1. บทนำ

1.1 ดินแดงบ้านสันจกปกและผลิตภัณฑ์ [1]

ดินแดงบ้านสันจกปกเป็นดินที่อยู่ในที่นา ในที่ราบค่อนข้างสูงกว่าบริเวณอื่น ของอำเภอดอกคำใต้ ลักษณะของดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว (Clay lome) หรือ ดินร่วนปนดินเหนียวปนทราย (Sandy clay lome) ดินชั้นบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว หรือ ดินร่วนปนดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาลแดง ลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว (Clay) หรือดินเหนียวปนทราย (Sandy clay) สีน้ำตาลแดง สภาพความเป็นกรดเล็กน้อย(pH 6.0-6.5)

ดินแดงบ้านสันจกปกมีแหล่งสะสมอยู่มากในทุ่งนาของ หมู่บ้านสันจกปก อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา เมื่อเสร็จสิ้นจากการทำนา ชาวบ้านจะขุดดินชั้นล่างของพื้นที่นามาเตรียมทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาโดย ขั้นต้นจะต้องบดดินให้ร่วนก่อน แล้วเอาทรายที่ได้จากแหล่งน้ำในหมู่บ้านสันจกปก มาผสมกับดินที่ได้เพื่อทำให้เนื้อดินปั้นขึ้นรูปได้ และ มีความแข็งแรงก่อนเผาและหลังเผา

ผลิตภัณฑ์ของหมู่บ้านสันจกปก เป็นพวกเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น หม้อแกง หม้อสาว (หม้อดินที่ชาวบ้านเอาไว้แกงอ่อม) หม้อน้ำ กระถางต้นไม้พร้อมจานรอง เมื่อสอบถามถึงที่มาของผลิตภัณฑ์ไม่มีใครสามารถตอบได้แต่ทุกคนจะพูดแบบเดียวกันว่า ตั้งแต่เกิดมาพอจำความได้ก็พบว่ามีการทำมานานแล้วซึ่งก็หมายความว่างานฝีมือชนิดนี้เป็นงานที่ทำสืบทอดกันมาตั้งแต่ปู่ ย่า ตา ทวด จนกระทั่งรุ่นลูก รุ่นหลาน โดยอาศัยความชำนาญที่ทำกันมานาน

จากการสอบถามผู้สูงอายุในหมู่บ้านทราบว่า ชาวบ้านสันจกปกรุ่นแรกๆนั้น เป็นชาวลำพูนที่อพยพหนีภัยมาอาศัยครั้งแรกที่จังหวัดลำปางเป็นเวลานานต่อมาได้อพยพมาตั้งรกรากที่ บ้านแม่ต๋ำ บริเวณเหนือวัดภูมินทร์จากนั้นจึงได้ไปหักร้างถางพงในป่าและสร้างเป็นหมู่บ้านขึ้นให้ชื่อ ตามสถานที่ตั้งของหมู่บ้านว่าหมู่บ้านสันจกปก ผู้เขียนจึงได้สันนิษฐานว่าน่าจะมีการสืบทอดงานฝีมือจากลำปาง เพราะลักษณะงานที่ผลิตนั้นมีเอกลักษณ์คล้ายกับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของลำปาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การขึ้นรูปใช้วิธีการขึ้นรูปแบบอิสระผสมกับการขึ้นรูปแบบชด เนื่องจากผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องปั้นดินเผาประเภทเอิทเทนแวร์ เผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 °C เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาคือเศษไม้ฟางข้าว แกลบ เตาเผาใช้แบบโบราณคือ ทำพื้นดินเป็นลานเรียบและแน่นกว้างตามต้องการ เมื่อจะทำการเผาก็นำเอาชิ้นงานมาวางซ้อนกันพร้อมกับใส่เชื้อเพลิง ข้างนอกสุดใช้ชิ้นงานที่ชำรุดปิดรอบ แล้วเอาฟางข้าวคลุมให้ทั่ว (ปัจจุบันใช้แกลบแทน) แล้วทำการเผา ผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีสีส้มแดง ซึ่งอาจเกิดจากแร่เหล็กในดิน เริ่มทำปฏิกิริยา ชิ้นงานที่เผาจะได้ผลดี (สีสวย ไม่แตกหัก) ประมาณ 70 %

การจำหน่าย จะมีพ่อค้าคนกลางทั้งในหมู่บ้านและนอกหมู่บ้านมารับไปจำหน่าย นอกจากนี้ชาวบ้านจะนำไปวางขายปลีกเองที่บริเวณข้างๆถนนเข้าออกหมู่บ้าน

การบรรจุในการจำหน่ายใช้วิธีการแบบพื้นบ้านคือใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ห่อ หรือใช้ฟางข้าวรองเพื่อป้องกันมิให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสียหาย

จากกรรมวิธีในการผลิตทั้งหมดของชาวบ้านจะเห็นได้ว่ามีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องกับการผลิตโดยไม่รู้ตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 การจำแนกชนิดของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา [2,13,4]

เครื่องปั้นดินเผา(pottery) จำแนกออกเป็น 4 ชนิดตามลักษณะเนื้อดินปั้นและอุณหภูมิที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์

1. **Earthenware** เป็นเครื่องปั้นดินเผาที่มีลักษณะเนื้อหยาบ หนา มีความพรุนตัวสูงประมาณ 4-10 %เนื้อดินปั้นส่วนมากเตรียมได้จากดินเหนียวธรรมดา โดยทั่วไปซึ่งมักมี สีเทาเข้ม หรือน้ำตาลเข้ม เมื่อเผาแล้วส่วนมากมีสีน้ำตาลอ่อน สีเทาอ่อน หรือสีเหลืองอ่อน ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เผาในช่วงอุณหภูมิต่ำ ประมาณ 1100 ˚C

2. **Stoneware** เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาถึงจุดสุกตัว มีความพรุนตัวประมาณ 1-6 % โดยมากเนื้อดินปั้นจะมีส่วนผสมของหินและดินเท่าๆกัน หรืออาจมีมากกว่าเล็กน้อยก็ได้ เนื้อดินปั้นเมื่อเผามักมีสีตามวัตถุดิบที่ใช้ เช่นสีขาว สีเทา สีน้ำตาล เป็นต้น อุณหภูมิที่ใช้เผาค่อนข้างสูงกว่าชนิดแรกตั้งแต่ 1200 ˚C ขึ้นไป

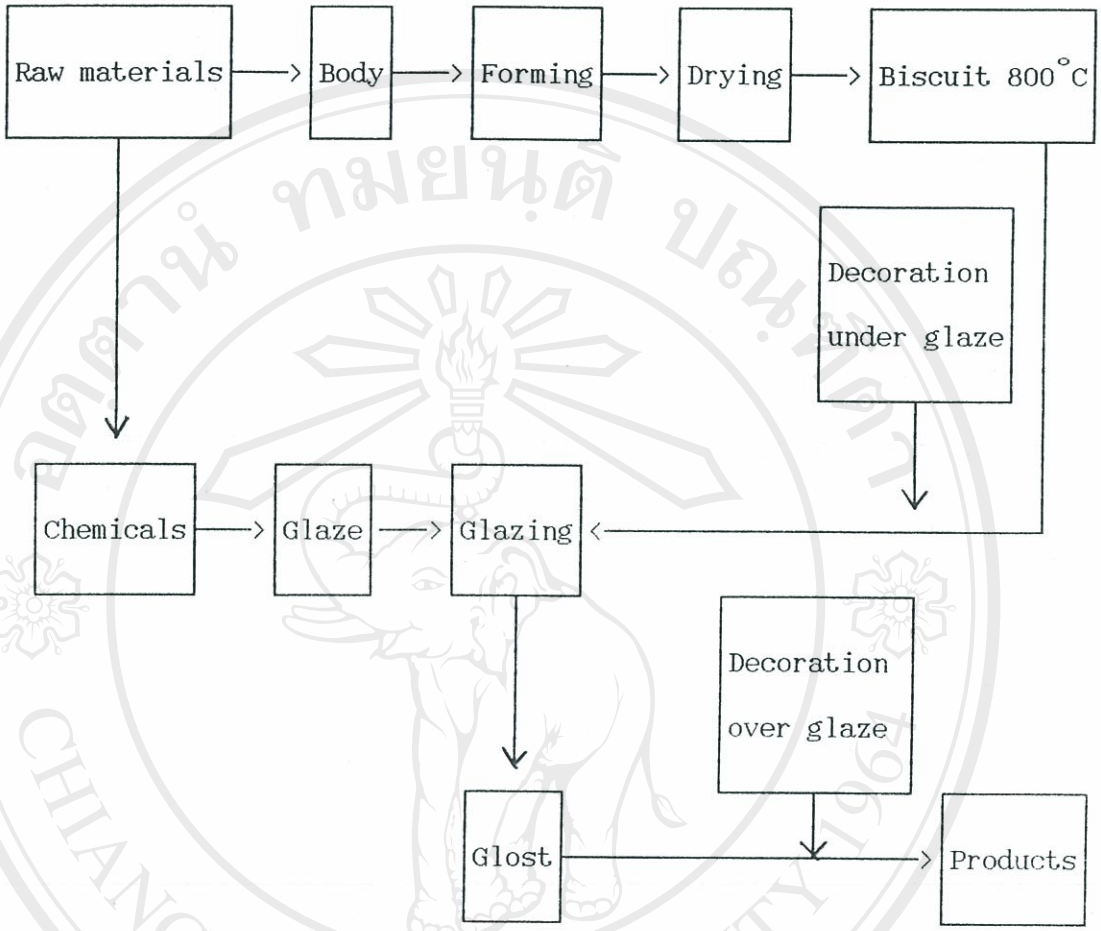
3. **Porcelainware** เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงกว่า stonewareเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องเตรียมขึ้นเป็นพิเศษ เนื้อดินปั้นให้สีขาว โปร่งแสง (translucency) เผาถึงจุดสุกตัว (vitreous point) ตั้งแต่ 1250 ˚C ขึ้นไป มีความพรุนตัวต่ำระหว่า 0-3 %

4. **Bone Chinaware** เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาแพงที่สุด เนื้อดินปั้นมีส่วนผสมของเถ้ากระดูกสัตว์(bone ash) ในปริมาณที่สูง ช่วยให้เกิดการโปร่งแสง ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้แข็งแกร่งมาก มีสีขาว เวลาเคาะมีเสียงกังวานและโปร่งแสงดีมาก เผาถึงจุดสุกตัวประมาณ 1250 ˚C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา [5]

ขั้นตอนของกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีดังรูป 1.-1



รูป 1.1 ขั้นตอนของกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

1.4 วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา [5,6]

1.4.1 ดินในธรรมชาติ

เป็นสารประกอบ Hydrous aluminous silicate เกิดจากการสลายตัวและผุพังตามธรรมชาติ (Weathering) ของหินแกรนิต (Granite) และ Iqneous rocks พวก Alkalis จะถูกชะล้างคงเหลือแต่ ควอทซ์ (Quartz) ไมกา (Mica) และดิน ยกตัวอย่างการเกิดดินเกาลิน ดังสมการทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

hydration

$$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2 + 2H_2O \longrightarrow Al_2O_3.6SiO_2.2H_2O + 2KOH$$

(potash feldspar)

desilication

$$Al_2O_3.SiO_2.H_2O \longrightarrow Al_2O_3.4SiO_3.H_2O + 2SiO_2$$

hydration

$$Al_2O_3.2SiO_2.H_2O \longrightarrow Al_2O_3.2SiO_2,2H_2O$$

(kaolinite)

การเกิดของดินมี 2 ช่วง ในช่วงแรกหิน Granite ที่ผุพังแล้วจะทับถมอยู่กับแหล่งหินเดิม เรียกว่า Primary clay หรือ Residual clay ดินพวกนี้ค่อนข้างบริสุทธิ์และขาวแต่ความละเอียดน้อย อีกประเภทหนึ่งเกิดขึ้นในช่วงที่สอง เกิดจากการพัดพาของลมและกระแสน้ำเคลื่อนย้ายออกไปจากแหล่งหินที่ผุพังเดิม และทับถมเป็นช่วงๆหรือเป็นชั้นๆ เม็ดจะละเอียดและเหนียว พร้อมกับมีอินทรีย์สารเจือปนซึ่งเรียกว่า Secondary clay หรือ Transported clay หรือ Sedimentary clay

ดินแต่ละแหล่งจะมีความเหนียวไม่เท่ากันเนื่องจาก

1. องค์ประกอบของดินเหนียวมีแร่ Kaolinite ชนิด Halloysite จะอุ้มน้ำได้ดี จึงทำให้มีความเหนียวมาก

2. มีโครงสร้างเป็นแผ่นบาง (Sheet-like Structure) จึงลื่น และเกาะติดกันแน่น

3. มีสาร organic ปนอยู่ จึงมีความเหนียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4.2 ดินเหนียว (Plastic Clay หรือ Ball Clay)

เป็นดินที่มีสีขาว สีขาวคล้ำ เหลืองจนถึงดำสนิท เม็ดดินจะละเอียด มีอินทรีย์สารเจือปน มีความเหนียวดี ให้ความแข็งแรงต่อผลิตภัณฑ์เมื่อยังไม่เผามากกว่าดินขาว เมื่อ

เผาแล้วจะมีสีขาว หรือสีจืดจาง ส่วนประกอบคล้ายกับดินขาวแต่ผลึกขนาดเล็กกว่า และผลึกมักไม่สมบูรณ์ มีสารอินทรีย์ปนอยู่เสมอ

ลักษณะดินเหนียวที่ดีจะต้องมีทรายน้อย มีความเหนียว เวลาหล่อไม่ติดแบบ เผาแล้วจะต้องมีสีขาว ในงานเออร์เทนแวร์ (Earthenware) ดินเหนียวที่เผาแล้วจะให้สีแดง การพิจารณาว่าดินเหนียวมีคุณภาพดีหรือไม่โดยดูจาก Composition of ball clay ดังตาราง 1.1

ตาราง 1.1 Composition of Ball Clay

ส่วนประกอบ	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	NaO_2	K_2O
ร้อยละ	40 - 60	25 - 40	0.25-4.0	0.0-0,75	0.5-4.0

- ถ้าดินเหนียวแหล่งใดมีองค์ประกอบตาม Composition of ball clay ถือว่าเป็นดินที่มีคุณภาพ เรียกว่า Ball Clay

ประโยชน์ในการเอาดินเหนียวมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

1. ช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปของเนื้อดินปั้นให้ดีขึ้น
2. ช่วยเพิ่ม Green strength แก่ body ทำให้ผลิตภัณฑ์ก่อนเผามีความแข็งแรงมากขึ้น
3. ช่วยทำให้น้ำดินที่ใช้ในการเทแบบไหลตัวดีขึ้น
4. ให้โครงสร้าง Alumino silicate เมื่อเผาจึงทำหน้าที่เป็นเนื้อ หรือ texture แก่ผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4.3 ดินเหนียวหางดง (Hang Dong Clay) [7]

ดินหางดง เป็นดินท้องนาที่อยู่ในที่ค่อนข้างต่ำ มีลักษณะเป็นดินร่วนปนดินเหนียว (Clay lome) หรือดินร่วนปนดินเหนียวปนทราย (Sandy clay lome)สีน้ำตาลเข้มปนเทา เม็ดดินละเอียด สภาพความเป็นกรดด่างของดิน มีค่า pH 4.5-6.0 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีดังตารางที่ 1.3

1.4.4 ดินเหนียวแม่ทาน อ. แม่ทะ จ. ลำปาง [8]

ดินจากแหล่งนี้มีหลายชนิด เช่นดินสีเหลืองและดินสีน้ำตาลเข้ม ปริมาณสำรองทั้งหมดมีประมาณ 5 ล้านตัน ดินสีน้ำตาลและสีดำมีความเหนียวดี นิยมใช้ผสมในเนื้อดินปั้นช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ก่อนเผามีความแข็งแรงเมื่อแห้งสูง ช่วยลดการแตกหักของผลิตภัณฑ์ก่อนเผาได้ ดินเหนียวแม่ทานสีน้ำตาลประกอบด้วยควอทซ์ประมาณ 28% ส่วนใหญ่เป็น Disordered kaolinite มี Illitic mica ปนเล็กน้อย มีแร่ Montmorillonite ปนแต่น้อยมาก ผลการวิเคราะห์ทางเคมีดังแสดงในตาราง 1.2

ตาราง 1.2 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างดินขาวลำปาง ,ดินเหนียวแม่ทาน ,และดินหางดง

ดิน	L.O.I.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
ดินขาวลำปาง	5.54	59.98	27.75	1.02	–	0.07	0.24	0.19	0.97
ดินเหนียวแม่ทาน	8.31	62.30	24.50	1.22	0.57	0.24	0.59	0.13	2.14
ดินหางดง	11.07	59.96	21.55	4.06	0.08	–	0.28	3.08	0.11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4.5 ดินเหนียวบ้านเอื้อม I [9]

แหล่งดินเหนียวบ้านเอื้อม I อยู่ในบริเวณบ้านทุ่งกล้วย ตำบลบ้านเอื้อม อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง จากอำเภอเมืองไปตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1039 (เส้นทางห้างฉัตร -สบตุ๋ย) ประมาณ 8 กิโลเมตร เลี้ยวขวาไปตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1157 ถึงประมาณหลักกิโลเมตรที่ 15 + 300 เมตร แล้วเลี้ยวซ้ายไปตามเส้นทาง ร.พ.ช. เข้าหมู่บ้านประมาณ 4 กิโลเมตร ลักษณะพื้นที่ของแหล่งดินเหนียวบ้านเอื้อม I เป็นเนินราบยาวตามแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ อยู่บริเวณเชิงเขาด้านตะวันออกของเทือกเขาขุนตาน มีลำน้ำแม่ต๋ำขนาบด้านตะวันตก และลำน้ำห้วยซุ้มทางด้านตะวันออก พื้นที่เป็นสภาพไร่นา

ดินเหนียวบ้านเอื้อม ที่สามารถนำมาใช้ในงานเซรามิกได้ จะอยู่ลึกลงไปประมาณ 15 เมตร มีสีน้ำตาลแดง น้ำตาลปนเหลือง แดงปนเหลือง เมื่อเผาแล้วจะให้สีครีม น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแดง สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดมีสี หรือเคลือบสีประเภท กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุฝาผนัง และอิฐประดับได้ มีขนาดของเม็ดดิน -200 เมช โดยเฉลี่ยประมาณ 92 % ขนาดของเม็ดดิน -325 เมช โดยเฉลี่ยประมาณ 85 % องค์ประกอบทางเคมีดังตาราง 1.3

ตาราง 1.3 องค์ประกอบทางเคมีของดินเหนียวบ้านเอื้อม I

L.O.I.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MgO
10.10	61.03	18.40	7.66	0.05	0.27	1.45	0.53	0.48

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมายเหตุ Fe_2O_3 จะสูงกว่าความเป็นจริงเนื่องจากก้านเจาะและกระบอกอัดแท่งตัวอย่างดินทำด้วยเหล็ก

ดินเหนียวแหล่งนี้ประกอบด้วยแร่มอนด์มอริลโลไนต์ อิลไลต์ เคโอลิไนต์ และควอทซ์ ปริมาณสำรองมีไม่น้อยกว่า 5 แสนเมตริกตัน

1.4.6 ดินเหนียวบ้านเอื้อม II (9)

แหล่งดินเหนียวบ้านเอื้อม II อยู่ในบริเวณบ้านห้วยไร่ อยู่เหนือบ้านเอื้อม I ไปตามเส้นทาง ร.พ.ช. สายบ้านทุ่งกล้วย - บ้านห้วยไร่ ประมาณ 2.2 กิโลเมตรลักษณะพื้นที่ของแหล่งดินเหนียวบ้านเอื้อม II เป็นเนินราบกว้างและยาวตามแนวตะวันออกเฉียงใต้ อยู่บริเวณเชิงเขาด้านตะวันออกของเทือกเขาขุนตาน มีห้วยแม่ฟ้าอยู่ทางด้านตะวันตก และน้ำแม่เฟืองอยู่ทางด้านตะวันออก พื้นที่นี้เป็นสภาพไร่นา

ดินเหนียวบ้านเอื้อมที่สามารถนำมาใช้ในงานเซรามิกส์ได้จะอยู่ลึกลงไปประมาณ16 เมตร มีเทาอ่อน ถึง น้ำตาล เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 950 °C และ 1150 °C แล้วจะให้สีน้ำตาลและน้ำตาลเข้ม-ด้าน ตามลำดับ สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดมีสี หรือเคลือบสีประเภทกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุฝาผนัง และอิฐประดับได้ มีขนาดของเม็ดดิน-200 เมช โดยเฉลี่ยประมาณ 92 % ขนาดของเม็ดดิน -325 เมช โดยเฉลี่ยประมาณ 85 % องค์ประกอบทางเคมีดังตาราง 1.4

ตาราง 1.4 องค์ประกอบทางเคมีของดินเหนียวบ้านเอื้อม II

L.O.I.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MgO
6.88	58.30	22.47	8.62	0.06	0.19	2.38	0.47	0.60

หมายเหตุ Fe_2O_3 จะสูงกว่าความเป็นจริงเนื่องจากก้านเจาะและกระบอกอัดแท่งตัวอย่างดินทำด้วยเหล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดินเหนียวแหล่งนี้ประกอบด้วยแร่มอนต์มอริลโลไนต์ อิลไลต์ เคโอลิไนต์ และควอทซ์ ปริมาณสำรองมีไม่น้อยกว่า 1 ล้านเมตริกตัน

1.4.7 ดินเกาลิน [10,8]

ดินเกาลินเป็นส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ประกอบด้วยผลึกเล็กๆของแร่เคโอลิไนท์ เป็นส่วนใหญ่มีสูตรทั่วไปทางเคมีคือ $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ หรือ $(OH)Al(SiO)$ มีจุดหลอมเหลวประมาณ 1,785 °C นอกจากนี้ยังประกอบด้วยอัลคาไล (Alkalies)น้อยกว่า 2 % มีเหล็กออกไซด์, ไลม์ (Lime), แมกนีเซียม , ติเตเนียม และพวกที่เป็นมลทินประมาณ 2-3 % นอกจากนี้มีควอทซ์เม็ดเล็กๆปนอยู่ด้วยเสมอ ดังตาราง 1.5

ตาราง 1.5 องค์ประกอบทางเคมีของดินเกาลิน จากแหล่งต่างๆ

ส่วนประกอบ	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	L.O.I.
เวียงป่าเป้า	32.0	49.0	5.5	-	0.5	0.9	0.4	0.6	10.5
อังกฤษ	45.78	39.16	0.78	0.14	0.21	0.17	1.26	0.06	12.72
จอร์เจีย	44.0	38.60	0.51	1.70	0.15	0.09	0.09	0.12	14.62
นราธิวาส	48.0	37.2	0.80	-	0.25	0.1	0.5	0.1	12.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แหล่งกำเนิดและการสะสมของดินเกาลิน

ดินเกาลินเกิดจากหินฟันม้า (Feldspar , $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$) เกิดการเปลี่ยนแปลงผุพังในลักษณะของการแตกโดยธรรมชาติที่เรียกว่า Weathering ดังสมการ

$$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{hydrolysis}} Al_2O_3.6SiO_2.H_2O + 2KOH$$

$$Al_2O_3.3SiO_2.H_2O \xrightarrow{\text{Desilication}} Al_2O_3.4SiO_2.H_2O + 2SiO_2$$

$$Al_2O_3.2SiO_2.H_2O + H_2O \longrightarrow Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$$

(Kaolinite)

1.4.8 ดินขาวลำปาง [8]

แหล่งดินขาวลำปางอยู่ใกล้กับหมู่บ้านปางค่า ต.บ้านเสา อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง ซึ่งอยู่ห่างจากถนนสายลำปาง-แจ้ห่ม (ทางหลวงหมายเลข 1035) กิโลเมตรที่ 27-28 ไปทางตะวันตก 1 กิโลเมตร แหล่งดินขาวแห่งนี้ ทำการผลิตเพื่ออุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาครั้งแรก เมื่อ พ.ศ. 2502 โดยการใช้แรงคนขุดนำเอาแต่เฉพาะดินเม็ดละเอียดมาใช้ แหล่งดินขาวบริเวณนี้มีประมาณ 2 ล้านตัน

ดินขาวแหล่งนี้ส่วนใหญ่จะมีแร่อิลไลต์เป็นส่วนประกอบหลักและมีเคโอลิไนท์เป็นส่วนประกอบรอง ดังนั้นอาจเรียกว่า อิลลิติก เคลย์ (Illitic clay)ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีควอทซ์ในสภาพอิสระด้วย ผลการวิเคราะห์ดินขาวลำปางดังตาราง 1.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.6 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างดินขาวลำปาง

ส่วนประกอบ	L.O.I.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
ร้อยละ	5.54	59.98	27.75	1.02	–	0.07	0.24	0.19	0.97

ประโยชน์ของดินขาวลำปาง

1. ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิก เช่นถ้วยชาม เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องประดับ
2. ทำผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เช่นอิฐก่อสร้าง อิฐปูพื้น ท่อระบายน้ำ กระเบื้องมุงหลังคา
3. ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ โดยเติมลงในเยื่อกระดาษทำให้กระดาษมีคุณสมบัติดูดซับหมึก ผิวหน้าเรียบเป็นมันเงา มีสีขาวขึ้น ช่วยเพิ่มน้ำหนักของกระดาษ และทำให้กระดาษทึบแสง
4. ใช้ทำเป็นเบ้าในอุตสาหกรรมถลุงเหล็กและหล่อเหล็ก
5. เป็นตัวฟอกสีและตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตเลียม
6. ใช้ในอุตสาหกรรมสี โดยใช้ผลิตสีขาว
7. ใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้าในการทำฉนวนไฟฟ้าที่ทนแรงดันได้สูง (High-tension insulator) ทำฉนวนไฟฟ้า

1.4.9 แร่ดินเบาหรือไดอะตอมไมท์ (Diatomite) [8]

พบอยู่ในบริเวณอำเภอเมืองและอำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง แร่นี้มีเนื้อคล้ายๆชอล์กเกิดรวมตัวกับซากสัตว์โบราณที่ชื่อว่า "ไดอะทอม (Didtom) ปี พ.ศ. 2525 ประเทศไทยมีการผลิตแร่ดินเบาที่จังหวัดลำปางเพียงแห่งเดียวผลิตได้ 80 ตัน มูลค่า 0.07 ล้านบาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ของดินเบาเป็นฉนวนป้องกันความเย็น ความร้อน และสำหรับเก็บเสียง เป็นผงขัดถู ผงกรองใช้ดูดความชื้น ใช้ประจุดินระเบิด

1.4.10 หิน [7,10]

(1) หินฟันม้า (Feldspar)

ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาใช้ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ เป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในผลิตภัณฑ์ และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พวกปอร์สเลน แร่หินฟันม้าส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารประกอบอลูมิโนซิลิเกตของธาตุโปแตสเซียม (Potassium feldspar) โซเดียม (Soda felaspar) หรือแคลเซียม (Calcium feldspar)หรือการผสมระหว่าง Na-K-Ca (mixed feldspar)

หินฟันม้าแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1) โปแตสเฟลสปาร์ (Potash feldspar)มีสูตรทางเคมีคือ $KAlSi_3O_8$ ชื่อแร่ออร์โธเคลส (Orthoclase) จุดหลอมตัวประมาณ 1200-1250 °C ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ

2) โซดาเฟลสปาร์ (Soda feldspar) มีสูตรทางเคมีคือ $NaAlSi_3O_8$ ชื่อแร่อัลไบต์ (Albite) มีจุดหลอมตัวเริ่มตั้งแต่ 1100 °C ใช้ผสมในน้ำเคลือบ

3) แคลเซียมเฟลสปาร์ (Calcium feldspar) มีสูตรทางเคมี คือ $CaAlSi_3O_8$ ชื่อแร่อะนอร์ไทต์ (Anorthite) ใช้ผสมในน้ำเคลือบ

3) แบเรียมเฟลสปาร์ (Barium feldspar) มีสูตรทางเคมี คือ $BaO.Al_2O_3.6SiO_2$

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้า ดังตาราง 1.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.7 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้า

ส่วนประกอบ / แหล่ง	L.O.I.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
ต.ห้องฟ้า อ.บ้านตาก	0.19	65.00	18.60	0.31	–	1.00	0.08	3.80	10.00
ต.น้ำดิน อ.เมือง	1.33	70.20	17.81	0.60	0.26	0.11	0.22	8.80	0.16

ประโยชน์ของหินฟันม้า

ในอุตสาหกรรมเซรามิก หินฟันม้าที่มีปริมาณของโปแตสเซียมสูงๆ ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นและทำน้ำยาเคลือบชนิดทนความร้อนสูง เนื่องจากขณะหลอมละลายจะให้ความหนืดตัว สูงกว่าโซดาเฟลสปาร์ ดังนั้นอุตสาหกรรมทำแก้วและน้ำเคลือบไฟต่ำจึงมักนิยมใช้โซดาเฟลสปาร์ที่มีเปอร์เซนต์เหล็กต่ำในผลิตภัณฑ์เซรามิกที่ต้องการความขาว เพื่อช่วยให้เนื้อดินปั้นมีความขาวตามต้องการ

(2) หินเขี้ยวหนุมาน หรือหินควอทซ์ (Quartz, SiO_2) หรือซิลิกา (Silica) หรือหินเหล็กไฟ (Flint)

ควอทซ์ ทำหน้าที่เป็นแก้วในการเคลือบและมีโครงสร้างเป็นซิลิเกตในดินปั้น ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งแรงไม่โค้งงอและช่วยทำให้การหดตัวก่อนเผาและหลังเผาน้อยลง มีสูตรเคมีเป็น SiO_2 มี Si=46.7 % และ O =53 % ควอทซ์เป็นส่วนสำคัญของหินอัคนีชนิดที่มีซิลิกามากๆเช่น หินแกรนิต เป็นแร่ที่ทนต่อการทำลายทางเคมีและทางกล (Mechanical attack) เมื่อหินอัคนีผุพังลง แร่นี้จะสะสมเป็นชั้นซึ่งได้แก่หินทราย นอกจากนี้อาจพบในหินไนส์ (Gneises)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หินควอทซ์นำไปใช้ผสมในเนื้อดินปั้นเพื่อควบคุมการหดตัวของเนื้อดินปั้นและป้องกันการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ได้ดี ควบคุมให้แก๊สและน้ำที่อยู่ในดินระเหยไปได้สะดวก และเพื่อทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ดิบให้ทรงตัวได้ดี

สำหรับหินเหล็กไฟ (Flint) ก้อนแร่จะเป็นผลึกเล็กๆของซิลิกา และมีน้ำอยู่ประมาณ 1 % ประกอบด้วย Silica sand (SiO_2), Quartz (SiO_2), Qanister (SiO_2) และ Quartzite (SiO_2) เนื่องจากโครงสร้างมีซิลิกาประกอบอยู่จึงมักใช้แทนควอทซ์

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของควอทซ์แหล่ง จ. ตาก ดังแสดงในตาราง 1.8

ตาราง 1.8 ผลการวิเคราะห์ควอทซ์ จ. ตาก โดยกรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงวิทยาศาตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน

สาร	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	L.O.I.
% ของสารที่มี	98.90	0.80	0.10	0.05	0.90	0.05

สารจำพวกซิลิกอนไดออกไซด์มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในที่อุณหภูมิต่างๆ โดยมีโครงสร้างอยู่ 3 แบบด้วยกันคือ Quartz , Tridymite และ Cristobalite ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในที่มีอยู่ 2 แบบ คือชนิดที่เกิดได้รวดเร็ว และเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า

การเปลี่ยนแปลงอย่างช้าคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{Quartz} \underset{870^{\circ}C}{\rightleftharpoons} \text{Tridymite} \underset{1470^{\circ}C}{\rightleftharpoons} \text{Cristobalite}$$

การเปลี่ยนแปลงอย่างเร็วคือ

$$\alpha\text{ - Quartz} \underset{573^{\circ}C}{\rightleftharpoons} \beta\text{ - Quartz}$$

$$\alpha\text{ - Cristobalite} \underset{220\text{–}260^{\circ}C}{\rightleftharpoons} \beta\text{ - Critobalite}$$

$$\alpha\text{ Tridymite} \underset{117^{\circ}C}{\rightleftharpoons} \beta\text{ 1-Tridymite} \underset{163^{\circ}C}{\rightleftharpoons} \beta\text{ 2-Tridymite}$$

ในระหว่างเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางปริมาตรด้วย กล่าวคือเนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีสารซิลิคอนไดออกไซด์มาก เมื่อถูกเผาจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว และจะหดตัวอย่างรวดเร็วเมื่อปล่อยให้เย็นลง

ประโยชน์ของควอทซ์

ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกเป็นส่วนใหญ่เนื่องจาก

1) ช่วยลดการหดตัวขณะแห้ง ซึ่งจะช่วยป้องกันการแตกของผลิตภัณฑ์
2) ช่วยลดการหดตัวหลังเผา ทำให้ผลิตภัณฑ์เมื่อเผาแล้วมีคุณภาพดี
3) เป็นโครงร่างของผลิตภัณฑ์ที่จะช่วยพยุงรูปทรงให้คงรูปดังเดิมเมื่อเผาไฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4.11 สารเคมี

(1) เถ้ากระดูก (Bone Ash) เป็นวัตถุที่มีส่วนประกอบของแคลเซียมฟอสเฟต คัลเซียมคาร์บอเนต และมักมีเซียมฟอสเฟต ที่มีขายกันมากในท้องตลาดเป็นวัตถุชนิดคัลเซียมฟอสเฟต ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น เป็นตัวประสานและช่วยให้ผลิตภัณฑ์โปร่งแสง

1.5 สมบัติของดิน [2,10,11,6]

1.5.1 สมบัติทางเคมีของดิน

ส่วนประกอบของดินตามทฤษฎีดิน คือ Hydrous aluminium silicate เช่น kaolin มีสูตร $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ หรือมี SiO_2 46.3 % Al_2O_3 39.8 % และ H_2O 13.9 % แต่ในดินมีแร่อย่างอื่นปะปนอยู่ด้วย ผลการวิเคราะห์ทางเคมีจึงต่างจากทฤษฎี และส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของออกไซด์ไม่อยู่ในรูปแร่บริสุทธิ์ เพราะเวลาหินหลอมเหลวเย็นตัวลงจะสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจึงเกิดอยู่ในรูปของออกไซด์

องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างดินขาวลำปาง ,ดินเหนียวแม่ทาน ,และดินหางดง

ดิน	L.O.I.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
ดินขาวลำปาง	5.54	59.98	27.75	1.02	–	0.07	0.24	0.19	0.97
ดินเหนียวแม่ทาน	8.31	62.30	24.50	1.22	0.57	0.24	0.59	0.13	2.14
ดินหางดง	11.07	59.96	21.55	4.06	0.08	–	0.28	3.08	0.11

ซิลิกา (SiO_2) ซิลิกานอกจากจะเป็นส่วนประกอบของดินแล้ว ยังอาจมีควอตซ์หรือทราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งเกิดจากการแปรสภาพของหินมาเป็นดิน บางครั้งทรายละเอียดมากจนมองเห็นได้ยาก

อลูมินา (Al_2O_3) แร่อลูมินาเกิดปนอยู่ในดิน ได้แก่ gibsite ($Al_2O_3 . 3H_2O_3$) bauxite ($Al_2O_3 . 2H_2O$) และ diaspore ($Al_2O_3 . H_2O$) มักพบมากในดินที่มีเปอร์เซ็นต์อลูมินาสูง

เหล็ก (Fe_2O_3) ในดินทั่ว ๆ ไปเหล็กจะอยู่ในรูปของ hematite (Fe_2O_3) จะทำให้ดินเป็นสีแดง ถ้าเป็น limonite ($2Fe_2O_3.3H_2O$) จะทำให้ดินเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาล ดินบางชนิด เช่น พวก fire clay และดินดาล บางทีมีเศษแร่ไพไรท์ (FeS_2) ปะปนแร่พวกนี้แข็งกว่าดินบดไม่ละเอียด หลังจากเผาดินนี้แล้วจะเห็นเป็นจุด ๆ สีคล้ำ ๆ ในเนื้อดิน

คัลเซียม (CaO) ถ้าเกิดในรูปของแร่คัลไซท์($CaCO_3$)หรือโดโลไมท์ ($CaCO_3.MgCO_3$) จะไม่ค่อยทำความยุ่งยากให้กับดินเท่าใดนัก เพราะทั้งสองชนิดต่างก็ทำหน้าที่เป็นตัวลดจุดสุกตัวของเนื้อดิน แต่ถ้าเกิดในรูปของแร่ยิบซัม ($CaSO_4.2H_2O$) ซึ่งมีสมบัติละลายน้ำได้บ้าง ถ้าหากนำมาทำผลิตภัณฑ์และปล่อยให้แห้งจะพบคราบสีขาวเกาะที่ผิวเสมอ

มักนีเซียม (MgO) มีปะปนในดินน้อยมาก อาจเกิดในดินที่มีแร่มักนีไซท์($MgCO_3$) โดโลไมท์ spinel, biotite, hornblend, chlorite และ pyroxene ในการวิเคราะห์มักพบว่าปริมาณของมักนีเซียมมีไม่เกิน 1 %

อัลคาไลน์ (alkalies) ส่วนมากอัลคาไลน์ปนอยู่ในดินในรูปของ แร่ feldspar แร่นี้อาจเป็น potash feldspar หรือ soda feldspar

ติตาเนียม (titanium) มีปนอยู่น้อยมาก ที่พบเสมอๆ ได้แก่ rutite (TiO_2) hementite ($FeO.TiO_2$) และ sphene ($CaO.TiO_2.SiO_2$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อินทรีย์สาร (carbonaceous matter) พบเสมอว่า ดิน ball clay, fire clay และดินดาลมีสีเทาไปจนถึงสีดำ ทั้งนี้เพราะดินเหล่านี้เคยมีพวกต้นไม้ตายทับถมรวมกันเป็นเวลานานๆแล้วเกิดการสลายตัวและเปลี่ยนรูปไปเป็นคาร์บอน จึงเรียกว่า carbonaceous matter

สารประกอบของธาตุบางชนิดที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน ตามตาราง 1.9 (14)

ตาราง 1.9 สารประกอบของธาตุบางชนิด ที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดิน

สารประกอบของธาตุ	ผลต่อสมบัติทางกายภาพของดิน
ซิลิกา (Silica)	- ลดความเหนียวของดิน - ลดการหดตัวของเนื้อดิน - ลด Tensile และ Crushing strength
อลูมินา (Alumina)	- ลดความเหนียวของเนื้อดิน - เพิ่มความทนไฟให้แก่เนื้อดิน
อัลคาไลน์ (Alkalies)	- ลดความทนไฟของเนื้อดิน - พวกอัลคาไลน์ที่ละลายน้ำได้ จะมีผลต่อความเหนียวของเนื้อดิน
เหล็ก	- ทำให้สีของดินเปลี่ยนไป ถ้ามีมากทำให้ดินมีสีแดง - ลดความทนไฟของดิน - ทำให้เกิด iron spot
แคลเซียม	- ลดความทนไฟของเนื้อดิน - เกิดเป็นของเหลวที่ไหลได้เมื่อได้รับความร้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดปัญหาการเสียรูป
แมกนีเซียม	- ลดความทนไฟของเนื้อดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5.2 สมบัติทางกายภาพ [7,11]

สมบัติทางกายภาพของดินที่ควรทำการตรวจมีดังนี้

(1) ขนาดของเม็ดดิน ดินเกาลินมีขนาดของเม็ดดินตั้งแต่ 0.5 ถึง 1 ไมครอน มีเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยคือ 0.5 ไมครอน ขนาดของเม็ดดินมีผลต่อความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้ง ถ้าดินมีขนาดของเม็ดดินเล็กจะมีความเหนียวมากและมีเปอร์เซนต์การหดตัวเมื่อแห้งสูง

(2) การหดตัวเมื่อแห้ง ค่านี้ไม่น่าสนใจเท่าไรนักเพราะการผลิตเซรามิกส์ส่วนมากไม่ใช้เนื้อดินชนิดเดียวแต่จะใช้ดินผสมดังนั้นค่าการหดตัวเมื่อแห้งของดินผสมน่าสนใจกว่า

(3) ความแข็งแกร่งเมื่อแห้ง โดยทั่วไปดินที่มีความเหนียวมากจะมีความแข็งแกร่งเมื่อแห้งมาก

(4) สีของดิน สีของดินที่ยังไม่ได้เผาเกิดจากเหล็กและ carbonaceous matter ในดิน นอกจากนี้อาจมีแร่มังกานีสหรือแร่ติตาเนียมปนด้วย ถ้าดินใดไม่มีสารดังกล่าวผสมอยู่จะมีสีขาวเสมอ

Limonite ($2Fe_2O_3.3H_2O$)	ทำให้ดินมีสีครีม เหลือง และน้ำตาล
Pyrite (FeS_2)	ทำให้ดินเป็นสีทองในบางส่วนของดิน
Hematite (Fe_2O_3)	ทำให้ดินเป็นสีแดง
Iron Silicate	ทำให้ดินเป็นสีเขียว หรือค่อนข้างเขียว
Manganese & Titanium	ทำให้ดินเป็นสีน้ำตาล
Cabonaceous matter	ทำให้ดินเป็นสีน้ำเงิน เทา ดำ น้ำตาลและเขียว

(5) การหดตัวเมื่อเผา ดินมีเปอร์เซนต์การหดตัวเมื่อเผาแตกต่างกัน แล้วแต่สิ่งเจือปนซึ่งอยู่ในดิน บางทีอาจหดตัว 6 - 7 % และถ้าเผาถึงจุดสุกตัวจะหดตัวประมาณ 20 %เมื่อเผาดินจะเกิดปรากฏการณ์ที่อธิบายได้ดังนี้

Dehydration period แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 Mechanical dehydration หรือ Water smoking เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 20 °C - 150 °C ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นคือ น้ำที่ผสมในดินจะเริ่มระเหยออกมาจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดินจะแห้งสนิทและไม่มีน้ำตังกล่าวเหลืออยู่ ดินจะมีสภาพแข็งกว่าเดิม ถ้าหยุดให้ความร้อนและนำดินนั้นมาผสมกับน้ำอีกครั้งหนึ่งดินจะอ่อนและมีความเหนียวอีกครั้งเหมือนเดิม

ขั้นตอนที่ 2 Chemical dehydration หรือ Chemical water smoking เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 150°C-600°C ถ้าให้ความร้อนแก่ดินต่อจากระยะแรก โมเลกุลของดินจะแตกและส่วนที่เป็นน้ำของโมเลกุล จะระเหยออกไปเหลือดินในรูปของ meta kaoline ($Al_2O_3.2SiO_3$) ถ้าหยุดเผาแล้วนำดินไปผสมกับน้ำอีกครั้งหนึ่งดินจะยังคงแข็ง และไม่มีความเหนียวอีกต่อไป

Oxidation period เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 350°C - 900°C สิ่งต่างๆที่ปะปนมากับดิน เช่นเศษไม้ ใบหญ้า จะถูกเผาไหม้หมดไป นอกจากนี้เศษแร่ต่างๆ เช่น พวกคาร์บอเนต ซัลไฟต์ และซัลเฟต จะแตกตัวออกในระยะนี้ สมบัติทางฟิสิกส์ของดินจะเปลี่ยนเกี่ยวกับน้ำหนัก ขนาด สี และความพรุน

Vitrification period เริ่มตั้งแต่ 900°C ขึ้นไป vitrification คือระยะหนึ่งของการเผา ซึ่งประกอบด้วย

(1) ส่วนผสมในเนื้อดินบางชนิดเริ่มหลอมละลาย

(2) ส่วนที่หลอมละลายจะพยายามละลายส่วนที่ไม่หลอมเป็นเนื้อเดียวกัน

(3) ส่วนที่ละลายจะไหลไปตามช่องว่างทำให้เนื้อดินแน่นทึบขึ้น

(4) ถ้าหากมีส่วนผสมและอุณหภูมิที่พอเหมาะ อาจเกิดการตกผลึกใหม่ในเนื้อดินได้ ทั้งนี้เพราะอลูมินา ซิลิกาในเนื้อดินจะรวมกันเป็น mullite ($3Al_2O_3.2SiO_2$) มีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็ม ทำให้ดินมีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น ถ้าเนื้อดินส่วนที่หลอมละลายมากเกินไปทำให้ดินยุบตัวลงได้

(6) ความเหนียวและความสามารถในการขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์เซรามิกย่อมมีความจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความเหนียว เพราะความเหนียวจะช่วยให้การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขึ้นรูปอย่างอิสระด้วยมือปั้น แป้นหมุน และขึ้นรูปด้วยระบบน้ำดิน ความเหนียวยังช่วยในการแข็งตัวเมื่อแห้ง (green strength) ได้ดีอีกด้วย

สมบัติของดินเมื่อถูกเผาจะเปลี่ยนแปลงเป็นระยะๆ ดังตาราง 1.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(7) ความพรุนตัว (Porosity)

ค่าความพรุนตัวหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ค่าของการดูดซึมน้ำ (water absorption) ค่าความพรุนตัวถ้าเข้าใกล้ศูนย์ถือว่าวัตถุดิบนั้นเมื่อถูกเผาแล้วจะมีเนื้อแน่น (dense) และมีความแข็งแรงสูงสุดของตัวมันเอง ความพรุนตัวเป็นลักษณะเฉพาะของดินที่อุณหภูมิต่างๆกัน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความพรุนตัวจะมากขึ้นด้วย จนเมื่อถึงอุณหภูมิหนึ่งความพรุนตัวจะลดลงจนกระทั่งถึงจุดหลอมเหลวความพรุนตัวจะมีค่าเท่ากับศูนย์

ตาราง 1.10 สมบัติของดินที่เปลี่ยนไปในการเผาระยะต่างๆ

สมบัติที่เปลี่ยนไป	ระยะในการเผาและช่วงอุณหภูมิ		
	Dehydration 20°C - 950°C	Oxidation 350°C - 950°C	Vitrification 900°C ขึ้นไป
สี	สีอ่อนลง	1.ดินที่มีเหล็กจะมีสีเข้มขึ้น 2.ดินที่มีcarbonaceous matterจะมีสีอ่อนลง	สีเข้มขึ้น
ความพรุนตัว	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง
การหดตัว	เพิ่มขึ้น	ขยายตัวเล็กน้อย	เพิ่มขึ้น
น้ำหนัก	ลดลง	ลดลง	เกือบคงที่
ความแข็งแกร่ง	เพิ่มขึ้น	ลดลงนิดหน่อย	เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.6 การเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Prepraration) [7]

วัตถุดิบที่ได้ส่วนมากจะมีทั้งก้อนใหญ่ และก้อนเล็กปนกันมา จึงจำเป็นต้องทำให้ได้ขนาดที่เหมาะสมตามความต้องการ วัตถุดิบ มี 2 ประเภทคือ

(1) พวก Solf materials (วัตถุดิบเนื้ออ่อน) ได้แก่พวกดิน ส่วนมากผู้จำหน่ายจะจัดดินมาให้ได้ตามขนาดที่ต้องการใช้ เช่น ดินขาว ผู้จำหน่ายจะล้างและคัดขนาดมาให้เสร็จตามขนาด 200 เมช หรือ 325 เมช ส่วนดินเหนียวเมื่อขุดจากแหล่งแล้ว นำมาบดให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นจึงจัดจำหน่าย

(2) พวก Hard materials (วัตถุดิบเนื้อแข็ง) เช่น เฟลสปาร์ ควอทซ์ ส่วนมากจะจำหน่ายในลักษณะเป็นก้อนหรือบดให้ละเอียด หินเหล่านี้มีความแข็งพอสมควร ถ้าเป็นก้อนจำเป็นต้องย่อยขนาดให้เล็กลง หรือง่ายต่อการนำไปบดละเอียดต่อไป

1.7 ดินปั้น (Bodies) [8,13]

เนื้อดินปั้น (Clay body) หมายถึง ดินที่เตรียมขึ้นตามธรรมชาติหรือดินที่นำไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นเพื่อให้ได้เนื้อดินที่มีคุณภาพตามต้องการ เรียกว่า Body mixture ซึ่งอาจประกอบด้วย two component, three component และ multi component ก็ได้ การเตรียมเนื้อดินปั้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ซึ่งจะต้องวางหลักการที่แน่นอนว่าจะทำผลิตภัณฑ์ประเภทใด ชนิดใด และจะปรับปรุงคุณสมบัติอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำ ดังนั้นการเตรียมเนื้อดินปั้นจะต้องเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติทางด้านฟิสิกส์ของดินและคุณสมบัติของวัตถุดิบที่จะใช้ผสมทำเนื้อดินปั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้น

1. เพื่อเปลี่ยนแปลงสี หรือพื้นผิวภายหลังการเผา
2. เพื่อเปลี่ยนแปลงความเหนียวของเนื้อดินปั้นให้เพิ่มขึ้นหรือลดลง
3. เพื่อลดการหดตัวของเนื้อดินปั้น หรือลดการบิดตัว การแตกร้าวให้มีน้อยที่สุด
4. เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิในการเผาของเนื้อดินปั้นให้สูงขึ้นหรือต่ำลงเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเนื้อดินในระดับอุณหภูมิที่ต้องการเผา
5. เพื่อเปลี่ยนแปลงเนื้อดินให้เหมาะสมกับวิธีการขึ้นรูป และน้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์

หลักในการปรับปรุงเนื้อดินปั้นให้มีคุณสมบัติเป็นเนื้อดินปั้นที่ดี มีหลักการดังนี้

(1) เนื้อดินมีความเหนียวเกินไป ทำให้เป็นปัญหาต่อการขึ้นรูป และมีผลทำให้การหดตัวของเนื้อดินมากเกินไปผลิตภัณฑ์อาจจะแตกเสียหายได้ในขณะแห้งหรือขณะเผาได้ง่าย วิธีการลดความเหนียวของดินโดยการเติมวัตถุที่ไม่มีความเหนียงลงไป เช่น ดินขาว หินเชี้ยวหนุมาน หรือดินเชื้อ เป็นต้น

(2) เนื้อดินมีความเหนียวน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้วิธีการเพิ่มความเหนียวโดยการเติมวัตถุดิบที่มีความเหนียวลงไปในเนื้อดินปั้น ซึ่งได้แก่ ดินเหนียวซึ่งจะช่วยเพิ่มความเหนียวและความแข็งแกร่งแก่เนื้อดินปั้น ดินเหนียวบางแหล่งอาจมีความเหนียวมาก ฉะนั้นจึงควรใช้ในปริมาณน้อย การใช้ดินเหนียวผสมในเนื้อดินปั้น โดยปกติจะใช้อัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 40

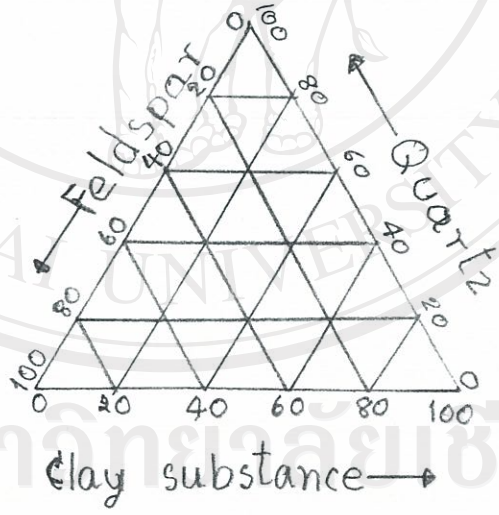
(3) เนื้อดินอาจหลอมเป็นแก้วหรืออาจบิดงอ เสียรูปทรง หมายความว่าเนื้อดินปั้นมีจุดหลอมละลายต่ำ วิธีการปรับปรุงแก้ไขโดยลดอุณหภูมิที่เผาให้ต่ำลงหรือเพิ่มวัตถุดิบที่มีความทนไฟ เช่น ดินขาว หินเชี้ยวหนุมาน และดินทนไฟเป็นต้น

(4) เนื้อดินเผาแล้วกลับอ่อน โปร่ง ไม่สามารถดูดซึมน้ำได้และร่วนเหมือนชอล์ก แสดงว่าเผาแล้วยังไม่ถึงจุดสุกตัวของเนื้อดิน แก้ไขโดยเพิ่มอุณหภูมิในการเผา หรือเพิ่มวัตถุดิบที่ช่วยในการหลอมละลายลงในเนื้อดินปั้น เช่น หินฟันม้า ดินแดง หรือฟริต (Frit) เพื่อช่วยลดจุดสุกตัวของเนื้อดินปั้นให้มีจุดสุกตัวต่ำลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(5) เนื้อดินเผาแล้วมีสีเข้มหรืออ่อนกว่าความต้องการ ถ้าเนื้อดินที่เผาแล้วมีสีเข้มเกินไป อาจใช้ดินขาว หรือดินเหนียวขาวผสมลงในเนื้อดินปั้น จะช่วยให้เนื้อดินปั้นมีสีอ่อนลงได้ ถ้าต้องการให้เนื้อดินปั้นสีเข้มขึ้นอาจใช้ดินแดงหรือออกไซด์ที่ให้สี เช่น เหล็กออกไซด์ (Ferric oxide) แมงกานีสออกไซด์ (Manganese oxide) ผสมลงในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้มีสีเข้มขึ้น

การเตรียมเนื้อดินปั้นในผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาส่วนใหญ่จะเป็นการเตรียมในสเกลสามเหลี่ยม (Triaxial) หมายความว่า ส่วนผสมเนื้อดินปั้นประกอบด้วยแร่อย่างน้อย 3 ชนิด เช่น ดินเกาลิน ควอทซ์ และหินฟันม้า เมื่อผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้ได้โครงสร้างตามต้องการ ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างส่วนผสมของเนื้อดินปั้นด้วยรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ตามรูป 1.2



รูป 1.2 Triaxial plot

ที่มุมของรูปสามเหลี่ยมจะเป็น 100 % ของวัตถุดิบที่วิ่งนำลูกศร ทุกๆจุดในที่ที่สามเหลี่ยมเป็นตัวแทนของ % ของส่วนผสมของวัตถุดิบของเนื้อดินปั้น ตัวอย่างเช่น ที่จุด 1 เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นซึ่งประกอบด้วย ดิน 10 % ควอทซ์ 20 % หินฟันม้า 70 % ที่จุด 2 เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นซึ่งประกอบด้วย ดิน 30 % ควอทซ์ 25 % และหินฟันม้า 45 % เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.8 การเตรียมน้ำดิน (Body Preparation) [7, 13]

เมื่อเตรียมวัตถุดิบเรียบร้อยแล้วนำวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมซึ่งอาจเป็น single body หรือ body mixture มาผสมกับน้ำปกติในอัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก จะได้น้ำดินที่เรียกว่า Slip น้ำดินปกติจะมีการลื่นไหลตัวน้อย ดังนั้นจึงต้องใส่สารช่วยในการไหลตัวได้ดี ที่นิยมใช้คือ Sodium silicate

1.8.1 พฤติกรรมของน้ำดินที่ละลายน้ำ

เมื่อดินละลายน้ำ ประจุไฟฟ้าที่ผิวของเม็ดดินจะเกิดแรงผลักและแรงดูดซึ่งกันและกัน ถ้าดินมีสภาพเป็นกรด เม็ดดินจะเกาะติดกันทำให้ข้นเหนียว (Flocculated) ตรงกันข้ามถ้าอยู่ในสภาพเป็นด่างเม็ดดินจะผลักกันทำให้น้ำดินไหลคล่อง

นำส่วนผสมของเนื้อดิน (Body) มาบดรวมกันในหม้อบด (Ball mill) ประมาณ 3 ชั่วโมงจึงใส่ Sodium silicate ลงไป ปกติใช้ในอัตราส่วน 0.3 - 0.5 % โดยน้ำหนัก จากนั้นบดต่ออีกเล็กน้อยเพื่อให้ Sodium silicate ช่วยให้น้ำดินมีลักษณะไหลลื่น ถ่ายน้ำดินจากหม้อบดใส่ถังเพื่อนำไปขึ้นรูปโดยการหล่อแบบต่อไป (Forming by casting) โดยกรองผ่านตะแกรงประมาณ 100 เมช

1.8.2 คุณสมบัติของน้ำดินที่เหมาะแก่การหล่อแบบ

(1) น้ำหนัก (Solid concentration) คือความหนาแน่น (Density) หรือความถ่วงจำเพาะ -ถ.พ (Specific gravimetry - sg) ไม่ควรให้ต่ำกว่า 1.80 เพื่อช่วยไม่ให้แบบปูนพลาสเตอร์อิ่มตัวเร็วและอายุของปูนพลาสเตอร์จะสั้นและเสื่อมเร็ว

(2) การไหล (Viscosity or fluidity) ของน้ำดินต้องไหลให้เหมาะสมดีพอในการทำงาน เช่น เทใส่ในแบบได้ในเวลาที่ต้องการ และถ่ายน้ำดินออกจากแบบได้คล่อง น้ำดินไม่ค้าง

(3) ความเข้มข้น (Thixotropy) ความเข้มข้นของน้ำดินเป็นสิ่งสำคัญต้องศึกษาให้มากและต้องควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนด กล่าวคือ น้ำดินหล่อที่กวนเข้ากันดีจะไหลได้คล่อง แต่ถ้าตั้งน้ำดินหล่อไว้เฉยๆน้ำดินหล่อนี้จะแข็งตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.8.3 ความสำคัญของน้ำดินที่มีผลต่อสิ่งต่างๆ

(1) ความหนาแน่น การไหลตัว และความเข้มข้น

มีความสำคัญต่อการหล่อ จะขึ้นโดยตรงกับความสัมพันธ์กับสมบัติของน้ำดินเป็นอย่างมากการไหลของน้ำดินไม่ดีจะทำให้ดินค้างหรือดันอยู่ในแบบ ตัวดินยุบเกิดการแตกร้าวตอนแห้งหรือตอนเผา ถ้าความเข้มข้นสูงหรือต่ำ ทำให้ดินหนาช้า หนาเร็ว และเนื้อดินแข็งหรืออ่อน

(2) ความละเอียด (Fineness)

ความละเอียดของเนื้อดินมีบทบาทมาก จึงต้องควบคุมการบดวัตถุดิบหรือน้ำดินให้อยู่ในช่วงความละเอียดที่กำหนดไว้ตามที่ได้ทดลองมาแล้ว ถ้าหากความละเอียดของน้ำดินละเอียดหรือหยาบเกินไปจะส่งผล ดังนี้

	ละเอียดมาก	ละเอียดน้อย
สารแขวนลอย	ต้องการมาก	ต้องการน้อย
การไหลตัวของน้ำดิน	หนืดกว่า	ไหลคล่องกว่า
การหล่อน้ำดิน	หนาช้า	หนาเร็ว
ความเหนียว	เหนียวกว่า	น้อยกว่า
ความแข็ง(เมื่อแห้ง)	แข็ง	เปราะ
แห้งตัว	ช้า	เร็ว
การหดตัว	มากกว่า	น้อยกว่า
ทรุดตัว (เมื่อเผา)	มากกว่า	น้อยกว่า
ดูดซึมน้ำ (เมื่อเผาแล้ว)	น้อยกว่า	มากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) อัตราการหล่อ

ถ้าน้ำดินหล่อหนาช้า ทำให้เสียเวลาในการหล่อ ต้องแช่น้ำดินอยู่ในแบบเป็นเวลานานๆ ทำให้แบบชุ่มน้ำจากการดูดของปูนพลาสเตอร์ แบบจะเสื่อมเร็ว อายุการใช้งานของแบบสั้นลงและยังเสียเวลา เสียเชื้อเพลิงมากขึ้นในการอบแห้ง

(4) ปริมาณสารแขวนลอย

โซเดียมซิลิเกตทำให้เนื้อดินแข็งส่วนโซดาแอชทำให้ดินอ่อนนุ่มดังนั้น ถ้าใส่สารแขวนลอยในน้ำดินมากๆจะทำให้ชอกของเนื้อดินที่น้ำดินไหลจะเป็นร่องคม เกิดแตกร้าวได้ง่ายเมื่อเนื้อดินบริเวณนั้นหดตัวหรืออาจแตกร้าวตอนเผา

(5) การหดตัว

การหดตัวของน้ำดินมีอยู่ 3 แบบคือ

(1) การหดตัวจากเปียกถึงแห้ง (Wet to dry) เป็นคุณลักษณะของเนื้อดิน ถ้ามีการหดตัวแบบนี้สูงจะเกิดการบิดเบี้ยวหรือการแตกร้าวในผลิตภัณฑ์ได้ง่าย และถ้าค่านี้สูงแสดงว่าในดินนี้มี Montmorillonites

(2) การหดตัวจากแห้งถึงเผา (Dry to fired) ถ้าดินมีการหดตัวเมื่อแห้งถึงเผาสูงแสดงว่าดินนี้มีพวกฟลักซ์มากหรือพวก Alkaline content

(3) การหดตัวจากเปียกถึงเผา (Wet to fired) เป็นผลมาจากการหดตัวข้อ 1 และ 2 การหดตัวในข้อนี้ จะใช้ในการคำนวณสร้างรูปแบบ

(6) พิกัดแตกร้าว (M.O.R. = Modulus of Rupture) ถ้าค่าพิกัดแตกร้าวสูงแสดงว่าเนื้อดินมีความละเอียดมาก ส่งผลให้การหล่อหนาช้าลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ก่อนเผาจะแข็งแรง ชนย้ายได้ไม่แตกร้าวง่าย

(7) การบิดเบี้ยว (Warpage) การเกิดการบิดเบี้ยวมีสาเหตุมาจากน้ำดินมีความละเอียดมาก ถ้าเกิดขึ้นมีผลทำให้ลำบากต่อการวางเผา คือต้องหามุมวางเผาให้เหมาะสม

(8) การดูดซึมน้ำ (Water absorption) ดินชนิดเออร์เทนแวร์ (Earthen ware) ค่าการดูดซึมน้ำจะสูงกว่า 10 % ถ้าเป็นดินเผาชนิด Vitreous China จะต้องมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ เพื่อรักษาสมบัติความแข็งแกร่ง ทนทานต่อการราน ฉะนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อดินต้องมีส่วนผสมที่ถูกต้อง ความละเอียดของเนื้อดินต้องเหมาะสม อุณหภูมิในการเผาต้องสม่ำเสมอ ค่าการดูดซึมน้ำโดยเฉลี่ยต้องไม่สูงกว่า 0.5 % ของน้ำหนักแห้ง

(9) การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (Thermal expansion) เนื้อดินเมื่อได้รับความร้อนจะมีการขยายตัวถ้ามีการขยายตัวมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าว

1.9 การเผาและการเปลี่ยนแปลงของดินปั้นที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเผา [11]

ในการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา นิยมใช้วิธีการเผา 2 ครั้ง คือ การเผาดิบ (biscuit firing) อุณหภูมิประมาณ 700 - 850 °C และการเคลือบ (glost firing) ใช้อุณหภูมิประมาณ 1200 °C - 1350 °C ในการเผาเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีควมีเทคนิค และขั้นตอนในการเผาดังนี้

(1) จากอุณหภูมิห้องถึง 150 °C ควรเปิดฝาเตาเล็กน้อย และเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ และป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าว

(2) อุณหภูมิ 150-450 °C ในช่วงนี้อาจเพิ่มอุณหภูมิให้เร็วกว่าในช่วงแรกได้น้ำผลึกที่อยู่ในเนื้อดินจะหลุดไปทำให้ดินกลับสภาพเหมือนเดิมไม่ได้ สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในเนื้อดินจะเริ่มเผาไหม้ที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C ขึ้นไป ถ้าเนื้อดินมีสารอินทรีย์อยู่มาก จะทำให้เกิดลักษณะเป็นโพรงปูดบวมที่ผิวผลิตภัณฑ์ได้ เนื้อดินจะมีความพรุนตัวมากขึ้น

(3) ในช่วงอุณหภูมิ 450-600 °C ต้องระวังที่อุณหภูมิ 573 °C ควอทซ์ที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อดินปั้น และเคลือบ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน จาก

$$\alpha\text{-Quartz} \xrightarrow{370\,^{\circ}C} \beta\text{-Quartz}$$

ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสูงถึง 15 % ถ้าเร่งไฟช่วงนี้เร็วเกินไปอาจทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร้าวได้ง่าย

(4) อุณหภูมิ 600 - 980 °C โครงสร้างบางตัวเริ่มเปลี่ยนไป เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 870 °C Quartz ———> Tridymite

อุณหภูมิ 980 °C จะเกิดโครงสร้างที่เป็น spinel

$$\text{Kaolin} \xrightarrow{450\text{–}600\ ^\circ C} \text{metakaolin} \xrightarrow{980\ ^\circ C} \text{Spinel}$$

$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ $Al_2O_3.2SiO_2$ $Al_2O_3.SiO_2$

ในช่วงนี้ควรควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ประมาณ 15 นาที เพื่อทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็น Spinel อย่างสมบูรณ์

(5) อุณหภูมิ 980 °C - 1050 °C สารที่ช่วยให้หลอมละลาย (fluxing meterial) จะเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการกลายเป็นเนื้อแก้วในเคลือบ และเนื้อดินปั้น

(6) อุณหภูมิ 1050 °C - 1250 °C ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสีของเคลือบและปฏิกิริยาการเกิดเคลือบจะเกิดในช่วงนี้ อนุภาคของควอทซ์ที่มีอยู่ในเนื้อดินปั้นและเคลือบ จะเกิดการลอยตัวทำให้ผิวของเคลือบและดินปั้นเกาะกันได้ดีขึ้น และในช่วงอุณหภูมินี้ก่อให้เกิดโครงสร้างที่เป็น mullite ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแกร่งมากขึ้น

(7) อุณหภูมิ 1250 °C - 1350 °C ทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็น mullite สมบูรณ์มากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาจะมีความแข็งแกร่งมาก เนื้อแน่นและดูดซึมน้ำน้อย

1.10 บรรยากาศที่ใช้ในการเผา (Firing atmosphere)

การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ นิยมเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น และรีดักชั่น ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

(1) การเผาแบบออกซิเดชั่น (oxidation firing : OF) เป็นการเผาที่ปล่อยให้อากาศหรือ ออกซิเจนมากเกินพอ เข้ารวมตัวกับเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ดังสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

(2) การเผาแบบรีดักชั่น (reduction firing : RF) คือการเผาไหม้ที่มีเชื้อเพลิงภายในเตาสูง ทำให้อากาศหรือออกซิเจนเข้าไปในเตาได้น้อย เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ดังสมการ

$$C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow CO_2 + CO + H_2O$$

สำหรับการเผาผลิตภัณฑ์ในช่วงแรกจนถึงอุณหภูมิ 950 °C เป็นการเผาในบรรยากาศออกซิเดชั่น ถ้าต้องการเผาในบรรยากาศแบบรีดักชั่น จะเริ่มปรับที่อุณหภูมิ 960 °C เป็นต้นไป ซึ่งจากการเผาแบบรีดักชั่นนี้อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นได้ช้ากว่าและมีผลทำให้เกิดเคลือบ ที่มีสีต่างไปจากการเผาแบบออกซิเดชั่น

1.11 มูลเหตุจูงใจในการพิจารณาปรับปรุงคุณภาพดินหางดงและการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ด้วยพิจารณาเห็นว่าดินแดงบ้านสันจกปกเป็นดินที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นของ อ. ดอกคำใต้ จ. พะเยา จัดอยู่ในประเภทดินเอิทเทนแวร์(Earthen ware clay) เป็นดินที่มีความเหนียวมาก มีเนื้อละเอียด มีสีแดง เนื่องจากมีปริมาณของธาตุเหล็กสูงมี เอกลักษณ์ของดินที่สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ออกมาสู่ตลาดได้ด้วยรสนิยมหนึ่ง ซึ่งมีแหล่งผลิตขายอยู่ที่ หมู่บ้านสันจกปก อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา กรรมวิธีการผลิตจะใช้วิธีขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้แป้นหมุนผสมผสานกับการขึ้นรูปแบบขด ดินปั้นที่ชาวบ้านเตรียมขึ้นนั้นเนื้อดินร่อนผ่านตะแกรงร่อน ประมาณ 16 meshผสมกับทรายตามแหล่งน้ำในหมู่บ้าน แสดงว่าทรายที่ปนอยู่ในดินปั้นมีปริมาณน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจึงเป็นพวกเครื่องใช้ในครัวเรือนแบบหยาบๆ เช่น กระถางดอกไม้ หม้อน้ำ น้ำต้น หม้อแกง และวัสดุในการก่อสร้างเช่น อิฐ การเผาชาวบ้านจะเผาที่อุณหภูมิประมาณ 825 °C ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีความพรุนตัวสูงดูดซึมน้ำได้ดีมาก มีความแข็งแกร่งน้อย และเมื่อเผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นสีของผลิตภัณฑ์จะเข้มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะปรับปรุงดินแดงบ้านสันจกปก คือ

1. เพิ่มจุดสุกตัวหรือจุดหลอมละลายเนื้อดินปั้นให้สูงขึ้น
2. ทำให้ผิดเนื้อเนียนละเอียดเพิ่มมากขึ้นและแข็งแกร่งขึ้น
3. ทำให้เนื้อดินเมื่อเผาแล้วมีสีแดงที่น่าสนใจและเป็นที่ต้องการของตลาด
4. ทำผลิตภัณฑ์ให้น่าสนใจขึ้นนอกเหนือจากผลิตภัณฑ์เดิมที่เคยทำอยู่โดยอาจเปลี่ยนแปลงสี ,ชนิดของผลิตภัณฑ์ให้แตกต่างจากเดิมบ้างเพื่อให้มีคุณค่ามากขึ้น

1.12 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงส่วนผสมของดินให้สามารถเผาได้เนื้อแกร่งที่อุณหภูมิต่ำ พร้อมด้วยสีแดงที่น่าพอใจ
2. ศึกษาส่วนผสมของดิน ให้สามารถขึ้นรูปได้ด้วยวิธีการหล่อแบบ
3. ทดลองทำผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง จากวัตถุดิบดินแดงเหล่านี้

1.13 แผนดำเนินการ ขอบเขต และวิธีการวิจัย

1.13.1 การเตรียมดิน

(1) ทำการคัดขนาดอนุภาคของดิน 32, 60, 115 และ 250 mesh เพื่อดูลักษณะดินหลังทำ

(2) นำดินที่ร่อนทุกเมชมาศึกษาสมบัติหลังเผาโดยจัดรูปเป็นชิ้นทดสอบ (test peice)

(3) เลือกดินขนาดหนึ่งไปวิเคราะห์ทางเคมี หาองค์ประกอบก่อนเผาและหลังเผา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.13.2 การศึกษาดินเดี่ยว ดินผสม เพื่อความเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์

(1) ทำการศึกษาเกี่ยวข้องกับความสามารถในการขึ้นรูป และทดลองทำผลิตภัณฑ์เมื่อเป็นดินเดี่ยวรวมทั้งดินผสม (สามารถใช้วัตถุดิบอื่น เช่น เหล็ก ทราย ดินแดง แหล่งอื่น)

(2) ทดสอบสมบัติหลังเผาของดินผสมเหล่านี้

(3) คัดส่วนผสมที่เหมาะที่สุด

1.13.3 การทดลองทำผลิตภัณฑ์ ชนิดขึ้นรูปได้หลายวิธี

1.13.4 ทำการศึกษาเชิงวิทยานิพนธ์ รวบรวมหลักการ และเหตุผลในทางวิทยาศาสตร์ ประกอบเป็นคำอธิบายในการทำงานทางเซรามิก โดยใช้แหล่งดินจากบ้านสันจกปก พร้อมสรุป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved