

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบที่เหมาะสมต่อการผลิตของที่ระลึกเพื่อส่งเสริมคุณค่าการท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง มีการสืบค้นเอกสารและผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัย ทบทวนวรรณกรรมในเรื่องเกี่ยวกับจังหวัดระนอง ของที่ระลึก วัตถุดิบที่ใช้ในงานเซรามิก อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบเซรามิก การเตรียมเนื้อดินปั้นและเคลือบ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นและเคลือบ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 จังหวัดระนอง

เดิมเมืองระนอง หรือเมืองแร่นอง เป็นดินแดนส่วนหนึ่งของอาณาจักรศรีวิชัย ซึ่งเจริญรุ่งเรืองอยู่ทางตอนใต้ของภูมิภาค มีสภาพเป็นป่าทึบ ไม่มีผู้คนอยู่อาศัย จนถึงสมัยกรุงศรีอยุธยา เมืองระนองก็ยังคงเป็นเพียงหัวเมืองขนาดเล็กที่ขึ้นอยู่กับเมืองชุมพร ซึ่งเป็นหัวเมืองชั้นตรี มีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ชายฝั่งตะวันออกจดฝั่งตะวันตก จนกระทั่งในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ ได้โปรดเกล้าฯ ยกฐานะเมืองระนองให้เป็นหัวเมืองจัตวา ขึ้นตรงต่อกรุงเทพมหานคร ในสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 ระนองมีฐานะเป็นหัวเมืองอิสระ และต่อมาได้รับการยกฐานะเป็นจังหวัด และได้มีการยุบ “เมืองตระ” ที่อยู่ภายใต้การปกครองของเมืองชุมพรมาพร้อม ๆ กับระนอง แล้วเปลี่ยนฐานะเป็นอำเภอ เรียกว่าอำเภอกระบุรี ขึ้นกับจังหวัดระนองตั้งแต่นั้นมา

ระนองในอดีตนั้นมีความสำคัญในฐานะที่เป็นเมืองติดbuk เมืองชายแดน เมืองคอคอดกระ และเมืองเสด็จประทับแรม และต่อมาเมื่อมีการตัดถนนเพชรเกษม (ทางหลวงหมายเลข 4) ผ่านมายังจังหวัดระนอง เมืองระนองจึงได้พัฒนาจนมีความสำคัญในฐานะเมืองท่องเที่ยวมากขึ้น ปัจจุบันระนองเป็นจังหวัดแรกบนฝั่งทะเลอันดามัน ตั้งอยู่บนส่วนที่แคบที่สุดของคาบสมุทรมลายู ระหว่างมหาสมุทรแปซิฟิกกับมหาสมุทรอินเดีย อยู่ทางด้านทิศตะวันตกของภาคใต้ ประมาณละติจูดที่ 10 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 99 องศาตะวันออก ห่างจากกรุงเทพมหานครตามเส้นทางรถยนต์ถนนเพชรเกษมประมาณ 600 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 3,298.045 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะรูปร่างเรียวยาวและแคบ ความยาวจากเหนือสุดถึงใต้สุดประมาณ 169 กิโลเมตร ความกว้างประมาณ 44 กิโลเมตร ส่วนที่แคบที่สุดบริเวณคอคอดกระในเขตอำเภอกระบุรี ประมาณ 9 กิโลเมตร จังหวัดระนองมีอาณาเขตทิศเหนือติดต่อกับอำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร และสหภาพพม่า ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดสุราษฎร์ธานี และอำเภอกระบุรี จังหวัดพังงา ทิศตะวันออกติดต่อกับอำเภอเมืองชุมพร อำเภอสวี และอำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร และทิศตะวันตกติดต่อกับทะเลอันดามันและแม่น้ำกระบุรี ที่เป็นพรมแดนไทยกับสหภาพพม่า มีคำขวัญประจำจังหวัดคือ “คอคอดกระ ภูเขาหญ้า กาหยูหวาน ชารน้ำแร่

มุกแท้เมืองระนอง” มีดอกไม้ประจำจังหวัดคือดอกโกมาซุม (Dendrobium Formosum) และต้นไม้ประจำจังหวัดคือต้นอินทนิล (Lagerstroemia Speciosa)

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดระนองประกอบด้วยภูเขา ทิวเขาประมาณร้อยละ 86 ของพื้นที่ บนเขตเทือกเขาภูเก็ตและมีที่ราบประมาณร้อยละ 14 ของพื้นที่ แบ่งออกเป็น 2 เขตคือเขตภูเขาและที่สูงอยู่ทางด้านตะวันออกของจังหวัด เป็นเทือกเขาที่ต่อเนื่องจากเทือกเขาตะนาวศรีวางตัวในทิศจากเหนือไปใต้และลาดเอียงลงสู่ทะเลอันดามัน เป็นแหล่งกำเนิดต้นน้ำลำธารที่สำคัญ เช่น แม่น้ำกระบุรี คลองละอุ่น เป็นต้น และเขตที่ราบชายฝั่ง พื้นที่ด้านตะวันตกของจังหวัด เป็นบริเวณที่ถูกทับถมเป็นที่ราบ ซึ่งเป็นที่ราบแคบ ๆ กว้างประมาณ 5-20 กิโลเมตร พบบริเวณชายฝั่งทะเลและสองฝั่งลำน้ำ สภาพดินไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ไม่เหมาะแก่การเกษตร เพราะเป็นดินร่วนปนทราย ชั้นล่างเป็นดินเหนียว หินลูกรัง และหินชั้นไม่อมน้ำ หน้าแล้งดินจะแห้ง และด้วยสภาพภูมิประเทศที่ยากลำบากต่อการพัฒนาด้านการคมนาคมนี้เอง จึงทำให้พื้นที่แถบนี้มีผู้คนอาศัยอยู่น้อยมาตั้งแต่อดีต และเพิ่งได้รับการพัฒนาเป็นชุมชนเมืองขนาดใหญ่เมื่อร้อยกว่าปีที่ผ่านมานี้เอง อย่างไรก็ตามระนองมีหัตถาหลายแห่ง เช่น หาดบางเบน หาดประพาส บริเวณน่านน้ำมีเกาะต่าง ๆ ประมาณ 62 เกาะ เช่น เกาะพยาม เกาะช้าง เกาะสินไห เกาะเหลา เกาะค้างคาว เป็นต้น

จังหวัดระนองได้ชื่อว่าเป็นเมือง “ฝนแปด แดดสี่” นั่นคือมีฝนตก 8 เดือน และฝนแล้งเพียง 4 เดือน นับว่าเป็นจังหวัดที่ฝนตกชุกมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากอยู่ติดกับทะเลอันดามัน อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกชุกเกือบตลอดปี เฉลี่ยประมาณ 200 วันต่อปี ปีหนึ่งมี 2 ฤดูคือฤดูร้อนและฤดูฝน โดยฤดูร้อนระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม มีอากาศร้อนมาก ส่วนฤดูฝนแบ่งออกเป็น 2 ช่วง เพราะได้รับอิทธิพลของลมแตกต่างกัน ช่วงแรกระหว่างเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม มีฝนตกชุกมาก เนื่องจากได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากทะเลอันดามัน ช่วงที่สองระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดมาจากฝั่งอ่าวไทย ทำให้มีฝนตกเบาบาง อุณหภูมิไม่สูงนัก อากาศเย็นสบาย อุณหภูมิมีความแตกต่างกันไม่มากนักระหว่างเดือนที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดกับเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 26-28 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 4,100 มิลลิเมตรต่อปี

จังหวัดระนอง แบ่งการปกครองออกเป็น 5 อำเภอได้แก่ อำเภอเมืองระนอง อำเภอละอุ่น อำเภอกระบุรี อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนองมีประชากรประมาณ 165,000 คน ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในชนบท นับถือศาสนาพุทธ รองลงมาคือศาสนาอิสลาม ระนองถือได้ว่าเป็นจังหวัดที่มีทรัพยากรที่สมบูรณ์จังหวัดหนึ่ง มีแร่ธาตุที่สามารถทำรายได้ให้แก่จังหวัดเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ได้แก่ แร่ดีบุก วุลแฟรม ดินขาว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีป่าไม้ที่สมบูรณ์ มีไม้ที่สำคัญได้แก่ ไม้ยาง ยุง อินทนิล ไม้ตะเคียน ไม้ตาเสือ เนื่องจากจังหวัดระนองเป็นจังหวัดชายฝั่งทะเลตะวันตกในเขตภาคใต้ตอนบน มีทรัพยากรทางธรรมชาติอุดมสมบูรณ์มาตั้งแต่อดีต โดยเฉพาะทรัพยากรแร่ดีบุกและป่าไม้ ปัจจุบันระนองเป็นจังหวัดที่มีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติมากมายและสวยงาม ทั้งชายหาดที่สวยงามและสงบเงียบ ท้องทะเลสวยใสที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรใต้น้ำ เกาะขนาดเล็กใหญ่จำนวนมาก แหล่งน้ำแร่ธรรมชาติ ป่า

ไม้เขียวขจีบริสุทธิ์ น้ำตกสวย และที่โดดเด่นคือวัฒนธรรมและวิถีชีวิตพื้นบ้านของชาวระนอง ที่ปัจจุบันได้รับความสนใจจากผู้ชื่นชอบการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ สนับสนุนและพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวแห่งใหม่ในอนาคตต่อไป

สถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง ประเภทอุทยานได้แก่ อุทยานแห่งชาติลำน้ำกระบุรี อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะพยาม อุทยานแห่งชาติแหลมสน อุทยานแห่งชาติน้ำตกหงาว และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองนาคา ส่วนที่ท่องเที่ยวตามธรรมชาติได้แก่ บ่อน้ำร้อน แหล่งน้ำร้อนธรรมชาติ น้ำตกปุญญบาล น้ำตกโตนเพชร ภูเขาหญ้าหรือเขาหัวล้าน หาดชาญดำริ วิกตอเรียพอยท์หรือเกาะสอง เกาะพยาม เกาะช้าง คอคอดกระหรือกักระ ถ้ำพระขยงค์ น้ำตกชุมแสงหรือน้ำตกสายรุ้ง น้ำตกบกกทราย หาดบางเบน หาดแหลมสน หาดประพาสหรือหาดหินทุ่ง เกาะค้างคาว เกาะกำตกหรือเกาะอ่าวเขาควาย เกาะกำใหญ่ เกาะกำน้อย เขาฝาชี นอกจากนี้ยังแหล่งท่องเที่ยวที่สร้างขึ้น ได้แก่ วัดหาดส้มแป้น วัดสุวรรณคีรี เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองนาคา สุสานเจ้าเมืองระนอง ศูนย์วิจัยป่าชายเลนหงาว ศิลาสลักพระปรมาภิไธย ชากเรือรบญี่ปุ่น จำนวนนักท่องเที่ยวจังหวัดระนองในเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2547 จำแนกตามสถานที่ท่องเที่ยวพบว่านักท่องเที่ยวเดินทางไปท่องเที่ยวที่บ่อน้ำพุร้อนมากที่สุดอันดับแรกคือร้อยละ 21.86 รองลงมาคือเที่ยวน้ำตกร้อยละ 15.12 และภูเขาร้อยละ 9.57 ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 จำนวนนักท่องเที่ยวจังหวัดระนอง เดือนมกราคม-ธันวาคม ปี พ.ศ. 2547 จำแนกตามสถานที่ท่องเที่ยว

สถานที่ท่องเที่ยว	ไทย	ต่างประเทศ	รวม
1) วัด/พระธาตุ/เจดีย์	7.04	3.92	6.87
2) สถานที่สำคัญ/พิพิธภัณฑ์	5.21	5.30	5.21
3) โบราณสถาน/แหล่งประวัติศาสตร์	4.28	2.12	4.15
4) บ่อน้ำพุร้อน	21.56	26.84	21.86
5) อนุสาวรีย์/อนุสรณ์สถาน/สุสาน	5.09	3.46	5.00
6) น้ำตก	15.40	10.39	15.12
7) ดอย/ภูเขา/เทือกเขา	9.52	10.43	9.57
8) แหล่งสวยงามตามธรรมชาติ	8.21	4.86	8.02
9) แหล่งหัตถกรรมพื้นบ้าน	3.99	19.00	4.84
10) สวนสาธารณะ/สวนสุขภาพ	4.40	2.18	4.28

และในครึ่งปีแรกของปี พ.ศ. 2554 นักท่องเที่ยวจังหวัดระนองเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้าร้อยละ 43.52 (เดือนมกราคม-มิถุนายน) ดังแสดงตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบจำนวนนักท่องเที่ยวจังหวัดระนอง ปี พ.ศ. 2553 และ 2554 จำแนกตาม
กลุ่มนักท่องเที่ยว

กลุ่ม	2554 (เดือนมกราคม-มิถุนายน)	2553	ร้อยละ
ไทย (Thai)	159,134	110,622	+ 43.85
ชาวต่างชาติ (Foreigners)	13,437	9,616	+ 39.74
รวม	172,571	120,238	+ 43.52

ที่มา: สำนักงานการท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดสุราษฎร์ธานี (2011, 24 กุมภาพันธ์)

เนื่องจากระนองเป็นจังหวัดที่ผู้คนในท้องถิ่นยังคงรักษาขนบธรรมเนียมและประเพณีดั้งเดิมอันงดงามไว้ได้อย่างเข้มแข็ง ตลอดทั้งปีจึงมีการจัดงานเทศกาลเฉลิมฉลองและงานประเพณีสำคัญหลายงาน ที่เกี่ยวข้องกับทั้งในด้านประวัติศาสตร์ วัฒนธรรมประเพณี และแหล่งธรรมชาติ เช่น งานปิดทองพระถ้ำพระขยงค์ งานกาหูกาน งานเสด็จพระแข่งเรือ งานแร่นอง ทะเลทองอันดามัน ประเพณีถือศีลกินผัก งานเทศกาลล่องแพ แลพลับพลึงธาร เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงสนใจที่จะศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบที่เหมาะสมต่อการผลิตของที่ระลึกเพื่อส่งเสริมคุณค่าการท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ แหล่งท่องเที่ยว และวัฒนธรรมประเพณีดังกล่าวข้างต้น

2.2 ของที่ระลึก

คำว่า “ของ” หมายถึงสิ่ง ส่วนคำว่า “ที่ระลึก” หมายถึงที่ทำให้คิดถึงหรือนึกถึงเรื่องราวหรือเหตุการณ์ในอดีตได้ ดังนั้น “ของที่ระลึก” จึงหมายถึงสิ่งที่ทำให้เกิดความคิดถึงหรือนึกถึง (ราชบัณฑิตยสถาน, 2546, หน้า 173, 936) นอกจากนี้ของที่ระลึกอาจหมายถึงสิ่งที่ใช้เป็นสื่อเพื่อหวังผลทางด้านความทรงจำ หรือเป็นลักษณะแทนบุคคล เหตุการณ์ เรื่องราว เป็นต้น ที่ได้รับการออกแบบสร้างสรรค์ขึ้นเพื่อกระตุ้นเตือนหรือเน้นย้ำความทรงจำให้คิดถึงเหตุการณ์หรือเรื่องราว ซึ่งของที่ระลึกเมื่อให้ในโอกาสต่างกันอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น ให้แก่ผู้ที่รักและนับถือเรียกว่า “ของกำนัล” หากให้แก่เจ้าของขวัญเมื่อเสร็จพิธีทำขวัญแล้ว หรือให้ในเวลาอื่นเพื่อเป็นการถนอมไมตรีหรือเพื่ออวยชัยไมตรี เช่น วันปีใหม่ วันเกิด วันแต่งงาน เรียกว่า “ของขวัญ” และหากให้ตอบแทนผู้มาช่วยงานเช่น งานแต่งงาน งานศพ เรียก “ของชำร่วย” เป็นต้น

วิวัฒนาการของของที่ระลึกเป็นผลมาจากการเรียนรู้ ทักษะและความชำนาญ ทำให้รู้จักวิธีสร้างสรรค์เทคนิควิธีการในผลิต ตลอดจนคิดค้นหาวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมาช่วยในการผลิต ซึ่งทั้งเทคนิค วัสดุ และเครื่องมือช่วยนี้ส่งผลให้รูปแบบสิ่งที่สร้างขึ้นแตกต่างกัน โดยเฉพาะในปัจจุบันมี

ความก้าวหน้าในเรื่องเทคโนโลยีและเครื่องจักรกล จึงอำนวยความสะดวกให้การสร้างของที่ระลึกมีรูปลักษณะที่แตกต่างกันตามการออกแบบสร้างสรรค์ และเปิดโอกาสให้ผู้สร้างเลือกสรรงานตามความสามารถ ทักษะ ความชำนาญการและวัตถุประสงค์ที่มีคุณค่าแตกต่างกันออกไป ซึ่งคุณค่าของผลงานอาจอยู่ที่ความสามารถในการผลิตได้จำนวนมากในระยะเวลารวดเร็ว หรืออาจอยู่ที่ความประณีต ความทนทาน หรืออาจเป็นคุณค่าด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมได้ เนื่องจากแต่ละท้องถิ่นมีความแตกต่างกันด้วยสภาพทางภูมิศาสตร์ สภาพดินฟ้าอากาศ ทรัพยากรและวัสดุในท้องถิ่น ทำให้รูปแบบของผลงานและของที่ระลึกต่าง ๆ แตกต่างกันไป มีการสืบทอดวัฒนธรรมทางรูปแบบโดยการสั่งสมในทางปฏิบัติ ซึ่งแม้ว่าเทคนิคการทำอาจคล้ายคลึงกัน แต่จะพบความแตกต่างกันทางด้านรูปร่าง รูปแบบ ลวดลาย ทั้งนี้เป็นไปตามความนิยมของแต่ละท้องถิ่นนั่นเอง

พัฒนาการของของที่ระลึกทั้งในด้านจุดประสงค์ของการสร้าง รูปแบบ รูปทรง และการนำไปใช้ มีสาเหตุของการเปลี่ยนแปลง 2 ประการคือ

1) เกิดการแลกเปลี่ยนทางวัฒนธรรม ด้วยรูปแบบค่านิยมหรือประเพณีในท้องถิ่นที่สร้างสิ่งของหรือวัตถุขึ้นเพื่อจุดมุ่งหมายในการบริโภค ใช้สอย หรือเป็นเครื่องประดับตกแต่ง รวมทั้งเป็นวัตถุทางศิลปะ และมีการสืบทอดกันมานับชั่วอายุคนของแต่ละท้องถิ่น เมื่อมีการติดต่อกันในระหว่างกลุ่มชนต่างวัฒนธรรม จึงเกิดการลอกเลียน การประยุกต์ การดัดแปลงในสิ่งที่ได้รับรู้ใหม่ให้เหมาะสมกลมกลืนกับสิ่งที่มีอยู่ สิ่งที่เกิดขึ้นใหม่ก็มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน

2) การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม โดยในทางเศรษฐกิจนั้น ความแตกต่างของการเป็นอยู่ของมนุษย์จากการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อความปลอดภัย คุณค่าทางความงาม และเพื่อความสะดวกสบายในการใช้ ตอบสนองความพึงพอใจและคุณค่าเฉพาะตัว เปลี่ยนเป็นการสร้างงานเพื่ออาชีพ ตอบสนองการเลือกใช้และการแลกเปลี่ยนผลงานซึ่งกันและกัน เป็นระบบการซื้อขาย และการแข่งขันเพื่อการได้ประสบความสำเร็จ

ส่วนทางด้านสังคมนั้นก็เปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับสภาพความเป็นอยู่ของผู้คน จากชีวิตความเป็นอยู่ที่มีเอกลักษณ์ของกลุ่ม ของชุมชน ของท้องถิ่น เมื่อมีการแลกเปลี่ยนหรือถูกครอบงำทางวัฒนธรรม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปทั้งวิถีชีวิตและรูปแบบสิ่งของเครื่องใช้ ที่พบว่ารูปแบบของสิ่งต่าง ๆ ในท้องถิ่นชุมชน กลายเป็นสินค้าที่ขายในฐานะของที่ระลึกในท้องถิ่น ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตประจำวันของผู้คนเช่นแต่ก่อน สำหรับความเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมนั้นเกิดจากการยอมรับวัฒนธรรมของชุมชนอื่นทำให้วัฒนธรรมดั้งเดิมของตนถูกทอดทิ้ง ขนบธรรมเนียมประเพณีดั้งเดิมค่อย ๆ สูญหายไป รูปแบบสิ่งของเครื่องใช้ในประเพณี พิธี และความเชื่อต่าง ๆ สูญหายหรือเปลี่ยนแปลงรูปแบบไป

หากพิจารณาจัดแบ่งประเภทของที่ระลึกแล้วอาจแบ่งได้หลากหลายตามประเด็นพิจารณาดังต่อไปนี้

1) การแบ่งของที่ระลึกตามรูปลักษณะ อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

(1) ของที่ระลึกที่สร้างขึ้นตามประเพณีนิยม โดยประเพณีนิยมคือการสืบเนื่องรูปแบบและการจัดทำต่อ ๆ กันมา ดังนั้นรูปลักษณะของที่ระลึกประเภทนี้จึงเป็นสิ่งที่สร้างและสืบทอดวัฒนธรรมทางรูปแบบแต่ละช่วงอายุคนต่อเนื่องกันมา โดยจุดประสงค์ของคนรุ่นก่อนอาจสร้างสิ่งนั้นเพื่อประโยชน์ใช้สอย แต่จุดประสงค์ในการสร้างของคนรุ่นต่อมาอาจเปลี่ยนเป็นสร้างเพื่อสนองความต้องการของนักท่องเที่ยว

(2) ของที่ระลึกที่สร้างขึ้นตามสมัยนิยม เป็นรูปแบบซึ่งอาจถูกแปลค่ามาจากเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ความนิยมในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องราวใดเรื่องราวหนึ่ง ออกมาเป็นรูปแบบหรือสัญลักษณ์ของเหตุการณ์ หรือสิ่งที่ปรากฏในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งเป็นที่นิยมกันในกลุ่มชนกลุ่มหนึ่งและอาจแพร่ไปยังอีกกลุ่มชนอื่นในระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นก็เสื่อมความนิยมไปพร้อมกับมีรูปแบบของสิ่งใหม่เข้ามาแทนที่หมุนเวียนไปตามกาลเวลา

(3) ของที่ระลึกที่สร้างขึ้นโดยเฉพาะ ได้แก่ของบริโภค เครื่องใช้ไม้สอย เครื่องประดับ หรือวัตถุทางศิลปะที่สร้างขึ้นเฉพาะ โดยถูกสร้างเพื่อจุดมุ่งหมายให้เป็นของที่ระลึกโดยตรง ซึ่งรูปแบบอาจได้รับการออกแบบสร้างเพื่อเฉพาะบุคคล เฉพาะเหตุการณ์ เฉพาะสถานที่ หรือเฉพาะงานก็ได้

2) การแบ่งของที่ระลึกโดยยึดความแตกต่างของวัสดุที่นำมาสร้าง หรือด้วยเทคนิควิธีการที่แตกต่างกัน อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

(1) ของที่ระลึกที่สร้างหรือดัดแปลงมาจากวัสดุธรรมชาติ โดยการนำวัสดุในธรรมชาติมา ประกอบ ตัดต่อ ดัดแปลงเป็นเครื่องใช้ เครื่องประดับ หรือวัตถุทางศิลปะ ซึ่งอาจยังคงรูปแบบของธรรมชาติเดิม หรืออาจแต่งเติมบ้างเล็กน้อย หรืออาจเป็นการผสมผสานระหว่างรูปแบบธรรมชาติกับความคิดจินตนาการของผู้สร้างสรรค์

(2) ของที่ระลึกที่สร้างจากวัสดุสังเคราะห์ ทำให้เกิดรูปแบบที่ผสมผสานสอดคล้องกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุนั้น ๆ ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุแตกต่างกัน เมื่อนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ก็จะได้รูปลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน และกรรมวิธีหรือเทคนิควิธีการสร้างก็แตกต่างกัน สามารถเรียกผลิตภัณฑ์ตามชื่อวัสดุที่สร้าง เช่น เครื่องแก้ว เครื่องทอง ผลิตภัณฑ์พลาสติก เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจเรียกตามกรรมวิธีการผลิตหรือเทคนิคการสร้าง เช่น เครื่องถม เครื่องแก้วเจียรไน งานปูนปั้น เป็นต้น

(3) ของที่ระลึกที่สร้างจากเศษวัสดุ อาจเป็นวัสดุจากธรรมชาติหรือวัสดุสังเคราะห์ที่ถูกนำมาใช้งานแล้วเหลือหรือเป็นส่วนเกิน หรืออาจเป็นวัสดุที่แยกออกมาจากส่วนต่าง ๆ ของผลผลิตของที่ระลึกที่ถูกสร้างหรือประกอบ หรือเป็นเศษวัสดุที่ไม่ใช้งานแล้วอย่างแท้จริง โดยทั่วไปมักแสดงให้เห็นถึงฝีมือที่ประณีตละเอียดอ่อน ผลงานที่ถูกสร้างขึ้นส่วนมากนำไปใช้ในการประดับตกแต่ง นอกจากนี้ยังสามารถใช้วัสดุธรรมชาติประกอบกับวัสดุสังเคราะห์ เช่น พวงกุญแจหล่อด้วยพลาสติกภายในมีสัตว์ หรือดอกไม้ ใบไม้ อยู่ หรืองานสลักเลี่ยมโลหะ เป็นต้น

3) การแบ่งของที่ระลึกจากรูปร่างลักษณะที่พบเห็นได้โดยทั่วไป อาจแบ่งได้เป็น 6 ประเภทคือ

(1) รูปลักษณะตัวอักษร เป็นการนำตัวอักษรย่อหรือคำเต็มชื่อบุคคล สถานที่ มาจัดทำเป็นของที่ระลึก เช่น การนำชื่อสถานที่มาฉลุด้วยหนังเป็นพวงกุญแจ ฉลุด้วยทองเป็นจี้ห้อยคอ นำอักษรย่อของสถาบันต่าง ๆ มาทำเป็นโล่ ธง เข็มขัด เป็นต้น

(2) รูปลักษณะเรขาคณิต เป็นการนำรูปและลวดลายเรขาคณิตมาสร้างเป็นสื่อสัญลักษณ์ในรูปสิ่งของต่าง ๆ

(3) รูปลักษณะตามลัทธิความเชื่อ เป็นการนำสมมติเทพ เทวรูป รูปสัตว์ในโบราณคดี หรือสิ่งเคารพบูชาอื่น ๆ มาจัดสร้างเป็นของที่ระลึก

(4) รูปลักษณะธรรมชาติ เป็นการนำสิ่งที่มีหรือสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมาทำเป็นรูปแบบของที่ระลึก ซึ่งอาจเป็นรูปสัตว์ คน ทิวทัศน์ จักรวาล เป็นต้น

(5) รูปลักษณะผลิตและเครื่องมือเครื่องใช้ เป็นการนำผลิตภัณฑ์สินค้าประเภทต่าง ๆ ทั้งที่เป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องประดับ ของบริโภคมาจัดทำให้อยู่ในรูปแบบของที่ระลึก

(6) รูปลักษณะอิสระ เป็นรูปแบบที่สร้างขึ้นด้วยความคิดและจินตนาการ ไม่ติดอยู่กับรูปแบบใด ๆ

4) การแบ่งของที่ระลึกตามคุณค่าแห่งการนำไปใช้ โดยยึดเป้าหมายของการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้เป็นสำคัญ แบ่งได้เป็น 5 ประเภทคือ

(1) ของที่ระลึกประเภทบริโภค เป็นของที่ระลึกที่อยู่ในรูปแบบของอาหาร เนื่องจากอาหารเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีพ ในอดีตอาหารอาจอยู่ในรูปแบบของธรรมชาติ ไม่มีการปรุงแต่งเปลี่ยนแปลง แต่ต่อมาการปรุงแต่งอาหารให้น่าบริโภคทั้งรูปแบบและรสชาติทำให้สามารถกระตุ้นความต้องการของมนุษย์มากขึ้น เช่น การแกะสลักผลไม้ การประดิษฐ์สร้างสรรค์อาหารในรูปแบบและรสที่แปลกใหม่ การใส่ภาชนะหรือบรรจุหีบห่อที่สวยงาม การจัดให้อยู่ในรูปแบบกระเช้าผลไม้ บรรจุกล่องสวยงาม กะทัดรัด เป็นต้น

(2) ของที่ระลึกประเภทใช้สอย เนื่องจากเครื่องมือเครื่องใช้เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต และมีการให้ หรือซื้อขายแลกเปลี่ยนเพื่อการนำไปใช้ แต่เครื่องมือเครื่องใช้บางชนิดถูกประดิษฐ์ขึ้นเป็นพิเศษแตกต่างจากรูปแบบที่ใช้งานกันทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นการตกแต่งด้วยสี สัน ลวดลาย การใช้วัสดุที่มีคุณค่า เป็นต้น จึงถูกนำไปใช้เป็นของที่ระลึกและเครื่องประดับตกแต่งมากกว่าการนำไปใช้งาน เช่น นาฬิกา โคมไฟ ตะเกียง อวรุทสงครามประเภท ดาบ หอก โล่ เป็นต้น

(3) ของที่ระลึกประเภทประโยชน์ตกแต่ง เครื่องมือเครื่องใช้ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านร่างกายและเป็นประโยชน์ในด้านการตกแต่ง ซึ่งของที่ระลึกประเภทนี้อาจใช้ในการตกแต่งร่างกาย เช่น เครื่องประดับ หรือตกแต่งอาคาร สถานที่ งานพิธีการต่าง ๆ เป็นต้น

(4) ของที่ระลึกประเภทวัตถุทางศิลปะ ส่วนใหญ่สร้างสรรค์ขึ้นโดยศิลปินออกแบบและ

สร้างสรรค์ เป็นการถ่ายทอดสร้างสรรค์เพื่อแสดงออกทางด้านอารมณ์และความรู้สึก เพื่อซื้อขาย และส่วนมากนำมาใช้ประโยชน์ในการตกแต่งมากกว่าประโยชน์อื่น

(5) ของที่ระลึกประเภทงานศิลปหัตถกรรม เป็นประเภทที่มีความผูกพันกับความเป็นอยู่ของคนไทยมาก เนื่องจากการประดิษฐ์เพื่อประโยชน์ใช้สอยในชีวิตประจำวันมาตั้งแต่อดีต โดยงานศิลปหัตถกรรมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ ภาชนะเครื่องปั้นดินเผา เครื่องจักสาน เครื่องนุ่งห่ม งานทอผ้า เครื่องประดับ เครื่องเรือน งานแกะสลักไม้ ห่อโลหะ เป็นต้น

ของที่ระลึกดังกล่าวข้างต้นจะส่งผ่านถึงมือผู้ซื้อได้ทางร้านจำหน่ายของที่ระลึก ซึ่งส่วนใหญ่มักอยู่ในโรงแรม สถานที่ท่องเที่ยว ห้างสรรพสินค้า สนามบิน และโดยส่วนมากจะขายสินค้าพื้นเมืองและของที่ระลึกที่แตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น อาจเป็นสัญลักษณ์ของท้องถิ่นหรือเป็นของที่ระลึกของท้องถิ่น แต่ต้องคำนึงถึงมาตรฐานของสินค้า คุณภาพ ราคาที่เหมาะสมและยุติธรรม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาของที่ระลึกที่มีเอกลักษณ์และมีส่วนช่วยส่งเสริมคุณค่าการท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง โดยของที่ระลึกที่พัฒนาขึ้นนี้จัดเป็นประเภทของที่ระลึกที่สร้างจากวัสดุธรรมชาตินำมาสังเคราะห์เป็นชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผา หรือเซรามิกประเภทงานศิลปหัตถกรรม เพื่อการใช้สอยและตกแต่ง

2.3 วัตถุดิบที่ใช้ในงานเซรามิก

วัตถุดิบที่ใช้ในงานเซรามิกได้แก่วัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นเพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ และวัตถุดิบที่ใช้ทำเคลือบเพื่อตกแต่งผลิตภัณฑ์ ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในงานเซรามิกดังกล่าวนี้แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มได้แก่ วัตถุดิบประเภทดิน ประเภทหิน และประเภท Oxide

2.3.1 วัตถุดิบประเภทดิน

ดิน (Clay) มีสูตรทางเคมีคือ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ เป็นสารประกอบไฮดรอกไซด์ อลูมินัสซิลิเกต (Hydrous Aluminous Silicate) ที่มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกแน่นอน โดยทฤษฎีแล้วจะมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ร้อยละ 46.5 อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละ 39.5 และน้ำ (H_2O) ร้อยละ 14.0 เมื่อนำดินมาผสมกับน้ำจะทำให้เกิดความเหนียวขึ้น และสามารถปั้นให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ถ้าปล่อยให้แห้งจะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้ และมีความแข็งแรงดีขึ้นแต่ค่อนข้างเปราะ ถ้าเผาแล้วจะทำให้แข็งแรงมากขึ้นและเมื่อผสมกับน้ำจะไม่ทำให้ความเหนียวกลับคืนมาอีก

ดินเกิดจากการผุพังของหินแกรนิตเกิดเป็นดินที่บดละเอียดอยู่แหล่งเดิมเรียกว่าดินปฐมภูมิ (Primary Clay หรือ Residual Clay) เช่น ดินขาว จึงมักมีหินเดิมปะปน เช่น หินฟันม้า หินเขียวหนุมาน เป็นต้น เมื่อเวลาผ่านไป ดินจะถูกกระแสน้ำ กระแสลมพัดพาทำให้แหล่งดินเคลื่อนย้ายออกไปจากแหล่งเดิม น้ำได้ช่วยแยกเอาส่วนที่เป็นหินออกไป ทำให้เม็ดดินละเอียดขึ้น และตกตะกอนสะสมในบริเวณน้ำนิ่ง เรียกดินชนิดนี้ว่าดินทุติยภูมิ (Secondary Clay หรือ Sedimentary Clay) เช่น ดินดำ ดินแดง ซึ่งดินแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี

2.3.1.1 ดินขาว

ดินขาว หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือสีซีดจาง ทั้งในสภาพที่ยังไม่ได้เผาและเผาแล้ว ดินขาว หรือเกาลิน (Kaolin) หรือ China Clay โดยคำว่า “เกาลิน” มาจากภาษาจีนแปลว่าภูเขาสูง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของดินขาวในประเทศจีน ดินขาวมีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามแหล่งที่อยู่บนผิวโลก ดินขาวส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในแหล่งฝังของหินเดิม (Residual Clay) เป็นดินที่มีขนาดเม็ดหยาบจึงมีความเหนียวน้อย ประกอบด้วยแร่เกาลินไนท์ (Kaolinite) มากกว่าดินชนิดอื่น ๆ โดยดินขาวที่ขุดขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มี 3 ชนิด คือ

1) ดินขาวที่มีความบริสุทธิ์และมีความทนไฟสูง สามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกได้

2) ดินขาวเกรดฟิลเลอร์ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ทำสี ยาง ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย และอื่น ๆ โดยใช้ดินขาวที่มีเนื้อสีขาวบริสุทธิ์ตามผลวิเคราะห์ทางเคมี แต่ไม่ได้นำไปเผาผ่านความร้อนในกระบวนการผลิต

3) ดินขาวที่เป็นดินสอพองซึ่งไม่ใช่ดินขาว แต่เป็นปูนขาวชอล์ก (Chalk) หรือ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เกิดจากผลึกของหินปูนตามธรรมชาติ มีลักษณะเป็นผลึกละเอียดสีขาว บางครั้งเป็นสีอมชมพู และสีน้ำตาลอ่อน ในงานเซรามิกใช้ปริมาณน้อยในส่วนผสมของเคลือบและเนื้อดินปั้น นอกจากนี้ใช้ผสมทำปูนซีเมนต์

ดินขาวที่มีความบริสุทธิ์สูงเผาแล้วได้สีขาวมาก นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดปอร์ซเลน (Porcelain) โบนไชน่า (Bone China) และผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีเนื้อสีขาวทุกชนิด ดังนั้นสีดินภายหลังการเผา เป็นสิ่งสำคัญมาก ขณะที่โรงงานผลิตกระเบื้องปูพื้นใช้ดินที่มีราคาถูก หดตัวน้อย และมีปริมาณคาร์บอนต่ำ สามารถอัดเป็นแผ่นได้ง่ายโดยไม่บิ่นหรือแตกร้าว สีดินจะเป็นสีเหลืองนวล หรือออกสีแดงเล็กน้อย ไม่เป็นปัญหา ส่วนโรงงานสุกภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดินจะเลือกใช้ดินคุณภาพดี เพื่อผสมเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ๆ ให้ถอดพิมพ์ได้ง่าย มีออกไซด์ของเหล็ก และไทเทเนียมอยู่ในปริมาณน้อย

ดินขาวในประเทศไทยมีแหล่งต่าง ๆ หลากหลาย เช่นที่จังหวัดเชียงราย ลำปาง อุตรดิตถ์ ปรายจันบุรี ระนอง ชุมพร และจังหวัดนราธิวาส ดินขาวมีหลายเกรด หลายคุณภาพ บางแหล่งไม่สามารถนำมาทำเซรามิกได้ โดยแหล่งดินขาวในเขตภาคใต้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ได้แก่ ดินขาวจังหวัดระนอง ชุมพร และจังหวัดนราธิวาส เป็นดินขาวคุณภาพปานกลาง ซึ่งเป็นแร่เกาลินไนท์ที่มีความบริสุทธิ์ (Medium Ordered Kaolinite) และมีความขาวมากกว่าดินขาวลำปาง เนื่องจากดินขาวลำปางเป็นดินขาวเซอร์ซิไซต์ (Sericite) มีแร่ไมกาเป็นส่วนประกอบหลัก มีแร่เกาลินไนท์ประกอบอยู่เป็นส่วนน้อย หรือแร่เกาลินไนท์คุณภาพต่ำ (Disordered Kaolinite) แร่เซอร์ซิไซต์เกิดจากการฝังของหินแกรนิต ซึ่งกลายเป็นหินฟันม้า (Feldspar) ก่อนที่จะกลายเป็นแร่เกาลินไนท์ จึงเป็นแร่เกาลินไนท์ที่ไม่สมบูรณ์ แหล่งดินขาวที่พบในประเทศไทยเช่น

1) ดินขาวจังหวัดระนอง บ้านบางรี้น อำเภอมือง และบ้านบางพระเหนือ กิ่งอำเภอละอุ่น ดินขาวระนองมีสีขาวถึงเหลืองอ่อน เนื้อดินหยาบเมื่อล้าจะจมตัวเร็ว เนื้อดินหลังเผามีความขาวสูงไม่เหมาะกับการงานอุตสาหกรรมกระดาษ จึงใช้ในงานเซรามิกเท่านั้น

2) ดินขาวจังหวัดลำปาง บ้านปางค่า อำเภอแจ้ห่ม และที่อำเภอแม่ทะ ดินขาวลำปางมีเนื้อดินแน่นสีไม่ขาว แต่เมื่อเผาแล้วจะได้สีขาวฟาง เนื้อดินสุกตัวเร็วและหล่อได้ดีกว่าดินแหล่งอื่นเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

3) ดินขาวจังหวัดปราจีนบุรี บ้านหนองใหญ่ อำเภอมือง ดินขาวปราจีนบุรีมีเนื้อดินขาวเหนียวแต่สีไม่ขาวจัด เมื่อผ่านการล้าแต่งแร่แล้วเนื้อดินจะมีความละเอียดและเหนียวมากใกล้เคียงกับดินนราธิวาส เหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมวัสดุทนไฟ เซรามิกและทำปุ๋ยเคมีเม็ด

4) ดินขาวจังหวัดนราธิวาส บ้านโต๊ะเต่ง อำเภอสุไหงปาดี และอำเภอยี่งอ ดินขาวนราธิวาสมีเนื้อดินสีขาวละเอียดกว่าดินระนอง หลังล้าหรือแต่งแร่แล้วจะได้เนื้อดินมากกว่า ส่วนใหญ่เป็นดินขาวฟิลเลอร์ ส่งโรงงานกระดาษที่บางปะอิน และใช้ในงานเซรามิก

5) ดินขาวจังหวัดอุดรดิตถ์ บ้านวังยาง อำเภอมือง ดินขาวอุดรดิตถ์เป็นดินมีสิ่งเจือปนน้อยและมีสีขาวมาก แต่หลังเผาแล้วสีไม่ขาว จึงไม่เหมาะกับการงานอุตสาหกรรมเซรามิกนิยมใช้ในอุตสาหกรรมสี ปุ๋ย ยาง และยาฆ่าแมลง

6) ดินขาวจังหวัดเชียงราย อำเภอเวียงป่าเป้า

7) ดินขาวพะโต๊ะ อำเภอมือง จังหวัดชุมพร

ดินขาวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิกและอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ ดังเช่น

1) ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิก เช่น ถ้วยชาม เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องประดับ เป็นต้น
2) ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เช่น อิฐก่อสร้าง อิฐปูพื้น ท่อระบายน้ำ กระเบื้องผนัง หลังคา เป็นต้น

3) ใช้ทำเป็นเบ้าหลอมในอุตสาหกรรมกลึงเหล็กและหล่อเหล็ก
4) ใช้ทำอุปกรณ์กรองน้ำ (Water Filter)
5) ใช้ทำฉนวนไฟฟ้าที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้สูง (High-tension Insulator)
6) ใช้ทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เช่น เบ้าหลอม (Crucible) ผลิตเซรามิกกึ่งตัวนำ (Semi-conducting Ceramic) เป็นต้น

7) ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ โดยเติมลงไปเยื่อกระดาษ ทำให้กระดาษมีคุณสมบัติดูดซับน้ำหมึก ช่วยให้ผิวหน้ากระดาษเรียบและมันเป็นเงา สีของกระดาษขาวขึ้น ช่วยเพิ่มน้ำหนักของกระดาษและทำให้กระดาษทึบแสง ช่วยให้ไม่เห็นตัวหนังสือ หรือลายพิมพ์อื่น ๆ ในหน้าตรงข้าม

8) ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม เป็นตัวพอกสีและตัวเร่งปฏิกิริยา

- 9) ใช้ในอุตสาหกรรมยาง โดยเติมลงไปในยาง (Rubber Filler) ให้มีความ
แข็งแรงทนทาน
- 10) ใช้ผสมลงในของเหลวที่ใช้ในงานเจาะ (Drilling Fluid) เพื่อสำรวจหาน้ำมัน
ปิโตรเลียม
- 11) ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตร เช่น เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงและปุ๋ย
- 12) ใช้ในอุตสาหกรรมเส้นหรือพรมน้ำมัน ทอผ้า และพลาสติก
- 13) ใช้ในอุตสาหกรรมสี โดยใช้ผลิตสีขาว (White Pigment)
- 14) ใช้ในอุตสาหกรรมทำยารักษาโรค เครื่องสำอาง ทำฟันปลอม (Dental
Porcelain)

ความต้องการดินขาวประมาณ 1,00,000 ตันต่อปี และคาดว่าจะมีอัตราเพิ่มเฉลี่ย
ร้อยละ 15 ต่อปี โดยการใช้ดินขาวเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระเบื้องชนิดต่าง ๆ มีสัดส่วนร้อยละ 25–38
ส่วนอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ใช้ประมาณร้อยละ 20–32 แต่ทั้งนี้เครื่องสุขภัณฑ์ต้องการดินขาวที่
มีคุณภาพสูงกว่า โดยมากจะมาจากแหล่งจังหวัดระนอง ซึ่งเป็นแหล่งดินขาวที่มีคุณภาพดีที่สุดในส่วน
กระเบื้องจะใช้ดินขาวจากแหล่งอื่นโดยเฉพาะจากจังหวัดลำปางเป็นหลัก เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบราคา
รวมค่าขนส่งแล้วดินขาวลำปางมีราคาต่ำกว่าดินขาวจังหวัดระนองกว่าร้อยละ 50

สำหรับตลาดดินขาวจังหวัดระนองนั้น มีผู้ผลิตรายใหญ่ เช่น ห้างหุ้นส่วนจำกัด
ไทยเกาสิน จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 60 ของกำลังผลิตดินขาวแหล่งระนองทั้งหมด
รองลงมาเป็นเหมืองของประติษฐ์ แก้วโชติช่วงกุล ผลิตได้ประมาณร้อยละ 18 เหมืองของเสถียร โสตาบรรลุ
ผลิตได้ร้อยละ 7–8 เหมืองบริษัท บ้านบอมลำปาง ไมนิ่ง จำกัด ประมาณร้อยละ 4–5 นอกจากนั้นจะเป็น
ผู้ผลิตรายย่อย แม้แต่ในจังหวัดลำปาง ผู้ผลิตดินขาวจะมีรายใหญ่เพียงไม่กี่รายส่วนใหญ่จะเป็นรายเล็ก
เช่นเดียวกัน ความแตกต่างในการใช้งานระหว่างดินขาวระนองและดินขาวลำปางนอกจากจะมาจาก
คุณสมบัติของดินแล้ว ยังพบความแตกต่างอื่นอีกคือดินขาวลำปางจำนวนมากใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก
ภายในจังหวัดลำปาง แต่ดินขาวระนองไม่มีการใช้งานเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกในจังหวัด แต่เป็นการส่งออก
ไปใช้ในการผลิตเซรามิกในจังหวัดอื่น ๆ เกือบทั้งหมด ดินขาวจังหวัดระนอง (Ranong Kaolin) ส่วนมากที่
ใช้ในงานเซรามิก เป็นดินขาวล้างที่มีความละเอียด 325 เมช (Mesh) มีปริมาณของเหล็กและไทเทเนียมต่ำ
ดินดิบมีสีครีมแกมเหลือง เมื่อเผาแล้วขาวบริสุทธิ์ นิยมนำมาทำเนื้อดินชนิดปอร์ซเลน หรือผสมในเนื้อวัสดุ
ทนไฟ และใช้เป็นวัตถุดิบในน้ำเคลือบ มีความทนไฟประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส รูปร่างของอนุภาคเป็น
รูปร่างของแร่เกาสินในตัวยาวไปคือเป็นแผ่นหกเหลี่ยม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.05–10.0 ไมครอน

ดินขาวที่มีคุณภาพดีหลังเผาแล้วควรได้สีขาว ถ้าเป็นสีครีมหรือสีน้ำตาลอ่อน
แสดงว่ามีแร่ธาตุเจือปนอยู่สูง และหากดินขาวมีการหดตัวเกินร้อยละ 20 หลังการเผาไม่ควรใช้ในเนื้อดินปั้น
ปริมาณมาก แต่ทั้งนี้ดินขาวก็เป็นสารประกอบที่สำคัญในน้ำเคลือบ เพราะช่วยให้น้ำเคลือบลอยตัวไม่

ตกตะกอนได้ง่าย ช่วยให้น้ำเคลือบยึดเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี ควบคุมการหดตัวของน้ำเคลือบบนผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เผา และเป็นตัวให้อลูมินาและซิลิกาแก่น้ำเคลือบ

ในการวิจัยเรื่องอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบที่เหมาะสมต่อการผลิตของที่ระลึกเพื่อส่งเสริมคุณค่าการท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง ใช้ดินขาวระนองเป็นวัตถุดิบทั้งในเนื้อดินปั้นและเคลือบ นอกจากนี้ยังพิจารณาใช้วัตถุดิบในแหล่งบริเวณใกล้เคียง

2.3.1.1 ดินดำ

ดินดำ (Ball Clay) เป็นดินเหนียว ที่เกิดจากการตกตะกอนทับถมกันของดินขาว ประกอบด้วยแร่คาโอลินไนต์เป็นส่วนประกอบสำคัญ บางครั้งจะพบแร่ดินชนิดอื่นปะปนอยู่บ้าง ดินดำมีลักษณะพิเศษคือมีสารอินทรีย์ปนอยู่ด้วยเสมอ ในธรรมชาติจึงอาจมีสีต่าง ๆ เช่น สีขาว สีเทาเหลือง และสีดำ เป็นดินที่มีความละเอียดสูง มีความเหนียวดี เมื่อแห้งหรือหลังเผาจะมีความแข็งแรงสูง หลังจากผ่านการเผาแล้วจะให้สีครีม หรือสีขาว ดินดำหลายชนิดมีช่วงการเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อดินไปเป็นเนื้อแก้วขณะให้ความร้อนค่อนข้างนาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์คือช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์หลังเผาให้ดีขึ้น โดยดินดำมีคุณสมบัติทางกายภาพดังต่อไปนี้ (ชลัย ศรีสุข, 2539, หน้า 33-34)

1) ขนาดเม็ดดิน ดินดำจะมีความละเอียดมาก ซึ่งความละเอียดมากหรือน้อยแตกต่างกันขึ้นกับแหล่งที่พบ แต่โดยมากแล้วดินดำจะละเอียดกว่าดินขาว

2) ความเหนียว ดินดำจะมีความเหนียวสูงกว่าดินขาว การผสมดินดำลงไปในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้การขึ้นรูปที่ใช้ความเหนียวง่ายขึ้น

3) การหดตัวเมื่อแห้ง ดินดำมีการหดตัวมาน้อยต่างกันตามแหล่งที่พบ ถ้าเป็นดินดำแหล่งที่มีปริมาณซิลิกาสูงแทบไม่มีการหดตัวเลย แต่ถ้ามีอินทรีย์สารสูงจะมีการหดตัวประมาณร้อยละ 15

4) ความแข็งแรงเมื่อแห้ง ดินดำมีความแข็งแรงเมื่อแห้งมากกว่าดินขาว เมื่อผสมดินดำในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเมื่อแห้งสูงขึ้น

5) สมบัติหลังเผา ขึ้นอยู่กับว่าหลังเผาแล้วดินมีสีอย่างไร เนื้อดินสีหรือไม่ ดินดำบางชนิดมีไมกาประกอบอยู่ด้วย เมื่อผสมในเนื้อดินปั้นแล้วเผา ไมกาจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาในเนื้อดินปั้นให้เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและเนียนมากขึ้น

เหตุผลที่นำดินดำ มาใช้ในการทำเนื้อดินปั้นเนื่องจาก

1) ดินดำช่วยเพิ่มความเหนียวของเนื้อดินปั้นให้สามารถขึ้นรูปได้ดีขึ้น
2) ดินดำช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์เมื่อแห้งให้มีความแข็งแรงมากขึ้น เนื่องจากเมื่อใช้ดินดำเป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นแล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เปราะและแตกหักง่าย เคลื่อนย้ายสะดวก

3) ดินดำ สามารถช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารในเนื้อดินปั้นขณะทำการเผาได้ดี เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด

4) ช่วยทำให้เนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อมีการไหลตัวดีขึ้น

การนำดินดำ มาใช้ในการทำเนื้อดินปั้น มีข้อจำกัดดังนี้คือ

1) ดินดำมีความบริสุทธิ์ต่ำ มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก เช่น สารประกอบพวก อินทรีย์สาร เพอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide, TiO_2) ซึ่งเมื่อเผาแล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความขาวลดลง

2) ทำให้ความโปร่งแสงของผลิตภัณฑ์ลดลง

3) ดินดำแหล่งต่างกันมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ทำให้เกิดข้อจำกัดใน

การใช้งาน

4) ดินดำ มีการหดตัวสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์เมื่อแห้งและหลังการเผาบิดเบี้ยวได้

จากรายงานการสำรวจเรื่องดินของกรมทรัพยากรธรณีพบว่าดินดำมีอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย แต่ที่มีคุณสมบัติและมีการผลิตขายในเชิงพาณิชย์ มีเฉพาะภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ โดยดินดำภาคเหนือจะมีทรายและไมกาปนอยู่พอสมควร มีความทนไฟปานกลางและต่ำ ส่วนดินดำภาคกลางพบมากที่จังหวัดปราจีนบุรี เมื่อเผาแล้วจะมีสีเหลืองถึงสีน้ำตาลอ่อน มีความเหนียวดี ราคาถูกและผลิตง่าย ดินดำภาคใต้แหล่งที่นิยมใช้มากที่สุดคือดินดำจังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นดินที่เผาแล้วมีสีขาวและมีความทนไฟสูง มีคุณภาพดี ราคาสูงกว่าดินภาคอื่น ๆ

2.3.1.3 ดินสโตนแวร์และดินเออร์เทนแวร์

ดินสโตนแวร์ (Stoneware Clay) และดินเออร์เทนแวร์ (Earthenware Clay) เป็นดินที่คล้ายดินดำ นั่นคือเป็นดินหัตถิยภูมิที่มีความเหนียวสูง แต่แตกต่างที่ดินสโตนแวร์และดินเออร์เทนแวร์หลังเผาไม่เป็นสีขาว (Singer, 1963, p. 28) เนื่องจากมีเพอร์ริกออกไซด์ในส่วนผสม หากมีจุดสูงตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,200 องศาเซลเซียส เรียกว่าดินสโตนแวร์ ซึ่งได้แก่ดินที่ใช้ทำโอ่งของจังหวัดราชบุรี ส่วนดินที่มีจุดสูงตัวต่ำประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส เรียกว่าและดินเออร์เทนแวร์ ได้แก่อินที่ใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จำพวก กระถาง อิฐมอญ และอิฐแดง ทั่วทุกภาคของประเทศไทย อาจเรียกดินในกลุ่มที่หลังเผามีสีน้ำตาลแดงว่าดินแดง (Red Clay หรือ Surface Clay)

ดินทุกประเภทมีสูตรโครงสร้างทางเคมีหลักที่เหมือนกันคือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ แต่มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันแม้ว่าจะเป็นดินชนิดเดียวกัน โดยปกติดินดำจะมีปริมาณเพอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และปริมาณมลทินที่หายไปหลังเผา (LOI.) สูงกว่าดินขาวเล็กน้อย ส่วนดินแดงจะมีปริมาณของเพอร์ริกออกไซด์สูงกว่าดินทุกประเภท ซึ่งดินมีคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้คือ

1) ขนาดของเม็ดดิน (Particle Size) ดินขาวจะมีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 0.5–10 ไมโครเมตร ส่วนดินดำมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า โดยขนาดของเม็ดดินมีความสำคัญต่อความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้ง โดยดินที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะมีความเหนียวมากและหดตัวเมื่อแห้งสูงกว่า เพราะเมื่อน้ำระเหยออกจากโครงสร้าง อนุภาคที่เล็กสามารถจัดเรียงตัวได้ใกล้ชิดและแน่นกว่าอนุภาคใหญ่

2) สีของดินก่อนเผา สีของดินที่ยังไม่ได้เผามักเกิดจากเฟอร์ริกออกไซด์ และสารประกอบคาร์บอน (Carbonaceous Matter) ในดิน นอกจากนี้บางครั้งอาจมีแมงกานีสออกไซด์ หรือไทเทเนียมไดออกไซด์ปนด้วย ดินที่ไม่มีองค์ประกอบหรือมลทินเหล่านี้จะมีสีขาวเสมอ โดยดินที่มีสีดำหรือสีเทาก่อนเผาได้แก่ดินดำ ส่วนดินแดงก่อนเผาจะมีสีน้ำตาล สีเทาหรือสีดำ ส่วนดินขาวอาจเป็นสีขาวหรือสีครีม ซึ่งอาจเนื่องมาจากทั้งไทเทเนียมไดออกไซด์หรือความชื้นก็ได้

3) สีของดินหลังเผา ส่วนมากเป็นผลมาจากเฟอร์ริกออกไซด์ และไทเทเนียมไดออกไซด์ เนื่องจากหลังการเผา สารประกอบคาร์บอนจะแตกตัวเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide , CO_2) จึงไม่มีอิทธิพลต่อสีของดินหลังเผา ส่วนเฟอร์ริกออกไซด์จะให้สีแตกต่างกันเมื่อเผาอุณหภูมิต่างกัน เช่น ให้สีส้ม-แดง ที่อุณหภูมิประมาณ 700–1,000 องศาเซลเซียส แต่ถ้าที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะให้สีน้ำตาลแดง หรือสีน้ำตาลดำ โดยที่เฟอร์ริกออกไซด์เหล่านี้ อาจกำจัดออกได้บ้าง ดินที่นิยมกำจัดเฟอร์ริกออกไซด์ออกคือดินขาว นอกจากเฟอร์ริกออกไซด์แล้ว ในดินทุกประเภทจะมีองค์ประกอบของไทเทเนียมไดออกไซด์ มีผลทำให้เกิดสีฟางหลังการเผา ไม่สามารถกำจัดออกได้

4) การหดตัวหลังเผา (Firing Shrinkage) ดินจะมีการหดตัวหลังเผาแตกต่างกัน แล้วแต่มลทิน (Impurities) ที่ปะปนมาในดิน ดินขาวจะหดตัวประมาณร้อยละ 10–13 ที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส ซึ่งน้อยกว่าดินดำ เนื่องจากดินดำมีอนุภาคเล็กกว่า มีมลทินมากกว่านั่นเอง แต่กรณีดังกล่าวไม่ใช่เสมอไปเพราะดินบางแหล่งมีปริมาณของทรายมากการหดตัวจะต่ำกว่า

เมื่อให้ความร้อนแก่ดินจะเกิดผลต่อดินดังต่อไปนี้

1) ช่วงของการระเหยของน้ำ (Dehydration Period) แบ่งออกเป็น 2 ระยะได้แก่

(1) สูญเสียน้ำนอกโครงสร้างของดิน (Mechanical Dehydration หรือ Water Smoking) เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 20–150 องศาเซลเซียส ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นคือน้ำที่ซึมสมเพื่อการขึ้นรูปหรือความชื้นในบรรยากาศที่เข้าไปอยู่ในดินจะเริ่มระเหยออกมา เมื่อน้ำส่วนนี้ระเหยออกหมด ดินจะมีสภาพที่แข็งแรงกว่าเดิม และหากนำดินมาผสมกับน้ำสามารถที่จะขึ้นรูปได้อีกเพราะดินยังมีความเหนียวอยู่

(2) สูญเสียน้ำในโครงสร้างของดิน (Chemical Dehydration หรือ Chemical Water Smoking) เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 150–600 องศาเซลเซียส ถ้าให้ความร้อนแก่ดินต่อจากระยะแรก โมเลกุลของดินจะเริ่มแตกตัว และส่วนที่เป็นน้ำในโครงสร้างจะระเหยออกไป เหลือดินในรูปของเมตะคาโอลิน (Meta Kaolin , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) ถ้าหยุดเผาแล้วนำดินไปผสมน้ำอีกครั้ง ดินจะไม่สามารถมีความเหนียวได้อีก

2) ช่วงของการเผาไหม้มลทิน (Oxidation Period) ได้แก่ช่วงของการที่สารประกอบคาร์บอนเนต ซัลไฟด์ และซัลเฟต ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและแตกตัวออกไปเป็นก๊าซ ซึ่งในช่วงนี้จะทำให้คุณสมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนไปตามอิทธิพลของสารประกอบนั้น เช่น สี น้ำหนัก ความพรุนตัว เป็นต้น

3) ช่วงหลอมตัวเกิดโครงสร้างใหม่ (Verification Period) ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 900 องศาเซลเซียส ดินจะเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

(1) ส่วนผสมในเนื้อดินบางชนิดเริ่มหลอมละลาย

(2) ส่วนที่หลอมจะพยายามละลายส่วนที่ไม่หลอมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- (3) ส่วนที่ละลายจะไหลไปตามช่องว่าง ทำให้เนื้อดินแน่นทึบขึ้น
- (4) หากมีส่วนผสมและอุณหภูมิที่พอเหมาะ อาจเกิดการตกผลึกใหม่ในเนื้อดินได้ ทั้งนี้ เพราะ Al_2O_3 และ SiO_2 ในเนื้อดินจะรวมตัวกันเป็นมัลไลต์ (Mullite, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) มีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็ม ทำให้ดินมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ถ้าเนื้อดินมีส่วนหลอมละลายมากเกินไปจะทำให้ดินยุบตัวลงได้

2.3.2 วัตถุดิบประเภทหิน

ในงานเซรามิกนอกจากวัตถุดิบประเภทดินแล้ว จำเป็นต้องใช้หินและแร่บางประเภทผสมลงในอัตราส่วนผสม เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามความต้องการ ซึ่งหินและแร่จากธรรมชาติที่นำมาใช้นี้ ได้แก่ หินฟันม้า หินเขียวหนุมาน หินปูน หินสบู่ และหินโดโลไมต์ เป็นต้น หินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป บางชนิดช่วยลดอุณหภูมิการเผาทำให้เนื้อดินและเคลือบสุกตัว และหลอมตัวดีขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าเดิม บางชนิดช่วยให้เนื้อดินปั้นแข็งแรงทนทาน ทนอุณหภูมิสูงขึ้น บางชนิดช่วยให้มีคุณสมบัติทางไฟฟ้า

2.3.2.1 หินฟันม้า

หินฟันม้า หรือแร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar) เป็นแร่ที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมเซรามิก โดยคุณสมบัติสำคัญที่หินฟันม้ามีผลต่อเซรามิก คือ

- 1) เป็นตัวช่วยเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นเนื้อแก้วขึ้นระหว่างเผาผลิตภัณฑ์
- 2) ช่วยลดจุดสุกตัวให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้เราสามารถเผาเซรามิกที่อุณหภูมิต่ำลงได้

- 3) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสงได้ดีขึ้น

หินฟันม้า เป็นกลุ่มแร่ที่มีส่วนประกอบเป็นอลูมิเนียมซิลิเกตของโปแตสเซียม (Potassium) โซเดียม (Sodium) และแคลเซียม (Calcium) ที่มีอยู่ในปริมาณที่ต่างกัน ในงานเซรามิกจะมีชื่อเรียกหินฟันม้าต่างกันตามปริมาณของส่วนประกอบ ซึ่งได้แก่

- 1) หินฟันม้าชนิดโปแตส (Potash Feldspar) มี 2 ชนิด คือ ออธोแคลส (Orthoclase) และไมโครไคลน์ (Microcline) โดยแร่ทั้งสองมีสูตรทางเคมีเหมือนกันคือ $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ หรือ KAlSi_3O_8 แต่มีโครงสร้างทางผลึกแตกต่างกัน มีจุดหลอมประมาณ 1,200–1,250 องศาเซลเซียส

- 2) หินฟันม้าชนิดโซดา (Soda Feldspar) หรืออัลไบต์ (Albite) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ หรือ $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ มีจุดหลอมต่ำกว่าและความหนืดต่ำกว่าหินฟันม้าชนิดโปแตส คือมีจุดหลอมตั้งแต่ 1,100 องศาเซลเซียส โดยมากจะใช้ผสมในน้ำเคลือบ และในเนื้อดินปั้นที่ต้องการความโปร่งแสง

3) หินฟันม้าชนิดโลม์ (Lime Feldspar) หรือหินฟันม้าชนิดแคลเซียม (Calcium Feldspar) หรืออะนอร์ไทต์ (Anorthite) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ หรือ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ มีโครงสร้างคล้ายกับหินฟันม้าชนิดโปแตสและหินฟันม้าชนิดโซดา แต่ไม่ค่อยพบมากนัก ส่วนมากจะเกิดบริเวณที่หินแปรสัมผัสกับหินปูน หรืออาจจะเป็นเกิดจากปฏิกิริยาในโครงสร้างทางเคมีที่เกิดจากการเผาผลิภัณฑ์

4) หินฟันม้าชนิดแบเรียม (Barium Feldspar) หรือเซลเซียน (Celsian) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$

2.3.2.2 หินเขี้ยวหนุมาน

หินเขี้ยวหนุมาน หรือแร่ควอร์ตซ (Quartz) เป็นสารประกอบของซิลิกา ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีความแข็งแกร่งและความถ่วงจำเพาะสูง คือมีค่าความแข็ง 7 และมีความถ่วงจำเพาะ 2.65 มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใต้อุณหภูมิต่าง ๆ อยู่ 3 แบบคือ ควอร์ตซไทรไต์ไมต์ (Tridymite) และคริสโตบาไลต์ (Cristobalite) แต่ละชนิดมีโครงสร้างที่จะคงที่อยู๋ในช่วงอุณหภูมิและความดันช่วงหนึ่งเท่านั้น และนอกจากนี้แต่ละชนิดยังมี 2 รูปคือแบบอุณหภูมิสูง หรือเบต้า (β) และแบบอุณหภูมิต่ำ หรืออัลฟา (α) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างนี้มี 2 ลักษณะคือชนิดที่เกิดอย่างรวดเร็ว และเกิดการเปลี่ยนแปลงช้า ๆ ในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างนี้ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางปริมาตรด้วย กล่าวคือเนื้อดินปั้นที่มีซิลิกามากจะมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และจะหดตัวอย่างรวดเร็วในขณะที่ปล่อยให้เย็นตัวลงผ่านช่วงอุณหภูมิดังกล่าว จึงจำเป็นต้องระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงของผลิภัณฑ์ในขณะที่ทำการเผา

นอกจากหินเขี้ยวหนุมานแล้ว ซิลิกาซึ่งเป็นออกไซด์ที่มีมากที่สุดในธรรมชาติ และสามารถจับตัวกับออกไซด์อื่น ๆ โดยมากจะเกิดในหินแกรนิตในรูปของหินควอร์ตซ หรืออาจเกิดจากการผุพังจนกระทั่งทรายไปสะสมตัวเป็นหินทราย (Sand Stone) หรืออยู่ในรูปทราย หรือฟลินต์ (Flint หรือ Chert) ซึ่งหินเขี้ยวหนุมานที่นำมาใช้ในงานเซรามิก จะมีซิลิกาในองค์ประกอบทางเคมีเกือบทั้งหมด (ร้อยละ 100) มีสิ่งเจือปนเช่น เฟอร์ริกออกไซด์และอลูมินาอยู่น้อยมาก การนำมาใช้งานใช้ผสมในเนื้อดินปั้น และในน้ำเคลือบ โดยกรณีการนำหินเขี้ยวหนุมานมาผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เพื่อทำเนื้อดินปั้นมักจะพบกับปัญหาคือการแตกของผลิภัณฑ์ และความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยกะทันหัน (Thermal Shock) ของผลิภัณฑ์ปรุงอาหารจะลดลง สาเหตุเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของซิลิกา ดังที่กล่าวข้างต้น แต่อย่างไรก็ตามการทดแทนด้วยวัตถุดิบอื่นยังไม่สามารถที่จะทำได้ เนื่องจากหินเขี้ยวหนุมานมีราคาสูง ปัจจุบันโรงงานส่วนใหญ่นิยมใช้ทรายแก้วแทนหินเขี้ยวหนุมาน เพราะทรายแก้วหรือทรายขาวในประเทศมีคุณภาพดีและสม่ำเสมอ หาง่าย สะดวกในการนำมาใช้งาน รวมทั้งมีแหล่งสำรองปริมาณมาก

บทบาทหน้าที่ของซิลิกาในเนื้อดินปั้นและเคลือบจะเป็นตัวเสริมความแข็งแรงและคงรูปร่าง (Filler) ในผลิตภัณฑ์ไฟต่ำ เช่น เอร์เทนแวร์ ส่วนในผลิตภัณฑ์ไฟสูง ซิลิกาจะทำหน้าที่เป็นตัวสร้างเนื้อแก้วในขณะที่เผาอุณหภูมิสูง และช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ผลิตภัณฑ์

2.3.2.3 หินปูน

หินปูน (Limestone) หรือแร่แคลไซต์ (Calcite) มีองค์ประกอบทางเคมีคือ แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate, CaCO_3) นอกจากหินปูนแล้ว ยังมีหินและแร่ที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ได้แก่ หินอ่อน (Marble) ดินมาร์ล (Marls) ชอล์ค (Chalk) ซึ่งในประเทศอังกฤษและสหรัฐอเมริกาจะรู้จักชอล์คในชื่อว่าไวติง (Whiting) (Singer, 1963, p. 116) ส่วนประกอบของหินปูนโดยทั่วไปประกอบด้วย แคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 56.03 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 43.97 และเฟอร์ริกออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 3 ส่วนคุณสมบัติอื่น ๆ ได้แก่ มีความแข็ง 3 ความถ่วงจำเพาะ 2.7 จุดหลอม 2,850 องศาเซลเซียส แต่จะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 900 องศาเซลเซียส

แหล่งที่พบหินปูนในประเทศไทยคือ จังหวัดราชบุรี สระบุรี และกาญจนบุรี การนำหินปูนมาใช้งานทางเซรามิก นิยมใช้ในเคลือบไฟสูงจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้ผิวเคลือบ มีคุณสมบัติเป็นด่างชนิดอัลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline Earth) นั่นคือมีคุณสมบัติเป็นตัวทนไฟที่อุณหภูมิต่ำ แต่จะเป็นตัวลดอุณหภูมิ คือช่วยหลอมละลายที่อุณหภูมิสูง ในเนื้อดินปั้นหากต้องการองค์ประกอบทางเคมีของแคลเซียมออกไซด์จะนิยมใช้หินปูนเพราะเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณมาก หาง่าย และราคาถูก

2.3.3 วัตถุดิบประเภท Oxide

หินและแร่บางชนิดที่ใช้ในงานเซรามิกมีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นมลทินที่สามารถสลายตัวออกเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่ง เช่น น้ำ สารประกอบคาร์บอน สารประกอบซิลเฟต เป็นต้น ซึ่งการสลายตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ นี้ อาจมีผลต่อผลิตภัณฑ์และคุณสมบัติทางเคมีของเนื้อดินปั้นและเคลือบ ดังนั้นวัตถุดิบพวกหินบางชนิดจำเป็นต้องผ่านกระบวนการให้ได้เป็นออกไซด์หรือในบางกรณีอาจใช้ในรูปแบบของสารคาร์บอเนต หรือซิลิเกตได้ เช่น เซอร์โคเนียมซิลิเกต ลิเทียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น หากเป็นกรณีของเนื้อดินปั้นหรือเคลือบที่ต้องการสมบัติพิเศษ หรือมีกระบวนการขึ้นรูปที่ซับซ้อนยุ่งยาก หรือมีกรรมวิธีการเผาที่ต้องควบคุม จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบที่ให้องค์ประกอบทางเคมีโดยตรง หรือเป็นวัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์ ได้แก่ พวกออกไซด์ต่าง ๆ เช่น เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ ลิเทียมออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ เป็นต้น จึงกล่าวถึงออกไซด์บางชนิดที่นิยมใช้ในงานเซรามิกส์

2.3.3.1 เซอร์โคเนียม

สารประกอบของเซอร์โคเนียมที่ใช้ในทางเซรามิกจะอยู่ในรูปของเซอร์โคเนียมซิลิเกต (Zirconium Silicate) และเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium Dioxide) โดยใช้เป็นวัตถุดิบเพิ่มความทนไฟ และใช้เป็นสารที่ให้สีขาว รวมทั้งทำให้เกิดทึบแสงในน้ำเคลือบ

เซอร์โคเนียมซิลิเกต หรือเซอร์คอน (Zircon) มีสูตรเคมีคือ $ZrSiO_4$ เป็นแร่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ พบได้ในบริเวณอ่าวขึ้นกระได อำเภอบ้านนา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบในหินแกรนิต หรือปนอยู่กับเม็ดทราย มีความแข็งมากกว่าหินเขี้ยวหนุมาน คือมีความแข็ง 7-8 เมื่อแร่เซอร์คอน ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะสลายตัวช้า ๆ กลายเป็นเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ และแก้ว (ซิลิกอนไดออกไซด์) จึงไม่เหมาะที่จะใช้ทำเซรามิก แต่สามารถนำไปทำเครื่องประดับที่มีชื่อเรียกว่าเพทาย คุณสมบัติทางกายภาพของเซอร์โคเนียมซิลิเกตคือ มีความถ่วงจำเพาะ 4.2-4.6 มีจุดหลอมที่ 1,500-1,800 องศาเซลเซียส สามารถนำไปใช้ทำวัตถุทนไฟ และเนื้อดินปั้นชนิดเซอร์คอนพอร์ซเลน เนื้อเซรามิกพอร์ซเลนชนิดทนต่อสารเคมี และทำลูกถ้วยไฟฟ้า แต่ส่วนมากจะนำไปแปรรูปเป็น เซอร์โคเนียมไดออกไซด์

เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ หรือเซอร์โคเนีย (Zirconia) มีสูตรเคมีคือ ZrO_2 เป็นวัตถุดิบที่ได้จากการแปรรูป เซอร์โคเนียมซิลิเกต โดยใช้กระบวนการทางเคมี เป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติดีกว่า เซอร์โคเนียมซิลิเกต โดยมีความถ่วงจำเพาะ 5.5-5.7 จุดหลอม 2,700 องศาเซลเซียส ซึ่งหากเป็น เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์สูงขึ้น จุดหลอมก็จะสูงขึ้นด้วย โดยอาจสูงถึง 3,000 องศาเซลเซียส

2.3.3.2 Oxide ให้สี

ในการสร้างเนื้อดินปั้นและเคลือบให้มีสีสันสวยงาม นอกจากใช้วัตถุดิบประเภทดิน และหินเป็นวัตถุดิบหลักเพื่อให้เกิดคุณสมบัติทางกายภาพที่ต้องการแล้ว Oxide ให้สีเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ เพื่อให้เคลือบและเนื้อดินปั้นเกิดสีตามคุณสมบัติของ Oxide ที่แตกต่างกัน

1) สังกะสีออกไซด์ หรือซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) สูตรทางเคมีคือ ZnO มีจุดหลอมละลายที่ 1,800 องศาเซลเซียส ใช้ผสมในเคลือบทำให้เคลือบเป็นเงาดีขึ้น ถ้าใช้ในปริมาณน้อยจะเป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลาย ถ้าใช้มากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟและทำให้เคลือบมีความทึบแสง ถ้าใช้ในปริมาณมากพอจะเกิดการตกผลึก ซึ่งนิยมใช้ในการทำเคลือบผลึก และนิยมใช้ในเคลือบอุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง 1,150-1,250 องศาเซลเซียส เคลือบสีที่มีสังกะสี ถ้านำมาใช้เขียนสีได้เคลือบสีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาล จะซีดลงและสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลด้วย แต่เคลือบสังกะสีจะทำให้สีน้ำเงินมีสีสดมากขึ้น

2) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide) สูตรทางเคมีคือ TiO_2 ใช้ร้อยละ 3-5 ในเคลือบจะให้สีน้ำตาลแดง (Red Brown) ในเคลือบให้สีพิเศษถ้าใช้ร่วมกับออกไซด์ของทองแดงหรือออกไซด์ของโคบอลต์ เป็นออกไซด์ที่มีความทนไฟเท่ากับซิลิกาใช้ผสมในเคลือบเพื่อให้สีฟาง และเป็นตัวทำ

ให้ทึบ ถ้าใส่ร้อยละ 5-10 มีผลทำให้เคลือบมีความมันวาว สารที่ให้โทนเนียมไดออกไซด์ ได้แก่ รูไทล์ (Rutile) ซึ่งเป็นสารที่ไม่บริสุทธิ์ เป็นแร่ที่เกิดในธรรมชาติมักจะมีเหล็กออกไซด์เจือปน

3) เหล็กออกไซด์ (Ferric Oxide) เป็นสารที่ให้สีน้ำตาลแดง เป็นฟลักซ์ (Flux) ที่ดี ส่วนมากมักจะเกิดรวมกับสารอื่นในลักษณะสิ่งเจือปน (Impurity) และในบางครั้งอาจเป็นตำหนิในเนื้อผลิตภัณฑ์หรือเคลือบชนิดสีขาว (White ware) เป็นสารให้สีที่ดี ถ้าใช้ในเนื้อดินจะให้สีแดง ถ้าใช้ในเคลือบที่มีแคลเซียมออกไซด์อยู่ด้วยจะให้สีเหลืองจนถึงสีเนื้อ วัตถุดิบที่ใช้กันคือ ออกไซด์ของเหล็กสีแดง (Red Iron Oxide) สูตรทางเคมีคือ Fe_2O_3 และออกไซด์ของเหล็กสีดำ (Black Iron Oxide) สูตรทางเคมี คือ Fe_3O_4 ซึ่งใช้ในเคลือบทั่วไปจะให้น้ำตาลแดงเลือนจนจนถึงสีแดงน้ำตาลโดยใช้กันประมาณร้อยละ 5-10

4) โครมิกออกไซด์ (Chromic Oxide) เป็นตัวให้สีที่รุนแรงตัวหนึ่ง ถ้าใช้ในเคลือบไฟต่ำกว่าอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส จะให้สีแดงสดใส แต่ถ้าใช้ในเคลือบไฟสูงจะให้สีเขียว และจะให้น้ำตาลกรณที่มีสังกะสีออกไซด์ในส่วนผสม นิยมใช้ในเคลือบประมาณร้อยละ 2-5 ใช้ในรูปของโครเมียมคาร์บอเนต ($\text{Cr}_2(\text{CO}_3)_3$) โพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) และเหล็กโครเมต (FeCrO_4) ถ้าใช้ในเคลือบตะกั่วที่มีลูมินาและซิลิกาน้อย ๆ เเผาที่อุณหภูมิ 855-900 องศาเซลเซียส จะได้สีแดงเข้ม (Vermilion Red) ถ้าเผาที่อุณหภูมิ 980 องศาเซลเซียส จะได้สีน้ำตาล จะได้สีเขียวเมื่อเผาที่ 1,060 องศาเซลเซียส ถ้าใช้เป็นส่วนผสมของดีบุกออกไซด์ผสมอยู่ด้วยและเผา (Calcine) ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะได้สีชมพูจนถึงแดง ถ้ามีสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ด้วยจะได้สีน้ำตาล

5) โคบอลต์ออกไซด์ (Cobalt Oxide) เป็นสารที่ใช้สีรุนแรงที่สุด (Strong Colorant) ใช้ในเคลือบประมาณร้อยละ 0.5 ให้น้ำเงินและไม่ควรเกินร้อยละ 3 เพราะจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟและราคาแพง ถ้าใช้ร่วมกับรูไทล์และเผาที่อุณหภูมิสูงจะให้สีเขียว เมื่อใช้ร่วมกับแมงกานีสออกไซด์กับเหล็กออกไซด์จะให้สีดำใช้กันในรูปของโคบอลต์คาร์บอเนต (CoCO_3) และโคบอลต์ออกไซด์ (Co_3O_4)

6) ทองแดงออกไซด์ (Copper Oxide) นิยมใช้ทองแดงออกไซด์สีดำ (Black Copper Oxide or Cuprie Oxide) สูตรทางเคมี คือ CuO ทองแดงออกไซด์สีแดง (Red Copper Oxide or Cupric Oxide) สูตรทางเคมี คือ Cu_2O และในรูปทองแดงคาร์บอเนต (Copper Carbonate) สูตรทางเคมีคือ CuCO_3 ทองแดงออกไซด์เป็นสารสำคัญตัวหนึ่งที่ให้สีเขียวในเคลือบ ถ้าเผาในสภาพที่มีอากาศมากเกินพอ (Oxidizing) และใช้ในเคลือบตะกั่วร้อยละ 1-6 จะได้สีเขียวแอปเปิ้ล หรือสีเขียวใบไม้ ถ้าใช้น้ำเคลือบอัลคาไลน์ (Alkaline Glazes) ที่มีโซเดียมออกไซด์สูง ๆ มีลูมินาน้อย ๆ และไม่มีตะกั่วหรือสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ เเผาในบรรยากาศรีดักชันจะได้สีแดง (Coppered) ซึ่งใช้กันไม่เกินร้อยละ 3 จะได้ผลดี ถ้ามีดีบุกออกไซด์ปนอยู่ด้วยก็จะดียิ่งขึ้น ทองแดงออกไซด์นี้ถ้าใช้เกินร้อยละ 6 จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย (flux) เล็กน้อย ทองแดงออกไซด์จัดอยู่ในกลุ่ม RO ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการกลายเป็นแก้วที่รุนแรงและมีประสิทธิภาพทำปฏิกิริยากับสารประกอบของซิลิกาทำให้สามารถกระจายเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของแก้วได้อย่างดี

7) แมงกานีสออกไซด์ (Manganese Dioxide) ใช้ในรูปแบบแมงกานีสไดออกไซด์ สูตรทางเคมีคือ MnO_2 หรือแมงกานีสคาร์บอเนต (Manganese Carbonate) สูตรทางเคมี คือ

$MnCO_3$ ใช้ร้อยละ 5–10 จะให้สีม่วงถึงสีน้ำตาล ถ้าใช้มากเกินไปจะทำให้ผิวเคลือบเกิดตำหนิเป็นฟองอากาศ ถ้าใช้ในเคลือบอัลคาไลน์จะได้สีม่วง ถ้าใช้ร่วมกับทองแดงออกไซด์หรือโคบอลต์ออกไซด์จะให้สีดำ ถ้าใช้ในเคลือบที่มีออกไซด์ของเหล็กสูงจะได้เคลือบที่มันวาว

นอกจากวัตถุดิบประเภทดิน หิน และออกไซด์ดังกล่าวข้างต้น ยังมีสารเคมีที่นิยมใช้ในงานเซรามิก โดยเฉพาะการทำเนื้อดินปั้นชนิดเนื้อดินเพื่อการหล่อแบบ ซึ่งวัตถุดิบนี้ได้แก่สารช่วยกระจายลอยตัว (Deflocculant) เป็นสารเคมีที่ใช้สำหรับการปรับคุณสมบัติของน้ำดิน ให้มีสมบัติกระจายลอยตัว (Deflocculation) ซึ่งสารเคมีต่าง ๆ เหล่านี้ ได้แก่สารประกอบของโซเดียม และสารประกอบของลิเทียม แต่นอกจากสารเคมียังมีสารอินทรีย์ (Organic) ที่ใช้เป็นสารช่วยกระจายลอยตัว ซึ่งสารอินทรีย์นี้มีข้อดีคือ จะไม่มีผลหรือไม่ทำปฏิกิริยากับแบบพิมพ์ และสามารถถูกเผาไหม้ให้หมดไปอย่างสมบูรณ์ แต่กลิ่นของสารนี้จะรุนแรง จึงไม่นิยมใช้เท่ากับสารเคมี

สารช่วยกระจายลอยตัวที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกมี 2 ชนิด คือ

1) โซเดียมคาร์บอเนต หรือโซดาแอช (Soda Ash) เป็นสารเคมีที่ทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว และรุนแรง ซึ่งผลของการทำปฏิกิริยาจะทำให้ผิวแบบพิมพ์สึกกร่อนได้ แต่จะมีผลเล็กน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืด (Thixotropy)

2) โซเดียมซิลิเกต หรือน้ำแก้ว (Water Glass) เป็นสารเคมีที่เกิดปฏิกิริยาเคมีช้ากว่าโซเดียมคาร์บอเนต แต่ข้อเสียคือจะลดค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืด ในการใช้งานจะพิจารณาอัตราส่วนผสมระหว่าง $Na_2O : SiO_2$ เช่น 1 : 3.09, 1 : 3.22 และ 1 : 2.0 เป็นต้น การเก็บรักษาโซเดียมซิลิเกตนั้นต้องระมัดระวัง เนื่องจากสามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ เกิดเป็นคราบแข็งคล้ายวุ้นที่บริเวณผิวหน้า

นอกจากสารเคมีที่มีสมบัติช่วยให้กระจายลอยตัวดังที่กล่าวข้างต้น ยังมีสารเคมีที่ช่วยเพิ่มความหนืด (Viscosity) ทำให้เกิดความเหนียวมากขึ้น (Flocculants) โดยสารเคมีที่มีคุณสมบัติเช่นนี้ส่วนมากจะมีสมบัติเป็นกรด ซึ่งสารเคมีเหล่านี้จะใช้เมื่อต้องการให้เนื้อดินปั้นแข็งตัว และแห้งเร็วขึ้น มีความแข็งแรงเมื่อแห้งสูงขึ้น รวมทั้งให้น้ำดินมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ หรือเพื่อเป็นเนื้อดินประสาน เช่น ดินหุแก้ว ช่อมแซมผลิตภัณฑ์เมื่อแห้งหรือหลังเผา เป็นต้น สำหรับในน้ำเคลือบบางกรณีต้องการใช้เคลือบที่มีความข้นสูง ให้เกาะผิวผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เนื่องมาจากการเผาไฟสูง หรือช่อมแซมผลิตภัณฑ์หลังการเผาแล้ว เป็นต้น สารเคมีที่มีสมบัติช่วยเพิ่มความหนืด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric Acid, HCl) แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloride, $CaCl_2$) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium Hydroxide, $Ca(OH)_2$) แคลเซียมซัลเฟต (Calcium Sulphate, $CaSO_4$) แมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium Sulphate, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) แมกนีเซียมคลอไรด์ (Magnesium Chloride, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$) น้ำส้ม (Vinegar) และวุ้น (Gelatine) เป็นต้น (Hamer, 1986, p. 136)

2.4 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบเซรามิก

การทำเนื้อดินปั้นและเคลือบ หมายถึงการผสมอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดและแปรสภาพโดยวิธีการกวนผสม การบด การกรอง การแยกสิ่งเจือปนออก และการปรับคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นและเคลือบให้มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ในการทำเนื้อดินปั้นและเคลือบนั้น เมื่อผู้ปฏิบัติมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนแล้วว่าจะทำผลิตภัณฑ์ชนิดใด จะใช้วัตถุดิบและเคลือบประเภทใด รวมทั้งจะขึ้นรูปด้วยวิธีใด สิ่งที่ต้องพิจารณาลำดับแรกคือ สูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบ หลังจากนั้นจึงเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งตามอัตราส่วนผสม นำวัตถุดิบทุกชนิดมาผสมรวมกัน ปรับคุณสมบัติ และใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

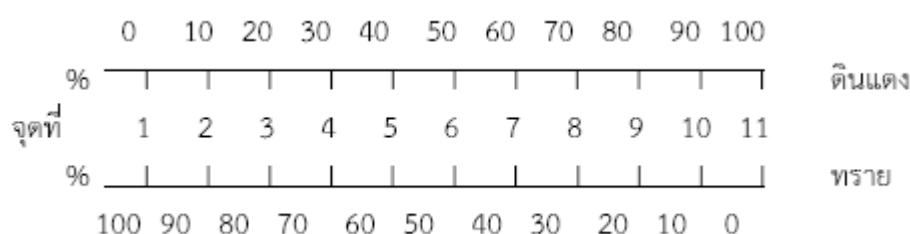
การกำหนดอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบเซรามิก สิ่งแรกที่ควรคำนึงถึงคือเนื้อดินปั้นและเคลือบที่จะทำนั้นประกอบด้วยวัตถุดิบชนิดใดบ้าง และจำนวนเท่าใด ซึ่งการกล่าวถึงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบแสดงได้หลายลักษณะ แต่การแสดงเป็นสูตรที่เขียนในรูปน้ำหนักของวัตถุดิบ มีความสะดวกต่อการใช้งาน นั่นคือสามารถชั่งวัตถุดิบตามน้ำหนักในอัตราส่วนตามสูตรได้ทันที แต่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถเลือกใช้วัตถุดิบได้ตามความต้องการ หรือเปลี่ยนแปลงชนิดของวัตถุดิบตามความต้องการ หรือตามข้อจำกัดที่มีอยู่ได้ หากต้องการเปลี่ยนแปลงต้องผ่านการคำนวณจากน้ำหนักของวัตถุดิบเป็นจำนวนโมลของออกไซด์ และเปลี่ยนวัตถุดิบที่ให้ออกไซด์ต่าง ๆ ที่มีตามความต้องการ หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนจำนวนโมลของวัตถุดิบที่ใช้ เป็นน้ำหนักของวัตถุดิบชนิดใหม่ที่เปลี่ยนแปลง ทำให้น้ำหนักของวัตถุดิบต้องเปลี่ยนแปลงไป

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุดิบที่กำหนดไว้เป็นหลักในการพิจารณาสร้างอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบ จึงพิจารณาเลือกใช้สูตรที่เขียนในรูปน้ำหนักของวัตถุดิบ โดยจะบอกชื่อของวัตถุดิบและน้ำหนักของวัตถุดิบนั้น ๆ เช่น

ดินขาว	45 กรัม
ดินดำ	30 กรัม
หินฟันม้า	37 กรัม
หินเขียวหนุมาน	38 กรัม

การนำสูตรที่บอกน้ำหนักของวัตถุดิบไปใช้ ต้องนำน้ำหนักของวัตถุดิบแต่ละชนิดไปคำนวณเทียบจากผลรวมของสูตรที่ให้มา เป็นผลรวมของน้ำหนักที่ต้องการว่าจะมีวัตถุดิบแต่ละชนิดเท่าใด ส่วนการได้มาของสูตรน้ำหนักของวัตถุดิบนี้ ผู้ใช้อาจได้มาจากสูตรที่ผ่านการทดสอบทดลองมาแล้วจากเอกสารต่าง ๆ แต่หากผู้ใช้มีชนิดของวัตถุดิบที่ต้องการ และจำเป็นต้องสร้างอัตราส่วนผสมขึ้นเอง มีวิธีการที่จะแปรค่าน้ำหนักในส่วนผสม 3 วิธี ตามจำนวนวัตถุดิบหลักที่ใช้ดังนี้คือ

1) กรณีที่มีวัตถุดิบหลักเพียงสองชนิดให้นำวัตถุดิบทั้งสองชนิดมาหาหน้าหนักในส่วนผสมโดยใช้เส้นขนาน (Biaxial Blend หรือ Line Blend) ช่วยในการอ่านน้ำหนัก ซึ่งผลรวมของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งสองชนิดจะเท่ากับ 100 พอติ เช่นต้องการทดลองเนื้อดินปั้นจากส่วนผสมของดินแดง และทราย จะได้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทั้งสองจำนวน 11 จุด ซึ่งอ่านได้จากเส้นขนานตามภาพที่ 2.1 ในกรณีที่ต้องการทดลองเบื้องต้นก็สามารถลดจำนวนจุด และเพิ่มระยะห่างของน้ำหนักในส่วนผสมแต่ละจุด เช่น 0, 20, 40, 60, 80, 100 เป็นต้น หรือหากเป็นการทดลองที่ละเอียดขึ้น สามารถลดระยะห่างของน้ำหนักส่วนผสมแต่ละจุด เช่น 0, 5, 10, 15, 20 เป็นต้น

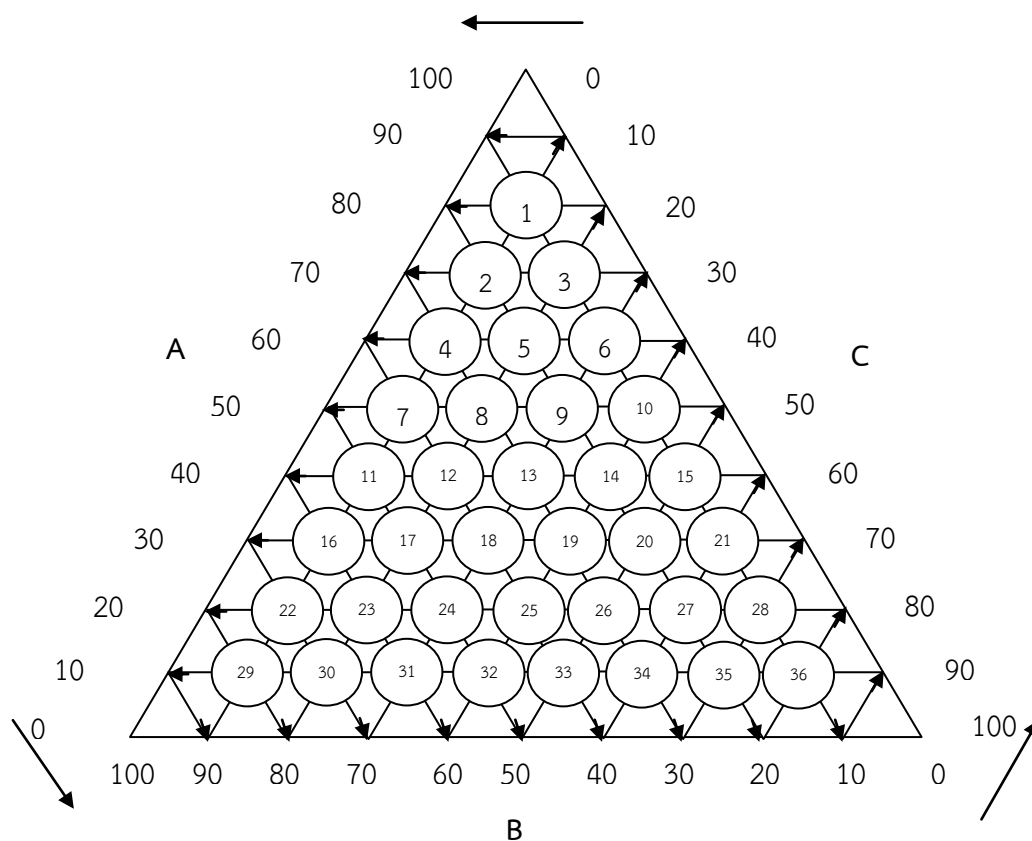


ภาพที่ 2.1 เส้นขนานที่ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสองชนิด

ตารางที่ 2.3 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่อ่านค่าได้จากเส้นขนาน

วัตถุดิบ	อัตราส่วนผสมจุดที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ดินแดง	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ทราย	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

2) กรณีที่มีวัตถุดิบหลักสามชนิด การหาค่าอัตราส่วนผสมโดยใช้แผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า (Tri axial Grid หรือ Tri axial Blend หรือ Tri axial Diagram) มีวิธีการคือ วัตถุดิบแต่ละชนิดจะอยู่ในแต่ละด้านของสามเหลี่ยมด้านเท่า ภายในสามเหลี่ยมด้านเท่าจะมีจำนวนจุดทั้งสิ้น 36 จุด ซึ่งทั้ง 36 จุดนี้ เป็นจำนวนอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นหรือเคลือบที่จะอ่านค่าได้ และมีส่วนผสมของวัตถุดิบทั้งสามชนิด ที่มีผลรวมของแต่ละสูตรเท่ากับ 100 โดยการอ่านค่าให้อ่านตามเส้นลูกศร ที่แสดงไว้ที่มุมของภาพสามเหลี่ยม จากจุดที่ต้องการอ่าน ออกไปตามหัวลูกศร สู่เส้นด้านของสามเหลี่ยม และอ่านค่าน้ำหนักของวัตถุดิบที่อยู่ในด้านนั้น ๆ ตามภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุบสามชนิด

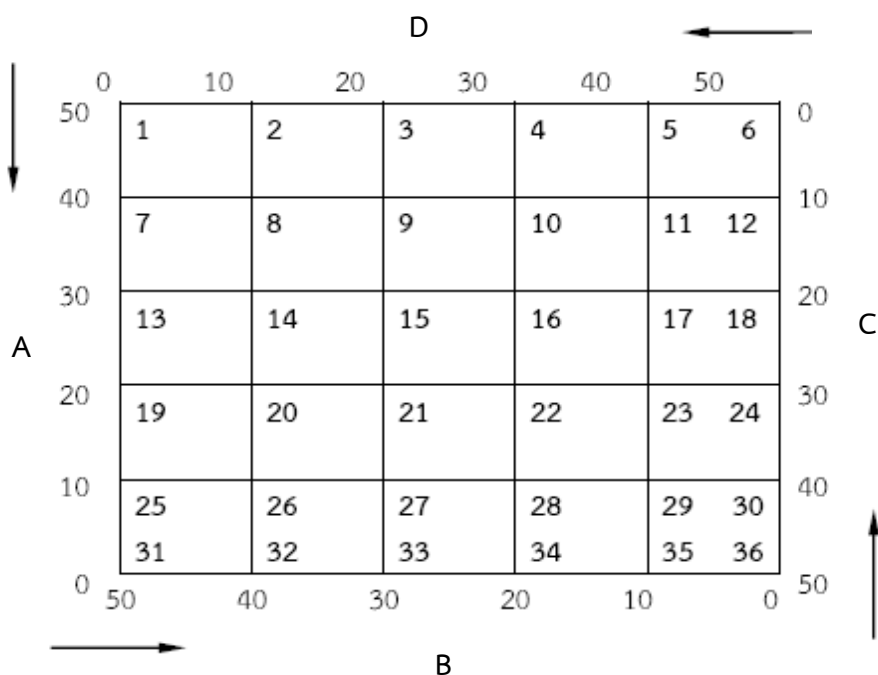
ตารางที่ 2.4 อัตราส่วนผสมของแต่ละจุดที่อ่านค่าได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า

จุดที่	ร้อยละของวัตถุบ			จุดที่	ร้อยละของวัตถุบ		
	A	B	C		A	B	C
1	80	10	10	19	30	30	40
2	70	20	10	20	30	20	50
3	70	10	20	21	30	10	60
4	60	30	10	22	20	70	10
5	60	20	20	23	20	60	20
6	60	10	30	24	20	50	30
7	50	40	10	25	20	40	40
8	50	30	20	26	20	30	50
9	50	20	30	27	20	20	60

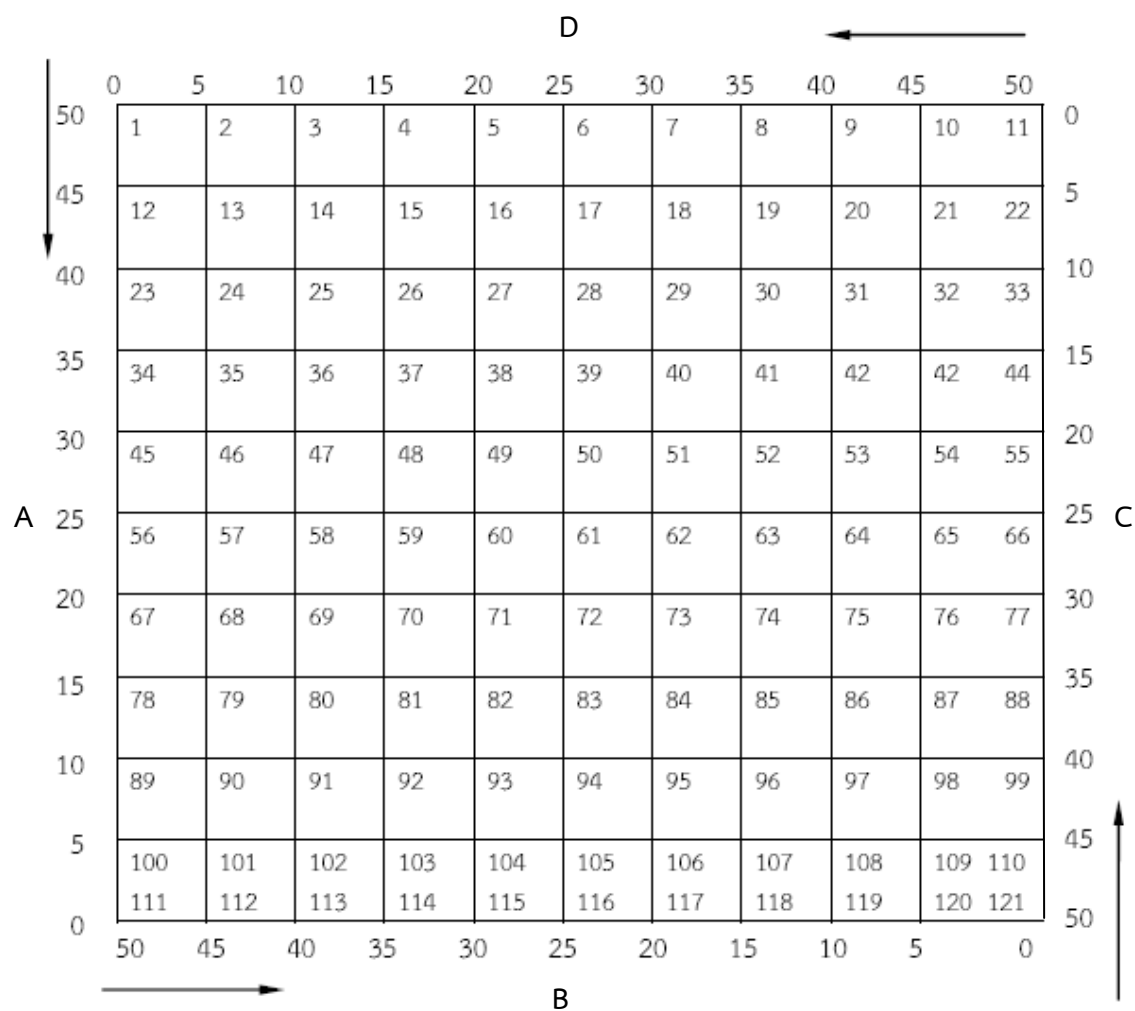
ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

จุดที่	ร้อยละของวัตถุดิบ			จุดที่	ร้อยละของวัตถุดิบ		
	A	B	C		A	B	C
10	50	10	40	28	20	10	70
11	40	50	10	29	10	80	10
12	40	40	20	30	10	70	20
13	40	30	30	31	10	60	30
14	40	20	40	32	10	50	40
15	40	10	50	33	10	40	50
16	30	60	10	34	10	30	60
17	30	50	20	35	10	20	70
18	30	40	30	36	10	10	80

3) กรณีที่มีวัตถุดิบหลักสี่ชนิด การหาค่าอัตราส่วนผสมโดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า (Quad axial Grid หรือ Quad axial Blend หรือ Quad axial Diagram) โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับการอ่านค่าโดยใช้แผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า ดังแสดงตามภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสี่ชนิดจำนวน 36 จุด



ภาพที่ 2.4 แผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้หาอัตราส่วนผสมของวัตถุบสีชนิดจำนวน 81 จุด
ที่มา: ฤดี นิยมรัตน์ (2543)

ตารางที่ 2.5 อัตราส่วนผสมของแต่ละจุดที่อ่านค่าได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมด้านเท่า (36 จุด)

จุดที่	1	2	3	4	5	6
ร้อยละของวัตถุดิบ	A 50	A 50	A 50	A 50	A 50	A 50
	B 50	B 40	B 30	B 20	B 10	B -
	C -	C -	C -	C -	C -	C -
	D -	D 10	D 20	D 30	D 40	D 50
รวม	100	100	100	100	100	100
จุดที่	7	8	9	10	11	12
ร้อยละของวัตถุดิบ	A 40	A 40	A 40	A 40	A 40	A 40
	B 50	B 40	B 30	B 20	B 10	B -
	C 10	C 10	C 10	C 10	C 10	C 10
	D -	D 10	D 20	D 30	D 40	D 50
รวม	100	100	100	100	100	100
จุดที่	13	14	15	16	17	18
ร้อยละของวัตถุดิบ	A 30	A 30	A 30	A 30	A 30	A 30
	B 50	B 40	B 30	B 20	B 10	B -
	C 20	C 20	C 20	C 20	C 20	C 20
	D -	D 10	D 20	D 30	D 40	D 50
รวม	100	100	100	100	100	100
จุดที่	19	20	21	22	23	24
ร้อยละของวัตถุดิบ	A 20	A 20	A 20	A 20	A 20	A 20
	B 50	B 40	B 30	B 20	B 10	B -
	C 30	C 30	C 30	C 30	C 30	C 30
	D -	D 10	D 20	D 30	D 40	D 50
รวม	100	100	100	100	100	100
จุดที่	25	26	27	28	29	30
ร้อยละของวัตถุดิบ	A 10	A 10	A 10	A 10	A 10	A 10
	B 50	B 40	B 30	B 20	B 10	B -
	C 40	C 40	C 40	C 40	C 40	C 40
	D -	D 10	D 20	D 30	D 40	D 50
รวม	100	100	100	100	100	100

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

จุดที่	31	32	33	34	35	36
ร้อยละของวัตถุดิบ	A - B 50 C 50 D -	A - B 40 C 50 D 10	A - B 30 C 50 D 20	A - B 20 C 50 D 30	A - B 10 C 50 D 40	A - B - C 50 D 50
รวม	100	100	100	100	100	100

นอกจากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบจะแสดงอยู่ในรูปสูตรน้ำหนักของวัตถุดิบแล้ว ยังมีรูปแบบอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

1) สูตรที่เขียนอยู่ในรูปสูตรเซเกอร์ (Segar Formula) หรือสูตรเอมไพริคัล (Empirical Formula) โดยสูตรจะเขียนในรูปจำนวนโมลของออกไซด์กลุ่มต่าง กลุ่มกลาง และกลุ่มกรดของส่วนผสม ซึ่งการนำสูตรนี้ไปใช้ต้องเปลี่ยนเป็นสูตรน้ำหนักส่วนผสมโดยการคำนวณ แต่ผู้ใช้สามารถเลือกใช้วัตถุดิบได้ตามความต้องการโดยพิจารณาสูตร หรือสัญลักษณ์ทางเคมีของวัตถุดิบ และผู้ใช้จะต้องทราบน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) ของวัตถุดิบชนิดนั้น ๆ ลักษณะของสูตรเอมไพริคัล เช่น

0.245 KNaO

0.342 CaO 2.516 Al₂O₃ 17.862 SiO₂

0.413 MgO

การคำนวณจากสูตรเอมไพริคัลเป็นสูตรน้ำหนักของวัตถุดิบทำได้โดย

(1) เลือกวัตถุดิบมาใช้ทดแทนออกไซด์ในสูตรเอมไพริคัล โดยพิจารณาสูตรทางเคมีของวัตถุดิบว่าจะต้องมีออกไซด์ที่ต้องการในสูตรเอมไพริคัล ซึ่งอาจจะไม่ใช่ออกไซด์ทุกชนิดที่มีในสูตรเอมไพริคัล แต่ห้ามมีออกไซด์ที่ไม่มีในสูตรเอมไพริคัล ยกเว้นองค์ประกอบที่สามารถสลายไปเมื่อเผา เช่น น้ำ สารประกอบคาร์บอน และสารประกอบซัลเฟต เป็นต้น

(2) ทดแทนจำนวนโมลของออกไซด์ในสูตรเอมไพริคัลให้หมดพอดี ด้วยจำนวนโมลของวัตถุดิบตามตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การเปลี่ยนจำนวนโมลของออกไซด์เป็นจำนวนโมลของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ		สูตรเคมีไฟรคัล				
จำนวนโมล	ชื่อวัตถุดิบ	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
0.245	Mixed Feldspar	0.245	0.342	0.413	2.516	17.862
	K ₂ O . Al ₂ O ₃ . 6SiO ₂	0.245	-	-	0.245	1.470
0.342	Dolomite	-	0.342	0.413	2.271	16.392
	CaCO ₃ . MgCO ₃	-	0.342	0.342	-	-
0.071	Magnesium Carbonate	-	-	0.071	2.271	16.392
	MgCO ₃	-	-	0.071	-	-
2.271	Kaolin	-	-	-	2.271	16.392
	Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂ . 2H ₂ O	-	-	-	2.271	4.542
11.850	Quartz	-	-	-	-	11.850
	SiO ₂	-	-	-	-	11.850

(3) นำจำนวนโมลของวัตถุดิบจากตารางที่ 2.6 มาคำนวณให้เป็นน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบ โดยการคูณจำนวนโมลของวัตถุดิบนั้นด้วยน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบนั้น ตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การเปลี่ยนจำนวนโมลของวัตถุดิบเป็นน้ำหนักของวัตถุดิบ

ชื่อวัตถุดิบ	จำนวนโมล	น้ำหนักโมเลกุล	น้ำหนักส่วนผสม
Mixed Feldspar	0.245	540.7	132.47
Dolomite	0.342	184.4	63.06
Magnesium Carbonate	0.071	84.3	5.99
Kaolin	2.271	258.2	586.37
Quartz	11.850	60.1	712.19
รวม			1,500.08

2) สูตรที่เขียนในรูปร้อยละของออกไซด์ สูตรชนิดนี้จะกล่าวถึงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในรูป ร้อยละของออกไซด์ที่มีอยู่ในเนื้อดินปั้นหรือเคลือบนั้น ๆ รวมทั้งร้อยละของมวลที่หายไปหลังการเผา (Loss on Ignition, LOI.) การเขียนสูตรชนิดนี้นิยมใช้เนื่องจากผู้นำสูตรไปใช้ สามารถเลือกวัตถุดิบที่มีอยู่มาใช้ได้ โดยพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบนั้น ๆ และคำนวณจากสูตรร้อยละของออกไซด์เป็นสูตร

น้ำหนักของวัตถุดิบ ข้อจำกัดของสูตรชนิดนี้คือผู้ใช้ต้องมีความรู้ในการคำนวณสูตร และต้องมีผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ลักษณะของสูตรร้อยละของออกไซด์ เช่น

LOI.	0.3 %
SiO ₂	14.4 %
Al ₂ O ₃	1.5 %
CaO	40.0 %
MgO	40.4 %
Fe ₂ O ₃	3.4 %

การคำนวณจากสูตรร้อยละของออกไซด์เป็นสูตรน้ำหนักของวัตถุดิบ ทำได้โดย

(1) เปลี่ยนร้อยละของออกไซด์ให้เป็นจำนวนโมลของออกไซด์ โดยการหารร้อยละของออกไซด์ด้วยน้ำหนักโมเลกุลของออกไซด์นั้น ๆ ตัวอย่างเช่นตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 การเปลี่ยนร้อยละของออกไซด์เป็นจำนวนโมลของออกไซด์

ออกไซด์	ร้อยละของออกไซด์	น้ำหนักโมเลกุลของออกไซด์	จำนวนโมลของออกไซด์
SiO ₂	14.4	60.1	0.24
Al ₂ O ₃	1.5	102.0	0.01
CaO	40.0	56.1	0.71
MgO	40.4	40.3	1.00
Fe ₂ O ₃	3.4	159.6	0.02

(2) คำนวณเปลี่ยนจากจำนวนโมลของออกไซด์เป็นร้อยละของวัตถุดิบ เช่นเดียวกับการคำนวณจากสูตรเอมไพริคัลเป็นสูตรน้ำหนักของวัตถุดิบ ดังที่กล่าวไว้ตอนต้น

ในการวิจัยฉบับนี้มีการสร้างอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบโดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าในการสร้างอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น และใช้ตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่าในการหาอัตราส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งอัตราส่วนผสมที่ได้จากการอ่านค่าตามตารางดังกล่าวอยู่ในรูปร้อยละของน้ำหนักวัตถุดิบ

2.5 การเตรียมเนื้อดินปั้นและเคลือบ

เมื่อมีอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบแล้ว มีขั้นตอนในการเตรียมเนื้อดินปั้นและเคลือบดังนี้

1) การเตรียมวัตถุดิบ

ในกรณีที่วัตถุดิบได้มาจากแหล่งโดยตรง และมีสิ่งเจือปน เช่น รากไม้ กรวด และทรายหยาบ ปริมาณมาก จำเป็นต้องแยกสิ่งเจือปนเหล่านั้นออกเสียก่อน หรือหากวัตถุดิบยังไม่ได้แปรรูป เช่น ทราย หรือหินฟันม้า อาจจะต้องบดให้ละเอียดตามความต้องการก่อน ซึ่งวิธีการเตรียมวัตถุดิบจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาใช้ และกระบวนการปฏิบัติของแต่ละงานที่ต้องการ แต่โดยทั่วไป เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้สำหรับเตรียมวัตถุดิบมีดังนี้

(1) ตะแกรงกรอง หรือร่อน (Sieve) ใช้ขนาดละเอียดตั้งแต่ 100 เมช (Mesh) ขึ้นไป โดยเลือกใช้ตามความเหมาะสม

(2) โกร่ง จะใช้ในกรณีที่ต้องการบดวัตถุดิบประเภทดินหรือวัตถุดิบประเภทหินที่ต้องการปริมาณไม่มาก

(3) เครื่องย่อยวัตถุดิบ (Jaw Crusher หรือ Roller Crusher) ใช้ในกรณีที่ต้องการทำให้วัตถุดิบมีขนาดก้อนเล็กลง เช่น จากหิน หรือดิน ที่มีขนาดก้อนใหญ่กว่า 5 นิ้ว ให้เหลือเพียงไม่เกิน 1 เซนติเมตร

(4) หม้อบด (Ball Mill หรือ Pot Mill) เป็นเครื่องบดที่ใช้สำหรับการบดละเอียด ใช้ในกรณีที่ต้องการบดวัตถุดิบประเภทหินปริมาณมาก และระยะเวลานาน หรือหากต้องการบดวัตถุดิบจำนวนน้อย และต้องการความละเอียดมาก มีหม้อบดความเร็วสูง (Speed Mill หรือ Rapid Mill)

แต่หากเป็นวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการแต่งแร่ ได้แก่การล้าง บด และกรองมาแล้ว ซึ่งเป็นลักษณะของวัตถุดิบที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ก็ไม่จำเป็นต้องเตรียมวัตถุดิบตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น เพียงพิจารณาว่าต้องการวัตถุดิบที่มีความละเอียดเท่าใด เช่น 100 เมช 200 เมช หรือ 325 เมช เป็นต้น

2) การชั่งอัตราส่วนผสม

การชั่งน้ำหนักวัตถุดิบต้องคำนึงถึงน้ำหนักที่ได้จากการคำนวณนั้นเป็นน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง แต่เนื่องจากตามปกติแล้ว วัตถุดิบส่วนใหญ่จะมีความชื้นอยู่มากหรือน้อยต่างกัน ดังนั้นจำเป็นต้องอบวัตถุดิบให้แห้งก่อนที่จะชั่ง แต่ถ้าทราบปริมาณความชื้น (% Moisture) ในวัตถุดิบ ก็สามารถคำนวณหา น้ำหนักวัตถุดิบชื้นที่สามารถชั่งได้ เครื่องชั่งที่นำมาใช้งานอาจเป็นเครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด ในกรณีที่เตรียมเนื้อดินหรือเคลือบเพื่อการทดลองที่มีปริมาณไม่มาก เช่น 20 กรัม 100 กรัม ที่ต้องการความละเอียดสูง หรือสำหรับการชั่งหาปริมาณความชื้นในการทดสอบ นอกจากนี้อาจใช้เครื่องชั่งสองแขน ในกรณีที่เตรียมเนื้อดินปั้นหรือเคลือบปริมาณไม่มาก เช่น 3–5 กิโลกรัม แต่ถ้าต้องการเตรียมปริมาณมาก สามารถใช้เครื่องชั่งที่มีขนาดและรูปแบบที่เหมาะสมกับงานนั้น ๆ

3) การผสมวัตถุดิบ

ขั้นตอนนี้อาจใช้การบดผสม (Milling) หรือการกวนผสม (Mixing) แล้วแต่กระบวนการปฏิบัติ ซึ่งหากเป็นการทดลองผสมเนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ หรือเออร์เทนแวร์ จากดินแดงกับทราย จะนิยมใช้การนวดผสมวัตถุดิบ หรือการกวนผสมวัตถุดิบ และกรองตะกอนหรือสิ่งเจือปนออกด้วยตะแกรงหยาบ หากเป็นงานทดลองเนื้อดินปั้นชนิดพิเศษ เช่น ปอร์ซเลน โบนไชนา หรือเนื้อดินปั้นอลูมินาสูง นิยมใช้การบดผสม แต่ในสถานประกอบการที่ต้องเตรียมเนื้อดินปั้นเพื่อใช้งานปริมาณมาก นิยมใช้การบดผสมด้วยเครื่องบดขนาดใหญ่ และวัตถุดิบที่ใช้บางชนิดไม่ต้องการความละเอียดเช่น หินฟันม้า จะใช้แบบเป็นก้อนขนาด 0.5–1.0 เซนติเมตร เครื่องจักรที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบได้แก่

(1) หม้อบด อาจเป็นหม้อบดเล็ก (Pot Mill) หรือหม้อบดขนาดใหญ่ (Ball Mill) ตามความต้องการ และปริมาณของการเตรียมเนื้อดินปั้นและเคลือบ ซึ่งขนาดบรรจุของหม้อบดแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 200 กรัม จนถึงมากกว่า 1,000 กิโลกรัม

(2) เครื่องกวนผสม (Blunge) อาจเป็นเครื่องขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่ ตามความเหมาะสมเช่นเดียวกัน

4) การปรับคุณสมบัติทางกายภาพ

ในการผลิตแบบอุตสาหกรรมจะเตรียมเนื้อดินปั้นอยู่ในรูปน้ำดินก่อนเสมอ แม้การผลิตผลิตภัณฑ์จะใช้เป็นดินเหนียว หรือดินผง โดยนำน้ำดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ผ่านกระบวนการให้มีลักษณะตามการใช้งานอีกครั้ง ดังนั้นในขั้นต้นจึงต้องปรับคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำดินรวมทั้งเคลือบที่อยู่ในรูปน้ำเคลือบ อันได้แก่การปรับปริมาณน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูปให้น้ำดินมีความถ่วงจำเพาะตามความต้องการ เติมน้ำช่วยกระจายลอยตัว เพื่อให้ น้ำดินมีความหนืดหรือมีการไหลตัวตามความต้องการ การหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดินต้องใช้เครื่องชั่งชนิดละเอียดและปิกเกอร์ (Beaker) หรือไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) และเครื่องวัดค่าอัตราการไหลตัว (Viscometer)

5) การกรอง

เป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นเพื่อแยกวัตถุดิบที่ยังไม่แตกตัวจากการกวนผสม หรือวัตถุดิบที่บดไม่ละเอียดได้ตามความต้องการออก นอกจากนี้การกรองทำให้ทราบว่าประสิทธิภาพของการบดเป็นเช่นไร โดยพิจารณาจากปริมาณกากบนตะแกรง (% Residue) และยังสามารถกำหนดความละเอียดของเนื้อดินปั้น และเคลือบที่ต้องการโดยการกำหนดขนาดของตะแกรงกรอง ซึ่งจะใช้ตะแกรงกรองตั้งแต่ 100–325 เมช ตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการบด ความละเอียดของวัตถุดิบที่ใช้ ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ เป็นต้น เช่น หากวัตถุดิบที่ใช้มีขนาดความละเอียดที่มาจากโรงงาน 200 เมช นำมาผสมในเนื้อดินปั้นและเคลือบที่ต้องการความละเอียดสูง จำเป็นต้องใช้เวลาในการบดนานกว่าวัตถุดิบที่มีความละเอียดที่ 325 เมช เป็นต้น หรือกรณีที่เนื้อดินปั้นมีวัตถุดิบที่ให้ความเหนียวในอัตราส่วนผสมต่ำ แต่ต้องการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ เช่นเนื้อดินปั้นอลูมินาสูง รวมทั้งน้ำเคลือบโดยทั่วไปจำเป็นต้องบดนาน และกรองด้วยตะแกรงที่ละเอียด เพื่อเพิ่มความเหนียวและการยึดเกาะตัวของวัตถุดิบ

6) การแยกเหล็ก

ในการทำเนือดินปั้นและเคลือบเพื่อใช้งานในสถานประกอบการส่วนมาก ไม่ว่าจะเป็นเครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องโต๊ะอาหาร หรือผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นที่ต้องการให้เนือดินปั้นและเคลือบมีความสะอาด จะผ่านน้ำดินเข้าเครื่องแยกเหล็ก (Magnetic Separator) เพื่อกำจัดเหล็กออกไซด์ออกจากเนือดินปั้นและเคลือบ

ในขั้นตอนการเตรียมเคลือบและเนือดินปั้นดังกล่าวข้างต้นนั้น การเตรียมเนือดินปั้นที่ใช้ในการขึ้นรูป มีลักษณะแตกต่างกันได้ 3 ลักษณะคือ น้ำดิน ดินผง และดินเหนียว ซึ่งแต่ละวิธีนั้นมีกระบวนการปฏิบัติดังนี้

1) เตรียมน้ำดิน (Slip Body) เพื่อขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบ (Casting Method) หลังจากการปรับคุณสมบัติของวัตถุดิบให้มีความถ่วงจำเพาะ และความหนืดให้เหมาะสม กรอง และผ่านเครื่องแยกเหล็กแล้ว ก่อนใช้งานควรหมักน้ำดินไว้ประมาณ 1-2 วัน เพื่อให้สารช่วยกระจายลอยตัวทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ น้ำดินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน และขณะหมักควรปิดฝาให้มิดชิดเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ซึ่งจะให้คุณสมบัติของน้ำดินเปลี่ยนแปลง และอาจมีสิ่งอื่นลงไปเจือปน

2) เตรียมดินผง (Powder Body) เพื่อขึ้นรูปด้วยวิธีอัด (Pressing Method) การทำดินผงสำหรับการขึ้นรูปกระเบื้อง หรือผลิตภัณฑ์ประเภทอื่น ๆ ด้วยวิธีอัด เช่น อูปรณ หรือขึ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล เป็นต้น จะต้องปรับน้ำดินให้มีความเหมาะสมทั้งด้านความถ่วงจำเพาะ และความหนืด ผ่านการกรองและการแยกเหล็กก่อน แล้วจึงนำเข้าเครื่องทำดินผง (Spray Dryer) ซึ่งดินผงที่ได้จะถูกควบคุมขนาดเม็ดดิน (Grain) และปริมาณความชื้น ให้ได้ตามมาตรฐานที่ต้องการก่อนนำไปใช้งาน

3) เตรียมดินเหนียว (Plastic Body) เพื่อขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jiggering, Jollyng) หรือเครื่องโรลเลอร์ (Roller Head) น้ำดินที่ผ่านการปรับคุณสมบัติให้เหมาะสม กรองและผ่านเครื่องแยกเหล็กแล้ว จะถูกนำเข้าเครื่องอัดกรองน้ำดิน (Filter Press) ซึ่งจะได้เป็นเนือดินปั้นในรูปแผ่น (Cake) หลังจากนั้นนำเนือดินปั้นที่เป็นแผ่นนี้ ไปเข้าเครื่องรีดดินสุญญากาศ (Extruder) เพื่อปรับให้มีความเหนียวที่เหมาะสม และไม่มีฟองอากาศในเนือดิน จากนั้นจึงนำไปใช้งานขึ้นรูป

สำหรับการเตรียมเคลือบโดยส่วนใหญ่แล้วจะเตรียมให้อยู่ในรูปน้ำเคลือบเพื่อให้สะดวกต่อการเคลือบผลิตภัณฑ์ ซึ่งวิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์ก็ควรพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมทำให้รวดเร็ว สะดวก และได้ผลดีเหมาะสมกับขนาดของผลิตภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

1) การเคลือบด้วยวิธีชุบหรือจุ่ม (Dipping) วิธีนี้ทำได้รวดเร็ว ประหยัด ง่ายและนิยมใช้กันมาก เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กมีน้ำหนักเบาและสามารถยกได้ โดยการนำผลิตภัณฑ์จุ่มลงไปลงในน้ำเคลือบที่เตรียมไว้ ซึ่งน้ำเคลือบจะต้องมีจำนวนมากพอที่จะจุ่มผลิตภัณฑ์

2) การเคลือบด้วยวิธีเทหรือราด (Pouring) ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เช่น โอ่งหรือแจกันขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถจุ่มลงในอ่างใส่น้ำเคลือบได้ หรือใช้เมื่อน้ำเคลือบปริมาณน้อย

3) การเคลือบด้วยวิธีทา (Painting) โดยใช้แปรงหรือพู่กันทาเคลือบ ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ทางศิลปะ (Art ware) ที่ต้องการเคลือบหลายสี

4) การเคลือบด้วยวิธีพ่น (Spraying) เป็นวิธีที่ทำให้ผิวเคลือบสม่ำเสมอ น้ำเคลือบที่ใช้ต้องผสมให้ใสกว่าการเคลือบด้วยวิธีอื่น ๆ แต่เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองน้ำเคลือบมากที่สุด แต่หากพ่นในตู้พ่น (Spray Booth) จะช่วยป้องกันไม่ให้ฝุ่นเคลือบฟุ้งกระจาย และสามารถนำน้ำเคลือบกลับมาใช้ได้

หลังจากที่ได้เตรียมวัตถุดิบ เนื้อดินปั้น และเคลือบแล้ว สิ่งสำคัญที่สุดของงานเซรามิกคือการเผา ซึ่งการเผาต้องใช้เตาเผาที่นับเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตเซรามิก เตาที่ใช้ในงานเซรามิกสามารถแบ่งประเภทของเตาตามลักษณะได้ 4 ประเภทคือ 1) แบ่งตามประเภทของการใช้งาน 2) แบ่งตามประเภทของทางเดินลมร้อน 3) แบ่งตามประเภทของเปลวไฟ และ 4) แบ่งตามชนิดของเชื้อเพลิง เตาที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์ จะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิง ตลอดจนรูปร่างและขนาดของเตาจะต้องดัดแปลงแก้ไข ให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการเผา รวมทั้งประหยัดและให้ผลคุ้มค่า ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกมี 5 ประเภทคือ 1) ไม้ฟืน 2) ถ่านหิน 3) แก๊ส 4) น้ำมัน และ 5) ไฟฟ้า ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ใช้เตาไฟฟ้าสำหรับเผาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบ เพราะเตาไฟฟ้ามีข้อดีคือให้อุณหภูมิสม่ำเสมอที่สุด การควบคุมการเผาและการควบคุมอุณหภูมิทำได้สะดวก เป็นการเผาที่สะอาดที่สุด เพราะไม่มีเปลวไฟ ไม่มีควันหรือเขม่า สามารถติดตั้งและเคลื่อนย้ายได้ง่าย รวมทั้งบรรยากาศภายในเตาเป็นแบบ Oxidation จึงไม่ทำให้ผิวเคลือบหรือสีเคลือบเปลี่ยนแปลง เพราะไม่ทำปฏิกิริยากับเคลือบ

หลักการทำงานของเตาไฟฟ้า คือการให้พลังงานความร้อนจากการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวต้านทาน ซึ่งขดลวดตัวต้านทานนี้จะมีค่าต้านทานสูง และสามารถให้ความร้อนได้ที่อุณหภูมิสูงมาก ความร้อนที่ได้นี้สามารถวัดอุณหภูมิได้ด้วยไพโรมิเตอร์ (Pyrometer) โดยการต่อสายเทอร์โมคัปเปิล (Thermo Couple) ไว้ภายในเตา เมื่อเทอร์โมคัปเปิลได้รับความร้อนก็จะเกิดการขยายตัวทำให้เกิดค่าความต้านทานที่ต่างกัน ดังนั้นปลายสายอีกด้านหนึ่งของเทอร์โมคัปเปิลจึงต่อไว้กับมิเตอร์ ซึ่งมีสเกลบอกอุณหภูมิภายในเตา

หลังจากเผาเนื้อดินปั้นที่ทำการเคลือบผิวแล้ว และปล่อยให้เย็นตัวลงอาจเกิดตำหนิเคลือบได้ ซึ่งตำหนิที่เกิดขึ้นที่ผิวเคลือบมีดังต่อไปนี้

1) รูเข็ม หรือรูตามด (Pinhole) มีลักษณะคือผิวเคลือบมีรอยตำหนิเป็นรูเล็กๆไปถึงผิวของเนื้อดินปั้น การที่ผิวเคลือบไม่เรียบนี้ จะมีปัญหาทำให้ผลิตภัณฑ์ด้อยคุณภาพ ซึ่งสาเหตุที่เกิดรูเข็ม เช่น เกิดจากเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อแบบมีฟองอากาศอยู่มาก เกิดจากเนื้อดินปั้นมีสิ่งเจือปนอยู่ในดินมาก และเกิดจากผลิตภัณฑ์เผาที่มีความหนาแน่นมาก ๆ และผิวแห้งสนิทเมื่อนำไปชุบเคลือบ เป็นต้น

2) เคลือบไหล (Running Glaze) มีลักษณะคือเคลือบไหลจากตัวผลิตภัณฑ์ไปกองอยู่รอบ ๆ ฐานของผลิตภัณฑ์ เคลือบไหลจะเป็นอันตรายต่อแผ่นรองเตา (Shelf) สาเหตุของเคลือบไหล เช่น ชุบเคลือบหนาเกินไปกว่า 1.5 มิลลิเมตร หรือเผาเกินอุณหภูมิของเคลือบ

3) เคลือบหดตัว หรือเคลือบหนี (Crawling) มีลักษณะคือเคลือบหดตัวรวมกันเป็นกระจุก หรือเป็นก้อน ทำให้เกิดบริเวณช่องว่างบนผิวผลิตภัณฑ์ สาเหตุของเคลือบหดตัว เช่น บดเคลือบนานเกินไป ทำให้เคลือบมีความละเอียดมากเกินไป ไม่สามารถยึดเกาะผิวผลิตภัณฑ์ได้ หรือเนื้อผลิตภัณฑ์บางเกินไปไม่สามารถดูดซึมให้ได้เคลือบหนาตามความต้องการได้ หรือขอบเคลือบหนาเกินกว่า 2 มิลลิเมตร เคลือบจะรวมตัวเป็นก้อนได้ง่าย เป็นต้น

4) การราน (Crazing) มีลักษณะคือเกิดลายเส้นตาข่าย หรือที่เรียกกันว่าเคลือบแตกลายงา สาเหตุที่ทำให้เคลือบเกิดการรานคือ เคลือบกับเนื้อดินปั้นมีการหดตัวหรือขยายตัวไม่เท่ากัน

5) การแตกร่อนตามริมขอบ (Shivering) มีลักษณะคือเคลือบไม่ติดบริเวณริมขอบของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้สาเหตุอาจเนื่องมาจากน้ำเคลือบมีความเหนียวน้อย และมีสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Coefficient of Expansion) น้อยกว่าเนื้อดินปั้น หรืออาจเกิดจากมีไขมันติดที่ผิวผลิตภัณฑ์

6) การร่อนออกจากเนื้อดินปั้น (Peeling) มีลักษณะคือเคลือบร่อนหลุดออกจากผิวผลิตภัณฑ์เป็นแผ่น ๆ เกิดจากการที่เคลือบแยกตัวจากเนื้อดินโดยเด็ดขาด เนื่องจากเนื้อดินปั้นมีปริมาณของทราย หรือหิน เขียวหนุมานมากเกินไป หรือนำผลิตภัณฑ์ที่ยังร้อนไปเคลือบ ทำให้เกิดการร่อนออกจากเนื้อดินปั้นในขณะเผา และผลิตภัณฑ์สกปรกเนื่องจากมีฝุ่นหรือไขมันเกาะอยู่ เป็นต้น

7) ผิวเคลือบด้านไม่ตรงตามความเป็นจริง (Loss of Glaze) เป็นตำหนิเคลือบที่เกิดจากการสูญเสียส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งอาจเกิดจากการเผาอุณหภูมิเกิน ทำให้สารบางอย่างที่ระเหยได้ง่ายระเหยออกไป เช่น สารพวกบอแรกซ์ และตะกั่ว เป็นต้น อาจเกิดเป็นผิวเคลือบด้าน (Dry Surface) ไม่ตรงตามต้องการ เนื่องจากเคลือบบางเกินไป หรือเผายังไม่ถึงจุดหลอมละลาย หรือเผาอุณหภูมิสูงเกินไป

ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนที่ใช้ในการเตรียมเนื้อดินปั้นและเคลือบดังแสดงตามภาพที่ 2.5 ที่มีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมวัตถุดิบโดยวัตถุดิบที่ใช้เป็นวัตถุดิบคุณภาพทั่วไปที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก (Commercial Grad) ซึ่งมีการบดและกรองมาแล้ว

2) การชั่งอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบใช้การชั่งน้ำหนักอัตราส่วนผสมด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า

3) การผสมอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นใช้การกวนผสม ส่วนอัตราส่วนผสมของเคลือบใช้การบดผสมด้วยโกร่งบด

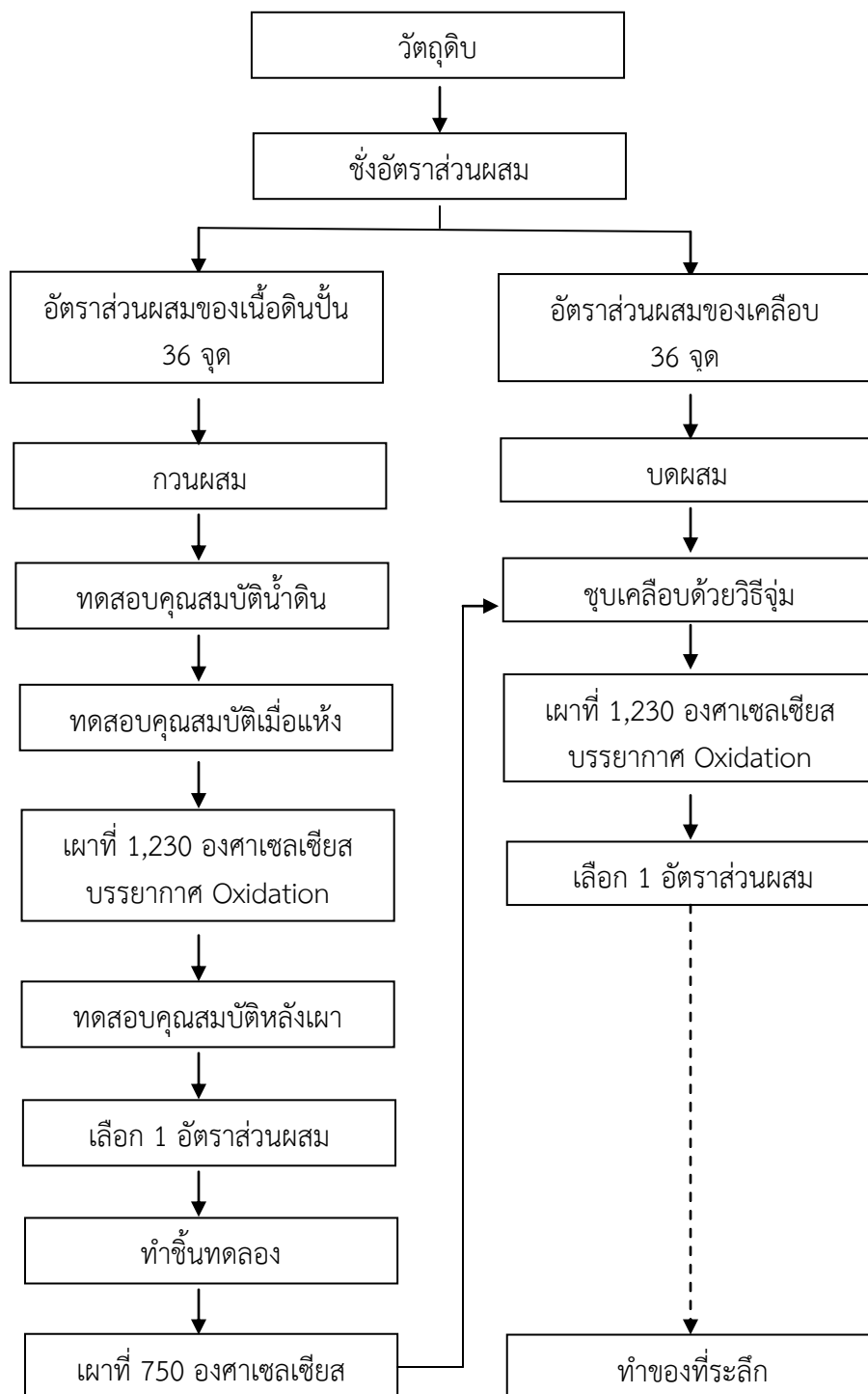
4) ทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น ได้แก่

(1) ทดสอบคุณสมบัติของน้ำดิน โดยทดสอบปริมาณน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป ค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัว และอัตราการหล่อแบบ ใช้เครื่องมือที่ใช้ในห้องทดลอง ได้แก่ ปิกเกอร์ หลอดหยด เครื่องชั่งไฟฟ้า กระจกตวง พิมพ์หล่อแท่งทดสอบการหดตัว และพิมพ์ทดสอบอัตราการหล่อแบบ (Cup Mold)

(2) ทดสอบคุณสมบัติเมื่อแห้ง โดยทดสอบการหดตัวเมื่อแห้ง เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ เวอร์เนีย และพิมพ์ขึ้นรูปแท่งทดสอบ

(3) ทดสอบคุณสมบัติหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศ Oxidation เตาไฟฟ้า โดยการทดสอบการหดตัวหลังเผา การดูดซึมน้ำ และสีหลังเผา เครื่องมือคือ เวอร์เนีย และหม้อต้ม

5) ทดสอบคุณสมบัติของเคลือบ โดยใช้วิธีการจุ่มเคลือบบนชิ้นทดลองที่ทำจากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ได้คัดเลือกไว้ และเผาเคลือบด้วยอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทดสอบคุณสมบัติหลังเผา ได้แก่ สีเคลือบ และความเหมาะสมกับเนื้อดินปั้น ได้แก่ การปิดบังผิวผลิตภัณฑ์ ลักษณะผิวเคลือบ และตำหนิเคลือบ โดยการพิจารณาด้วยสายตา และใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter)

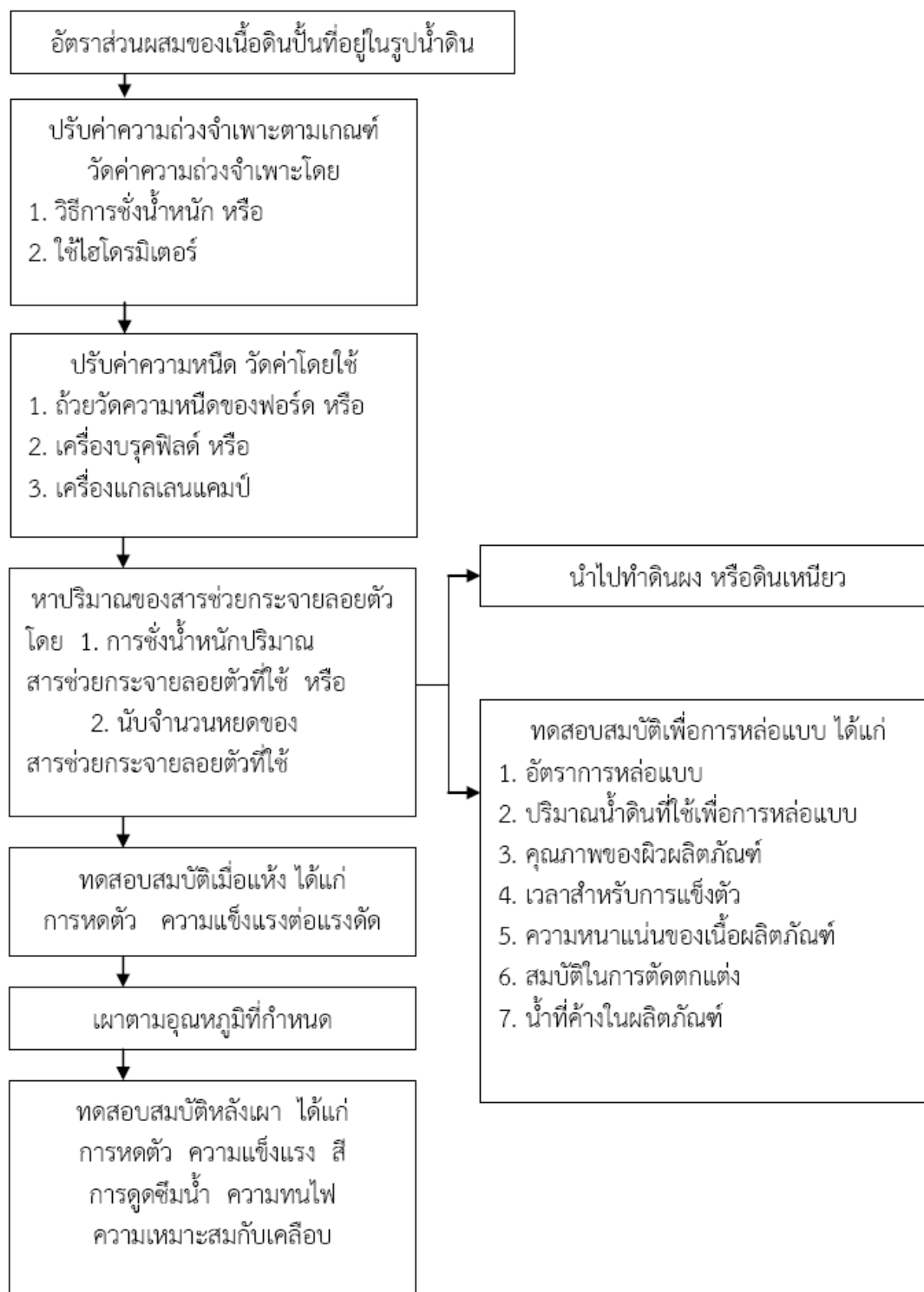


ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการเตรียมเนื้อดินปั้นและเคลือบ

2.6 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นและเคลือบ

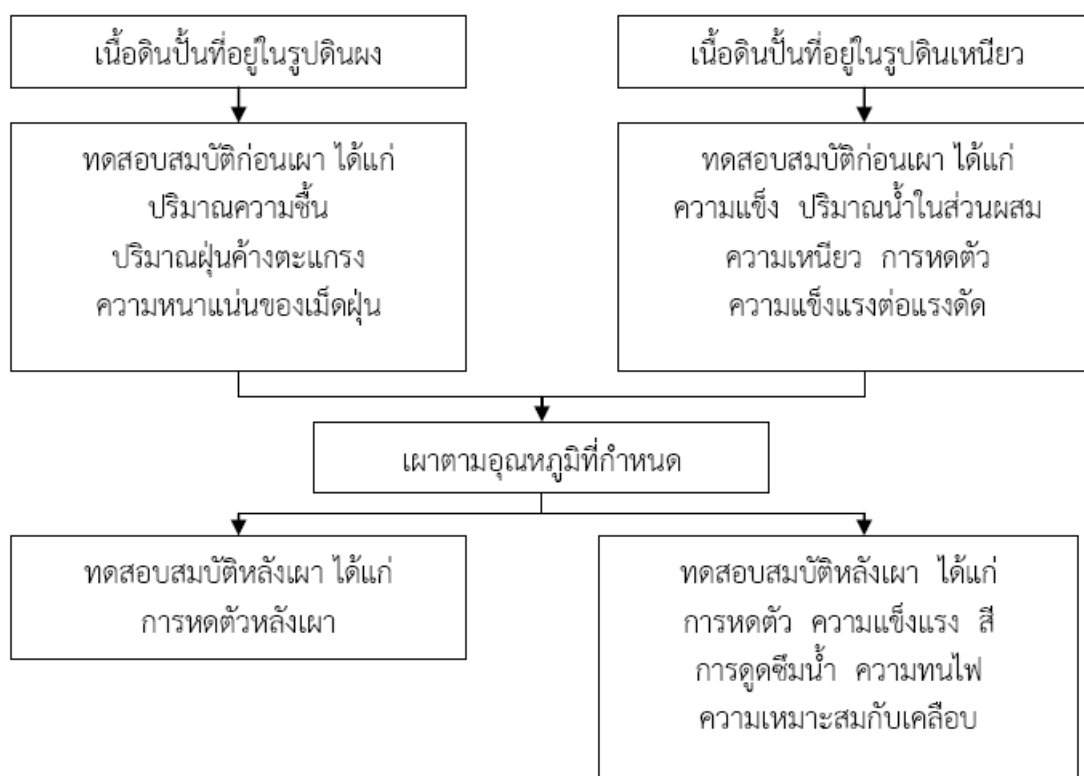
2.6.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้นแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน และสามารถปรับคุณสมบัติให้สอดคล้องตามความต้องการเพื่อนำไปใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งหากเป็นการทดสอบเนื้อดินปั้นที่อยู่ในรูปน้ำดิน (Slip Body) สิ่งที่ต้องทดสอบคือ ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัว อัตราการหล่อ การหดตัว ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำหลังเผา สีหลังเผา ความเหมาะสมกับเคลือบ และความทนไฟ โดยมีลำดับขั้นตอนการทดสอบเนื้อดินปั้นที่อยู่ในรูปน้ำดิน แสดงตามภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นที่อยู่ในรูปน้ำดิน

ส่วนเนื้อดินปั้นที่อยู่ในรูปผงดิน (Powder Body) นอกจากจะทดสอบคุณสมบัติเมื่อเป็นน้ำดินก่อนนำเข้าเครื่องทำดินผง (Spray Dryer) ยังมีการทดสอบคุณสมบัติของผงดินอีกครั้ง ซึ่งการทดสอบได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณฝุ่นค้างตะแกรง ความหนาแน่นของเม็ดฝุ่น และการหดตัวหลังเผา หากเป็นเนื้อดินปั้นที่อยู่ในรูปของดินเหนียว (Plastic Body) เมื่อเนื้อดินปั้นผ่านเครื่องรีดดินสุญญากาศ (Extruder) แล้วสามารถนำมาทดสอบความแข็ง ปริมาณน้ำในส่วนผสม ความเหนียว การหดตัว ความแข็งแรง สี การดูดซึมน้ำ ความเหมาะสมกับเคลือบ และความทนไฟ ได้เช่นเดียวกับน้ำดิน โดยมีลำดับขั้นตอนการทดสอบเนื้อดินปั้นที่อยู่ในรูปผงดิน และดินเหนียว แสดงตามภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นที่อยู่ในรูปผงดิน และดินเหนียว

ในการวิจัยฉบับนี้มีการทดสอบคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเพื่อการผลิตของที่ระลึกเพื่อส่งเสริมคุณค่าการท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง โดยกำหนดให้เนื้อดินปั้นที่ใช้อยู่ในรูปน้ำดินเพื่อการหล่อแบบ เนื่องจากน้ำดินสามารถใช้ในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อแบบซึ่งเป็นวิธีการขึ้นรูปที่ง่าย สะดวก และใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตแบบอุตสาหกรรม รวมทั้งน้ำดินสามารถทำให้อยู่ในรูปดินเหนียวและผงดินได้ ซึ่งการทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นสำหรับการวิจัยนี้ได้แก่

- 1) การทดสอบคุณสมบัติของน้ำดิน ได้แก่การหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูป ค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัว และอัตราการหล่อแบบ
- 2) การทดสอบคุณสมบัติเมื่อแห้ง ได้แก่การทดสอบการหดตัวของเนื้อแห้ง
- 3) การทดสอบคุณสมบัติหลังเผา ได้แก่การทดสอบคุณสมบัติหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศ Oxidation โดยทดสอบการหดตัวหลังเผา การดูดซึมน้ำ และสีหลังเผา

การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นมีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

- 1) การหาค่าความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ใช้สัญลักษณ์ S หรือ S.G. หรือ Sp.G. หรือ Sp.Gr. หรือ ถพ. เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของวัตถุ เมื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของของไหลมาตรฐาน ซึ่งของไหลมาตรฐานนั้น สำหรับของเหลวใช้น้ำเป็นของไหลมาตรฐาน โดยสามารถหาค่าความถ่วงจำเพาะได้จากสูตร (พงษ์ศักดิ์ เสริมสาธณสวัสดิ์ และประมาณ เสริมสาธณสวัสดิ์, ม.ป.ป., หน้า 5)

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{ความหนาแน่นของวัตถุ}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}}$$

หรือกรณีที่วัตถุและน้ำมีปริมาตรเท่ากัน

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{มวลของวัตถุ}}{\text{มวลของน้ำ}}$$

จะเห็นได้ว่าความถ่วงจำเพาะจะเป็นตัวชี้ว่าสารนั้น ๆ หนักหรือเบากว่าน้ำก็เท่า ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะจะไม่มีหน่วย เพราะเป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบ การทดสอบวัสดุในงานเซรามิกส่วนมากวัสดุจะอยู่ในรูปของแข็ง ได้แก่ ดิน หิน แร่ ออกไซด์ และสารประกอบต่าง ๆ ซึ่งของไหลมาตรฐานที่ใช้ ได้แก่ น้ำ โดยที่น้ำมีความหนาแน่นประมาณ 1 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะของวัตถุใด ๆ ที่ใช้ค่าความหนาแน่นของน้ำเป็นของไหลมาตรฐานในการเปรียบเทียบ จึงมีค่าใกล้เคียงที่สุด หรือถือได้ว่าเท่ากับค่าความหนาแน่นของวัตถุนั้น ๆ ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ} &= \frac{\text{ความหนาแน่นของวัตถุ}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}} \\ &= \frac{\text{ความหนาแน่นของวัตถุ}}{1}\end{aligned}$$

1

$$\therefore \text{ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ} = \text{ความหนาแน่นของวัตถุ}$$

ค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทดสอบ จึงหมายถึงค่าความถ่วงจำเพาะของวัตถุนั้น ๆ ซึ่งการทดสอบหาค่าความหนาแน่นในทางเซรามิกมีหลายวิธี จำแนกตามลักษณะของวัสดุที่ต้องการทดสอบ

เช่น วัสดุอยู่ในรูปผง จะหาความหนาแน่นโดยใช้ขวดพิคโนมิเตอร์ (Pycnometer) หากเป็นก้อนวัสดุใช้การชั่งน้ำหนักวัสดุ นำมาเปรียบเทียบกับมวลของน้ำ ถ้าเป็นของผสม เช่น น้ำดิน น้ำเคลือบ ใช้การหาค่าความหนาแน่น โดยการชั่งน้ำหนัก หรือใช้ไฮโดรมิเตอร์ แต่หากของผสมอยู่ในรูปผงแห้ง สามารถหาค่าความหนาแน่นโดยการคำนวณ

สำหรับตัวอย่างที่เป็นของผสมในรูปของของไหล เช่น น้ำดิน และน้ำเคลือบ สามารถใช้การชั่งน้ำหนักในการหาค่าความหนาแน่น โดยนำหลักการตามทฤษฎีที่กล่าวว่าความหนาแน่นได้แก่อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรมาใช้ ซึ่งมีวิธีการปฏิบัติในการทดสอบดังนี้

- (1) ชั่งน้ำหนักภาชนะที่รู้ปริมาตร บันทึกน้ำหนักภาชนะเป็น W (กรัม)
- (2) ใส่ตัวอย่างลงในภาชนะ บันทึกปริมาตรตัวอย่างเป็น V (ลูกบาศก์เซนติเมตร) ชั่งน้ำหนักและบันทึกเป็น Ws (กรัม)

- (3) คำนวณตามสูตร

$$\text{ความหนาแน่นของวัตถุ } (\rho_s) = \frac{\text{มวลของวัตถุ}}{\text{ปริมาตรของวัตถุ}} = \frac{W_s - W}{V}$$

เมื่อ Ws หมายถึงน้ำหนักของตัวอย่างและภาชนะ (g)

W หมายถึงน้ำหนักของภาชนะที่รู้ปริมาตร (g)

V หมายถึงปริมาตรของตัวอย่างในภาชนะ (cm³)

$$\text{จาก ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{ความหนาแน่นของตัวอย่าง}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}}$$

$$= \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

$$\text{แต่ความหนาแน่นของน้ำ } (\rho_w) = 1 \text{ g / 1 cm}^3$$

$$\text{ดังนั้นความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง} = \text{ความหนาแน่นของวัตถุ } (\rho_s)$$

2) การหาปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัว

สารช่วยกระจายลอยตัว (Deflocculant) เป็นสารเคมีที่ช่วยให้อนุภาคเกิดการกระจายลอยตัว จะเป็นตัวช่วยให้ดินและอนุภาคอื่น ๆ ลอยตัวในส่วนผสมของน้ำดิน และควบคุมการตกตะกอนให้เกิดขึ้นน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากตามปกติดินจะมีอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ และอนุภาคจะตกตะกอนโดยการจับตัวกันเพราะประจุผิวของอนุภาค ทำให้น้ำดินเกิดความหนืด จึงต้องทำให้อนุภาคแตกตัวเกิดการผลึกออกจากกัน เพื่อแก้ไขสมบัติด้านความหนืดและการตกตะกอนให้ดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากหากน้ำดินตกตะกอนเร็วจะทำให้ความหนาของผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากัน คือส่วนกันของผลิตภัณฑ์จะหนากว่าส่วนบน ซึ่งสารเคมีพวกสารช่วยกระจายลอยตัวจะช่วยชะลอการตกตะกอน นอกจากนี้หากต้องการให้น้ำดินมีการไหล

ตัวดีและเหนื้ดินออกจากแบบพิมพ์โดยไม่ทำให้ผิวด้านในขรุขระ ต้องใช้น้ดินที่มีน้ในส่วนผสมมาก การไหลตัวดี แต่ผลเสียคือทำให้อัตราการหล่อแบบลดลง แบบพิมพ์ต้องดูดซับน้ไว้มาก สารช่วยกระจายลอยตัวจะช่วยให้อนุภาคของดินแยกออกจากกัน และความหนืดของน้ดินจะลดลง จึงใช้ปริมาณน้ในส่วนผสมน้อยลง และทำให้อัตราการหล่อเร็ว เหนื้ดินออกจากแบบพิมพ์ได้ง่ายและผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี

เมื่อต้องการให้น้ดินมีการไหลตัวดี และต้องใช้สารเคมีที่ช่วยให้เกิดการกระจายลอยตัว ผู้ปฏิบัติงานควรบันทึกปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัว ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานครั้งต่อไปว่าจะต้องใช้ปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวเท่าใด ซึ่งการหาปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัว ใช้การเทียบบัญญัติไตรยางศ์ เพื่อหาค่าร้อยละของปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้ ต่อน้หนักวัตถุดิบแห้ง มีวิธีคำนวณแตกต่างกัน 2 วิธี ตามวิธีการปฏิบัติงานดังนี้คือ

(1) คำนวณหาค่าร้อยละของสารช่วยกระจายลอยตัวจากการชั่งน้หนักสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้ปรับสภาพน้ดิน จนกระทั่งมีการไหลตัวดีตามความต้องการ ในกรณีนี้ผู้ปฏิบัติต้องรู้น้หนักแห้งของอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นก่อนนำมาทำน้ดิน และคำนวณหาค่าร้อยละของสารช่วยกระจายลอยตัวดังนี้

วัตถุดิบแห้ง	S	กรัม	ใช้สารช่วยกระจายลอยตัว	D	กรัม
"-----"	100	กรัม	"-----"	[D(100)] / S	"

เช่น อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น 1,500 กรัม เมื่อน้มาผสมน้ และปรับการไหลตัวโดยใช้โซเดียมซิลิเกต จำนวน 28 กรัม ร้อยละของสารช่วยกระจายลอยตัว คือ 1.87 ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

วัตถุดิบแห้ง	1500	กรัม	ใช้สารช่วยกระจายลอยตัว	28	กรัม
"-----"	100	กรัม	"-----"	[28 (100)] / 1500	"

การคำนวณโดยวิธีนี้ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องชั่งน้หนักสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้ ดังนั้นจึงทำให้เกิดข้อจำกัดคือกรณีที่มีการทดลองที่ใช้อัตราส่วนผสมจำนวนน้อย ทำให้ใช้สารช่วยกระจายลอยตัวน้อย การบันทึกน้หนักของสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้จะยุ่งยาก และต้องใช้ความละเอียดสูง แต่ข้อดีของการทดสอบด้วยวิธีนี้คือ ไม่ต้องคำนึงถึงชนิดและความหนาแน่นของสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้ หากการปฏิบัติงานครั้งต่อไปใช้สารช่วยกระจายลอยตัวชนิดเดิม และมีความหนาแน่นของสารช่วยกระจายลอยตัวเท่าเดิม สามารถคำนวณน้หนักมาใช้งานได้ทันที แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของสารช่วยกระจายลอยตัว ต้องมีการทดสอบใหม่

(2) คำนวณหาค่าร้อยละของสารช่วยกระจายลอยตัว จากการนับจำนวนหยดที่ใช้งาน ซึ่งการทดสอบและคำนวณโดยวิธีนี้ เหมาะสำหรับงานทดสอบทดลองที่ต้องใช้สารช่วยกระจายลอยตัวปริมาณไม่มาก ไม่สะดวกในการชั่งน้หนัก อีกทั้งควรเป็นสารช่วยกระจายลอยตัวชนิดเดิม ทั้งนี้เพราะต้องหาความหนาแน่นของสารช่วยกระจายลอยตัวที่นำมาใช้งาน และก่อนการทดสอบผู้ปฏิบัติต้องรู้ว้สารช่วย

กระจายลอยตัว 1 ซีซี เท่ากับกี่หยด ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะเป็นอย่างยิ่งสำหรับห้องปฏิบัติการที่ต้องทดสอบด้วยเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีชนิดเดิมเป็นประจำทุกวัน ซึ่งวิธีการทดสอบมีดังนี้คือ

(2-1) ทดลองหยดสารช่วยกระจายลอยตัวว่า ปริมาตร 1 ซีซี คิดเป็นกี่หยด (สมมติให้ เป็น A หยดต่อ 1 ซีซี)

(2-2) นำสารช่วยกระจายลอยตัว 1 ซีซี ไปชั่งน้ำหนักว่าหนักกี่กรัม (สมมติให้หนัก D กรัมต่อซีซี)

(2-3) ปรับความหนืดของน้ำดิน โดยบันทึกปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัว เป็นจำนวนหยดที่ใช้ (สมมติให้ใช้ B หยด)

(2-4) เทียบบัญญัติไตรยางศ์ เพื่อหาปริมาตรสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้ดังนี้
สารช่วยกระจายลอยตัว A หยดคิดเป็นปริมาตร = 1 ซีซี

"-----" B "-----" = B/A "

(2-5) นำค่าความหนาแน่นของสารช่วยกระจายลอยตัวที่ทดลองไว้มาคำนวณ เพื่อหาปริมาณสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้ในหน่วยกรัม ดังนี้

สารช่วยกระจายลอยตัว 1 ซีซี หนัก = D กรัม(จากข้อ 2-2)

"-----" B/A " " = D (B/A) "(จากข้อ 2-4)

(2-6) เทียบบัญญัติไตรยางศ์ เพื่อหาร้อยละของสารช่วยกระจายลอยตัวที่ใช้ จากน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง (S กรัม)

น้ำหนักวัตถุดิบแห้ง S กรัมใช้สารช่วยกระจายลอยตัว D (B/A) กรัม

"-----" 100 "-----" { [D (B/A)] / S } × 100 "

3) การหาอัตราการหล่อแบบ

เนื่องจากความหนาของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเทน้ำดินลงไปในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์เป็นสิ่งสำคัญเบื้องต้นสำหรับผู้ปฏิบัติ การเปลี่ยนแปลงอัตราความหนาของการหล่อแบบเพียงเล็กน้อยอาจก่อให้เกิดปัญหาได้ ถึงแม้ว่าการหล่อแบบจะง่ายต่อการทดสอบ แต่ยังมีความจำเป็นเพื่อให้ทราบว่าน้ำดินในแต่ละครั้งมีความสม่ำเสมอเพียงใดโดยปกติการหาอัตราการหล่อแบบทำโดยการวัดความหนาของผลิตภัณฑ์ โดยการเทน้ำดินเข้าไปในแบบและทิ้งไว้ช่วงเวลาหนึ่ง ก่อนที่จะเทน้ำดินออก

การทดสอบอัตราการหล่อแบบ (Casting Rate หรือ Rate of Cast) ทำได้โดยการวัดความหนาของชั้นดินที่เกาะผิวแบบ ในเวลาที่กำหนด บันทึกค่าเป็นอัตราการหล่อแบบที่เวลาที่กำหนด (5, 10, 15, 20, 30 นาที เป็นต้น) โดยมีลำดับขั้นการปฏิบัติการทดสอบดังนี้

(1) เทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ปลาสเตอร์ เริ่มจับเวลา หากมีการทดสอบที่หลายช่วงเวลา เช่น ที่ 5 นาที 10 นาที และ 30 นาที ให้ใช้แบบพิมพ์ปลาสเตอร์ที่มีความชื้นเท่ากัน รูปร่าง และลักษณะเหมือนกันจำนวน 3 แบบพิมพ์

(2) เมื่อแบบพิมพ์ได้ถึงเวลาที่กำหนด ให้เทน้ำดินออก

(3) ตัดชั้นดินมาวัดความหนา บันทึกราคา มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร หรือเซนติเมตร

การพิจารณาว่าเมื่อใดจึงจะสามารถตัดชั้นดินมาวัดความหนาได้ โดยการใช้นิ้วมือสัมผัสผิวดิน หากดินไม่ติดมือก็สามารถตัดชั้นดินมาวัดความหนาได้ ซึ่งการวัดความหนาของชั้นดินจะต้องวัดบริเวณกลางชั้นดิน และวางไม้บรรทัดให้เป็นแนวตั้งฉากกับขอบของชั้นดิน รวมทั้งควรตัดชั้นดินมาวัดมากกว่า 1 ชั้น

4) การทดสอบการหดตัว

การหดตัว (Shrinkage) ของวัตถุดิบหรือดินที่นำมาใช้ในงานเซรามิกมี 2 ระยะคือ การหดตัวหลังการอบแห้ง และการหดตัวหลังการเผา ซึ่งการหดตัวนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าควรเผียงแห้งหรือเผาผลิตภัณฑ์ในอัตราที่ช้าหรือเร็วเพียงใด โดยปกติแล้วดินที่มีความเหนียวมาก มักจะมีการหดตัวมาก ร้อยละของการหดตัวเชิงเส้นหลังการอบแห้ง (Percent Drying Linear Shrinkage) ของวัตถุดิบที่ใช้ในงานเซรามิกจะมีตั้งแต่ร้อยละ 0 สำหรับการเผาวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวเช่น หินเขียว หนุมาน จนถึงร้อยละ 15 สำหรับดินเหนียวบางชนิด และร้อยละการหดตัวจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของวัตถุดิบ ปริมาณวัตถุดิบในอัตราส่วนผสม และอุณหภูมิที่ใช้เผา

เมื่อดินได้รับการอบแห้งจะทำให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งขนาดที่เล็กลงจากการหดตัวนี้สามารถวัดได้ทั้งการหดตัวในเชิงเส้น (Linear Shrinkage) และการหดตัวในเชิงปริมาตร (Volume Shrinkage) โดยการทดสอบจะกระทำทั้งหลังแห้ง และหลังเผา ทำให้การทดสอบการหดตัวมี 3 ชนิดคือ

(1) การหดตัวเมื่อแห้ง (Drying Shrinkage) เป็นการวัดการหดตัวตั้งแต่หลังขึ้นรูปเสร็จ จนถึงแห้งสนิท (Wet to Dry) แบ่งเป็นการหดตัวเมื่อแห้งเชิงปริมาตร (Drying Volume Shrinkage; D.V.S.) และการหดตัวเมื่อแห้งเชิงเส้น (Drying Linear Shrinkage; D.L.S.)

(2) การหดตัวหลังเผา (Firing Shrinkage) เป็นการวัดการหดตัวตั้งแต่ผลิตภัณฑ์แห้งสนิทจนถึงหลังเผา (Dry to Fire) แบ่งเป็นการหดตัวหลังเผาเชิงปริมาตร (Firing Volume Shrinkage; F.V.S.) และการหดตัวหลังเผาเชิงเส้น (Firing Linear Shrinkage; F.L.S.)

(3) การหดตัวรวม (Total Shrinkage) วัดการหดตัวตั้งแต่หลังขึ้นรูป จนถึงกระทั่งหลังเผา (Wet to Fire) แบ่งเป็นการหดตัวรวมเชิงปริมาตร (Total Volume Shrinkage; T.V.S.) และการหดตัวรวมเชิงเส้น (Total Linear Shrinkage; T.L.S.)

การหาร้อยละการหดตัวเชิงเส้นมีวิธีการทดสอบดังนี้คือ

(1) ใช้ตัวอย่างทำแท่งทดสอบเป็นแท่งกลมทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 11.5 เซนติเมตร หรือแท่งสี่เหลี่ยมมีขนาดหน้าตัด 2.5×2.5 เซนติเมตร และมีความยาว 11.5 เซนติเมตร

(2) ทำเครื่องหมายบอกความยาวบนแท่งทดสอบยาว 10 เซนติเมตร ได้แก่ความยาวหลังขึ้นรูป (Plastic Length; L_p)

(3) อบแท่งทดสอบให้แห้ง วัดความยาวหลังอบ บันทึกเป็น L_d (Dry Length)

(4) นำแท่งทดสอบเข้าเผาที่อุณหภูมิใช้งาน วัดความยาวหลังเผาบันทึกค่าเป็น L_f
(Fired Length)

(5) คำนวณร้อยละการหดตัวจากสูตร (Griffiths, R., Ceram, F.I., and Radford, C., 1964, pp. 18–20)

$$\text{ร้อยละการหดตัวเมื่อแห้งเชิงเส้น} = \frac{L_p - L_d}{L_p} \times 100$$

$$\text{ร้อยละการหดตัวหลังเผาเชิงเส้น} = \frac{L_d - L_f}{L_d} \times 100$$

$$\text{ร้อยละการหดตัวรวมเชิงเส้น} = \frac{L_p - L_f}{L_p} \times 100 \text{ หรือ}$$

$$= \text{ร้อยละการหดตัวเมื่อแห้งเชิงเส้น} + \text{ร้อยละการหดตัวหลังเผาเชิงเส้น}$$

เมื่อ L_p หมายถึงความยาวของแท่งทดสอบหลังขึ้นรูป (เซนติเมตร)

L_d หมายถึงความยาวของแท่งทดสอบเมื่อแห้ง (เซนติเมตร)

L_f หมายถึงความยาวของแท่งทดสอบหลังเผา (เซนติเมตร)

5) การดูดซึมน้ำหลังเผา

การทดสอบการดูดซึมน้ำหลังเผา (Water Absorption) เป็นการหาความพรุนตัวของเนื้อดินปั้น (Porosity) ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนของปริมาตรของรูของวัสดุ กับปริมาตรของวัสดุทั้งหมด หรือมวลของวัสดุ โดยการพิจารณาความพรุนตัวจะพิจารณาได้จากหลายด้านตามลักษณะของวัสดุเช่น พิจารณาความโปร่ง พิจารณาปริมาณการดูดซึมน้ำ และพิจารณาการร่วออกของก๊าซ หรือของเหลว เป็นต้น (ชูชาติ ตรีจิตรานุสร, 2534, หน้า 176) ซึ่งในงานเซรามิกความพรุนตัวพิจารณาจากความสามารถในการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการเผาแล้ว ซึ่งไม่สามารถทดสอบได้กับเนื้อดินปั้นที่อยู่ในสภาพดินเหนียว เพราะระหว่างอนุภาคของวัตถุดิบในเนื้อดินปั้นจะประกอบด้วยน้ำ และเนื้อดินปั้นจะมีความพรุนตัวสูงสุดหลังเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เพราะหลังจากนั้นวัตถุดิบพวกอัลคาไลน์ (Alkalies) จะแสดงคุณสมบัติทำให้เนื้อดินปั้นเกิดการหลอมตัวและเนื้อจะแน่นขึ้น (Hamer, F. and Janet, F., 1986, p. 248) วิธีการทดสอบความพรุนตัวมีดังต่อไปนี้ (दनัย आरयषण्, 2538, หน้า 20)

- (1) อบชิ้นงานให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก บันทึกเป็น D (กรัม)
- (2) ต้มชิ้นงานในน้ำกลั่นให้เดือดนาน 5 ชั่วโมง และแช่ไว้อีกนาน 24 ชั่วโมง
- (3) ชั่งน้ำหนักชิ้นงานในน้ำ บันทึกเป็น S (กรัม)
- (4) เช็ดผิวชิ้นงาน ชั่งน้ำหนัก บันทึกเป็น W (กรัม)
- (5) นำค่าจากการทดสอบมาคำนวณตามสูตร

$$(5-1) \text{ ปริมาตรของชิ้นงาน (Exterior Volume)} = (W - S) / \rho$$

มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร

(5-2) ปริมาตรของรูพรุนเปิด (Volume of Open Pores) = $(W - D) / \rho$
มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร

(5-3) ร้อยละของความพรุนตัวปรากฏ (Apparent Porosity) = $[(W - D)/V] \times 100$

(5-4) ร้อยละของการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) = $[(W - D)/D] \times 100$

(5-5) ความหนาแน่นของชิ้นงาน (Bulk Density) = D / V
มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อ

ρ หมายถึง ความหนาแน่นของน้ำ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

D หมายถึง น้ำหนักชิ้นงานแห้งก่อนต้ม (กรัม)

S หมายถึง น้ำหนักชิ้นงานหลังต้ม ชั่งในน้ำ (กรัม)

W หมายถึง น้ำหนักชิ้นงานหลังต้ม ชั่งในอากาศ (กรัม)

V หมายถึง ปริมาตรของชิ้นงาน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้หาค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำจากสูตรที่ (5-4) Water Absorption = $[(W - D)/D] \times 100$

6) สีและจุดต่างดำหลังเผา

การพิจารณาสี และจุดต่างดำ (Specking) ที่แสดงหลังการเผาสามารถพิจารณาได้สองลักษณะคือ ลักษณะสีและจุดต่างดำนั้นเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ และลักษณะสีและจุดต่างดำเกิดจากมลทินชนิดใด ทั้งนี้การพิจารณาสีและจุดต่างดำจะใช้พิจารณาทั้งวัตถุดิบ เนื้อดินปั้น และสีเคลือบ โดยจุดประสงค์ของการพิจารณาอาจมีความแตกต่างกันดังนี้คือ

(1) การพิจารณาสีและจุดต่างดำของวัตถุดิบ โดยทั่วไปจะใช้ทดสอบวัตถุดิบจำพวกดิน ไม่ว่าจะเป็นดินขาว หรือดินดำ เนื่องจากในดินจะมีปริมาณของไทเทเนียมไดออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และแมงกานีสไดออกไซด์ โดยออกไซด์ทั้งสามชนิดนี้มีอิทธิพลต่อการเกิดสีของดิน นั่นคือกรณีที่ไม่มีไทเทเนียมไดออกไซด์เกินร้อยละ 0.01 ทำให้เกิดสีฟาง หากมีเหล็กออกไซด์มากกว่าร้อยละ 1.0 ทำให้เกิดสีน้ำตาลอ่อน ส่วนแมงกานีสไดออกไซด์ ทำให้เกิดสีน้ำตาลได้เช่นเดียวกันหากมีในส่วนผสมเกินร้อยละ 0.1 ดังนั้นหากผู้ปฏิบัติต้องการผลิตเนื้อดินปั้นที่มีสีขาว จำเป็นต้องรู้จักประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ หรือใช้การทดสอบเพื่อพิจารณาสีของวัตถุดิบได้ โดยที่ปริมาณของออกไซด์ทั้งสามชนิดไม่สามารถพิจารณาได้จากดินที่มาจากแหล่งจำเป็นต้องนำมาเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส เพื่อให้สารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีในดินถูกเผาไหม้หมดไป และออกไซด์แสดงสมบัติเรืองสีของตนออกมา ซึ่งดินขาวหลังเผามีสีค่อนข้างขาวจนถึงขาวมาก ส่วนดินดำจะมีสีครีมจนถึงสีขาว การพิจารณาสีหลังเผาอาจใช้ตาเปล่าพิจารณาและบันทึกเป็น ขาวมาก (Very White) ขาว (White) ขาวน้อย (Off White) หรือครีม (Cream) หรืออาจใช้เครื่องวัดสีโดยวัดค่าความขาวสว่าง (Brightness) ซึ่งพิจารณาการสะท้อนของแสง (Reflectance) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่มีการสะท้อนของแสงสูงสุด (100%) (เครื่อง Elrepho Reflectance Photometer)

นอกจากการพิจารณาสีหลังเผา ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของออกไซด์แล้ว หากเหล็กออกไซด์อยู่ในรูปของเฮมาไทต์ (Hematite) ลิโมนาइट (Limonite) และพวกไมกา แล้วจะเกิดจุดต่างดำของเหล็กออกไซด์ รวมทั้งแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งจุดต่างดำนี้ พิจารณาได้โดยการใช้ตาเปล่า หรือใช้แว่นขยาย และบันทึกเป็น ไม่มี (Non) มีเล็กน้อย (Few) มีปานกลาง (Moderate) หรือมีมาก (Many) ส่วนวัตถุดิบพวกหินก็จะมีพิจารณาสีและจุดต่างดำหลังการเผาเช่นเดียวกัน เช่น หินฟันม้า หินเขี้ยวหนุมาณ เป็นต้น ส่วนสำเร็จรูปจะพิจารณาเฉพาะสีหลังเผา

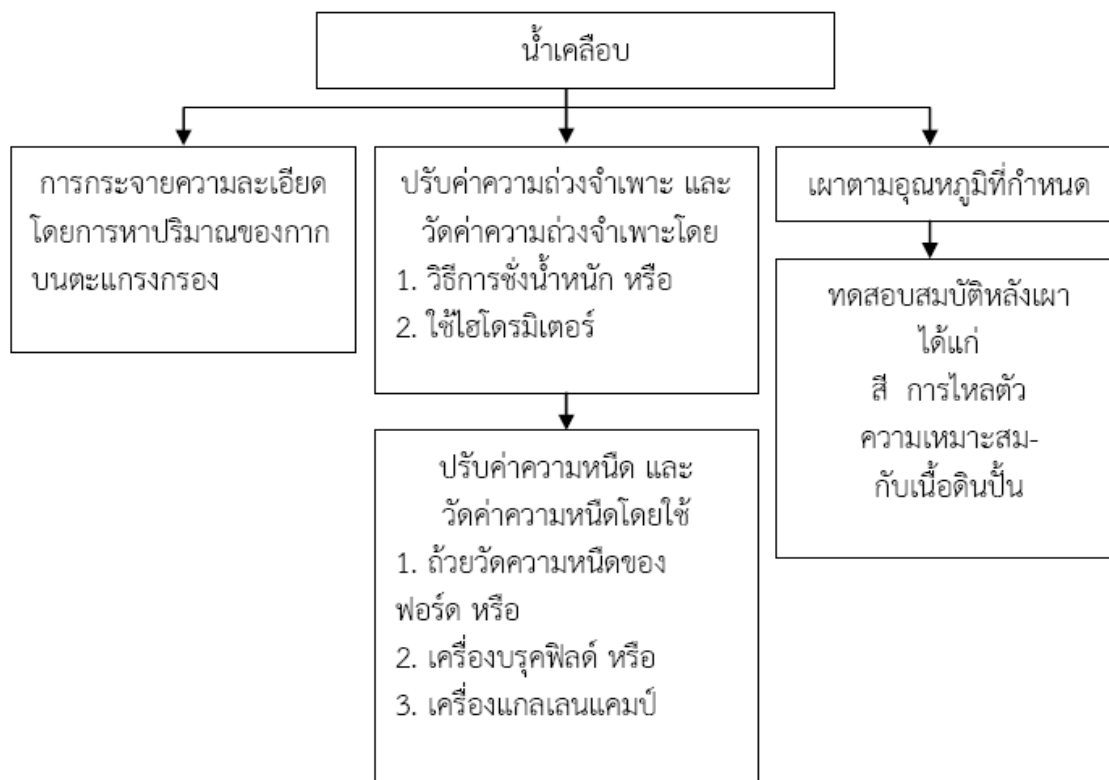
(2) การพิจารณาสีและจุดต่างดำของเนื้อดินปั้น โดยที่สีและจุดต่างดำของเนื้อดินปั้นส่วนใหญ่จะเกิดจากอิทธิพลของมลทินในวัตถุดิบ นอกจากนี้บรรยากาศในการเผาก็จะมีผลต่อสีของเนื้อดินปั้นเช่นเดียวกัน การควบคุมให้เนื้อดินปั้นมีสีตามความต้องการกระทำได้โดยการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบเป็นเบื้องต้น หลังจากนั้นหากพบว่าสีไม่เป็นไปตามความต้องการ (ส่วนมากคือสีขาว) จึงใช้เครื่องจักรช่วยกำจัดมลทิน เช่น เครื่องแยกเหล็ก รวมทั้งการใช้อุณหภูมิและบรรยากาศการเผา การพิจารณาสีและจุดต่างดำหลังการเผาของเนื้อดินปั้นจึงมีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถกำจัดมลทิน และปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีคุณภาพตามความต้องการได้

(3) การพิจารณาสีและจุดต่างดำของเคลือบ น้ำเคลือบที่ใช้งานเซรามิกจะเตรียมได้จากวัตถุดิบที่มีคุณภาพ มีความบริสุทธิ์ นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของสารให้สีในน้ำเคลือบ ที่เป็นตัวปิดบังอิทธิพลของมลทินในวัตถุดิบ ดังนั้นการพิจารณาสีและจุดต่างดำของเคลือบ จึงมีจุดประสงค์เพื่อควบคุมคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด นั่นคือสีเหมือนเดิม ไม่พบจุดต่างดำ หรือมีจุดต่างดำไม่ชัดเจน หรือมีไม่มากเกินไปตามมาตรฐาน เป็นต้น การพิจารณาสีของเคลือบจึงจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบกับสีมาตรฐานที่ต้องการผลิต โดยใช้การเทียบสีด้วยสายตา อาจใช้แสงแดด หรือแสงแดดเทียม แต่เพื่อไม่ให้มีปัญหาด้านการพิจารณาและการรายงานผล ควรใช้แสงแดดเทียมที่ควบคุมอย่างดีในห้องเทียบสี ซึ่งทาสีเทาอ่อน พื้นโต๊ะในห้องต้องเป็นสีเทาอ่อน ผู้ทดสอบจะต้องสวมเสื้อผ้าสีเทาอ่อน และไม่ให้มีวัตถุสีเข้มนอกจากแผ่นทดสอบอยู่ในบริเวณที่ทดสอบ สำหรับแผ่นทดสอบและแผ่นสีมาตรฐานจะต้องแบนเรียบ แผ่นสีมาตรฐานจะต้องมีสีคงทน และมีขนาดเดียวกับแผ่นทดสอบ มีความเงา ตลอดจนลักษณะผิวใกล้เคียงกัน วางแผ่นทดสอบและแผ่นสีมาตรฐานไว้ติดกัน หากตรวจสอบโดยใช้แสงแดด ให้ตรวจสอบแผ่นทดสอบ และแผ่นสีมาตรฐานในทิศทางที่ทำให้เกิดความแตกต่างของความเงาได้น้อยที่สุด แต่ถ้าตรวจสอบโดยใช้แสงแดดเทียมในห้องเทียบสี ให้ตรวจสอบแผ่นทดสอบ และแผ่นสีมาตรฐานโดยมองทำมุม 45 องศากับลำแสง (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2524, หน้า 2-6)

2.6.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเคลือบ

สำหรับการทดสอบเคลือบนั้นจำเป็นต้องทดสอบตั้งแต่หลังบดเสร็จ เพื่อควบคุมความละเอียดให้ได้ตามความต้องการ รวมทั้งควบคุมคุณสมบัติของน้ำเคลือบด้านความหนาแน่นและความหนืดเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน และคำนึงถึงคุณสมบัติหลังจากการเผา ดังนั้นการทดสอบน้ำเคลือบได้แก่การควบคุมความละเอียดของเคลือบ โดยพิจารณาปริมาณกากค้างตะแกรง การหาค่าความถ่วงจำเพาะ ความ

หนืด สีหลังเผา ความเหมาะสมกับเนื้อดิน การไหลตัว โดยมีลำดับขั้นตอนการทดสอบเคลือบ แสดงตามภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเคลือบ

ในการวิจัยฉบับนี้มีการทดสอบคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นเพื่อการผลิตของที่ระลึกเพื่อส่งเสริมคุณค่าการท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง เป็นการทดสอบคุณสมบัติหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศ Oxidation อันได้แก่ สีเคลือบ ความเหมาะสมของเคลือบกับเนื้อดินปั้น โดยพิจารณาการปิดบังผิวผลิตภัณฑ์ ลักษณะผิวเคลือบ การดูดซึมน้ำ และตำหนิเคลือบ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมทางเลือกซื้อของที่ระลึก

1) จิราพร ชาสันเทียะ (2552) ศึกษาพฤติกรรมทางเลือกซื้อของที่ระลึกในแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของอำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวในการ

เลือกซื้อของที่ระลึกในแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เพื่อศึกษาลักษณะของของที่ระลึกในแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม และเพื่อศึกษาต้นทุนของการผลิตและผลตอบแทนจากการจำหน่ายสินค้าที่ระลึกในแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของอำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลจากนักท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม และการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชน

ผลการวิจัยพบว่านักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง และซื้อสินค้าที่ระลึกมากกว่าเพศชาย นักท่องเที่ยวที่ซื้อสินค้ามากที่สุดได้แก่นักท่องเที่ยวที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี และมีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 3,000 บาท สินค้าที่ซื้อมากที่สุดคือหมวก โดยมีเหตุผลในการซื้อสินค้าที่ระลึกคือเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ รองลงมาคือซื้อเพราะรูปแบบสวยสะดุดตา ด้านต้นทุนของสินค้าที่ระลึกเฉลี่ยอยู่ที่รายการละ 83 บาทสำหรับสินค้าที่ผลิตเอง ส่วนสินค้าที่รับมาจะมีต้นทุนเฉลี่ยที่รายการละ 76 บาท รายได้สูงสุดในการจำหน่ายสินค้าที่ระลึกคือ 200 บาทต่อวัน รายได้ต่ำสุดคือ 40 บาทต่อวัน รายได้เฉลี่ยคือ 100 บาทต่อวัน ช่วงเวลาที่จำหน่ายสินค้าที่ระลึกได้มากที่สุดคือช่วงเทศกาลต่าง ๆ

2) ดุลพาห เจริญจิตต์ (2547) ศึกษาเรื่องการส่งเสริมอุตสาหกรรมท่องเที่ยว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการซื้อสินค้าของที่ระลึกของนักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการส่งเสริมอุตสาหกรรมท่องเที่ยว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการซื้อสินค้าของที่ระลึกของนักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่น ศึกษาลำดับสินค้าของที่ระลึกที่อยู่ในความสนใจของนักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่น ศึกษาลำดับสินค้าของที่ระลึกที่นักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่นนิยมซื้อ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภูมิหลังด้านเพศ กับความสนใจในสินค้าของที่ระลึก และศึกษาความแตกต่างของระดับความสนใจและทัศนคติของนักท่องเที่ยวญี่ปุ่นที่มีต่อสินค้าของที่ระลึก โดยใช้แบบสอบถามจัดเก็บข้อมูล

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการซื้อสินค้าของที่ระลึกของนักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่นได้แก่ความสามารถด้านภาษาของผู้ขาย รองลงมาได้แก่การบรรจุหีบห่อและการบริการ นักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่นมีความสนใจสินค้าอาหารไทย สินค้า OTOP สินค้าหัตถกรรม ผ้าไหมและผลิตภัณฑ์จากไหมมากที่สุด ส่วนสิ่งที่ชาวญี่ปุ่นเลือกซื้อมากที่สุดคืออาหารไทย ผ้าไหมและผลิตภัณฑ์จากไหม เครื่องเงินและดีบุก ส่วนสินค้า OTOP อัญมณีและเครื่องประดับเป็นสินค้าที่ชาวญี่ปุ่นเลือกซื้อน้อยที่สุด รวมทั้งพบว่าปัจจัยด้านเพศมีความสัมพันธ์กับความสนใจเลือกซื้อสินค้าของที่ระลึก โดยเพศที่ต่างกันมีทัศนคติและความสนใจในสินค้าของที่ระลึกแตกต่างกัน

3) เพ็ญศรี เจริญวานิช, บุญเลิศ เล็กสมบูรณ์ และพรสวรรค์ ทองสุโขวงศ์ (2548) วิจัยพัฒนาตลาดสินค้าของที่ระลึกเพื่อการท่องเที่ยวในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการซื้อสินค้าของที่ระลึก ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของที่ระลึก ชนิดและรูปแบบของสินค้าของที่ระลึกที่สอดคล้องกับความต้องการของนักท่องเที่ยว ปัญหาและอุปสรรคในการซื้อสินค้าของที่ระลึก และแนวทางการพัฒนาตลาดสินค้าของที่ระลึกเพื่อการท่องเที่ยวในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยการสำรวจภาคสนาม (Field Survey Research) โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

ผลการศึกษาพบว่า นักท่องเที่ยวซื้อสินค้าของที่ระลึกประเภทเครื่องใช้สอยจากร้านค้าภายนอกแหล่งท่องเที่ยว และซื้อระหว่างการท่องเที่ยว เพื่อนำไปฝากญาติ/เพื่อน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของที่ระลึกเรียงตามลำดับความสำคัญคือ ปัจจัยด้านตัวผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านช่องทางการจำหน่าย และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด สำหรับปัจจัยด้านตัวผลิตภัณฑ์ ให้ความสำคัญกับประโยชน์หลักของตัวผลิตภัณฑ์มากกว่ารูปลักษณ์และชื่อเสียง ได้แก่ ความปลอดภัยจากสารปนเปื้อน ความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น และความทนทานเก็บรักษาได้นาน รูปแบบสินค้าของที่ระลึกควรสื่อถึงวัฒนธรรมและภูมิปัญญาของชุมชน โดยเน้นคุณภาพ และความสอดคล้องกับศิลปวัฒนธรรมประเพณีประเภทของสินค้าของที่ระลึกที่สอดคล้องกับความต้องการคือ ประเภทวัตถุทางศิลปะโดยเป็นชนิดภาพวาด/ภาพถ่าย และประเภทเพื่อการใช้สอยโดยเป็นชนิดของใช้ส่วนตัว มีปัญหาและอุปสรรคในการซื้อสินค้าของที่ระลึกในระดับมาก ปัญหาที่สำคัญได้แก่ การจัดจำหน่ายที่ไม่กระจายครอบคลุม การส่งเสริมสนับสนุนจากรัฐบาล ขาดการโฆษณาประชาสัมพันธ์ ขาดความมีเอกลักษณ์ และรูปแบบไม่สวยงามดึงดูดใจ แนวทางการพัฒนาตลาดสินค้าของที่ระลึกคือพัฒนาปรับปรุงรูปแบบสินค้า การโฆษณาประชาสัมพันธ์ และเพิ่มชนิดสินค้าให้หลากหลาย

จากการศึกษางานวิจัยทางด้านพฤติกรรม การเลือกซื้อของที่ระลึก นำมาสู่แนวคิดในการวิจัย โดยออกแบบงานวิจัยให้มีการศึกษาพฤติกรรม การเลือกซื้อของที่ระลึกจังหวัดระนอง ได้แก่ การศึกษาประเภทของที่ระลึก ระดับราคา วัตถุประสงค์ของการซื้อ สถานที่ การได้รับข้อมูลข่าวสาร รวมทั้งความคิดเห็นอื่น ๆ เช่น สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อของที่ระลึกจังหวัดระนอง ลักษณะของที่ระลึกจังหวัดระนองที่ต้องการ ชนิดของของที่ระลึกจังหวัดระนองที่ต้องการซื้อ ปัญหาและอุปสรรคในการซื้อของที่ระลึกจังหวัดระนอง และความต้องการในการพัฒนา ปรับปรุง แก้ไข อีกทั้งศึกษาสภาพการผลิตและจำหน่ายของที่ระลึกจังหวัดระนอง โดยการศึกษารูปแบบและประเภทของที่ระลึกที่มีจำหน่ายในจังหวัดระนอง ปริมาณการจำหน่าย รวมทั้งความคิดเห็นอื่น ๆ เช่น ปัญหาและอุปสรรคในการจำหน่ายของที่ระลึกจังหวัดระนอง และความต้องการในการพัฒนา ปรับปรุง แก้ไข เพื่อนำผลการศึกษาดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบของที่ระลึกที่ช่วยส่งเสริมคุณค่าการท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง

2.7.2 งานวิจัยเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น

1) พิมพ์วัลค์ วัฒนภาส (2535) ได้ทดลองทำเนื้อดินปั้นสำหรับทำตุ๊กตาดินเผา พบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อประกอบด้วย หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 25 หินฟันม้า ร้อยละ 17 ดินขาว จังหวัดนราธิวาส ร้อยละ 48 และ ดินดำ อำเภอบางพลี ร้อยละ 10 ใช้วัตถุดิบแห้ง 100 กรัม เติมน้ำ 100 ซีซี โซเดียมซิลิเกต ร้อยละ 0.2 คุณสมบัติที่ได้คือมีอัตราการไหลตัว (Flow Rate) 100 มิลลิลิตร/79.3 วินาที หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส มีการหดตัวร้อยละ 10.33 การดูดซึมน้ำ ร้อยละ 15.76

2) โกมล รักช่วงศ์ (ม.ป.ป.) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ใช้ได้ผลดีเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,225 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติสมบัติทางด้านกายภาพหลังการเผาคือ มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.1 การหดตัวหลังเผาร้อยละ 13.8 เมื่อเผาในบรรยากาศการเผาไหม้แบบ Oxidation มีสีขาว โดยอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประกอบด้วย ดินขาวจังหวัดลำปาง ร้อยละ 25.8 ดินขาวจังหวัดระนอง ร้อยละ 19.2 ดินดำ ร้อยละ 14.3 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 30.0 หินฟันม้า จังหวัดราชบุรี ร้อยละ 10.7 และโซเดียมซิลิเกต ร้อยละ 0.3

3) Grebanier (1975) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ใช้สำหรับขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน โดยใช้ดินจอร์แดน (Jordan Clay) ผสมกับดินดำ หินฟันม้า และหินเขียวหนุมาน ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เผาอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส และใช้ได้ผลดีมีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบประกอบด้วย ดินจอร์แดน ร้อยละ 53-55 ดินดำ ร้อยละ 22 หินฟันม้า ร้อยละ 5 และหินเขียวหนุมาน ร้อยละ 18-20

4) Zakin (1981) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประกอบด้วยวัตถุดิบที่เป็นดิน ร้อยละ 90 และอีกร้อยละ 10 เป็นวัตถุดิบชนิดอื่น อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ใช้ได้ผลดีมีอัตราส่วนผสมของดินขาว ร้อยละ 20-30 ดินดำ และดินแดง ร้อยละ 60-70 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 5-10 และหินฟันม้า ร้อยละ 5

5) Norton (1952) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิ 1,225-1,250 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวดี มีการหดตัวหลังเผาร้อยละ 13 การดูดซึมน้ำ ร้อยละ 5 เผาในบรรยากาศ Oxidation จะมีสีเทา มีอัตราส่วนผสมประกอบด้วย ดินขาว ร้อยละ 47.5 ดินดำ ร้อยละ 30.0 และหินเขียวหนุมาน ร้อยละ 22.5

6) Chappell (1977) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ที่เผาในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวดี มีการหดตัวร้อยละ 12.5 การดูดซึมน้ำร้อยละ 5 เผาในบรรยากาศ Oxidation เนื้อดินจะมีสีน้ำตาล-ดำ ประกอบด้วยดินแดง ร้อยละ 40 ดินขาว ร้อยละ 18 ดินดำ ร้อยละ 15 แมงกานีสไดออกไซด์ ร้อยละ 6 ดินเบนโทไนต์ ร้อยละ 3 และเนฟไฟไลต์ ร้อยละ 2

7) Rhodes (1959) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ใช้ขึ้นรูปได้ง่าย มีเนื้อละเอียด มีสีขาว และสามารถดัดแปลงให้มีเนื้อหยาบได้ง่าย จากการทดลองอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส ที่ใช้ได้ผลดีมีการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 1-5 และมีการหดตัวหลังเผา ร้อยละ 11-12.5 สีของเนื้อดินขึ้นอยู่กับบรรยากาศในการเผา คือ ถ้าเผาในบรรยากาศ Oxidation เนื้อจะมีสีเทา หากเผาในบรรยากาศ Reduction เนื้อจะมีสีน้ำตาล อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นแสดงตามตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเผาที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส

วัตถุดิบ	1	2	3	4	5	6
ดินสโตนแวร์	60	-	-	15	45	60
ดินขาว	-	25	-	30	-	-
ดินดำ	20	30	30	15	20	15
ดินเอร์เทนแวร์	-	10	10	5	-	-
ดินทนไฟ	-	15	40	-	-	-
หินเขียวหุนมาน	10	10	10	15	15	15
หินฟันม้า	10	10	10	20	20	10
บรรยากาศ Oxidation	เทาอ่อน	เทา	เทา	น้ำตาล-เทา	เทา	เทา
บรรยากาศ Reduction	น้ำตาลอ่อน	เทา-น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล
การดูดซึมน้ำ (%)	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	5.0
การหดตัว (%)	11.5	12.5	12.5	12.0	12.0	11.0

ที่มา: Rhodes (1959, p. 61)

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับเนื้อดินปั้น นำมาสู่การเลือกวัตถุดิบมาใช้ในการสร้างอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโดยใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า โดยกำหนดให้ใช้วัตถุดิบจำนวน 4 ชนิดได้แก่ ดินขาว จังหวัดระนอง ดินดำ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และส่วนผสมระหว่างทรายขาว จังหวัดสงขลา และหินฟันม้า จังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการทำเคลือบให้เหมาะสมกับเนื้อดิน ใช้ตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า จากอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ 4 ชนิดได้แก่ ดินขาว จังหวัดระนอง หินฟันม้า จังหวัดนครศรีธรรมราช ทรายขาว จังหวัดสงขลา และหินปูน จังหวัดระนอง โดยไม่ใช้ดินดำ จังหวัดสุราษฎร์ธานีในอัตราส่วนผสมของเคลือบ