบายออกขึ้นสู่ปล่องโดยแผ่นอิฐนี้จะเป็นตัวบังคับให้ความร้อนไหลออกจากเตาได้ช้าหรือเร็วซึ่งจะใช้กับเตาแก๊สหรือเตาน้ำมันที่เป็นแบบระบายความร้อนลง (Drown Draft Kiln) การเลื่อนแผ่นบังคับความร้อนนี้จะมีผลต่อบรรยากาศการเผาภายในเตาด้วยโดยจะให้เป็นแบบออกซิเดชั่น หรือรีดักชั่น ก็ได้

ปล่องไฟ (Chimney) จะเป็นส่วนที่มองเห็นได้แต่ไกลและสามารถทำนายได้ว่าขณะที่เห็นปล่องระบายความร้อนหรือเขม่าควันนี้ เตากำลังเผาอยู่หรือไม่

ปล่องไฟนี้จะเป็นส่วนประกอบของเตาเผาที่ใช้เชื้อเพลิงได้แก่ ฟืน ถ่านหิน แก๊ส และน้ำมัน ขณะที่เชื้อเพลิงเกิดการสันดาปจะเกิดก๊าซ เขม่าควันความร้อนจะต้องระบายออกสู่ภายนอกเตาด้วยปล่องไฟนี้ขนาดและความสูงของปล่องไฟจะต้องมีการคิดคำนวณเพื่อให้เตาเผามีประสิทธิภาพสูงสุดตามขนาดของเตาและเชื้อเพลิงที่ใช้

ข้อควรพิจารณาในการที่จะสร้างเตาเผา

ข้อคิดที่ควรพิจารณาในการสร้างเตาเผาก็จะมีลักษณะคล้าย ๆ กันกล่าวคือ การใช้ความร้อน การวางผลิตภัณฑ์ที่จะเผา ห้องเผาผลิตภัณฑ์ และการถ่ายเทความร้อนภายในเตาเผา ลักษณะของเตาเผาที่ใช้อยู่ทั่วไปมีอยู่ 3 แบบคือ เตาเผาแบบระบายความร้อนขึ้น เตาเผาแบบระบายความร้อนเป็นแนวนอน และเตาเผาแบบระบายความร้อนลง

สุดแต่ผู้ออกแบบจะนิยมเลือกใช้โดยทั่ว ๆ ไปจะนิยมใช้เตาเผาแบบระบายความร้อนลง เพราะง่ายแก่การตกแต่งทางไฟ ปัจจุบันนี้ก็ยังคงใช้หลักการนี้อยู่แต่ก็ได้มีการพัฒนาในรูปแบบและวิธีการควบคุมทำให้การสร้างเตาเผาในปัจจุบันนี้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ในการสร้างเตาเผาชนิดต่าง ๆ ในสถานศึกษาหรือในทางอุตสาหกรรมก็มีแนวพิจารณาที่คล้ายคลึงกันจะแตกต่างกันก็แต่ในเรื่องของรูปแบบที่ต้องสร้างให้เหมาะสม

กับชนิดของผลิตภัณฑ์หรือความต้องการใช้งานต่างๆเท่านั้น หลักเกณฑ์ในการพิจารณาในการสร้างเตาโดยทั่ว ๆ ไปจะคำนึงถึงชนิดของผลิตภัณฑ์และปริมาณที่จะผลิตจะนำมาพิจารณาหาขนาดและชนิดของเตาได้ง่ายขึ้น โดยมีหลักเกณฑ์ข้อควรพิจารณาในการสร้างเตา ดังนี้

1. ต้องประหยัดเชื้อเพลิง หรือกำลังงาน ต้องให้สิ้นเปลืองน้อยที่สุด การเลือกใช้ชนิดของเชื้อเพลิง ควรจะเป็นเชื้อเพลิงชนิดที่หาได้ง่าย ราคาถูก ไม่มีปัญหาในการจัดส่ง

2. ต้องมีความคงทนสูง สามารถทำการเผาได้ต่อเนื่องอย่างมีประสิทธิภาพโดยได้รับผลผลิตสูงและที่สำคัญคงทนต่อการใช้งานหรืออายุเตายืนนาน

3. มีความคล่องตัว กล่าวคือ สามารถใช้เผากับงานได้หลายชนิด และสามารถปรับปรุงแก้ไขได้ง่าย

4. สะดวกและง่ายต่อการควบคุมการเผา

5. ค่าบำรุงรักษาต่ำ ถ้าเตาเผาใช้วัสดุหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ก่อเตามีคุณภาพมาตรฐานที่ดีมาใช้แล้ว ปัญหาในการบำรุงรักษาจะมีน้อยมาก และจะมีผลดีไปถึงความปลอดภัยของตัวเตาด้วย รวมถึงอายุการใช้งานของเตาจะยาวนานขึ้น

6. บริเวณและสถานที่ตั้ง เตาแต่ละชนิดนั้นจะมีขนาดของตัวเตา และความต้องการพื้นที่ใช้สอยในการเผาที่เหมาะสมกับเตาแต่ละชนิด ฉะนั้นสถานที่พื้นที่ที่มีอยู่จะต้องมีความสัมพันธ์กับการเลือกใช้เตาด้วย[15] ดังนั้นควรจะหาที่เหมาะสมจริง ๆ เพราะเมื่อสร้างเตาลงไปแล้วการเคลื่อนย้ายจะลำบากและสิ้นเปลืองมาก

วัสดุอุปกรณ์เตาเผา

เตาเผาที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์หรือเครื่องปั้นดินเผามีความจำเป็นที่จะต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อช่วยให้การดำเนินการเผาผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างเหมาะสมและได้ผลดีตามความประสงค์ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในเตาไฟฟ้า เตาแก๊ส เตาน้ำมันจะมีส่วนที่ใช้ร่วมกันได้ ยกเว้นของเตาฟืนอาจจะใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันบ้าง วัสดุอุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่

ชั้นวางผลิตภัณฑ์ (Shelter) คือแผ่นวางผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุทนไฟที่สังเคราะห์ขึ้นได้แก่ แผ่นซิลิกอนคาร์ไบท์ (Silicon Carbide) และแผ่นคอร์เดียไรท์ (Cordierite) โดยนำแผ่นนี้มาใช้วางผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เข้าเตาเผา ซึ่งใช้กับเตาไฟฟ้า เตาแก๊ส เตาน้ำมัน ส่วนใหญ่ที่ใช้กับเตาทั่วไปจะมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ถ้าอยู่ในรูปของสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาด 40x40x1 เซนติเมตร ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่จะต้องมีการบากทั้ง 4 ด้าน เพื่อลดการบิดเบี้ยวเมื่อได้รับความร้อนสูง เนื่องจากการขยายตัว เวลาใช้จะวางขาตั้งชั้นวางให้สูงกว่าผลิตภัณฑ์เล็กน้อยโดยการวางขาตั้งแบบ 3-4 มุม แล้วจึงนำแผ่นชั้นวางผลิตภัณฑ์ซ้อนกันขึ้นไปภายในเตาเผา

ซึ่งชั้นวางผลิตภัณฑ์จะมีจำหน่ายทั้งแผ่นซิลิกอนคาร์ไบท์และแผ่นคอร์เดียไรท์อยู่ในรูปแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า และอยู่ในรูปของแผ่นกลมหรือ 8 เหลี่ยม โดยมีขนาดกว้าง ยาว และหนาต่างกัน ตามมาตรฐานและคุณภาพตามที่กำหนดของแต่ละบริษัทที่ผลิตจำหน่าย

ขาตั้งชั้นวาง (Posts) เป็นขาตั้งสำหรับรองแผ่นชั้นวางผลิตภัณฑ์ภายในเตาเผา ทำด้วยวัสดุทนไฟที่สังเคราะห์ขึ้นได้แก่ ซิลิกอนคาร์ไบท์ และคอร์เดียไรท์ ซึ่งสามารถทนความร้อนได้สูง มีความแข็ง รับน้ำหนักได้ดี ส่วนใหญ่ที่ผลิตจำหน่ายในท้องตลาดจะเป็นแท่งตัน รูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม สี่เหลี่ยมคอดกลาง โดยมีขนาดความกว้างยาวและความสูงต่างกัน สามารถเลือกนำไปใช้ให้เหมาะสมต่อความต่ำ สูงของผลิตภัณฑ์ที่จัดเรียงเข้าชั้นวางในเตาเผา

ขาตั้งผลิตภัณฑ์ (Stilts) เป็นวัสดุอุปกรณ์ที่มีความทนไฟมีความแข็งสามารถรับน้ำหนักได้ดีนำมาใช้เป็นขาตั้งรองผลิตภัณฑ์ในการเผาเคลือบเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีส่วนที่ไม่ติดเคลือบน้อยที่สุด และเพื่อกันไม่ให้เคลือบละลายติดพื้น

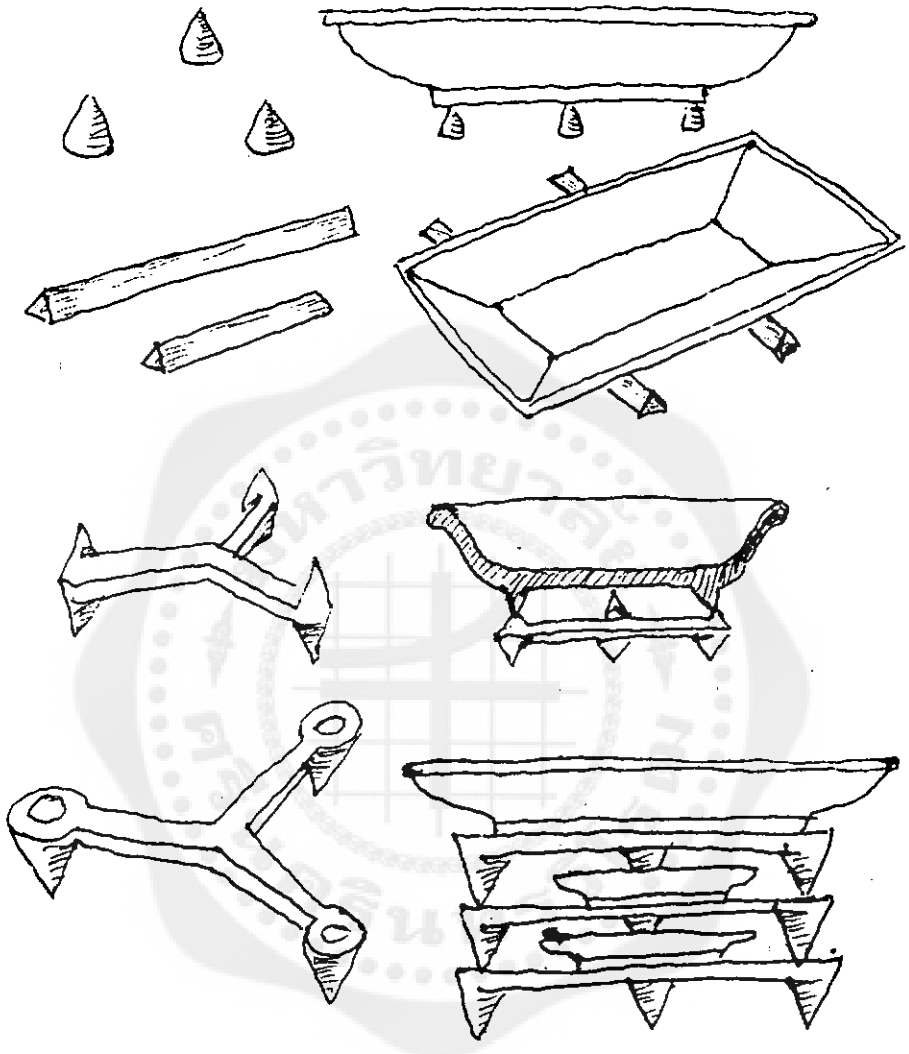
ซึ่งปัจจุบันขาตั้งผลิตภัณฑ์ มีผลิตจำหน่ายโดยมีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับรูปร่างของผลิตภัณฑ์ และมีขาตั้งรองผลิตภัณฑ์แบบวางซ้อนกันได้หลายชิ้นด้วย

หีบดินเผา (Sagger) หีบดินเผาคือที่ใช้ใส่ผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้บนโต๊ะอาหารจำพวกเนื้อดินสโตนแวร์หรือพอร์สเลนที่มีคุณภาพสูงเพื่อป้องกันฝุ่นละออง เขม่าควัน และเปลวไฟจะลามเลียถูกพื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่เคลือบทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดตำหนิจากสิ่งเหล่านี้ได้ หีบดินเผาหรือจ๊อมักจะใช้กับเตาฟืน เตาน้ำมัน และเตาแก๊ส

โดยหีบดินเผาทำจากวัสดุทนไฟที่สังเคราะห์ขึ้นได้แก่ ซิลิกอนคาร์ไบท์ และคอร์เดียไรท์ นอกจากทำหน้าที่ป้องกันฝุ่นละออง เขม่าควัน และเปลวไฟลามเลียพื้นผิวผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วยังทำหน้าที่เป็นชั้นวางผลิตภัณฑ์และขาตั้งผลิตภัณฑ์ไปในตัว สามารถประหยัดเนื้อที่ในการเผาได้ด้วย

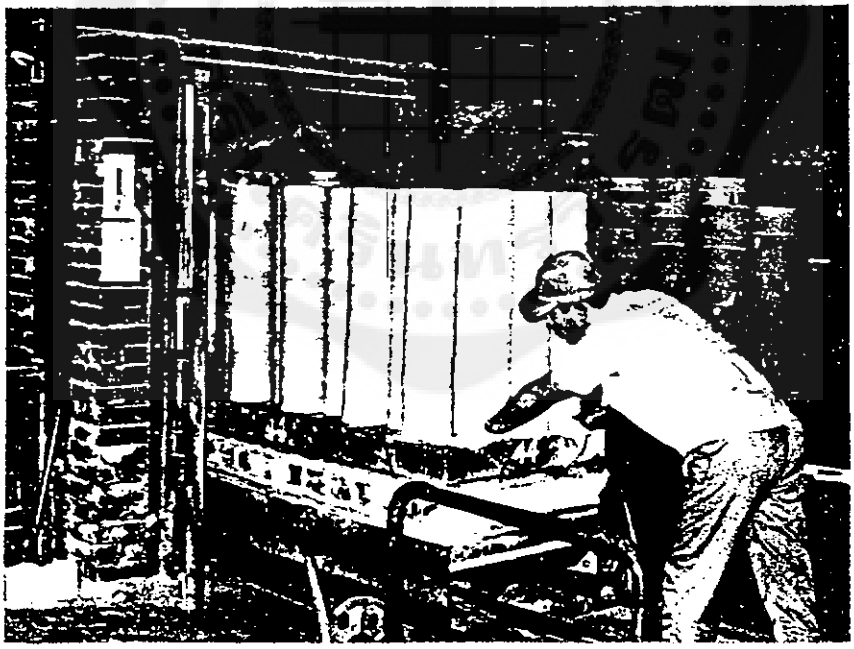
วัสดุทากันเคลือบหลอมละลายติดชั้นวางผลิตภัณฑ์ ในการเผาเคลือบผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งบางครั้งจะพบว่ามีผลิตภัณฑ์บางชิ้นที่เคลือบหลอมละลายเกินไปติดที่ชั้นวางผลิตภัณฑ์ด้วย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีตำหนิเสียหายได้ รวมถึงชั้นวางผลิตภัณฑ์ก็เสียหายด้วย ถ้าเผาเคลือบผลิตภัณฑ์โดยใช้อุณหภูมิเกินไปมาก ๆ อาจจะทำให้เคลือบที่หลอมละลายไหลย้อยไปติดสู่พื้นเตาได้ด้วย จะทำให้พื้นเตาเกิดชำรุดเสียหาย หรืออิฐทนไฟภายในเตาจะมีตำหนิได้

ฉะนั้นการแก้ปัญหาเบื้องต้นโดยการใช้วัสดุที่มีความทนไฟสูงได้แก่ ผงอลูมิน่า (Alumina) 3 ส่วน ผสมกับดินขาว 1 ส่วน แล้วนำไปผสมกับน้ำให้อยู่ในรูปของเหลวพอประมาณโดยนำไปใช้ทาพื้นเตาและชั้นวางผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปใช้วางผลิตภัณฑ์เผาเคลือบรวมถึงนำไปทาพื้นของหีบดินเผาด้วย



ขาตั้งผลิตภัณฑ์ลักษณะต่าง ๆ ที่ใช้ในการรองฐานผลิตภัณฑ์
ในการเผาเคลือบเพื่อป้องกันน้ำเคลือบติดชั้นวาง

การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงหีบดินทนไฟ



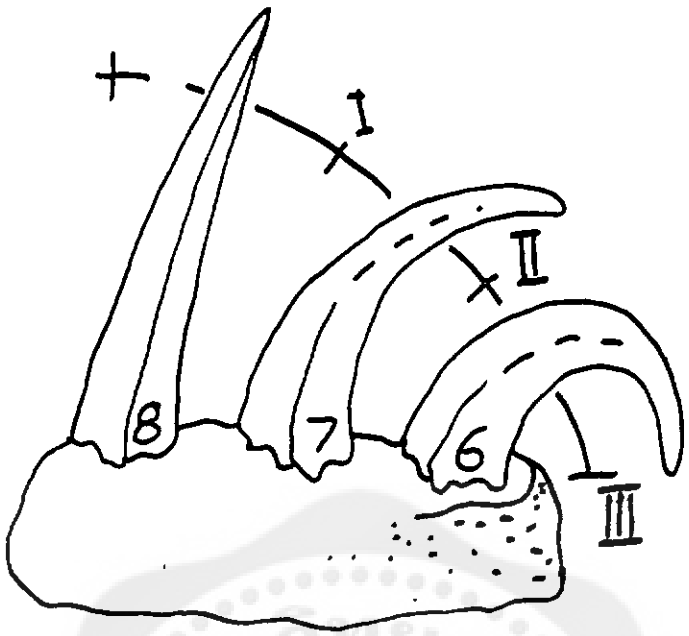
การนำผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในหีบดินเลื่อนเข้าเตาเผา

ที่วางโคน (Cone) ที่สำหรับวางโคนในเตาเผา โดยปกติจะใช้เนื้อดินปั้นไฟสูงทั่วไปนำมาคลึงให้เป็นก้อนกลมแล้วนำฐานโคนมาปักเสียบตกแต่งปรับมุมแล้วนำไปวางตรงที่จัดเตรียมไว้ที่ชั้นวางผลิตภัณฑ์ภายในเตาเผาที่ตรงกับช่องดูไฟแล้วทำการทดสอบการมองเพื่อไม่ให้มีการผิดพลาด หลังจากการเผาไปแล้วอาจจะมองโคนเห็นไม่ชัด เป็นต้น

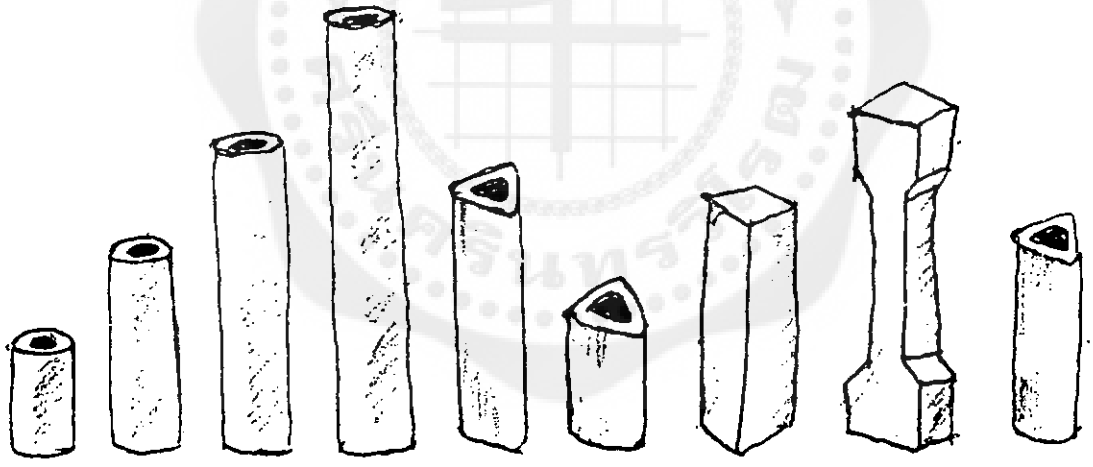
การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา ก่อนการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาจะต้องทำความสะอาดเตาและตรวจสอบความเรียบร้อยภายในเตาก่อน ถ้าเป็นเตาเผาไฟฟ้าควรตรวจสอบด้วยการดูหรือการสังเกตว่ามีขดลวดความร้อนขาดหรือไม่ ถ้ามีก็ทำการซ่อมแซมโดยการเปลี่ยนขดลวดเสียก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์เข้าไปบรรจุ

เมื่อทำการตรวจสอบและทำความสะอาดภายในเตาเรียบร้อยแล้ว การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตา ถ้ามีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายรูปแบบและมีขนาดความกว้างความสูงที่แตกต่างกัน ก็จะต้องทำการคัดเลือกขนาดความสูงของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกันให้วางอยู่ในชั้นวางเดียวกันแล้วปรับมุมหรือเหลี่ยมของผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกันเพื่อเป็นการประหยัดพื้นที่ในเตาเผา ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีฝาปิด ไม่ควรแยกตัวแยกฝาออกจากกันอาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์บิดเบี้ยวได้ หลังจากการเผาฝาอาจจะปิดไม่สนิทดังเดิม หรือนำฝาไปสวมใส่เข้ากับตัวภาชนะไม่เข้า การบรรจุผลิตภัณฑ์ภายในเตาเผาไม่ควรบรรจุผลิตภัณฑ์แน่นหรือโปร่งจนเกินไป การบรรจุแน่นมากจะมีผลต่ออุณหภูมิโดยทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผาขึ้นช้าจะต้องใช้ระยะเวลานานขึ้นกว่าจะเผาถึงตามอุณหภูมิที่กำหนด ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่โปร่งจนเกินไปเป็นการทำให้เสียพื้นที่ในเตาเผาโดยเปล่าประโยชน์ เพราะการเผาแต่ละครั้งจะต้องสิ้นเปลืองค่าเชื้อเพลิงเหมือนกัน

การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาสำหรับเตาไฟฟ้าและเตาแก๊สนั้นจะมีวิธีการที่คล้ายคลึงกันทั้งการเผาดิบและการเผาเคลือบ ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาฟืนและเตาน้ำมันนั้นควรจะบรรจุผลิตภัณฑ์ไว้ในหีบดินเผาเพื่อป้องกันเปลวไฟไปสัมผัสพื้นผิวผลิตภัณฑ์โดยตรงหรือมีฝุ่นละอองหรือเขม่าควันไฟติดเคลือบของผลิตภัณฑ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสียหายได้



ลักษณะการล้มของทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิความร้อน



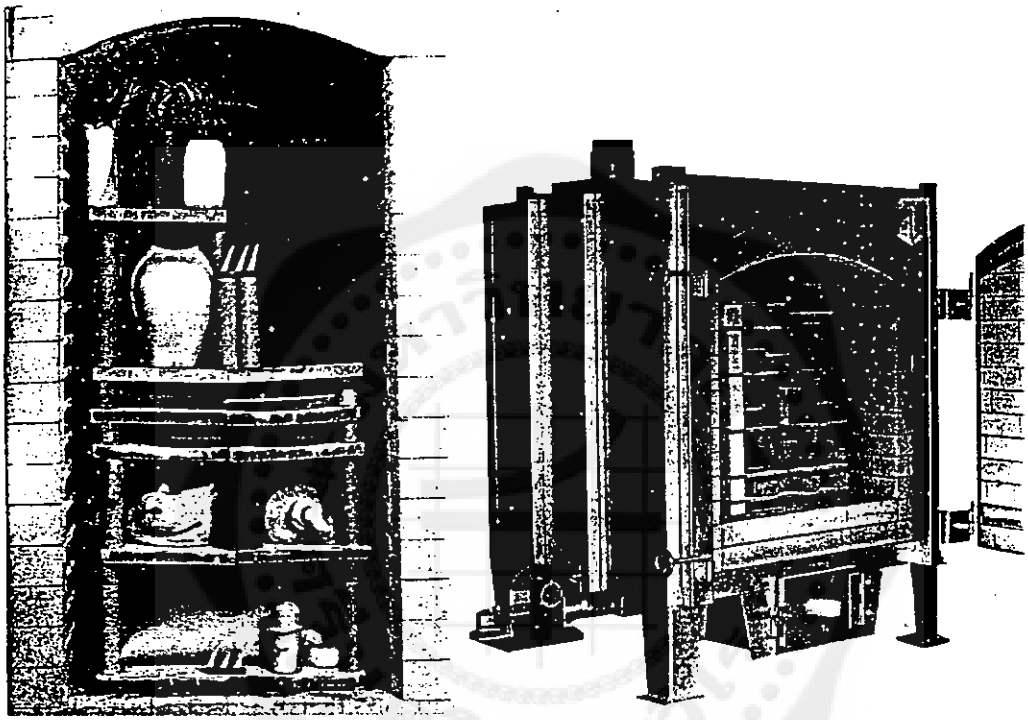
ขาตั้งชั้นวางผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบและขนาดต่าง ๆ

สำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์เพื่อการเผาดิบนั้นสามารถให้ผลิตวางทับซ้อนหรือสัมผัสถูกกันได้ส่วนการบรรจุผลิตภัณฑ์เพื่อการเผาเคลือบนั้นจะวางทับซ้อนหรือสัมผัสโดนกันไม่ได้เพราะเมื่อน้ำเคลือบเกิดการหลอมละลายจะทำให้ผลิตภัณฑ์ยึดติดกันได้ และสิ่งที่สำคัญการบรรจุหรือจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา ไม่ควรให้ผลิตภัณฑ์วางชิดติดผนังเตาหรือชิดกับขวดลวดความร้อนเด็ดขาด เพราะเมื่อน้ำเคลือบเกิดการหลอมละลายแล้วไปถูกขดลวดความร้อนไม่ว่าจะถูกน้ำเคลือบกระเด็นใส่ หรือผลิตภัณฑ์ที่เคลือบล้มใส่ขดลวดความร้อนหรือโดนผนังเตาจะทำให้ขดลวดความร้อนขาดและผนังเตาเกิดการเสียหายได้

การบรรจุผลิตภัณฑ์เพื่อการเผาเคลือบจะต้องทำการเช็ด หรือทำความสะอาดให้เรียบร้อย ในส่วนของเคลือบที่จะวางสัมผัสกับพื้นเตา หรือชั้นวางผลิตภัณฑ์ เช่น ฐานผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ส่วนการจัดวางผลิตภัณฑ์ภายในเตาแก๊ส หรือโดยเฉพาะเตาไฟฟ้าจะต้องจัดวางผลิตภัณฑ์ให้ห่างจากผนังเตาที่มีขดลวดความร้อนอยู่อย่างน้อยห่างไม่ต่ำกว่าประมาณ 3 นิ้ว เพื่อความปลอดภัยและความคงทนของขดลวดความร้อนที่ใช้

การเผาดิบ (Biscuit Firing) คือการนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ พร้อมกับมีการตกแต่งตามวิธีการที่เหมาะสม เมื่อปล่อยให้ผลิตภัณฑ์แห้งสนิทดีแล้วจะต้องมีการตรวจสอบก่อนเบื้องต้นว่าผลิตภัณฑ์มีการแตกร้าวหรือไม่ในขณะที่ปล่อยให้ผลิตภัณฑ์แห้งสนิท เมื่อตรวจสอบดีแล้วจึงทำการบรรจุจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาแล้วทำการเผาซึ่งเป็นการเผาครั้งแรกโดยใช้อุณหภูมิต่ำประมาณ 700-900 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 6-7 ชั่วโมง สำหรับเตาไฟฟ้าและเตาแก๊ส

การเผาดิบเป็นการเผาครั้งแรกของผลิตภัณฑ์เป็นการไล่ความชื้นบางส่วนที่ยังหลงเหลืออยู่และสารอินทรีย์ที่อยู่ในเนื้อดินปั้นเพื่อให้เนื้อดินปั้นเกิดการเปลี่ยนสภาพทางโครงสร้างของดินให้มีความคงทน แข็งแกร่งขึ้นในระดับหนึ่ง และเนื้อดินเมื่อถูกน้ำแล้วจะไม่สามารถละลายน้ำไปขึ้นรูปใหม่ได้ จึงทำให้มีความสะดวกในการจับต้องหรือ



การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา

หยิบจับในขณะที่นำไปตกแต่งเพิ่มเติมและชุบน้ำเคลือบรวมทั้งเป็นการป้องกันการแตกร้าวในอุณหภูมิต้น ๆ ของการเผาเคลือบ

วิธีการเผาดิบจะต้องทำการเผาโดยการให้ความร้อนและการเพิ่มอุณหภูมิปริมาณของความร้อนขึ้นทีละน้อยไม่ว่าจะเป็นเตาไฟฟ้า เตาแก๊ส เตาน้ำมัน หรือเตาฟืน ควรให้ระยะเวลาการเผาสัมพันธ์กับอุณหภูมิความร้อนที่ขึ้นให้ดำเนินไปอย่างช้า ๆ ไม่ควรให้อุณหภูมิในการเผาขึ้นเร็วจนเกินไปเพราะอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าวเสียหายได้โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ที่ขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน หรือขึ้นรูปด้วยวิธีอิสระเพราะความหนาบางของผลิตภัณฑ์บางส่วนอาจจะไม่เท่ากัน เมื่อเผาเนื้อดินจะมีการหดตัวถ้ามีพื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์มากอาจจะมีการดึงตัวไม่เท่ากันและน้ำที่ผสมอยู่ในเนื้อดินตอนปั้นที่เหลืออยู่บางส่วนในเนื้อดินอาจจะระเหยกลายเป็นไอน้ำออกมาไม่ทัน ทำให้เกิดแรงดันทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าวได้ ดังนั้นการใช้ระยะเวลาการเผาไม่ควรให้ต่ำกว่า 6-7 ชั่วโมง แต่ถ้าใช้ระยะเวลานานกว่านี้ก็เป็นการดี แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับขนาดของเตา ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้และขนาดของผลิตภัณฑ์ด้วย โดยเฉพาะการเผาในเตาฟืนจะต้องดำเนินการเผาโดยวิธีการสุมไฟทีละน้อย เนื่องจากเปลวไฟอาจไปสัมผัสโดนผลิตภัณฑ์และความร้อนภายในเตาที่ถูกผลิตภัณฑ์ที่ไม่สม่ำเสมอกัน อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสียหายได้ง่าย รวมถึงหลังจากการเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดแล้วจะต้องปล่อยให้อุณหภูมิภายในเตาลดลง หรือให้เตาเย็นลงมากที่สุด อุณหภูมิภายในเตาไม่ควรสูงเกิน 90 องศาเซลเซียส โดยประมาณถึงจะเปิดประตูเตาแล้วนำผลิตภัณฑ์ออก มิฉะนั้นผลิตภัณฑ์จะเกิดการแตกร้าวได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากร้อนมากระทบอากาศเย็นภายนอกเตา

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น กระเบื้องปูพื้น หรือกระเบื้องบุผนัง จะทำการเผาครั้งแรกที่อุณหภูมิสูงกว่าการเผาเคลือบครั้งหลัง เพราะสามารถทำการตรวจสอบการบิดงอ การแตกร้าว การมีรูพรุน ฯลฯ ของผลิตภัณฑ์ เมื่อพบก็จะทำการคัดออกนำส่วนที่ดีและผ่านการตรวจสอบแล้วถึงจะนำไปเคลือบที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะทำให้เป็นการประหยัดเคลือบและการสูญเสียจะลดน้อยลงเป็นการลดต้นทุนการผลิตอย่างหนึ่ง

การเผาเคลือบ (Glost Firing)

การเผาเคลือบเป็นการเผาเพื่อให้น้ำเคลือบที่ติดอยู่บนพื้นผิวผลิตภัณฑ์เกิดการหลอมละลายกลายเป็นเนื้อแก้วฉาบอยู่บนพื้นผิวผลิตภัณฑ์โดยติดเป็นเนื้อเดียวกันจะมันแววววาวหรือด้านก็ได้ เคลือบและเนื้อผลิตภัณฑ์จะมีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้นโดยเนื้อดินจะสุกตัวเพิ่มขึ้นเช่นกันสามารถทนกรดและด่างได้ ของเหลวหรือน้ำไม่สามารถซึมผ่านได้หรือซึมผ่านได้น้อย

อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเคลือบจะขึ้นอยู่กับชนิดของเคลือบเช่น เคลือบไฟต่ำหรือเคลือบไฟสูงโดยมีสูตรส่วนผสมและวัตถุดิบที่ใช้ในการทำเคลือบแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้เคลือบผลิตภัณฑ์จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปใช้ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ เช่นเพื่อประโยชน์ใช้สอยหรือเพื่อความงาม เป็นต้น

ดังตัวอย่างเช่น การใช้เคลือบไฟต่ำที่มีสูตรส่วนผสมของตะกั่วหรือบอแรกซ์ นำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ที่นำไปใช้ประดับตกแต่ง เช่น กระเบื้องมุงหลังคาวัด แต่ตะกั่วหรือบอแรกซ์ไม่ได้ใช้รูปของฟริต เมื่อนำกระเบื้องประเภทนี้ไปใช้เมื่อถูกน้ำฝนตะกั่วหรือบอแรกซ์ บางส่วนที่อยู่ในกระเบื้องเคลือบยังสามารถละลายน้ำได้อยู่ ดังนั้นการไปรองน้ำฝนจากหลังคาวัดมารับประทานจะเป็นอันตรายได้เช่นกัน

การเผาเคลือบไฟต่ำที่เป็นเคลือบตะกั่วหรือบอแรกซ์จะมีจุดหลอมตัวที่สั้น ดังนั้นการเผาเคลือบชนิดนี้ที่อุณหภูมิ 700-800 องศาเซลเซียส จะต้องระมัดระวังเมื่อเผาถึงจุดที่อุณหภูมิกำหนดไว้จะต้องหยุดไฟทันที มิฉะนั้นน้ำเคลือบจะไหลติดชั้นวางหรือหีบดินที่ใช้จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้ถึงแม้การเว้นไม่เคลือบตรงฐานผลิตภัณฑ์ไว้มากก็ตาม

ส่วนการเผาเคลือบไฟสูงที่ใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 1,250 องศาเซลเซียสขึ้นไปโดยมีสูตรส่วนผสมของสารที่ช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) น้อยการเผาเคลือบชนิดนี้เมื่อเผาถึงอุณหภูมิตามที่กำหนดแล้วคือ เคลือบถึงจุดสุกตัวแล้วควรแช่ไฟหรือทำอุณหภูมิความ

ร้อนให้คงที่ไว้ชั่วครู่ เพื่อให้เคลือบหลอมตัวอย่างดี มีผิวเรียบสม่ำเสมอกันแล้วทำการปิดไฟและจะต้องปิดรูต่าง ๆ เช่น ช่องดูไฟที่มีอยู่ ถ้าเป็นเตาแก๊สหรือเตาน้ำมันก็จะต้องทำการปิดช่องระบายความร้อน (Damper) ด้วยเพื่อให้ความร้อนภายในเตาเย็นตัวลงอย่างช้าๆก่อนจะนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผาจะต้องรอให้เตาเย็นตัวลงถึงอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับการเผาดิบจึงทำการเปิดเตาแล้วนำผลิตภัณฑ์ออก ถ้าเปิดเตาในขณะที่เตายังอุณหภูมิสูงอยู่ จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าวได้ เช่นเดียวกับการเผาดิบแล้วยังทำให้อิฐภายในเตาเผาเกิดการแตกร้าวได้เช่นกัน เพราะปฏิกริยาร้อนกระทบเย็น

การเร่งไฟหรือเพิ่มอุณหภูมิความร้อนภายในเตาจะต้องเป็นไปอย่างเหมาะสมในอัตราโดยเฉลี่ยประมาณ 50-100 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง

การเผาสีบนเคลือบ (Over Glaze Firing)

เป็นการนำผลิตภัณฑ์หรือภาชนะเครื่องปั้นดินเผาที่ผ่านการเผาเคลือบไฟสูงมาแล้วเป็นชนิดเคลือบใสหรือเคลือบสีขาวแล้วนำมาตกแต่งเขียนลวดลายด้วยสีบนเคลือบหรือการใช้รูปลอกสีบนเคลือบนำไปติดบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์แล้วนำไปเผาด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิประมาณ 700-900 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาทำสีว่าจะสุกตัวที่อุณหภูมิใด

การใช้สีทองสีเงิน หรือสีทองแดงไปตกแต่งโดยวิธีการตัดเส้นหรือเป็นการเน้นให้ผลิตภัณฑ์นั้นเกิดความแวววาวขึ้นบางส่วน เช่น การเขียนเส้นขอบฝาขอบตัวของผลิตภัณฑ์หรือการลงสีทองที่จุกหรือปลายขอบฝาภาชนะวิธีการใช้สีทองให้เกิดผลดีนั้นจะต้องเขียนสีทองไม่ให้ทับสีบนเคลือบ สีทองถึงจะสดใส

ถ้าเกิดการเขียนสีทองผิดพลาดจำเป็นต้องลบออกควรปล่อยให้สีทองแห้งเสียก่อน แล้วใช้ของมีคมขูดสีทองออกแล้วใช้น้ำธรรมดาเช็ดอีกครั้ง สีทองจะหมดไปถ้าใช้ทินเนอร์เช็ดเลยโดยไม่มีการขูดสีทองออกเวลาเผาตรงรอยเช็ดด้วยทินเนอร์จะเกิดคราบสีม่วงขึ้น[16]

การเผาสีบนเคลือบและการเผาสีทองบนเคลือบจะต้องเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด เพราะสีบนเคลือบเหล่านี้ส่วนใหญ่จะเป็นสีสำเร็จรูปซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะมีเอกสารข้อมูลแนะนำวิธีการนำไปใช้แจกให้เป็นคู่มือแก่ผู้ซื้อสี เพราะการเผาสีบนเคลือบถ้าเกิดเผาเกินอุณหภูมิที่กำหนดสีบางสีจะจางหายไปได้ส่วนที่เหลือบางสีก็จะซีดจางและมีรอยด่างเกิดขึ้น การเผาสีทองห้ามเผาร่วมกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการเผาดิบเพราะคิดว่าการใช้อุณหภูมิการเผาที่ใกล้เคียงกันจะนำมาเผารวมกันได้ ถ้าเกิดนำสีทองบนเคลือบมาเผารวมกับการเผาดิบ สีทองที่เผาออกมาจะหมองไม่สดใสเพราะสีทองจะถูกไอน้ำที่ระเหยออกมาจากผลิตภัณฑ์ส่วนที่ทำการเผาดิบอยู่

การเผาสีทองจะใช้ อุณหภูมิโดยประมาณ 750-800 องศาเซลเซียส และการเผาสีบนเคลือบหรือสีทองบนเคลือบจะใช้เตาแก๊สเผาก็ได้เช่นกัน แต่ต้องนำผลิตภัณฑ์ที่เขียนสีบนเคลือบและสีทองบนเคลือบไปบรรจุใส่ในหีบดินเผา (Sagger) ให้มิดชิดแต่ควรจะนำไปเผาด้วยเตาไฟฟ้าจะเหมาะสมกว่า

การวัดอุณหภูมิความร้อน

ในการเผาดิบหรือเผาเคลือบมีความจำเป็นจะต้องทราบถึงอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาที่ถูกต้อง ถ้าไม่ทราบอุณหภูมิภายในเตาเผา จะทำให้การเผาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เกิดการเสียหายได้ เช่นการเผาเคลือบไม่สุก หรืออาจจะเผาเคลือบเลยอุณหภูมิที่กำหนดจะทำให้เคลือบไหลย้อยติดชั้นรองเตาหรือติดพื้นเตา เป็นต้น ในอดีตสมัยโบราณการเผาอาจจะใช้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก เช่น การสุมเผาผลิตภัณฑ์กลางแจ้ง การเผาลักษณะแบบนี้อาจจะใช้ประสบการณ์จากการสังเกตด้วยการดูผลิตภัณฑ์ว่าเผาสุกหรือยังหรืออาจจะใช้การนับระยะเวลาของการเผาว่า เป็นวันเป็นคืนผลิตภัณฑ์ถึงจะใส่น้ำใส่ข้าวได้ เป็นต้น

ในปัจจุบันการวัดอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาชนิดต่างๆไม่ใช่เรื่องยาก เพราะปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมาก จึงทำให้มีเครื่องวัดอุณหภูมิภายในเตาเผามีหลายชนิดหลายแบบสามารถวัดอุณหภูมิความร้อนได้อย่างละเอียดถี่ถ้วน

และวัดได้ในอุณหภูมิที่สูงมากเพราะการวัดอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญต่อการเผาผลิตภัณฑ์ให้ได้ดีและสมบูรณ์ เป็นต้น

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงการวัดอุณหภูมิโดยการใช้อุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาที่มีใช้กันอยู่ตามสถานศึกษาโดยทั่วไปพอสังเขป

คำว่า Pyrometer คือ เครื่องมือที่วัดความร้อน มาจากคำว่า Pyro คือความร้อน ส่วน Meter คือเครื่องวัด หรือการวัด

อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผามีหลักเกณฑ์หลายหลักเกณฑ์ที่นำมาใช้สร้างเครื่องมือวัดอุณหภูมิได้โดยในที่นี้จะกล่าวถึงอาศัยหลักเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าของสารหนึ่ง เมื่อสัมผัสกับสารต่างชนิดแล้วจุดสัมผัสนั้นได้รับความร้อนจะเกิดค่าความแตกต่างของศักดาไฟฟ้าขึ้นค่าหนึ่งคือเกิด Difference Electrical Potential ค่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลง ถ้าเพิ่มอุณหภูมิหรือลดอุณหภูมิที่จุดสัมผัสนั้น ดังนั้นเมื่อจุดสัมผัสนี้ได้รับความร้อนภายในเตาเผาจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนของกระแสไฟฟ้าที่ต่อมายัง Pyrometer ที่ติดตั้งไว้นอกเตาบอกค่าอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาเป็นตัวเลขของจำนวนองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ จากหลักการอันนี้ก็สามารถวัดอุณหภูมิความร้อนได้สูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส โดยมีชื่อเรียกเครื่องวัดอุณหภูมิความร้อนแบบนี้ว่า Electrical Thermocouple หรือ Thermocouple Pyrometer ซึ่งเครื่องวัดอุณหภูมิความร้อนชนิดนี้ ปัจจุบันก็ยังนิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไป

Cone หรือทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิ

เป็นวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้วัดอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผานิยมใช้กับการเผาเคลือบที่กำหนดอุณหภูมิโดยประมาณในช่วงอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง แล้วไปเทียบตามหมายเลขและการทนไฟของ Cone นั้น

Cone หรือทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิทำขึ้น โดยใช้หลักเกณฑ์การใช้สูตรส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางเซรามิกส์นำมาผ่านกระบวนการความร้อนจะเกิดการ

หลอมตัวได้ ณ ที่อุณหภูมิหนึ่ง วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในการทำ Cone ก็ได้แก่ ดิน หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน และสารประกอบตัวอื่นที่ทำหน้าที่เป็นฟลัก (Flux) วัตถุดิบเหล่านี้จะต้องมีความบริสุทธิ์สูงและเม็ดละเอียดแล้วนำไปชั่งตามสูตรส่วนผสมที่คิดคำนวณขึ้นเป็นสูตรต่าง ๆ นำไปบดให้ส่วนผสมของวัตถุดิบคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกันและละเอียดขึ้น โดยใช้น้ำที่ผสมกับกาวที่ทำจากอินทรีย์สารเล็กน้อยแล้วนำไปอัดขึ้นรูปเป็นแท่งสามเหลี่ยมปลายแหลม ฐานตัดมุมเอียง 82 องศา แล้วนำเข้าเตาเผาทดสอบเทียบอุณหภูมิว่าสูตรส่วนผสมใดที่หลอมตัว ณ ที่อุณหภูมิที่กำหนดนั้น เป็นต้น

Cone หรือทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิที่เป็นมาตรฐานมีจำหน่าย และเป็นที่นิยมใช้อยู่ทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิด ด้วยกันคือ

Seger Cone ใช้กันในประเทศญี่ปุ่น เยอรมันนี ส่วน Orton Cone ใช้กันในสหรัฐอเมริกาและยุโรป รวมถึงประเทศไทยด้วย โดย Orton Cone นั้นจะมีอยู่ 2 ขนาดคือ ขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก จะทำเป็นรูปลักษณะที่เป็นแท่งสามเหลี่ยมปลายแหลมฐานตัดทำมุมเอียง 82 องศา โดยมีการทำสัญญลักษณ์ที่เป็นหมายเลขอยู่บนลำตัว Cone จะมีตั้งแต่ 022 เทียบอุณหภูมิความร้อนได้เท่ากับ 585 องศาเซลเซียส จนถึง 42 เทียบอุณหภูมิความร้อนได้เท่ากับ 2,015 องศาเซลเซียส การใช้โดยการตรวจสอบเบอร์ Cone และอุณหภูมิที่เทียบได้ จากตารางทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิชนิด Orton Cone ที่หน้าภาคผนวก 2

Cone นี้จะใส่เตาเผาในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นได้ในตรงกับช่องดูไฟโดยการใส่ตัวเดียวแต่ที่ถูกต้องนั้นต้องใช้ครั้งละ 3 ตัว โดยเรียงจากขวามาซ้าย หรือจากน้อยมามาก หันส่วนแบนของ Cone ทำมุมกับฐานที่ที่วาง 82 องศา และหันด้านที่มีตัวเลขเข้าหาตัว การอ่าน Cone จะยึดตัวกลางเป็นหลักซึ่งเป็นตัวที่บอกอุณหภูมิที่ต้องการ การล้มของ Cone เมื่อเผาถึงจุดสุกตัวจะต้องล้มตามเข็มนาฬิกาถึงจะถูกต้อง โดย Cone ตัวแรกจะล้มราบตัวที่สองจะเอียงประมาณ สองนาฬิกา และตัวที่สามจะเอียงหนึ่งนาฬิกา[17] เช่นถ้าต้องการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,210 องศา จะมีวิธีการวาง Cone ที่ใช้ดังนี้ คือใช้

Cone เบอร์ 7 โดยมีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,215 องศาเซลเซียส โดยใช้วิธีการทดสอบการวาง Cone 3 ตัว โดยการเรียงจากขวามาซ้าย หรือจากน้อยมาหามาก ดังนั้น Cone ตัวแรกคือ เบอร์ 6 โดยมีจุดหลอมตัวที่ 1,201 องศาเซลเซียส Cone ตัวที่ 2 ถัดมาคือ Cone เบอร์ 7 และเรียงถัดมาคือ Cone เบอร์ 8 มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1,236 องศาเซลเซียส โดยมีการวางให้มีระยะห่างกันพอสมควร เมื่อทำการเผาแล้วต้องให้ Cone เบอร์ 7 หลอมและเอียงประมาณ 2 นาฬิกา ส่วน Cone เบอร์ 6 จะล้มราบไปกับพื้น และ Cone เบอร์ 8 จะหลอมและเอียงหนึ่งนาฬิกา จึงจะได้อุณหภูมิความร้อนที่กำหนด คือ 1,210 องศาเซลเซียส โดยประมาณ Cone นี้นิยมใช้วัดอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาไฟฟ้า เพราะบรรยากาศการเผาเป็นแบบออกซิเดชั่น ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อ Cone เพียงแต่ต้องตั้ง Cone ให้ถูกวิธีและไม่ควรวางชิดผนังเตาที่ใกล้กับช่องดูไฟมากเกินไป เพราะอาจจะมีอากาศเย็นไหลผ่านเข้าไปตรงจุดนี้ได้ทำให้ Cone ล้มยาก

ส่วนการนำ Cone ไปใช้วัดอุณหภูมิความร้อนในเตาฟืน เตาแก๊ส หรือเตาน้ำมัน ซึ่งมีบรรยากาศการเผาเป็นแบบรีดักชั่น บรรยากาศการเผานี้มีผลต่อการล้มตัวของ Cone ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงล้มเร็ว ล้มช้าได้ เพราะผลจากเปลวไฟและเขม่าควัน จึงควรใช้ร่วมกับเครื่องวัดอุณหภูมิอื่น ๆ เช่น Thermocouple Pyrometer เพื่อทำการตรวจสอบอุณหภูมิความร้อนภายในเตาให้ถูกต้องมากขึ้น เป็นต้น

การดูสีไฟ ในการเผาผลิตภัณฑ์ที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงส่วนมากจะเป็นการเผาผลิตภัณฑ์พื้นบ้านในแต่ละท้องถิ่นที่ใช้อุณหภูมิในการเผาไม่สูงมากนักแต่ก็มีบางแหล่งที่เผาได้ในอุณหภูมิสูงก็เพราะมีการพัฒนารูปแบบของเตาเผาและมีการใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่ก่อเตาที่ดีขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้แก่ โอ่ง อ่าง ไห กระถางต้นไม้ อิฐ และหม้อดินเผา ในการเผาผลิตภัณฑ์โดยการใช้เตาฟืนในอดีตจะไม่มีเครื่องวัดอุณหภูมิที่ใช้ส่วนมาก การตรวจสอบอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาได้จากประสบการณ์ การดู การสังเกต และการปฏิบัติ จากการเผาแต่ละครั้ง

ซึ่งการดูก็ได้จากการสังเกตุสีไฟที่เปลี่ยนไปแต่ละช่วง

ดังนั้นการดูสีไฟนี้จะต้องเป็นผู้มีประสบการณ์และมีความชำนาญเพียงพอเมื่อดูสีไฟแล้วสามารถคาดคะเนว่าสีไฟแต่ละสีที่เปลี่ยนไปอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณเท่าไร

เมื่อต้องการเผาให้ผลิตภัณฑ์ถึงจุดสุกตัวตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ จะต้องเผาให้ถึงสีไฟดูเป็นสีอะไร ซึ่งการเผาผลิตภัณฑ์ภายในเตาเผาไม่ว่าจะเป็นเตาฟืน เตาแก๊ส เตาไฟฟ้า หรือเตาน้ำมัน ภายในเตาเผาจะมีสีไฟที่เกิดขึ้นเป็นสีต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบว่าอยู่ในช่วงอุณหภูมิความร้อนประมาณที่เท่าไร ได้ดังนี้[18]

สีแดงอ่อน	อยู่ในช่วงอุณหภูมิ	475-650	องศาเซลเซียส
สีแดงเข้ม	อยู่ในช่วงอุณหภูมิ	650-750	องศาเซลเซียส
สีแดงสว่าง	อยู่ในช่วงอุณหภูมิ	750-825	องศาเซลเซียส
สีส้ม	อยู่ในช่วงอุณหภูมิ	825-900	องศาเซลเซียส
สีส้มเหลือง	อยู่ในช่วงอุณหภูมิ	900-1,090	องศาเซลเซียส
สีเหลืองอ่อน	อยู่ในช่วงอุณหภูมิ	1,090-1,320	องศาเซลเซียส
สีเหลืองสว่างออกขาว	อยู่ในช่วงอุณหภูมิ	1,320-1,540	องศาเซลเซียส

การใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาผลิตภัณฑ์ไม่ว่าจะเป็นการเผาไฟต่ำหรือเผาไฟสูง สามารถใช้ตัวอย่างที่ทำเป็นชิ้นทดลองเล็ก ๆ ที่ใช้เนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบตัวเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่กำลังเผาจริงวางอยู่ในเตาที่ตำแหน่งสามารถใช้คีบหรือเกี่ยวออกมาดูได้เมื่อดูสีไฟแล้วกะช่วงอุณหภูมิได้ว่าเนื้อดินและเคลือบมีการสุกตัวแล้ว ถ้าคีบหรือเกี่ยวออกมาดูแล้วชิ้นทดลองยังไม่มีการสุกตัว ก็นำใส่เข้าไปภายในเตาใหม่ หรืออาจจะมีการตั้ง Cone ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตาไปด้วยก็ได้เช่นกันเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการผิดพลาดกับการเผาผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

การวัดอุณหภูมิความร้อนจากการดูสีไฟนี้ ในปัจจุบันมีอุปกรณ์เครื่องมือการวัดอุณหภูมิด้วยการเทียบสีจากเปลวไฟ เครื่องนี้ได้แก่ Opitical Pyrometer or Radiation

Pyrometer ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่วัดอุณหภูมิไม่ได้ติดตั้งไว้กับตัวเตา จึงเป็นการสะดวกในการนำไปใช้เพราะสามารถใช้ได้ทุกโอกาสและทุกเวลาที่ต้องการ การวัดอุณหภูมิด้วยเครื่อง Opitical Pyrometer นี้คือการวัดความเข้มของแสงโดยการใช้กล้องส่องที่ภายในมีเลนซ์ทำหน้าที่รวมแสงโดยส่องผ่านช่องดูไฟ เข้าไปในที่วางผลิตภัณฑ์ซึ่งจะมีความเข้มของแสงที่แผ่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ที่เผาอยู่โดยจะมีคลื่นความยาวของแสงที่แสดงออกมาเป็นเส้นแสดงออกมาที่หน้าปัดเครื่องวัด โดยการทำงานของวงจรอีเลคโทนิคที่ใช้กระแสไฟจากแบตเตอรี่ (Battery) แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตารางอุณหภูมิสามารถอ่านค่าของอุณหภูมิได้เลย อุปกรณ์ชนิดนี้มักจะนำไปใช้ควบคู่กับอุปกรณ์เครื่องมือที่วัดอุณหภูมิความร้อนชนิดอื่น ๆ ด้วยเพื่อความแม่นยำ

บรรยากาศในการเผา (Firing Atmosphere) การเผาในทางเซรามิกส์หรือเครื่องปั้นดินเผาคือการเพิ่มอุณหภูมิความร้อนให้แก่ผลิตภัณฑ์ถึงจุดสุกตัวในส่วนของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบในเตาภายใต้บรรยากาศที่เหมาะสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีคุณสมบัติที่ดีขึ้น

โดยบรรยากาศการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1. เผาแบบออกซิเดชั่น (Oxidation Firing) เป็นการเผาที่ปล่อยให้อากาศหรือออกซิเจนเข้ารวมตัวกับเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ เช่น ใช้เชื้อเพลิงที่เป็นแก๊ส

$$C_4H_{10} + O_2 \xrightarrow{\Delta} CO_2 + H_2O + \text{ความร้อน}$$

2. เผาแบบรีดักชั่น (Reduction Firing) คือการเผาที่ให้มีปริมาณของเชื้อเพลิงสูงภายในเตาจะทำให้อากาศเข้าไปในเตาน้อยกว่าและมีผลให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะมีก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) เหลืออยู่ด้วย

$$C_4H_{10} + O_2 \xrightarrow{\Delta} CO_2 + CO + H_2O + \text{ความร้อน}$$

การเผาแบบรีดักชั่นนี้จะมีผลต่อเนื้อดินปั้น เพราะทำให้เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ที่มีอยู่ในดินเปลี่ยนจาก Ferric Form เป็น Ferrous Form ทำให้ดินเกิดเป็นสีครามอ่อนขึ้น ทำให้ดูเนื้อดินปั้นขาวขึ้น

$$CO + Fe_2O_3 \xrightarrow{\Delta} 2FeO + O_2$$

(Ferric) $\xrightarrow{\Delta}$ (Ferrous)

เพราะบรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่นจะเป็นการช่วยให้เกิดการฟอกสีของเนื้อดินปั้นให้ขาวขึ้นเนื่องจากเหล็กออกไซด์ในเนื้อดินที่ผ่านการเผาวิธีนี้จะอยู่ในสภาพเฟอร์รัสออกไซด์ (FeO) ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบต่ำสุดจะทำให้สีเนื้อดินออกเป็นสีครามอ่อนมากทำให้กลืนสภาพสีของเนื้อดินตามปกติที่มีสีออกขาวเหลืองเล็กน้อย จึงทำให้ดูเนื้อดินปั้นที่เผาในบรรยากาศรีดักชั่นมีความขาวเพิ่มขึ้น และจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในเคลือบโดยเฉพาะใช้คอปเปอร์ออกไซด์ (Black Copper) เผาในบรรยากาศรีดักชั่นจะเกิดเป็นสีแดงได้ แต่ถ้าเผาแบบออกซิเดชั่นจะได้สีเขียวไข่กาเนื่องจากการเผาแบบรีดักชั่นบรรยากาศภายในเตาเผาจะมีก๊าซออกซิเจนน้อยจึงทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ขึ้นด้วย ซึ่งบรรยากาศการเผาขณะที่เชื้อเพลิงลุกไหม้แบบที่จะต้องการก๊าซออกซิเจนเพิ่มจึงทำให้ไปแย่งออกซิเจนจากสารประกอบต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์ได้แก่ Black Copper (CuO) จึงถูกบรรยากาศในเตาเผาแย่งเอาก๊าซออกซิเจนไปด้วย

$$2CuO + CO \xrightarrow{\Delta} Cu_2O + CO_2$$

(สีดำ) สีแดง (Copper Red)

จึงทำให้เคลือบสีเขียวจากคอปเปอร์กลายเป็นเคลือบสีแดงที่ได้จากคอปเปอร์ภายใต้บรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น และเคลือบที่ใช้เหล็กออกไซด์เป็นสารให้สีถ้าเผาในบรรยากาศรีดักชั่น จะเกิดเป็นสีเขียวได้ แต่ถ้าเผาในบรรยากาศออกซิเดชั่นจะได้สีน้ำตาล เป็นต้น ดังนั้นบรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่นจึงมีความสำคัญเพราะมีผลต่อเนื้อ

ดินปั้น และสารให้สีในเคลือบเพราะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากการเผาแบบออกซิเดชั่น

วิธีการเผาแบบบรรยากาศออกซิเดชั่นกับเตาชัทเทิล (Shuttle Kiln) ที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง โดยการเผานั้นจะมีหลักการอยู่ว่าจะต้องทำให้บรรยากาศการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างสมบูรณ์โดยมีก๊าซออกซิเจนอย่างเพียงพอหรือมากเกินพอซึ่งทำได้โดยการเปิดแคมเปอร์หรือแผ่นควบคุมความร้อนของเตาให้หมด ซึ่งจะต้องทำการปรับหัวพ่นไฟ (Burner) ให้เกิดการเผาไหม้โดยเร็วพอที่จะไล่แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ให้หลุดออกจากเตาไปโดยเร็วที่สุด พร้อมกับการตรวจสอบโดยการวัดความดันแก๊สภายในเตาเผาโดยดูโมโนมิเตอร์ (Monometer) ความดันของแก๊สจะต้องเป็นลบ การตรวจสอบอีกวิธีหนึ่งก็โดยการดูและสังเกตจากการนำเทียนไขที่จุดไฟไปจ่อตรงช่องดูไฟ ถ้าเปลวไฟของเทียนไข เอนเข้าหาเตาแสดงว่าบรรยากาศในเตาเผาเป็นแบบออกซิเดชั่น ส่วนการเผาบรรยากาศแบบรีดักชั่น คือการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์เพราะภายในเตาเผามีก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอจึงทำให้เกิดเขม่าควัน และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ขึ้นภายในเตาด้วย ซึ่งการเผาบรรยากาศแบบรีดักชั่นนี้อุณหภูมิความร้อนจะขึ้นช้ากว่าการเผาแบบออกซิเดชั่น จึงทำให้ใช้วิธีการเผาผลิตภัณฑ์เริ่มต้นด้วยบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นไปจนถึงอุณหภูมิความร้อนโดยประมาณ 950-1,100 องศาเซลเซียส แล้วจึงทำการปรับเปลี่ยนบรรยากาศการเผาเป็นแบบรีดักชั่น โดยการเลื่อนปิดแผ่นควบคุมความร้อนของเตาเผาเข้าไปโดยประมาณครึ่งหนึ่งของแผ่นควบคุมความร้อนที่มีอยู่ พร้อมกับการตรวจสอบการวัดความดันแก๊สภายในเตาเผาโดยดูโมโนมิเตอร์ (Monometer) ความดันของแก๊สจะต้องเป็นบวก การตรวจสอบอีกวิธีการหนึ่งก็โดยการดูและสังเกตจากการนำเทียนไขที่จุดไฟไปจ่อตรงช่องดูไฟ ถ้าเปลวไฟของเทียนไขเบนออกห่างจากตัวเตาแสดงว่าบรรยากาศภายในเตาเผาเป็นแบบรีดักชั่น แล้วเผาต่อไปจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดอาจจะมีการแช่อุณหภูมิความร้อนให้คงที่สักครู่ก่อนทำการปิดเตาเผา

การตรวจสอบบรรยากาศการเผาควรใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบเพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจน เช่น เครื่องวัดออกซิเจน (O_2 Meter) และเครื่องวัดคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO

Meter) แบบเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการควบคุมบรรยากาศการเผาที่ได้มาตรฐาน[19]

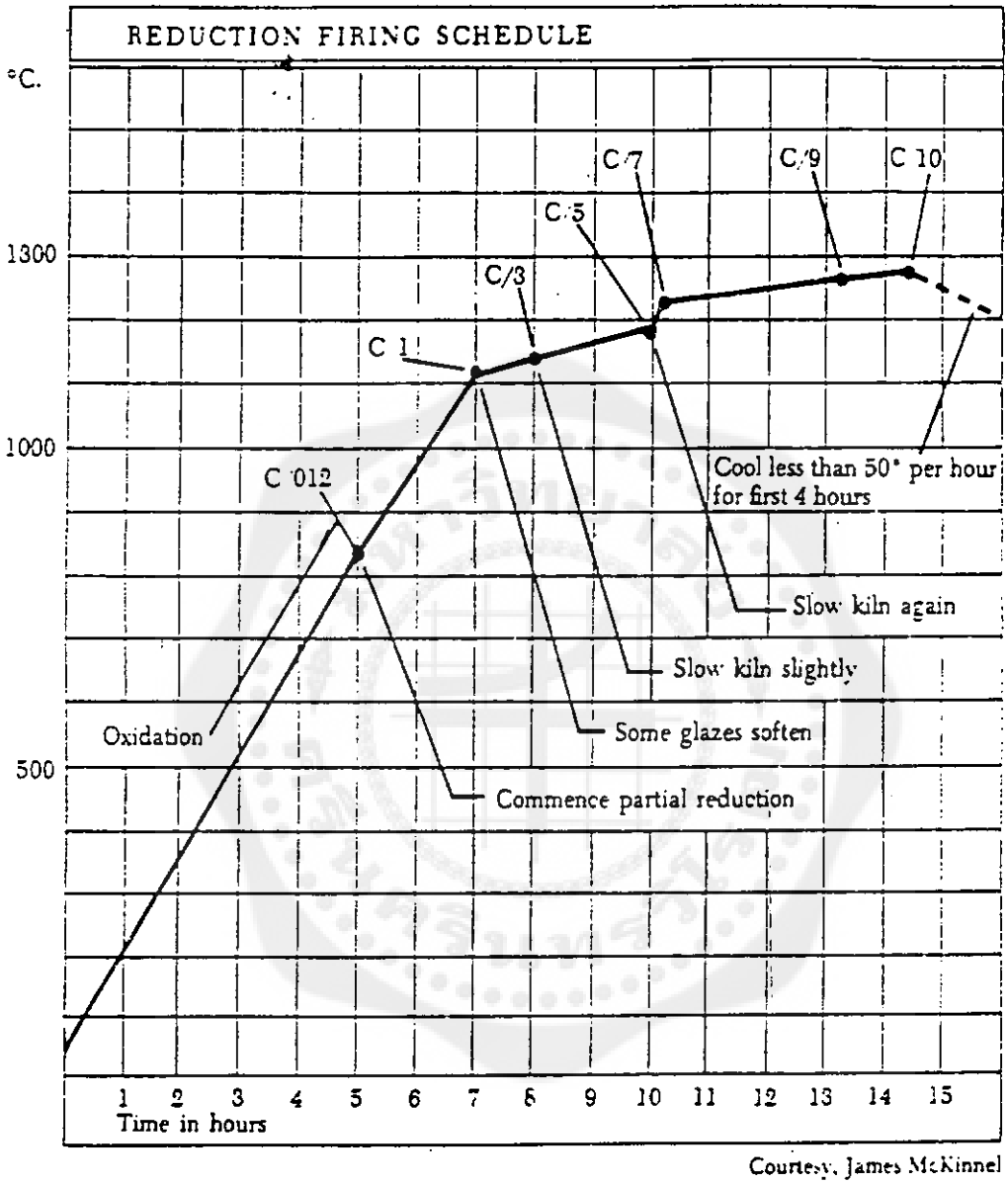
ในการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์หรือเครื่องปั้นดินเผาไม่ว่าจะใช้เตาฟืน เตาแก๊ส เตาน้ำมัน หรือเตาไฟฟ้า ควรจะมีการบันทึก หรือจดประเภทของผลิตภัณฑ์ รูปแบบ ขนาดสัดส่วน วิธีการเรียงผลิตภัณฑ์ในเตาเผา จำนวนปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เผาในแต่ละครั้งอุณหภูมิที่กำหนดของเคลือบอุณหภูมิที่กำหนดในแต่ละช่วงของการเผา บรรยากาศการเผาที่ใช้ การเร่งอุณหภูมิ และที่สำคัญควรจะทำกราฟอุณหภูมิความร้อนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงอุณหภูมิความร้อน การปรับบรรยากาศการเผาจากออกซิเดชั่นเป็นรีดักชั่น ช่วงการแช่อุณหภูมิให้คงที่ ช่วงปิดเตาโดยให้มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาของการเผาเตาตามที่กำหนดขึ้นในแต่ละช่วงแต่ละตอนเพื่อที่จะเก็บไว้เป็นข้อมูลสำหรับการเผาผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือนกันในครั้งต่อไปเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดโดยจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียได้

ปฏิกริยาการระเหยของน้ำและการสุกตัวของเนื้อดินปั้น เมื่อผ่านกระบวนการความร้อน

การนำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์หรือเครื่องปั้นดินเผาไปผ่านกระบวนการความร้อนหรือนำไปเผาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแกร่งสามารถทนกรดและด่างได้ รวมถึงของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ เพราะเนื้อดินปั้นเกิดการสุกตัวและมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (ฟิสิกส์) และทางเคมี โดยเมื่อเนื้อดินปั้นได้รับอุณหภูมิความร้อนในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ เนื้อดินปั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งพอจะแยกออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. Dehydration Period คือ ช่วงที่น้ำเกิดการระเหยออกจากเนื้อดินปั้น ซึ่งมีอยู่ 2 ระยะคือ

1.1 Mechanical Dehydrotion คือจุดเริ่มต้นของอุณหภูมิความร้อนที่ให้แก่เนื้อดินปั้นเริ่มตั้งแต่อุณหภูมิความร้อน 20-150 องศาเซลเซียส สิ่งที่เกิดขึ้นกับเนื้อดินปั้นก็คือน้ำที่นำมาผสมกับเนื้อดินปั้นตอนขึ้นรูปที่ยังหลงเหลืออยู่เริ่มระเหยกลายเป็น



ตารางกราฟการเผาในระบบ Reduction

ภาพจาก Daniel Rhodes. Kiln Design Construction and Operation.

ไอออกจากเนื้อดินปั้น ถ้าหยุดอุณหภูมิความร้อนแค่ช่วงนี้ เนื้อดินจะแห้งสนิท แต่ถ้านำไปผสมกับน้ำใหม่ ดินนี้ก็จะอ่อนและมีความเหนียวเหมือนเดิม[20]

1.2 Chemincal Dehydrotion คือช่วงที่ให้อุณหภูมิความร้อนต่อจากระยะแรกคือ 150-600 องศาเซลเซียส สิ่งที่เกิดขึ้นกับเนื้อดินปั้นก็คือ อุณหภูมิความร้อนจะเผาไล่น้ำโมเลกุลที่อยู่ในดิน ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) ระเหยออกไปเหลือดินในรูปของ Meta Kaoline ($Al_2O_3.2SiO_2$) ถ้าหยุดอุณหภูมิความร้อนในช่วงนี้นำเนื้อดินไปผสมกับน้ำอีกครั้งหนึ่งเนื้อดินจะไม่ย่อยสลายไม่สามารถนำไปขึ้นรูปใหม่ได้อีก[21]

2. Oxidation Period คือช่วงที่ให้อุณหภูมิความร้อนตั้งแต่ 350-950 องศาเซลเซียส เป็นการเผาไล่แก๊สที่เกิดจากเผาไหม้ของสิ่งต่าง ๆ ที่ปะปนอยู่ในเนื้อดินปั้น ได้แก่ พวกอินทรีย์สาร เศษไม้ใบหญ้า จะถูกเผาให้หมดไป ถ้ามีอินทรีย์สารผสมอยู่ในเนื้อดินมาก เมื่อถูกความร้อนเผาเนื้อดินจะเป็นโพรงมีรูพรุนเกิดขึ้น แต่ถ้าทำการเผาเร็วและก๊าซคาร์บอนไม่สามารถระเหยออกทันอาจจะดันเนื้อดินปั้นให้เกิดการแตกร้าวได้ ในช่วงนี้การเผาควรจะให้อุณหภูมิความร้อนขึ้นอย่างช้า ๆ นอกจากนี้ยังมีเศษแร่ต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่ในเนื้อดินปั้นได้แก่ พวกแมกนีเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมซัลเฟต หรือแคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมซัลเฟต สารประกอบที่อยู่ในรูปดังกล่าวเมื่อถูกความร้อนจะเกิดการแตกตัวเป็นก๊าซ ดันออกมาจากเนื้อดินปั้นทำให้เนื้อดินปั้นกะเทาะได้ ดังนั้นในการเผาผลิตภัณฑ์ในช่วงอุณหภูมิความร้อน 400-950 องศาเซลเซียส และในช่วงปลายของอุณหภูมิความร้อนควรแช่อุณหภูมิความร้อนไว้ให้นานพอสมควรจนมั่นใจว่าสามารถไล่ก๊าซคาร์บอนออกจากเนื้อดินปั้นได้หมด มิฉะนั้นจะมีผลต่อเคลือบผลิตภัณฑ์ในภายหลังเพราะก๊าซที่ยังขับออกมาจากเนื้อดินปั้นไม่หมดจะดันให้ผิวเคลือบเกิดรูพรุนตอนเผาเคลือบได้

และในช่วงอุณหภูมิความร้อน 573 องศาเซลเซียสจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของซิลิกา (Silica) ที่อยู่ในรูปของอัลฟาซิลิกา และเบต้าซิลิกา จะมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวและหดตัว ร้อยละ 2 โดยซิลิกานี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่อยู่ในรูปของอนุภาคของเม็ด

ดินถ้าเผาเร็วจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าวในช่วงอุณหภูมินี้ ดังนั้นในช่วงอุณหภูมินี้จะต้องดำเนินการเผาให้อุณหภูมิความร้อนสูงขึ้นอย่างช้า ๆ เพื่อการให้เปลี่ยนรูปของอัลฟาซิลิกา เป็น เบต้าซิลิกา เป็นไปอย่างสมบูรณ์

การเผาในช่วง Oxidation Period นี้เนื้อดินปั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีทางด้านน้ำหนัก ขนาด และสี

3. Vitrification Period คือช่วงที่ให้อุณหภูมิความร้อนตั้งแต่ 900องศาเซลเซียสขึ้นไปซึ่งเนื้อดินปั้นโดยทั่วไปที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์จะประกอบไปด้วยส่วนผสมของดิน หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาน ซึ่งอยู่ในสูตรส่วนผสมที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นประเภทต่าง ๆ นั้นเมื่อเนื้อดินปั้นเหล่านี้ได้รับอุณหภูมิความร้อนประมาณ 1,000-1,100 องศาเซลเซียส หินฟันม้าที่มีผสมอยู่ในเนื้อดินปั้นเริ่มมีการหลอมละลาย และจะทำให้หินเขี้ยวหนุมาน (Silica) เริ่มหลอมละลายตามไปด้วยซึ่งการหลอมของซิลิกาทำให้เกิดผลึกที่อยู่ในรูปของ Cristobalite ขึ้นในช่วงนี้ของเหลวที่หลอมมาจากหินฟันม้าและซิลิกาบางส่วนจะมีความหนืดมาก เมื่อเนื้อดินปั้นได้รับอุณหภูมิความร้อนที่สูงขึ้นประมาณ 1,100-1,200 องศาเซลเซียส อนุภาคของเม็ดดินที่เกิดการหลอมละลายแล้วจะไหลไปอุดรูพรุนตามช่องว่างของผลึกซิลิกาและอลูมิน่าทำให้เกิดเนื้อดินแน่นทึบขึ้น ถ้าเพิ่มอุณหภูมิความร้อนขึ้นโดยประมาณ 1,200-1,280 องศาเซลเซียส ถ้าหากมีส่วนผสมของเนื้อดินและอุณหภูมิที่พอเหมาะจะมีการตกผลึกใหม่ในเนื้อดินปั้นได้เพราะอลูมิน่าและซิลิกาในเนื้อดินจะรวมตัวกันเป็นผลึก Mullite ($3Al_2O_3.2SiO_2$) มีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็ม ทำให้เนื้อดินมีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น ถ้าเนื้อดินมีส่วนผสมของหินฟันม้ามากเกินไปจะทำให้เนื้อดินปั้นนี้เกิดการหลอมตัวมากจนเกินไป ทำให้เนื้อดินปั้นเกิดการยุบตัวได้

ในการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่นำไปใช้ทำภาชนะใส่อาหาร จะต้องเผาให้เนื้อดินปั้นเกิดการสุกตัว กลายเป็นสารเนื้อแน่น ทึบขึ้น เราเรียกว่า เผาถึง Vitrified และการเกิด Sintering ที่ให้ค่าความหนาแน่นของสารสมบูรณ์แบบ คือเนื้อดินปั้นจะไม่มีความพรุนตัว ถ้ามีก็น้อยมาก

เชิงอรรถท้ายบทที่ 7

[1]เสริมศักดิ์ นาคบัว. เตาเผาเครื่องเคลือบดินเผาทางภาคเหนือของประเทศไทย. 2511. หน้า ง.

[2]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 200.

[3]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 200.

[4]กาญจนะ แก้วกำเนิด. "อุตสาหกรรมเซรามิกส์ภาคเหนือ", ในการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในภาคอีสาน. 2530. หน้า 4.11.

[5]ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. 2525. หน้า 24.
เตาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันอาจแรกชื่อต่างกันได้

[6]กาญจนะ แก้วกำเนิด. "อุตสาหกรรมเซรามิกส์ภาคเหนือ", ในการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในภาคอีสาน. 2530. หน้า 4.9.

[7]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 204.

[8]ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. 2525. หน้า 47.

[9]ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. 2525. หน้า 23.

[10]ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. 2525. หน้า 23.

[11]Y. Kato. "เตาเผา" ในเอกสารวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. 2513. หน้า 100.

[12]อำพน วัฒนรังสรรค์. "เตาเผาเซรามิกส์". ในการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในภาคอีสาน. 2530. หน้า 6.3.

[13]Y. Kato. "เตาเผา" ในเอกสารวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. 2513. หน้า 104.

[14]ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. 2525. หน้า 45.

[15]ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น. 2534. หน้า 213.

[16]ทวี พรหมพฤกษ์. "เครื่องถ้วยเบญจรงค์และลายน้ำทอง". ในการแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 6. 2535. หน้า 109.

[17]ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. 2525. หน้า 108.

[18]ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. 2525. หน้า 112.

[19]Hachiro Miyachi. "ปัญหาโครงสร้างเตาและการพัฒนาวิธีการเผา". ในรายงานทางวิชาการ ศ พ ค. 2539. หน้า 16.

[20]ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. 2525. หน้า 103.

[21]ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. 2525. หน้า 103.

บรรณานุกรม

กาญจนะ แก้วกำเนิด. "อุตสาหกรรมเซรามิกส์ภาคเหนือ", ใน การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีเซรามิกส์เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในภาคอีสาน. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2530.

โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. นนทบุรี : โรงเรียนมารดานุเคราะห์, 2535.

จอห์น ชอว์. เครื่องปั้นดินเผาไทย. เอกสารวิชาการชุดเครื่องปั้นดินเผาลำดับที่ 1 โครงการศึกษาเครื่องปั้นดินเผาศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คราฟท์แมน, ม.ป.ป.

จาตุรงค์ กีระนันท์. เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผา. ม.ป.ท, 2518.

จิรา จงกล. "เครื่องถ้วยสุโขทัยและสวรรคโลก", ในเครื่องถ้วยในประเทศไทย. กรมศิลปากรจัดพิมพ์เนื่องในโอกาสวันเฉลิมพระชนมพรรษาสมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินีนาถ ครบสี่รอบ วันที่ 12 สิงหาคม 2523. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์การพิมพ์, 2523.

จีรพันธ์ สมประสงค์. เทคนิคการสร้างสรรค์ศิลปะเครื่องปั้นดินเผา (แนวทางสู่อาชีพอิสระ). กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2536.

ชิน อยู่ดี. วัฒนธรรมบ้านเชียงในสมัยก่อนประวัติศาสตร์. กรมศิลปากรอนุญาตให้จัดพิมพ์เนื่องในงานพระราชทานเพลิงศพ นายวาศ จุลละพราหมณ์ วันที่ 21 พฤศจิกายน 2516. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2516.

ชิน อยู่ดี. สมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย. กรมศิลปากรจัดพิมพ์ในงานเสด็จพระราชดำเนินทรงเปิดพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติพระนคร วันที่ 25 พฤษภาคม 2510.

ณัฏฐภัทร จันทวิช. "เครื่องถ้วยสมัยลพบุรี ในจังหวัดบุรีรัมย์", ในเครื่องถ้วยในเอเชียอาคเนย์ ระหว่างพุทธศตวรรษที่ 15-22. ม.ป.ท., ม.ป.ป. อัดสำเนา.

ทรัพยากรธรณี, กรม. "โครงการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผา จังหวัดราชบุรี", คุณสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ทำโอ่งราชบุรี. กรุงเทพฯ: กองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2540.

ทวี พรหมพฤกษ์. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพ : โอเดียนสโตร์, 2523.

ทวี พรหมพฤกษ์. เตาและการเผา. เอกสารนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 245 หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 2525.

บริการอุตสาหกรรม, กอง. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีการผลิต ผลิตภัณฑ์ Whiteware. ม.ป.ท., ม.ป.ป. อัดสำเนา.

โบราณคดี, กอง. กรมศิลปากร. เตาแม่น้ำน้อย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศไทย, 2531.

ปรีชา พิมพ์ขาวขำ. เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2530.

ปรีชา พิมพ์ขาวขำ. เซรามิกส์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

ไพจิตร อิงศิริวัฒน์, ไพบูลย์ หล้าสมศรี และกิติชัย ระมิงค์วงศ์. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับเทคโนโลยีการทำพิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา. เชียงใหม่ : ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีเซรามิกส์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมกับบริษัทราฟราจเพรสเทียร์ จำกัด, 2539.

ภรดี พันธุภากร. เซรามิกส์เบื้องต้น . ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา, 2534.

วิเชียร ศิริประภาวัฒน์. การตกแต่งเครื่องปั้นดินเผา. เอกสารลำดับที่ 2401 แผนกเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาวิทยาเขตเพาะช่าง. อัดสำเนา.

วิเชียร ศิริประภาวัฒน์. ดินและเนื้อดินปั้น. เอกสารลำดับที่ C.CB 2801 แผนกเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาวิทยาเขตเพาะช่าง. อัดสำเนา.

วิทยาศาสตร์, กรม. "ดินขาว", เอกสารวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. ในการสัมมนาเรื่องเครื่องปั้นดินเผา, ครั้งที่ 1 วันที่ 1-3 ธันวาคม 2513.

วิทยาศาสตร์, กรม. "เตาเผา", เอกสารวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. ในการสัมมนาเรื่องเครื่องปั้นดินเผา, ครั้งที่ 1 วันที่ 1-3 ธันวาคม 2513.

วิทยาศาสตร์, กรม. "แหล่งวัตถุดิบ", เอกสารวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. ในการสัมมนาเรื่องเครื่องปั้นดินเผา. ครั้งที่ 2 วันที่ 14 - 16 กันยายน 2514.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน, กระทรวง. เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน, 2538.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน, กระทรวง. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2529.

วิสิฐ ตีรณวัฒนากูล. การศึกษาเครื่องปั้นดินเผาจากแหล่งเตาเผากลุ่มเวียงกาหลง. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2531. อัดสำเนา.

เวนิช สุวรรณโมลี. "การผลิตรูปลอก Over Glaze สำหรับงานอุตสาหกรรมเซรามิคโดยวิธีการพิมพ์สกรีน (Screen Printing)". วารสารการพิมพ์สกรีน. 3(3) : 36; 2538.

ศิริชัย โพธิตาปนะ. น้ำยาเคลือบ. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการน้ำเคลือบไฟสูง. กรุงเทพฯ : กองบริการอุตสาหกรรม, 2530.

ศิลปากร, มหาวิทยาลัย. การแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ฟ, 2535.

สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์. การพัฒนาสีในเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยการใช้สนิทโลหะตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาค. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2535. อัดสำเนา.

สมศักดิ์ ชวาลาวัณย์. "อุตสาหกรรมเซรามิกส์คืออะไร". วิมาน. 4(33) : 39; มกราคม 2536.

สมหวัง นรพัลลภ. เอกสารประกอบการสอนเนื้อดินปั้นพื้นบ้าน. ม.ป.ท., 2518. อัดสำเนา.

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : คณะอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูพระนคร บางเขน, 2527.

เสริมศักดิ์ นาคบัว. เตาเผาเครื่องเคลือบดินเผาทางภาคเหนือของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2511.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. "ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิก", เอกสารวิชาการชุดที่1. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2538.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. เคลือบเซรามิกส์เบื้องต้น. เชียงใหม่: ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, ม.ป.ป.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. "ปัญหาโครงสร้างเตาและการพัฒนาวิธีการเผา", ในรายงานทางวิชาการ ศพค. เชียงใหม่ : ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์, ม.ป.ป. อัดสำเนา.

อำพน วัฒนรังสรรค์. "เตาเผาเซรามิกส์", ในการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีเซรามิกส์เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในภาคอีสาน. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2530.

Norton, F.H. Fine Ceramic's. New York : Megraw-Hill Book Company, 1970.

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

Singer, Sonja S. Industrial Ceramics. New York : Chemical Publishing Co., 1963.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1

มูลค่าการส่งออกและการนำเข้าเซรามิกส์ของไทย

ปี พ.ศ. 2516 - 2535						
				มูลค่า : ล้านบาท		
ปี พ.ศ.	มูลค่าการส่งออกเซรามิกส์	มูลค่าการส่งออกรวมทั้งประเทศ	ร้อยละของการส่งออกรวม	มูลค่าการนำเข้าเซรามิกส์	มูลค่าการนำเข้ารวมทั้งประเทศ	ร้อยละของการนำเข้ารวม
2516	1.68	58.03	0.0290	7.62	4,712.97	0.1617
2517	25.46	50,325.26	0.0506	119.62	64,043.50	0.1868
2518	38.70	48,437.60	0.0799	173.67	66,835.21	0.2599
2519	96.85	60,188.83	0.1609	149.72	72,876.63	0.2048
2520	136.62	70,397.53	0.1941	211.14	94,176.97	0.2242
2521	255.27	83,065.03	0.3073	234.85	108,898.83	0.2157
2522	255.01	108,178.98	0.2357	352.51	146,161.28	0.2412
2523	328.40	133,197.17	0.2466	437.68	193,618.28	0.2261
2524	391.42	148,962.21	0.2628	216.37	219,025.77	0.0988
2525	384.40	156,093.28	0.2463	207.93	196,615.97	0.1058
2526	444.10	144,321.72	0.3077	337.90	236,608.58	0.1428
2527	493.59	172,075.45	0.2869	118.6	245,155.02	0.0485
2528	497.44	191,612.54	0.2596	225.0	251,169.43	0.0896
2529	788.01	299,937.06	0.3427	234.56	241,357.74	0.0972
2530	1,195.04	299,090.48	0.3996	271.78	334,208.96	0.0813
2531	2,124.15	402,319.71	0.5280	412.41	513,114.32	0.0804
2532	3,207.51	515,193.91	0.6226	514.70	662,678.81	0.0777
2533	3,741.33	588,175.43	0.6361	957.36	852,981.55	0.1122
2534	4,467.44	723,111.86	0.6177	1,081.69	959,408.03	0.1126
2535	5,678.46	823,218.57	0.6897	1,100.48	1,033,244.74	0.1064

หมายเหตุ

1. ที่มา : กรมศุลกากร ฝ่ายประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขานุการกรม
2. มูลค่าการส่งออก เป็นมูลค่า F.O.B.
3. มูลค่าการนำเข้า เป็นมูลค่า C.I.F.
4. เซรามิกส์ที่ส่งออกและนำเข้า ได้แก่ สินค้าพิกัดประเภทที่ 6901 - 6914.900

(ตามรหัสสินค้าขาเข้า - ขาออกของประเทศไทย จำแนกตามระบบอาร์โมไนซ์ กรมศุลกากร)

ภาคผนวก 2

ตารางทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิ Orton Cone

Cone Number	Large Cones (1)60°C	108°F	150°C	270°F	Small Cones 300°C	540°F	Cone Number	P C E. Cones 150°C	270°F
022	585°C	1085°F	606°C	1112°F			12	1337°C	2439°F
021	602	1116	614	1137	634°C	1189°F	13	1349	2460
							14	1398	2548
020	625	1157	635	1135	666	1231	15	1430	2606
019	668	1234	683	1261	723	1333			
018	696	1285	717	1323	752	1386	16	1491	2716
017	727	1341	747	1377	784	1443	17	1512	2754
016	767	1407	792	1458	825	1517	18	1522	2772
							19	1541	2806
015	790	1464	804	1479	843	1549	20	1564	2847
014	834	1533	838	1540					
013	869	1596	852	1566			23	1605	2921
012	866	1591	884	1623			26	1621	2950
011	896	1627	894	1641			27	1640	2984
							28	1646	2995
010	887	1629	894	1641	919	1686	29	1659	3018
09	915	1679	923	1693	955	1751			
08	945	1733	955	1751	983	1801	30	1665	3029
07	973	1783	984	1803	1008	1846	31	1683	3061
06	991	1816	999	1830	1023	1873	31½	1699	3090
							32	1717	3123
05	1031	1888	1046	1915	1062	1944	32½	1724	3135
04	1050	1922	1060	1940	1098	2008			
03	1086	1987	1101	2014	1131	2068	33	1743	3169
02	1101	2014	1120	2048	1148	2098	34	1763	3205
01	1117	2043	1137	2079	1178	2152	35	1785	3245
							36	1804	3279
1	1136	2077	1154	2109	1179	2154	37	1820	3308
2	1142	2088	1162	2124	1179	2154			
3	1152	2106	1168	2134	1196	2185	38	1850	3362
4	1168	2134	1186	2167	1209	2208	39	1865	3389
5	1177	2151	1196	2185	1221	2230	40	1885	3425
							41	1970	3578
6	1201	2194	1222	2232	1255	2291	42	2015	3659
7	1215	2219	1240	2264	1264	2307			
8	1236	2257	1263	2305	1300	2372			
9	1260	2300	1280	2336	1317	2403			
10	1285	2345	1294	2381	1330	2426			
11	1294	2361	1315	2399	1336	2437			
12	1306	2383	1326	2419	1355	2471			
13	1321	2410	1346	2455					
14	1388	2530	1366	2491					
15	1424	2528	1431	2608					
16	1455	2650	1473	2683					
17	1477	2691	1485	2705					
18	1500	2732	1506	2743					
19	1520	2768	1528	2782					
20	1542	2808	1549	2820					
23	1586	2887	1590	2894					
26	1589	2892	1605	2921					
27	1614	2937	1627	2961					
28	1614	2937	1633	2971					
29	1624	2955	1645	2993					
30	1636	2977	1654	3009					
31	1661	3022	1679	3054					
32	1706	3103	1717	3123					
32½	1718	3124	1730	3146					
33	1732	3150	1741	3166					
34	1757	3195	1759	3198					
35	1784	3243	1784	3243					
36	1798	3268	1796	3265					

ภาคผนวก 3

ตารางทุ่นทนไฟวัดอุณหภูมิ Seger Cone

Seger cone No.	Formula							Temp-°C
022	0.50 Na_2O 0.50 PbO				2 1	SiO_2 B_2O_3		600
021	0.50 Na_2O 0.25 CaO 0.25 MgO		0.02	Al_2O_3	1.04 1	SiO_2 B_2O_3		650
020	〃	〃	0.04	Al_2O_3	1.08 1	SiO_2 B_2O_3		670
019	〃	〃	0.08	Al_2O_3	1.16 1	SiO_2 B_2O_3		690
018	〃	〃	0.13	Al_2O_3	1.26 1	SiO_2 B_2O_3		710
017	〃	〃	0.2	Al_2O_3	1.4 1	SiO_2 B_2O_3		730
016	〃	〃	0.31	Al_2O_3	1.61 1	SiO_2 B_2O_3		750
015a	0.432 Na_2O 0.432 CaO 0.136 MgO		0.34	Al_2O_3	2.06 0.86	SiO_2 B_2O_3		790
014a	0.385 Na_2O 0.385 CaO 0.230 MgO		0.34	Al_2O_3	1.92 0.77	SiO_2 B_2O_3		815
013a	0.343 Na_2O 0.343 CaO 0.314 MgO		0.34	Al_2O_3	1.78 0.69	SiO_2 B_2O_3		835
012a	0.345 Na_2O 0.314 CaO 0.314 MgO		0.365	Al_2O_3	2.04 0.68	SiO_2 B_2O_3		855
011a	0.349 Na_2O 0.340 CaO 0.311 MgO		0.4	Al_2O_3	2.38 0.68	SiO_2 B_2O_3		880
010a	0.338 Na_2O 0.011 K_2O 0.338 CaO 0.313 MgO		0.423	Al_2O_3	2.626 0.675	SiO_2 B_2O_3		900
09a	0.336 Na_2O 0.018 K_2O 0.335 CaO 0.311 MgO		0.468	Al_2O_3	3.087 0.671	SiO_2 B_2O_3		920
08a	0.279 Na_2O 0.036 K_2O 0.369 CaO 0.314 MgO		0.543	Al_2O_3	2.691 0.559	SiO_2 B_2O_3		940
07a	0.261 Na_2O 0.055 K_2O 0.391 CaO 0.293 MgO		0.554	Al_2O_3	2.984 0.521	SiO_2 B_2O_3		960
06a	0.247 Na_2O 0.069 K_2O 0.407 CaO 0.277 MgO		0.561	Al_2O_3	3.197 0.493	SiO_2 B_2O_3		980
05a	0.229 Na_2O 0.086 K_2O 0.428 CaO 0.257 MgO		0.571	Al_2O_3	3.467 0.457	SiO_2 B_2O_3		1000
04a	0.204 Na_2O 0.109 K_2O 0.455 CaO 0.229 MgO		0.586	Al_2O_3	3.860 0.407	SiO_2 B_2O_3		1020
03a	0.182 Na_2O 0.130 K_2O 0.484 CaO 0.204 MgO		0.598	Al_2O_3	4.199 0.363	SiO_2 B_2O_3		1040
02a	0.157 Na_2O 0.155 K_2O 0.513 CaO 0.177 MgO		0.611	Al_2O_3	4.572 0.314	SiO_2 B_2O_3		1060
01a	0.134 Na_2O 0.174 K_2O 0.541 CaO 0.151 MgO		0.625	Al_2O_3	4.931 0.268	SiO_2 B_2O_3		1080

Seger cone No.	Formula							Temp-°C
1a	0.109 Na_2O 0.198 K_2O 0.571 CaO 0.122 MgO		0.639	Al_2O_3	5.320 0.217	SiO_2 B_2O_3		1100
2a	0.085 Na_2O 0.220 K_2O 0.599 CaO 0.096 MgO		0.652	Al_2O_3	5.687 0.170	SiO_2 B_2O_3		1120
3a	0.059 Na_2O 0.244 K_2O 0.630 CaO 0.667 MgO		0.667	Al_2O_3	6.083 0.119	SiO_2 B_2O_3		1140
4a	0.043 Na_2O 0.260 K_2O 0.649 CaO 0.048 MgO		0.676	Al_2O_3	6.339 0.086	SiO_2 B_2O_3		1160
5a	0.028 Na_2O 0.274 K_2O 0.666 CaO 0.032 MgO		0.684	Al_2O_3	6.565 0.056	SiO_2 B_2O_3		1180
6a	0.013 Na_2O 0.288 K_2O 0.685 CaO 0.014 MgO		0.693	Al_2O_3	6.801 0.026	SiO_2 B_2O_3		1200
7	0.3 K_2O 0.7 CaO		0.7	Al_2O_3	7	SiO_2		1230
8	〃	〃	0.8	Al_2O_3	8	SiO_2		1250
9	〃	〃	0.9	Al_2O_3	9	SiO_2		1280
10	〃	〃	1.0	Al_2O_3	10	SiO_2		1300
11	〃	〃	1.2	Al_2O_3	12	SiO_2		1320
12	〃	〃	1.4	Al_2O_3	14	SiO_2		1350
13	〃	〃	1.6	Al_2O_3	16	SiO_2		1380
14	〃	〃	1.8	Al_2O_3	18	SiO_2		1410
15	〃	〃	2.1	Al_2O_3	21	SiO_2		1435
16	〃	〃	2.4	Al_2O_3	24	SiO_2		1460
17	〃	〃	2.7	Al_2O_3	27	SiO_2		1480
18	〃	〃	3.1	Al_2O_3	31	SiO_2		1500
19	〃	〃	3.5	Al_2O_3	35	SiO_2		1520
20	〃	〃	3.9	Al_2O_3	39	SiO_2		1530
26	〃	〃	7.2	Al_2O_3	72	SiO_2		1580
27	〃	〃	20.0	Al_2O_3	200	SiO_2		1610
28				Al_2O_3	10	SiO_2		1630
29				Al_2O_3	8	SiO_2		1650
30				Al_2O_3	6	SiO_2		1670
31				Al_2O_3	5	SiO_2		1690
32				Al_2O_3	4	SiO_2		1710
33				Al_2O_3	3	SiO_2		1730
34				Al_2O_3	2.5	SiO_2		1750
35				Al_2O_3	2.0	SiO_2		1770
36				Al_2O_3	1.66	SiO_2		1790
37				Al_2O_3	1.33	SiO_2		1825
38				Al_2O_3	1.00	SiO_2		1850
39				Al_2O_3	0.65	SiO_2		1880
40				Al_2O_3	0.33	SiO_2		1920
41				Al_2O_3	0.12	SiO_2		1960
42				Al_2O_3				2000

ภาคผนวก 4

รายชื่อสารเคมีและน้ำหนักโมเลกุล

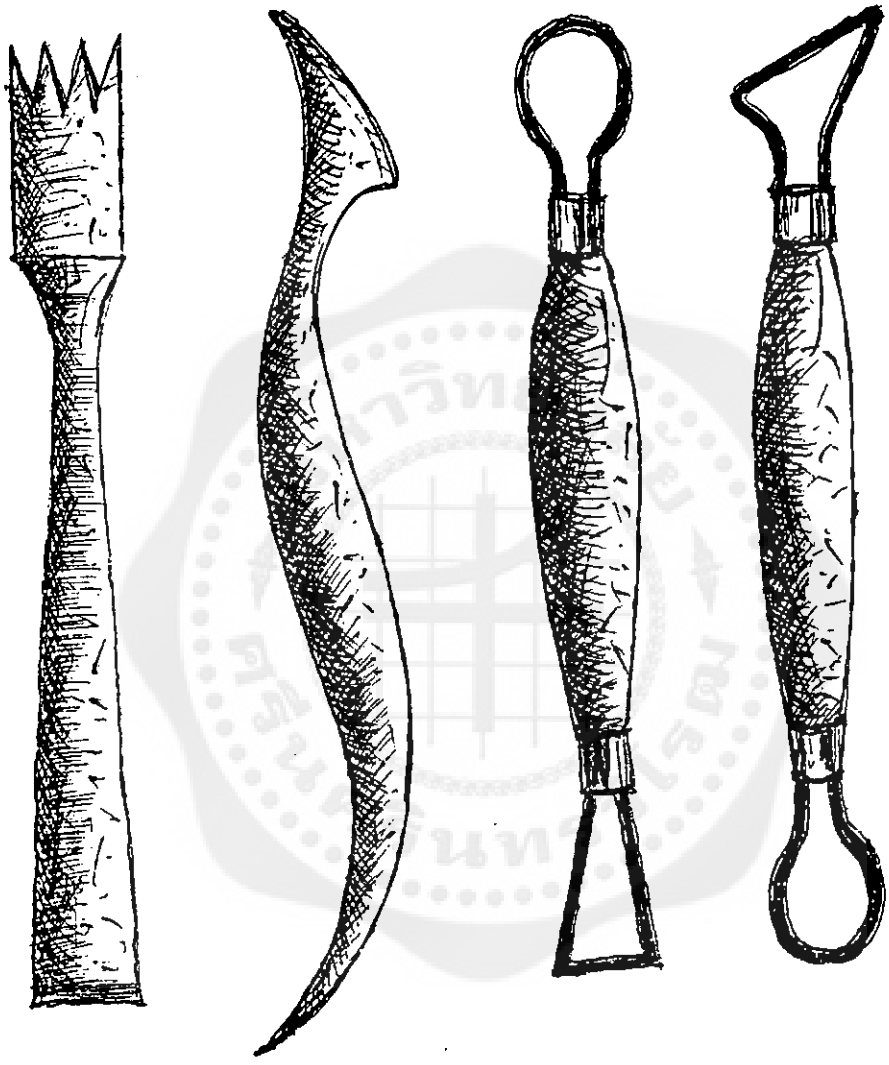
COMMON CERAMIC RAW MATERIALS				
Material	Formula	Compound molecular weight	Equivalent weight	Fired formula
Aluminum hydroxide	$Al_2(OH)_6$	156	156	Al_2O_3
Antimony oxide	Sb_2O_3	292	292	Sb_2O_3
Barium carbonate	$BaCO_3$	197	197	BaO
Bone ash (Calcium phospate)	$Ca_3(PO_4)_2$	310	103	CaO
Boric acid	$B_2O_3.3H_2O$	124	124	B_2O_3
Borax	$Na_2O_3.2B_2O_3.10H_2O$	382	382	$Na_2O.2B_2O_3$
Calcium borate (colemanite)	$2CaO.3B_2O_3.5H_2O$	412	206	$2CaO.3B_2O_3$
Calcium carbonate (whiting)	$CaCO_3$	100	100	CaO
Chromic oxide	Cr_2O_3	152	152	Cr_2O_3
Cobalt carbonate	$CoCO_3$	119	119	CoO
Cobalt oxide, black	Co_3O_4	241	80	CoO
Copper carbonate	$CuCO_3$	119	119	CuO
Copper oxide, green (cupric)	CuO	80	80	CuO
Copper oxide, red (cuprous)	Cu_2O	143	72	CuO
Cornwall stone	$(1RO{\cdot}1.16Al_2O_3{\cdot}8.95SiO_2)$	732	652	Same
Cryolite	$Na_3.AlF_6$	210	420	$3Na_2O.Al_2O_3$
Dolomite	$CaCO_3.MgCO_3$	184	184	CaO.MgO

Material	Formula	Compound molecular weight	Equivalent weight	Fired formula
Feldspar, potash	$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	557	557	same
Feldspar, soda	$Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	524	524	same
Kaolin (China clay)	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$	258	258	$Al_2O_3.2SiO_2$
Kaolin (Calcined)	$Al_2O_3.2SiO_2$	222	222	$Al_2O_3.2SiO_2$
Iron chromate	$FeCrO_4$	172	172	$FeCrO_4$
Iron oxide, red (Ferric)	Fe_2O_3	160	160	Fe_2O_3
Iron oxide, black (ferrous)	FeO	72	72	FeO
Flint (quartz, silica)	SiO_2	60	60	SiO_2
Fluorspar (calcium fluoride)	CaF_2	78	78	CaO
Lead carbonate (White lead)	$2PbCO_3.Pb(OH)_2$	775	258	PbO
Lead monosilicate	$3PbO.2SiO_2$	789	263	same
Leadoxide (litharge)	PbO	223	223	PbO
Lead oxide, red	Pb_3O_4	685	228	PbO
Lepidolite	$LiF.KF.Al_2O_3.3SiO_2$	356	356	same
Lithium carbonate	Li_2CO_3	74	74	Li_2O
Magnesium carbonate	$MgCO_3$	84	84	MgO
Manganese carbonate	$MnCO_3$	115	115	MnO
Manganese dioxide (black)	MnO_2	87	87	MnO

Material	Formula	Compound molecular weight	Equivalent weight	Fired formula
Manganese oxide (greenish)	MnO	71	71	MnO
Nepheline syenite	$1RO{\cdot}1.04Al_2O_3{\cdot}4.53SiO_2$	447	447	same
Nickel oxide green	NiO	75	75	NiO
Nickel oxide, black	Ni_2O_3	166	83	NiO
Petalite	$LiO_3.Al_2O_3.8SiO_2$	197	197	same
Plastic vitrox	$1RO{\cdot}1.69Al_2O_3{\cdot}14.64SiO_2$	1139	1139	same
Potassium carbonate (pearl ash)	K_2CO_3	138	138	K_2O
pyrophylite	$Al_2O_3.4SiO_2.H_2O$	360	360	$Al_2O_3.4SiO_2$
Sodium bicarbonate	$NaHCO_3$	84	168	Na_2O
Sodium carbonate (soda ash)	Na_2CO_3	106	106	Na_2O
Spodumene	$Li_2O.Al_2O_3.4SiO_2$	372	372	same
Talc (steatite)	$3MgO.4SiO_2.H_2O$	379	126	$3MgO.4SiO_2$
Tin oxide (stannic oxide)	SnO_2	151	151	SnO_2
Titanium dioxide (rutile impure TiO_2)	TiO_2	80	80	TiO_2
Wollastonite	$Ca.SiO_3$	116	116	same
Zinc oxide	ZnO	81	81	ZnO
Zirconium oxide	ZnO_2	123	123	ZrO_2

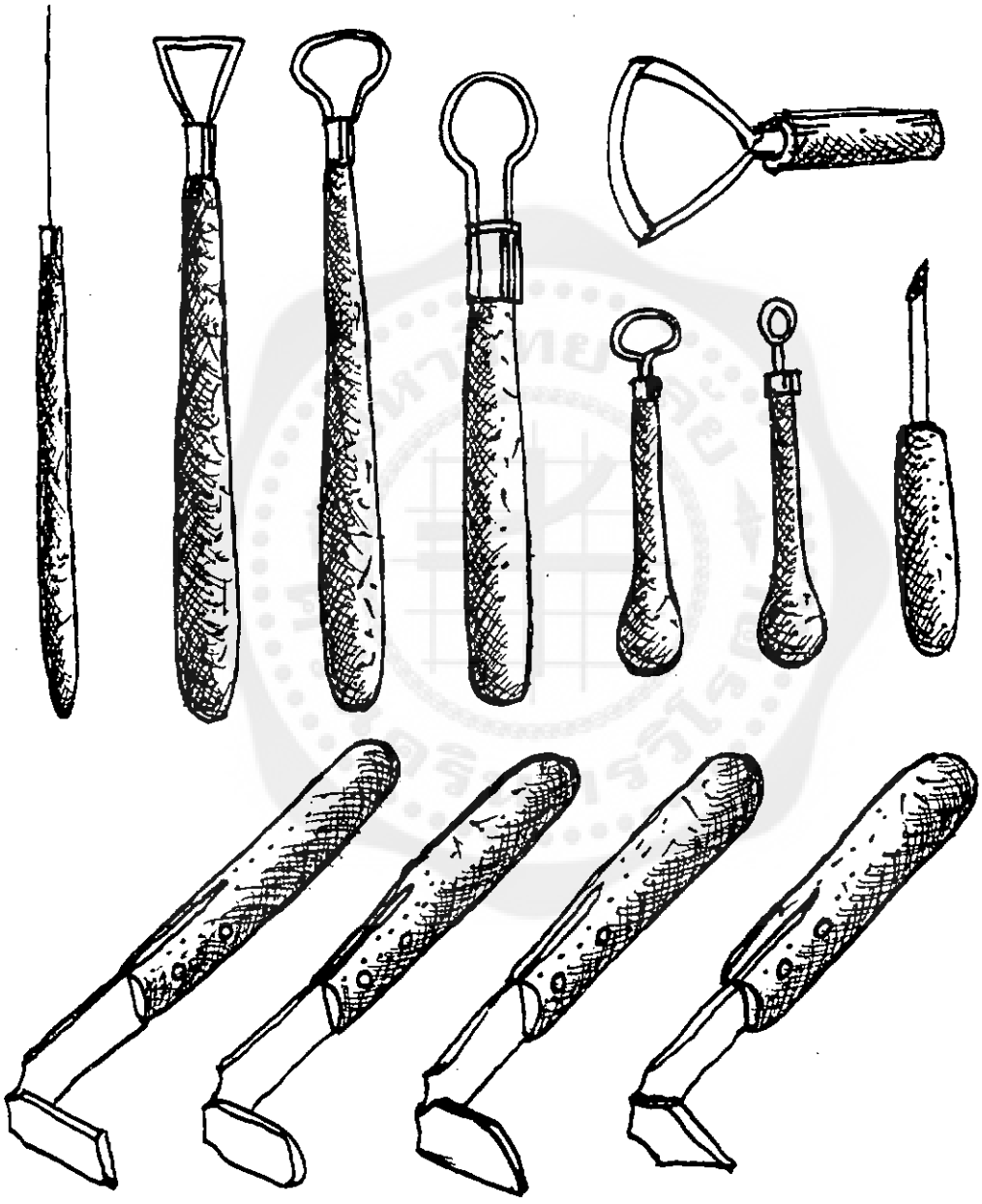
ภาคผนวก 5

เครื่องมือที่ช่วยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์และใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์



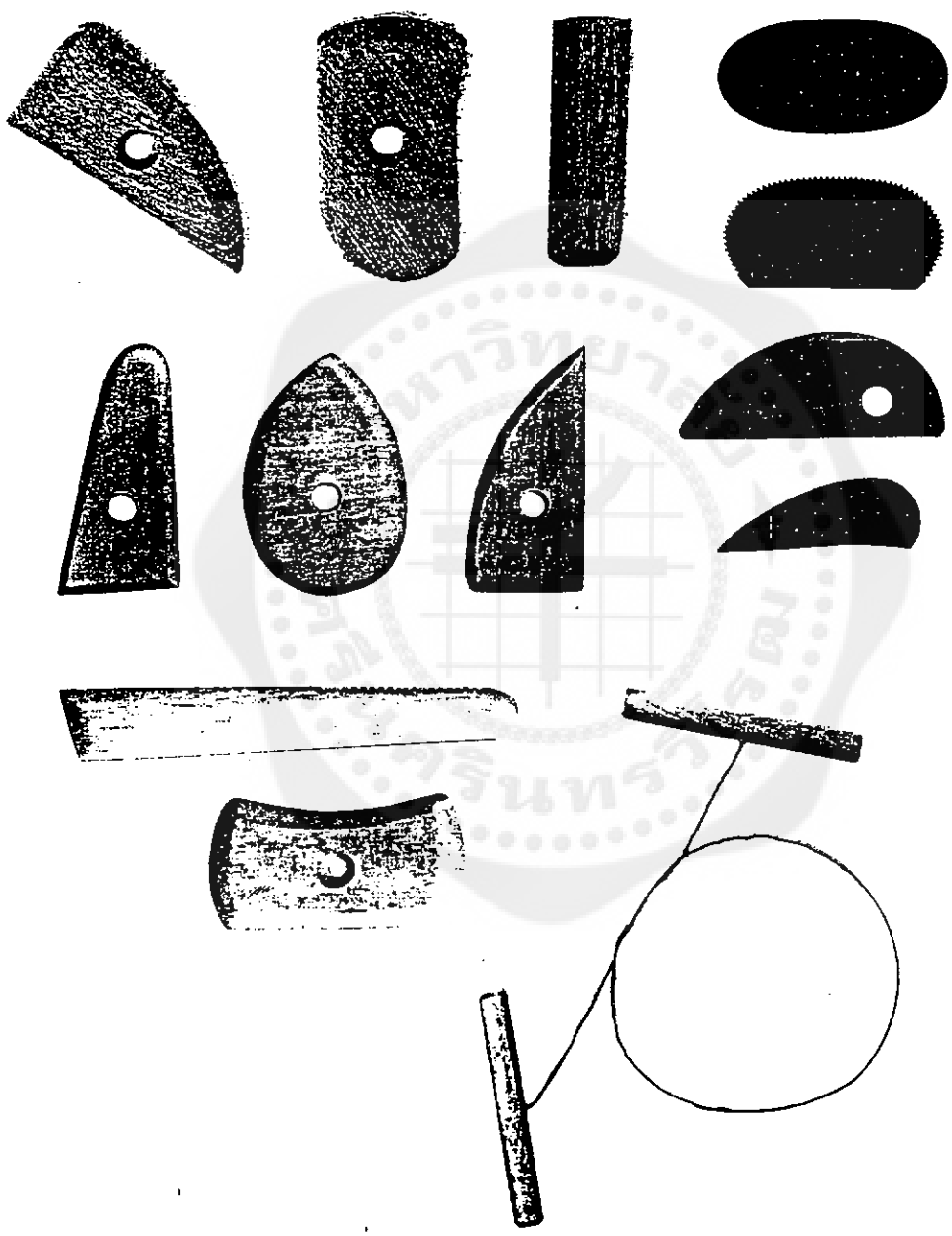
ภาคผนวก 6

เครื่องมือปั้นที่ใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปบนแป้นหมุน



ภาคผนวก 7

เครื่องมือที่ช่วยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์บนแป้นหมุนและลวดตัดดิน



ภาคผนวก 8
เครื่องมือในการทำงานปูนปลาสเตอร์