# แนวทางการใช้ประโยชน์ดินพิจิตร

สุทธินี สนั่นเสียง
สมพงษ์ ศุทธกิจ
เมธา ชัยนนถี

กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี
สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต 3
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
ตุลาคม 2547

**อธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่**

นาย อนุสรณ์ เนื่องผลมาก

**ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต 3**

นายสมชัย วงศ์สวัสดิ์

**หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี** นายวรกุล แก้วยานะ

**จัดพิมพ์โดย** สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต 3
ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ถนนห้วยแก้ว
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50202
โทรศัพท์ 0-5322-1385

**พิมพ์ครั้งที่** 1 ตุลาคม 2547
จำนวน 10 เล่ม

ข้อมูลการลงรายการบรรณานุกรม
นางสุทธินี สนั่นเสียง นายสมพงษ์ ศุทธกิจและนายเมธา ชัยนนถี
แนวทางการใช้ประโยชน์ดินพิจิตร / โดยนางสุทธินี สนั่นเสียง นายสมพงษ์ ศุทธกิจ
และนายเมธา ชัยนนถี : สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต 3
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ , 2547
60 หน้ารวมปก : ตาราง : รูปประกอบ
รายงานวิชาการ ฉบับที่ สรข.3/2547/009

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ก |
| กิตติกรรมประกาศ | ข |
| สารบัญตาราง | ง |
| สารบัญรูป | จ |
| 1.บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มา | 5 |
| 1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขต | 5 |
| 1.3 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติงาน | 5 |
| 1.4 แหล่งดินที่ทำการศึกษา | 6 |
| 2. การทดสอบคุณลักษณะและคุณสมบัติของดิน | 7 |
| 2.1 องค์ประกอบทางแร่ | 7 |
| 2.2 องค์ประกอบทางเคมี | 9 |
| 2.3 สีของตัวอย่าง | 10 |
| 2.4 Thermochemical and Thermophysical analysis | 12 |
| 2.5 ความพรุนตัว | 14 |
| 2.6 ความขาวสว่าง | 15 |
| 3. คุณสมบัติของดินตัวอย่างและแนวทางการใช้ประโยชน์ | 16 |
| 4. การนำดินตัวอย่าง (สีขาว) มาใช้ในการผลิตกระเบื้องและไวท์สโตนแวร์ | 34 |
| 4.1 การนำดินพิจิตรไปใช้ทำกระเบื้องปูพื้น | 34 |
| 4.2 การนำดินพิจิตรไปใช้ทำ white stoneware | 37 |
| 5. ดินพิจิตรต่ออุตสาหกรรมเซรามิก | 42 |
| 6. บทสรุป | 44 |
| ภาคผนวก | |

# บทคัดย่อ

ดินแหล่งพิจิตรมีลักษณะที่หลากหลายทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ลักษณะเด่นของดินพิจิตรคือ มีกากดิน (residue) สูง และกากดินดังกล่าวมีลักษณะเป็นดินแข็งที่สามารถบดย่อยได้ง่าย ปริมาณ alkali group ในดินพิจิตรมีน้อยทำให้ดินมีความทนไฟค่อนข้างสูง แร่ปนเปื้อนที่สำคัญในดินพิจิตรคือแร่ไพไรท์ ลักษณะของแร่ไพไรท์เป็นแผ่นขนาดไม่เล็กมาก สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและสามารถแยกออกจากดินได้บางส่วนด้วยตะแกรงคัดขนาด

จากการศึกษาดินพิจิตรพบว่าสามารถแบ่งดินออกเป็น 9 กลุ่มตามสีของดิน โดยดิน PJ-1 เหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์มีสี เผาไฟปานกลาง-ไฟสูง ดิน PJ-2 เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์สีขาวทนความร้อนได้สูงและวัตถุทนไฟ ดิน PJ-3 เหมาะสำหรับเป็นส่วนผสมผลิตภัณฑ์สีทึบ ดิน PJ-4 เหมาะสำหรับเป็นตัวเติมในเนื้อดินสีขาวเพื่อลดการหดตัว ดิน PJ-5 เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ทั่วไป ดิน PJ-6 เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์มีสีที่ขึ้นรูปด้วยการกดแบบ ดิน PJ-7 เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ terra cotta ดิน PJ-8 ใช้เป็นตัวเติมในผลิตภัณฑ์ที่ทนความร้อนสูง และดิน PJ-9 เหมาะสำหรับใช้เป็นตัวเติมในผลิตภัณฑ์สีขาว

ดินพิจิตรสีขาว PJ1-4 มีส่วนผสมของดินสีขาว PJ1: PJ2: PJ3: PJ4 ในอัตราส่วน 1:1:1:1 สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์สโตนแวร์และผลิตภัณฑ์กระเบื้องได้ โดยใช้เป็นส่วนผสมในสูตรสโตนแวร์แทนดินขาวลำปางได้ 100% และใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กระเบื้องแทนดินเหนียวแม่ทานได้ 75%

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ นายสมชัย วงศ์สวัสดิ์ ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 และนายวรกุล แก้วยานะ หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี ที่ได้ให้การสนับสนุนการทำงานให้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ดร. พลยุทธ ศุขสมิติ และคุณนพวรรณ อัจฉริยะพิทักษ์ ที่ได้วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินตัวอย่าง และขอขอบคุณ นายสุทิน ไชยชาญ เจ้าหน้าที่กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 ที่ได้ช่วยบด เตรียมตัวอย่างดินและหินจนการทดลองเสร็จสิ้น

# สารบัญตาราง

หน้า


ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่างที่ผ่านตะแกรง 100 เมช 10

ตารางที่ 2.2 แสดงปฏิกิริยาที่อาจเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่างๆ 13

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการศึกษา Thermophysic และการหดตัวเนื่องด้วยความร้อน 14

ตารางที่ 2.4 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 15

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน PJ-1 16

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน PJ-2 18

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน PJ-3 20

ตารางที่ 3.4 แสดงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน PJ-4 22

ตารางที่ 3.5 แสดงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน PJ-5 24

ตารางที่ 3.6 แสดงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน PJ-6 26

ตารางที่ 3.7 แสดงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน PJ-7 28

ตารางที่ 3.8 แสดงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน PJ-8 30

ตารางที่ 3.9 แสดงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน PJ-9 32

ตารางที่ 4.1 แสดงสัดส่วนผสมของเนื้อกระเบื้องชนิดไวท์สโตนแวร์ 35

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความขาวสว่างและการดูดซึมน้ำของสูตรกระเบื้องเมื่อเผาที่ 1200°C 36

ตารางที่ 4.3 แสดงสัดส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ชนิดไวท์สโตนแวร์ 38

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าคุณสมบัติหลังเผาของเนื้อดินผสม เผาทดสอบที่ 1200°C 39

# สารบัญรูป

หน้า


รูปที่ 1.1 แสดงสัดส่วนของกำลังการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกไทย 1

รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะกระเบื้องบุผนังและกระเบื้องหลังคาที่มีการผลิตในประเทศไทย 3

รูปที่ 1.3 แสดงถ้วยชามเซรามิก ของ หจก.สยามศิลาดล จ.เชียงใหม่ 3

รูปที่ 1.4 แสดงตัวอย่างชิ้นงานเซรามิกจำพวกของชำร่วยและของที่ระลึก 4

รูปที่ 1.5 แสดงตัวอย่างชิ้นงานลูกถ้วยไฟฟ้าเซรามิก 4

รูปที่ 1.6 แสดงชั้นดินแหล่งดินจังหวัดพิจิตรบริเวณหน้าเหมืองของ บ.อัคราไมนิ่ง จำกัด 6

รูปที่ 2.1 แสดงผลวิเคราะห์ XRD ของดิน PJ-1 PJ-2 PJ-3 PJ-4 PJ-5 และ PJ-6 8

รูปที่ 2.2 แสดงสีของตัวอย่าง PJ1-9 11

รูปที่ 2.3 แสดงสีของตัวอย่าง pj1-9 เผาที่ 1200°C 11

รูปที่ 2.4 แสดงสีของตัวอย่าง PJ-1 เผาที่อุณหภูมิต่างกัน 12

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของดิน PJ-1 16

รูปที่ 3.2 แสดงสีของดิน PJ-1 เผา 1200°C 16

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของดิน PJ-2 18

รูปที่ 3.4 แสดงสีของดิน PJ-2 เผา 1200°C 18

รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของดิน PJ-3 20

รูปที่ 3.6 แสดงสีของดิน PJ-3 เผา 1200°C 20

รูปที่ 3.7 แสดงสีของดิน PJ-4 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C 22

รูปที่ 3.8 แสดงสีของดิน PJ-5 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C 24

รูปที่ 3.9 แสดงสีของดิน PJ-6 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C 26

รูปที่ 3.10 แสดงสีของดิน PJ-7 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C 28

รูปที่ 3.11 แสดงสีของดิน PJ-8 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C 30

รูปที่ 3.12 แสดงสีของดิน PJ-9 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C 32

รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงาน 34

รูปที่ 4.2ก แสดงสีของชิ้นทดสอบทั้ง 6 สูตรที่ 1200°C 36

รูปที่ 4.2ข แสดงสีของชิ้นทดสอบเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น 36

รูปที่ 4.3 แสดงสีของชิ้นทดสอบทั้ง 8 สูตรทำการเผาที่ 1200°C 39

รูปที่ 4.4 แสดงผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยการปั้นมือและการหล่อแบบ 39

รูปที่ 4.5 แสดงชิ้นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากสูตรที่ 8 เผา biscuit ที่ 900°C ตกแต่งด้วยสีใต้เคลือบ 40

รูปที่ 4.6 แสดงชิ้นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากสูตรที่ 8 เผาที่ 1200°C 41

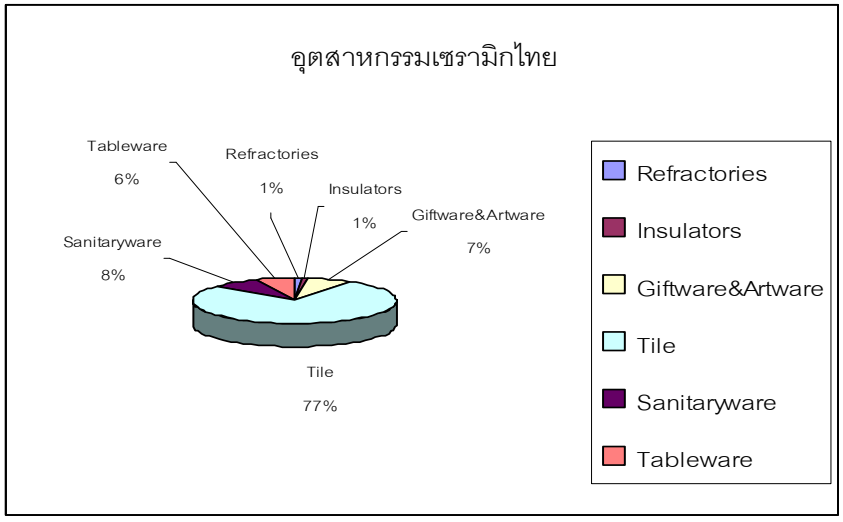
# บทที่ 1
# บทนำ

อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นอุตสาหกรรมที่มีผลิตภัณฑ์มากมายหลายชนิด เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานของอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรมไฟฟ้า อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมซีเมนต์ ตลอดจนอุตสาหกรรมอิเลคทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ อุตสาหกรรมเซรามิกเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี [(1)] (ในปี พ.ศ.2542 มีมูลค่าการส่งออกเซรามิกประมาณ 11,418 ล้านบาท ปี พ.ศ.2543 มีมูลค่าการส่งออกเซรามิกประมาณ 13,879 ล้านบาท และปี พ.ศ.2544 มีมูลค่าการส่งออกเซรามิกประมาณ 15,300 ล้านบาท)

อุตสาหกรรมเซรามิกแบ่งกว้าง ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. Traditional Ceramics ได้แก่ กระเบื้องปูพื้น บุผนัง และโมเสด เครื่องสุขภัณฑ์ ถ้วยชาม ของชำร่วยและเครื่องประดับ และลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น
2. New Ceramics เป็นเซรามิกที่ต้องรับน้ำหนักที่อุณหภูมิสูง ได้แก่ Cutting tools Ceramic fibers. Ceramicd engine parts. Coating film รวมทั้งเซรามิกจำพวกชิ้นส่วนอิเลคทรอนิคส์ ฯลฯ

อุตสาหกรรมเซรามิกในประเทศเกือบทั้งหมดเป็น Traditional ceramics ดังแสดงในรูปที่ 1.1 สำหรับการผลิตสินค้าจำพวกกระเบื้องปูพื้น บุผนังและโมเสด เครื่องสุขภัณฑ์และลูกถ้วยไฟฟ้าเป็นการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดภายในประเทศ ส่วนการผลิตถ้วยชามเซรามิก ของชำร่วยและเครื่องประดับเซรามิกเป็นการผลิตเพื่อการส่งออก




รูปที่ 1.1 แสดงสัดส่วนของกำลังการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกไทย

ปัจจุบันไทยเป็นผู้ผลิตกระเบื้องอันดับที่ 11 ของโลก มีกำลังการผลิตสุขภัณฑ์เป็นอันดับ 8 ของโลกและเป็นผู้ส่งออกเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารอันดับ 8 ของโลก[1] ปี 2544 สินค้าเซรามิกที่ทำรายได้ให้กับประเทศมากที่สุด คือ สินค้าพวกถ้วยชามเซรามิกทำรายได้ถึง 4,352 ล้านบาท รองลงไปได้แก่ สินค้าสุขภัณฑ์ กระเบื้องและลูกถ้วยไฟฟ้า ลูกค้ารายใหญ่ของไทย คือ สหรัฐอเมริกา โดยเราส่งสินค้าเซรามิกให้กับประเทศสหรัฐอเมริกาคิดเป็นเงิน 4,026 ล้านบาท หรือ 48.99% ของการส่งออกเซรามิกทั้งหมด และตลาดส่งออกสินค้าเซรามิกที่สำคัญสามารถจำแนกตามประเภทของสินค้าได้ดังนี้

1. ตลาดส่งออกสุขภัณฑ์ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา รองลงไปคือ ฮ่องกง ญี่ปุ่น ไต้หวัน และจีน ตามลำดับ
2. ตลาดส่งออกกระเบื้อง ได้แก่ สหรัฐอเมริกา รองลงไปคือ กัมพูชา ออสเตรเลีย ลาว และพม่า ตามลำดับ
3. ตลาดส่งออกถ้วยชาม ได้แก่ สหรัฐอเมริกา รองลงไปคือ อังกฤษ เยอรมัน อิตาลี และฝรั่งเศส
4. ตลาดส่งออกลูกถ้วยไฟฟ้า ได้แก่ มาเลเซีย รองลงไปคือ ญี่ปุ่น ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ และจีน ตามลำดับ

ถึงแม้ประเทศไทยจะสามารถผลิตสินค้าเซรามิกและส่งขายไปยังต่างประเทศได้ เราก็ยังต้องนำเข้าสินค้าเซรามิกจากต่างประเทศอยู่ โดยนำเข้าสินค้าสุขภัณฑ์เซรามิกจากรประเทศญี่ปุ่นมากที่สุด ประมาณ 12.2 ล้านบาท นำเข้ากระเบื้องจากประเทศจีนมากที่สุดประมาณ 144 ล้านบาท และนำเข้าเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารจากประเทศสหรัฐอเมริกามากที่สุดถึง 1,789 ล้านบาท

ความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมเซรามิก แยกกล่าวตามประเภทของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

- กระเบื้องปูพื้น บุผนังและโมเสด (รูปที่ 1.2) ไทยมีประเทศคู่แข่งทางการค้าในเอเชีย คือ ประเทศจีนและอินโดนีเซีย เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า โดยเฉพาะจีนที่มีค่าแรงถูกกว่าค่าแรงในประเทศไทย ส่วนประเทศอินโดนีเซียได้เปรียบประเทศไทยในเรื่องพลังงานและสารเคลือบ สำหรับประเทศคู่แข่งในภูมิภาคอื่น ๆ ได้แก่ อิตาลีและสเปน นอกจากจะมีความรุดหน้าในด้านเทคโนโลยี และชื่อเสียงที่มีอยู่เดิม ยังมีมาตรการการกีดกันสินค้าซึ่งปัจจุบันไม่ใช่การกีดกันทางภาษี แต่เป็นการกำหนดให้โรงงานต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 9000 หรือ ISO 14000 เป็นต้น

รูปที่ 1.2 แสดงกระเบื้องบุผนังและกระเบื้องหลังคาที่มีการผลิตในประเทศไทย

- เครื่องสุขภัณฑ์ ประเทศคู่แข่งทางการค้าในเอเชียของไทย คือ มาเลเซีย เนื่องจากมีความพร้อมทางด้านพลังงานและระบบการขนส่งที่ดีกว่าไทย

- ถ้วยชามเซรามิก (รูปที่ 1.3) ประเทศคู่แข่งในเอเชียของไทย คือ จีน ซึ่งได้เปรียบในด้านต้นทุนการผลิต เนื่องจากจีนมีค่าแรงที่ถูกกว่า ส่วนญี่ปุ่น ไต้หวันและเกาหลีใต้มีความได้เปรียบไทยในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัย มีต้นทุนการผลิตต่ำและได้เปรียบในด้านการขนส่ง คือ อยู่ใกล้กับตลาดหลัก คือ สหรัฐอเมริกา ส่วนคู่แข่งในภูมิภาคอื่น ๆ ได้แก่สหราชอาณาจักร ซึ่งมีความได้เปรียบไทยในเรื่องการออกแบบผลิตภัณฑ์และทำเลที่ตั้งใกล้กับยุทธศาสตร์ทางการค้า

รูปที่ 1.3 แสดงถ้วยชามเซรามิก ของหจก. สยามศิลาดล จ.เชียงใหม่

- ของชำร่วยและเครื่องประดับ (รูปที่ 1.4) ประเทศคู่แข่งที่สำคัญของไทย คือ จีน อินโดนีเซีย และอิตาลี โดย จีน และอินโดนีเซียได้เปรียบไทยในเรื่องของต้นทุนการผลิตและพลังงานตามลำดับ สำหรับอิตาลี เป็นคู่แข่งที่สำคัญทางด้านการออกแบบ

รูปที่ 1.4 แสดงตัวอย่างชิ้นงานเซรามิกจำพวกของชำร่วยและของที่ระลึก

- ลูกถ้วยไฟฟ้า (รูปที่ 1.5) ประเทศคู่แข่งที่สำคัญ คือ ญี่ปุ่น ฝรั่งเศสและไต้หวัน ส่วนคู่แข่งในเอเซีย คือ มาเลเซียและฟิลิปปินส์

รูปที่ 1.5 แสดงตัวอย่างชิ้นงานลูกถ้วยไฟฟ้าเซรามิก

จะเห็นว่าอุตสาหกรรมเซรามิกไทย จะมีคู่แข่งมากมายดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ถึงอย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมเซรามิกของไทยก็ยังสามารถที่จะแข่งขันกับประเทศเหล่านั้นได้ หากเราช่วยกันส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกไทย ทั้งนี้เพราะอุตสาหกรรมเซรามิกของไทยมีความพร้อม

ทางด้านวัตถุดิบซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมการผลิตในเชิงพาณิชย์อย่างเพียงพอ มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอย่างต่อเนื่อง ค่าจ้างแรงงานไม่สูงจนเกินไป และได้เปรียบในด้านแรงงานที่มีความละเอียดในงานฝีมือ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษา

ในการประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกของไทยเราพบปัญหามากมาย ทั้งปัญหาของวัตถุดิบ ปัญหาในกระบวนการผลิตและปัญหาด้านการตลาด ซึ่งปัญหาด้านวัตถุดิบนั้นเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ทั้งในเรื่องของแหล่งวัตถุดิบ ปริมาณสำรอง คุณสมบัติเบื้องต้นเพื่อการพิจารณาใช้ประโยชน์ รวมถึงการให้คำแนะนำการทำเหมืองที่ถูกหลักวิชาการเพื่อให้ได้วัตถุดิบหรือแร่ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

สำหนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 ได้ตระหนักถึงความสำคัญของงานดังกล่าว จึงได้จัดทำโครงการการศึกษาวัตถุดิบในพื้นที่ภาคเหนือสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก ซึ่งรายงานฉบับนี้จะเป็นการศึกษาเปลือกดินบริเวณหน้าเหมืองของ บริษัทอัคราไมนิ่ง จำกัด ทั้งนี้เนื่องจากการเปิดหน้าเหมืองจะมีการตักเปลือกดินทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งดินดังกล่าวนี้น่าจะนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าที่จะทิ้งเปล่า ทางสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 ได้ให้ความสนใจและทำการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นและพบว่าดินบางจุดสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมเซรามิกได้และคาดหวังว่าผลการศึกษาบางส่วนอาจใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้แก่ผู้ที่สนใจในการศึกษาต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาคุณสมบัติของดินบริเวณหน้าเหมืองอัคราไมนิ่ง จำกัด อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร

1.2.2 ศึกษาแนวทางการนำดินบริเวณหน้าเหมืองอัคราไมนิ่ง จำกัด มาใช้ประโยชน์ในงานเซรามิก

1.2.3 วิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อย ของดินบริเวณหน้าเหมืองอัคราไมนิ่ง จำกัด ต่ออุตสาหกรรมเซรามิก

## 1.3 ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงาน

1.3.1 เตรียมการศึกษาและรวบรวมข้อมูล

1.3.2 งานภาคสนาม

เก็บตัวอย่างบริเวณหน้าเหมือง บ.อัคราไมนิ่ง จำกัด

1.3.3 งานในห้องปฏิบัติการ

- การวิเคราะห์ด้วย X – ray diffraction เพื่อหาองค์ประกอบแร่
- การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี ความวาว การหดตัว และการดูดซึมน้ำ เป็นต้น
- การวิเคราะห์ด้วยวิธี wet analysis เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมี

## 1.4 แหล่งดินที่ทำการศึกษา

ดินบริเวณหน้าเหมืองของ บ.อัคราไมนิ่ง จำกัด ต.เขาเจ็ดลูก อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร ลักษณะชั้นดินแสดงในรูปที่ 1.6

รูปที่ 1.6 แสดงชั้นดินแหล่งจังหวัดพิจิตรบริเวณหน้าเหมืองของบริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด

ลักษณะทั่วไปของดินไม่แข็ง สามารถบี้ให้แตกเป็นผงได้ง่าย เนื้อดินนิ่มลื่นมือ ดินที่พบบริเวณหน้าเหมือง มีสีแตกต่างกันมากอันเนื่องมาจากลักษณะการเกิดทางธรณีวิทยา [(2)] คือ ดินบริเวณดังกล่าวนี้เกิดจากการแปรสภาพของหินตะกอนน้ำลึกและหินตะกอนน้ำตื้นที่มีการแทรกดันของมวลหินอัคนีเนื้อแกรนิตทำให้เกิดการคดโค้งของหินเป็นบริเวณกว้าง แนวแกนของการคดโค้งอยู่ในแนวทิศเหนือ – ใต้ บริเวณทางด้านทิศตะวันออกของกลุ่มหินติดกับขอบด้านทิศตะวันตกของที่ราบสูงโคราชเป็นหย่อมของหินภูเขาไฟ ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นเนื้อกรดจนถึงชนิดที่มีเนื้ออยู่ระหว่างกรดและด่าง กระจัดกระจายเป็นแนวโค้งไปตามขอบด้านทิศตะวันตกของที่ราบสูงโคราช ทำให้ดินในบริเวณเหมืองอัคราไมนิ่ง มีลักษณะที่แตกต่างกันมาก ทั้งที่แปรสภาพมาจากหินภูเขาไฟ หินแกรนิตและหินตะกอน ดังเห็นได้จากสีของดินที่ปรากฏ ในการเก็บตัวอย่างมาศึกษาในครั้งนี้จึงทำการเลือกเก็บตัวอย่างตามสีของดิน แบ่งเป็น 9 กลุ่มคือ

| | | |
|---|---|---|
| PJ 1 = ดินสีขาวเทา | PJ4 = สีขาวอมชมพู | PJ7 = สีเหลือง |
| PJ2 = สีเขาวเหลือง | PJ5 = สีเทา | PJ8 = สีแดง |
| PJ3 = สีขาวแดง | PJ6 = สีขาวอมเหลือง | PJ9 = สีเหลืองแดง |

# บทที่ 2
# การทดสอบคุณลักษณะและคุณสมบัติของดิน

## 2.1 องค์ประกอบทางแร่

ดินที่พบในธรรมชาติ ประกอบด้วยแร่หลายชนิดเจือปนกันอยู่ เช่น ควอตซ์ อิลไลต์ เคโอลิไนต์ เฟลด์สปาร์ เป็นต้น โดยแร่แต่ละตัวก็จะให้คุณลักษณะและคุณสมบัติของดินต่างกัน

- ควอตซ์ (Quartz)

ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ก่อนเผาสามารถคงรูปอยู่ได้

เป็นตัวทำให้เกิดเนื้อแก้วในผลิตภัณฑ์หลังเผา

ถ้าปริมาณควอตซ์ในเนื้อดินมีมาก จะมีผลทำให้ดินนั้นทนไฟ เมื่อนำมาเตรียมน้ำดิน น้ำดินที่ได้มีความเหนียวตัวต่ำขึ้นรูปยาก

ถ้าปริมาณควอตซ์ในน้ำเคลือบมากเกินไป จะทำให้เนื้อดินปั้นมีการหดตัวสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแตกร้าว

- อิลไลต์ (illite)

อิลไลต์ ช่วยให้เนื้อดินมีการกระจายลอยตัว อิลไลต์มีขนาดโมเลกุลใหญ่และมีโครงสร้างผลึกที่ไม่เสถียรทำให้เกิดการจับตัวกับอนุภาคอื่นได้ง่าย ดังนั้นเมื่อปล่อยน้ำดินที่มีอิลไลต์เป็นองค์ประกอบหลักทิ้งไว้จึงเกิดการตกจมของเนื้อดินได้ง่ายและเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงจะเกิดสีในเนื้อดิน

ถ้าปริมาณอิลไลต์ ในเนื้อดินมีมาก เมื่อนำมาเตรียมน้ำดินจะมีช่วงการกระจายตัวกว้าง ทำให้การเปลี่ยนแปลงระหว่างเผาเกิดในช่วงอุณหภูมิที่กว้างขึ้น

- เคโอลิไนต์ (Kaolinite)

ช่วยให้น้ำดินมีการกระจายตัวและมีความเหนียวที่ดีสาหรับการขึ้นรูป เมื่อเผาเป็นชิ้นผลิตภัณฑ์เคโอลิไนต์จะให้เนื้อผลิตภัณฑ์ที่แข็งแกร่ง โปร่งแสง มีสีขาว ทนต่อการผุกร่อนได้ดี

ถ้าปริมาณเคโอลิไนต์ในเนื้อดินมีมาก เมื่อนำมาเตรียมน้ำดินจะเกิด (Thixotropy) การจับกันของเนื้อดินบริเวณผิวบนได้ง่าย ทนไฟต้องใช้อุณหภูมิในการเผาสูง ผลิตภัณฑ์หลังเผาจะให้สีขาว โปร่งแสง มีความแข็งแกร่ง

ถ้าปริมาณเคโอลิไนต์ในเนื้อดินมีน้อย น้ำดินที่เตรียมได้จะมีความเหนียวต่ำ หลังเผาให้ผลิตภัณฑ์ที่ทึบแสงเนื้อผลิตภัณฑ์ที่เปราะ

- เฟลด์สปาร์ (Feldsper)

เป็นตัวช่วยเร่งให้เกิดเนื้อแก้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์โปร่งแสงและช่วยลดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์

เฟลด์สปาร์มี 3 ชนิด คือ

Potash – feldspar มีจุดหลอมละลายที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1200°C - 1250°C

Soda – feldspar มีจุดหลอมละลายที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1100°C - 1200°C

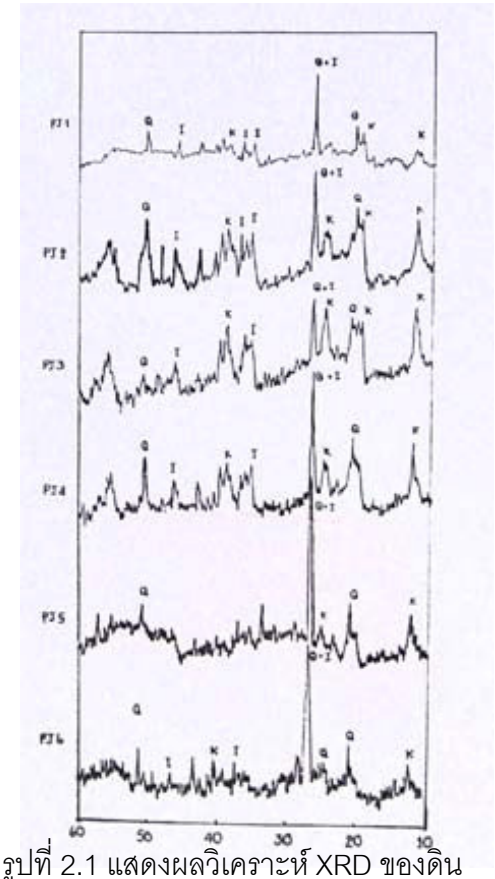
Calcium – feldspar มีจุดหลอมละลายที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1100°C - 1200°C

**Potash feldspar** ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำยาเคลือบ แต่ Soda – feldspar และ Calcium – feldspar จะใช้เป็นส่วนผสมในน้ำเคลือบ

ถ้าปริมาณเฟลด์สปาร์ในเนื้อดินมีมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์หลอมตัวหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิต่ำ เนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้จะแข็งเปราะ โปร่งแสง เนื้อบาง หดตัวมาก

ถ้าปริมาณเฟลด์สปาร์ในเนื้อดินมีน้อย ผลิตภัณฑ์ที่จะได้หนาเนื้อแน่น ทึบแสง ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาสูง

ผลการวิเคราะห์ของดินพิจิตร จาก XRD พบว่าดินพิจิตร มีแร่องค์ประกอบหลัก คือ ควอตซ์ อิลไลต์และเคโอลิไนต์ ตัวอย่างผลวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1 แสดงผลวิเคราะห์ XRD ของดิน PJ1 PJ2 PJ3 PJ4 PJ5 และ PJ6

โดยดิน PJ-1 จากสัดส่วนของแร่จะพบว่า ควอตซ์มีมาก ดังนั้นหากนำมาใช้งานดิน PJ-1 จะมีการหดตัวน้อยและค่อนข้างทนไฟ

สัดส่วนของแร่ในเนื้อดิน PJ-2 และ PJ-3 แต่ละตัวพบว่า ควอตซ์ อิลไลต์และเคโอลิไนต์ใกล้เคียงกัน ทำให้ดิน PJ-2 และ PJ-3 มีความเหนียวและมีสีขาวเนียน เนื่องจากเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของเคโอลิไนต์ในเนื้อดิน

ดิน PJ-4 จากสัดส่วนของแร่พบว่า ควอตซ์ มีมากกว่า เคโอลิไนต์ประมาณ 2 : 1 จะทำให้ดิน PJ-4 มีความเหนียวของเนื้อดินอยู่ แต่เหนียวน้อยกว่า PJ-2 และ PJ-3 และปริมาณควอตซ์ในเนื้อดินทำให้ PJ-4 หดตัวน้อยกว่า PJ-2 และ PJ-3

ดิน PJ-5 และ PJ-6 ลักษณะของ peak คล้ายคลึงกัน โดยจะมีแร่องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น แร่ควอตซ์ ทำให้ดินไม่มีความเหนียว เนื้อดินค่อนข้างทนไฟสูงและมีการหดตัวต่ำ

## 2.2 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีเป็นลักษณะเฉพาะอย่างหนึ่งของวัตถุดิบแสดงในเทอมของออกไซด์ เช่น $Si0_2$ . $Al_2O_3$ และ $TiO_2$ เป็นต้น องค์ประกอบทางเคมีหาได้จากเครื่อง XRF (X – ray fluorescence) หรือหาด้วยวิธี wet analysis ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธี wet analysis ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบออกไซด์ 8 ตัว ได้แก่ $SiO_2$ , $Al_2O_3$ , $Fe_2O_3$ , $TiO_2$ , $K_2O$ , $Na_2O$ , MgO , CaO และ L.O.I ซึ่งออกไซด์แต่ละตัวจะให้คุณลักษณะและคุณสมบัติของดินที่ต่างกันดังนี้

**$SiO_2$** ในเนื้อดินมีบทบาท 2 ลักษณะ คือ อยู่ในรูปของเคโอลิไนต์และอยู่ในรูปของ free silica

- ในรูปของเคโอลิไนต์ ถ้า %$SiO_2$ อยู่ในช่วงประมาณ 46% แสดงว่า เคโอลิไนต์มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง ถ้า %$SiO_2$ สูงหรือต่ำกว่านี้จะมีความบริสุทธิ์ต่ำลง
- ในรูปของ free Silica ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกลุ่ม alkali ทำหน้าที่เป็น binder ช่วยลดอุณหภูมิในการเผาลง

**$Al_2O_3$** ในเนื้อดินอยู่ในรูปของ เคโอลิไนต์และอิลไลต์ ถ้าปริมาณของ $Al_2O_3$ สูง จะทำหน้าให้เนื้อดินมีความแข็งแรงและความทนไฟมากขึ้น โดย $Al_2O_3$ จะเกิดปฏิกิริยากับ $SiO_2$ เปลี่ยนอยู่ในรูปของ mullite

**$Fe_2O_3$** เป็นสิ่งเจือปนตัวหนึ่งที่แทรกอยู่ในผลึกของดิน ทำให้ความขาวของเนื้อดินลดลง %$Fe_2O_3$ < 1% ไม่ค่อยมีผลต่อสี ถ้า %$Fe_2O_3$ มากขึ้น (>1%) ความขาวจะลดลง

**$TiO_2$** เป็นสิ่งเจือปนที่ทำให้สีของเนื้อดินไม่โปร่งแสง และเกิดสีฟาง %$TiO_2$ ในเนื้อดินไม่ควรเกิน 1%

**$Na_2O$ , $K_2O$ , CaO และ MgO** ในเนื้อดินทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการเผา (Fluxing)

**L.O.I** บ่งบอกถึงความบริสุทธิ์ของเนื้อดิน %L.O.I สูง ดินก็มีสิ่งเจือปนสูง

องค์ประกอบทางเคมีของดินพิจิตรในรายงานฉบับนี้ได้ทำการวิเคราะห์ โดยกลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 ผลแสดงในตารางที่ 2.1

**ตาราง 2.1** แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่างที่ผ่านตะแกรง 100 เมช

| ตัวอย่าง | องค์ประกอบทางเคมี | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | CaO | MgO | L.O.I. |
| PJ-1 | 60.50 | 27.89 | 0.10 | 0.19 | 0.31 | 1.11 | nil | 0.09 | 9.31 |
| PJ-2 | 57.37 | 31.55 | 0.24 | 0.17 | 0.13 | 1.16 | nil | 0.07 | 8.93 |
| PJ-3 | 48.75 | 36.91 | 1.12 | 0.29 | 029 | 0.67 | nil | 0.07 | 11.67 |
| PJ-4 | 56.65 | 30.63 | 0.71 | 0.26 | 0.19 | 0.81 | nil | 0.07 | 10.13 |
| PJ-5 | 57.03 | 28.30 | 0.62 | 0.19 | 0.57 | 0.75 | 0.01 | 0.46 | 11.45 |
| PJ-6 | 62.66 | 21.27 | 4.54 | 0.11 | 1.39 | 0.16 | 0.02 | 0.38 | 9.06 |
| PJ-7 | 56.02 | 25.21 | 8.03 | 0.16 | 0.58 | 0.59 | 0.01 | 0.14 | 9.15 |
| PJ-8 | 64.20 | 20.77 | 4.79 | 0.13 | 0.51 | 0.15 | 0.01 | 0.21 | 8.89 |

จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่าง พบว่า ดิน PJ-1 PJ-2 PJ-3 PJ-4 และ PJ-5 มีปริมาณซิลิกาออกไซด์อยู่ระหว่าง 55 – 65% ปริมาณอลูมินาออกไซด์อยู่ระหว่าง 27 – 37% และ alkali group อยู่น้อยกว่า 2% ทำให้ดินทนไฟ ซึ่งหากนำไปใช้งานต้องเผาที่อุณหภูมิสูงกว่าดินปกติ (>1250$^{\circ}$C) หรือต้องหาตัวช่วยหลอม (Fluxing) มาเติมเพื่อลดอุณหภูมิในการ sintering

สำหรับ PJ-6 PJ-7 และ PJ-8 นั้นจะพบว่ามีปริมาณเหล็กออกไซด์สูง ทำให้ดินดังกล่าวมีสีโทนส้มแดง และใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำกว่าดิน PJ-1 PJ-2 PJ-3 PJ-4 และ PJ-5 ดินหลังเผามีสีแดง

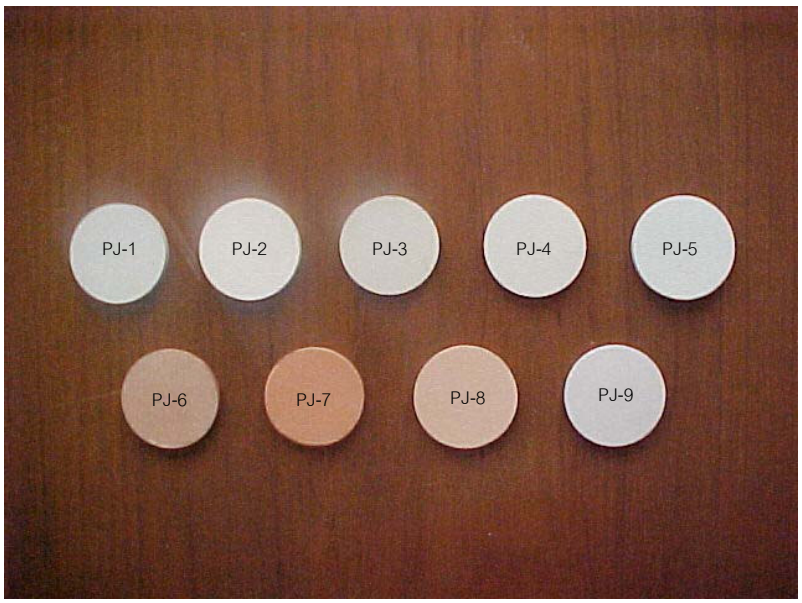
## 2.3 สีของตัวอย่าง

ในการศึกษานี้เราแยกดินตัวอย่างออกเป็น 9 กลุ่มด้วยกัน ตามลักษณะของสีดินที่ปรากฏในธรรมชาติ

อุตสาหกรรมเซรามิกส่วนใหญ่เมื่อทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แล้ว ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะถูกนำไปเผาเพื่อให้เกิดความแข็งแกร่งและสามารถใช้งานได้ และในการเผาผลิตภัณฑ์ลักษณะเด่นอย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัด คือสีหลังเผา จึงมีการศึกษาเพื่อประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้วัตถุดิบ

ให้ได้สีของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ สีที่ปรากฏหลังเผานอกจากจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางแร่และทางเคมีของวัตถุดิบโดยตรงแล้วยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เวลาและบรรยากาศที่ใช้ในการเผาตัวอย่างด้วย ดังนั้นในการกล่าวถึงสีหลังเผาของวัตถุดิบ จึงมักจะมีการรายงานอุณหภูมิ เวลาและบรรยากาศในการเผาตัวอย่างด้วย จากการศึกษาตัวอย่างดินพิจิตรพบการเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่างดังแสดงในรูป 2.2, 2.3 และ 2.4

รูปที่ 2.2 แสดงสีของตัวอย่าง PJ1-9




รูปที่ 2.3 แสดงสีของตัวอย่าง PJ1-9 เผาที่ 1200°C

รูปที่ 2.4 แสดงสีของตัวอย่าง PJ-1 เผาที่อุณหภูมิต่างกัน

## 2.4 Thermochemical and thermophysical analysis.[3]

เทคนิค Thermochemical ใช้ในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทาง Thermodynamic ที่เกิดขึ้นในวัตถุดิบ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุดิบหรือปฏิกิริยาระหว่างวัตถุดิบที่บรรยากาศต่างกันหรือที่อุณหภูมิต่างกัน

เครื่องมือที่ใช้อยู่ปัจจุบันคือ DTA (Differential thermal analysis) และ TGA (Thermogravimetric analysis)

โดยเครื่อง DTA จะอาศัยหลักความแตกต่างของอุณหภูมิของวัตถุดิบกับตัวอ้างอิง (reference powder) ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปของการคายความร้อนและการดูดความร้อน และ TGA จะอาศัยหลักความแตกต่างของน้ำหนักของวัตถุดิบตัวอย่างและตัวอ้างอิง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จากข้อมูลดังกล่าวสามารถคาดคะเนปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

และจากปฏิกิริยาที่คาดว่าจะเกิดขึ้นนี้ เราสามารถควบคุมความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นให้น้อยที่สุดในขบวนการเผา และผลของปฏิกิริยาดังกล่าวทำให้น้ำหนักของตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไปและมีผลต่อการหดตัวของตัวอย่างด้วย

**ตารางที่** 2.2 แสดงปฏิกิริยาที่อาจเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่างๆ

| ปฏิกิริยา | อุณหภูมิ |
|---|---|
| **dehydration** | |
| 1. kaolin | 450° - 700 °C |
| 2. aluminumhydrate | 320° - 560 °C |
| 3. talc | 900° - 1000 °C |
| **decomposition** | |
| 1. magnesium carbonate | 700 °C |
| 2. dolomite | 830° - 920 °C |
| 3. magnesium sulfate | > 970 °C |
| 4. calcium sulfate | 1050 °C |
| 5. organic matter in ballclay | 200° - 700 °C |

- weight loss คือน้ำหนักที่หายไปของวัตถุดิบเนื่องจากความร้อน หาได้จาก น้ำหนักก่อนเผา – น้ำหนักหลังเผา ค่า weight loss มักใช้ในการอ้างถึงปริมาณน้ำและสารอินทรีย์ในเนื้อวัตถุดิบ กรณีที่ไม่มีการทดสอบทางเคมี
- การหดตัว เป็นปัจจัยอีกตัวหนึ่งที่มักมีการกล่าวถึงในการตรวจสอบวัตถุดิบ ซึ่งค่าของการหดตัวสามารถอ้างอิงไปถึงการเกิดปฏิกิริยา ขนาดของอนุภาค ปริมาณน้ำของวัตถุดิบ เป็นต้น

ในการศึกษานี้เราทำการหา %weight loss และ %การหดตัว โดย

1) นำดินตัวอย่างมาผ่านตะแกรง 100 mesh แล้วอัดขึ้นรูปเป็นแป้นกลม
2) วัดความยาวของ $\varnothing$ ($D_1$) และนำไปชั่งน้ำหนักก่อนเผา ($W_1$) ของชิ้นตัวอย่าง
3) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1200°C
4) วัดความยาวของ $\varnothing$ ($D_2$) และนำไปชั่งน้ำหนักหลังเผา ($W_2$)
5) คำนวณ % การหดตัว และ % weight loss ตามสมการนี้

5.1 % การหดตัว = $\frac{D_2 - D_1}{D_1} \times 100$

5.2 % weight loss = $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$

**ตาราง 2.3** แสดงผลการศึกษา Thermophysic และการหดตัวเนื่องด้วยความร้อนของดินพิจิตร ที่ 1200°C

| ตัวอย่าง | %น้ำหนักที่หายไป | % การหดตัว |
|---|---|---|
| PJ-1 | 10.2-10.5 | 3.3-3.8 |
| PJ-2 | 10.1-10.6 | 3.6-3.8 |
| PJ-3 | 12.513.2 | 7.0-7.2 |
| PJ-4 | 10.9-11.2 | 3.7-3.8 |
| PJ-5 | 12.0-12.1 | 2.2-2.4 |
| PJ-6 | 10.3-10.6 | 4.2-4.4 |
| PJ-7 | 10.3-10.6 | 5.0-5.5 |
| PJ-8 | 9.7-10.1 | 2.5-2.6 |
| PJ-9 | 11.0-11.1 | 3.0-3.3 |

## 2.5 ความพรุนตัวของตัวอย่าง

ความพรุนตัวเป็นคุณลักษณะอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญของวัตถุดิบซึ่งจะเกี่ยวพันไปถึงความทนไฟ การหดตัว ความเหนียว เป็นต้น เรามักจะคำนวณหาความพรุนตัวโดยเปรียบเทียบจากความสามารถในการดูดซึมน้ำของวัตถุดิบ การกล่าวถึงค่าความพรุนตัวของตัวอย่างมักจะมีการกำกับอุณหภูมิในการเผาไว้ด้วย เนื่องจากที่อุณหภูมิต่างกันค่าความพรุนจะต่างกัน (ที่อุณหภูมิสูงค่าความพรุนตัวจะต่ำ)

การหาการดูดซึมน้ำ ที่เราใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ทำโดย

1. นำชิ้นงานที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
2. นำชิ้นงานนั้นมาอบที่ 150°C ปล่อยให้เย็นใน desicator ชั่งน้ำหนักบันทึกผล D
3. นำชิ้นงานไปต้ม 5 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
4. นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำเช็ดผิวให้เอาน้ำที่เกาะผิวออก นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง M
5. นำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณในสมการ

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{M - D}{D} \times 100$$

ซึ่งจากการทดลอง เราได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2.4

**ตาราง 2.4** แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง

| ตัวอย่าง | เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ |
|---|---|
| PJ-1 | 12.0-14.0 |
| PJ-2 | 12.0-13.0 |
| PJ-3 | 11.5-12.5 |
| PJ-4 | 11.5-13.5 |
| PJ-5 | 14.7-15.0 |
| PJ-6 | 10.3-11.5 |
| PJ-7 | 16.0-16.6 |
| PJ-8 | 18.4-19.0 |
| PJ-9 | 18.0-18.5 |

## 2.6 ความขาวสว่าง (Whiteness)

คุณลักษณะด้านความขาวสว่างจะใช้ตรวจสอบวัตถุดิบที่มีสีค่อนข้างขาวหรือสีขาว ซึ่งการทดสอบนั้นจะทำได้กับวัตถุดิบทั้งที่เผาและไม่เผา ขึ้นอยู่กับความต้องการนำไปใช้งาน สำหรับงานทางด้านเซรามิกแล้วมักจะทำการทดสอบหลังจากที่วัตถุดิบผ่านการเผามาแล้ว เพื่อดูสีที่เปลี่ยนแปลงหรือความขาวสว่างของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้

การหาค่าความขาวสว่างในการศึกษาครั้งนี้ เราใช้เครื่องมือยี่ห้อ Photovolt model 577 made in America ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้[4]

1. ทำ calibration เครื่องมือจาก Black cavity และ standard plaque โดย set ค่า black cavity = 0 และ standard plaque = ค่าที่กำหนดตาม standard ที่ใช้
2. นำชิ้นตัวอย่างที่ต้องการวัดมาวัด อ่านค่าจะวัดได้จาก blue wratten filter

สำหรับดินพิจิตรที่นำมาทดสอบคุณลักษณะนี้ จะเป็นตัวอย่างที่มีโทนสีขาวคือดินตัวอย่าง PJ1, PJ2, PJ3, PJ4, PJ5 และ PJ9 ซึ่งให้ผลดังนี้

| ค่าความขาวสว่าง | PJ-1 | PJ-2 | PJ-3 | PJ-4 | PJ-5 | PJ-9 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| At 1200°C | 71 - 72 | 77 - 78 | 59 - 60 | 68 - 69 | 70 - 71 | 63 – 64 |
| At 1250°C | 64 - 65 | 75 - 77 | 54 - 55 | 64 - 66 | - | - |

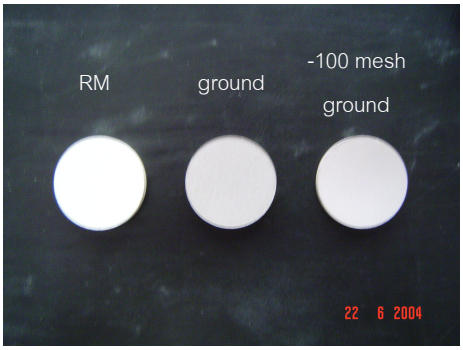
จากค่าความขาวสว่างที่อ่านได้จะพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าความขาวสว่างของดินพิจิตร คือเมื่อนำดินพิจิตรมาเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นความขาวสว่างจะมีค่าลดลง

# บทที่ 3
# คุณสมบัติของดินตัวอย่างและแนวทางการใช้ประโยชน์

## 3.1 ดินตัวอย่าง PJ - 1

**<u>ลักษณะทั่วไป</u>** เป็นก้อนดินสีเทา เนื้อร่วนสามารถใช้มือบี้ให้แตกออกจากกันได้ ลื่นมือ เม็ดดินขนาดค่อนข้างใหญ่คล้ายเม็ดทรายแต่สามารถบดให้เล็กลงได้ เม็ดดินไม่แข็งมาก ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของดิน PJ-1




รูปที่ 3.2 แสดงสีของดิน PJ-1 เผาที่ 1200°C

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณลักษณะ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน PJ-1

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-1 |
|---|---|
| 1. ทางกายภาพ | |
| 1.1 องค์ประกอบทางแร่ (RM) | |
| ควอตซ์ (Quartz) | ■■■■■ |
| เคโอลิไนต์ (Kaolinite) | ■ |
| อิลไลต์ (Illite) | ■■ |
| 1.2 Firing shrinkage at 1200°C | 3.3-3.8 |
| 1.3 Firing shrinkage at 1250°C | 3.3-3.5 |
| 1.4 Water absorption at 1200°C | 12.0-14.0 |
| 1.5 Water absorption at 1250°C | 8.3-8.5 |
| 1.6 Weight loss at 1200°C | 9.3-9.5 |
| 1.7 Weight loss at 1250°C | 10.3-10.7 |
| 1.8 Brightness at 1200°C | 71-72 |
| 1.9 Brightness at 1250°C | 64-65 |

■ แสดงความมากน้อยของแร่องค์ประกอบ

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-1 |
|---|---|
| 2. ทางเคมี | |
| $SiO_2$ | 60.50 |
| $Al_2O_3$ | 27.89 |
| $Fe_2O_3$ | 0.10 |
| $TiO_2$ | 0.19 |
| $Na_2O$ | 0.31 |
| $K_2O$ | 1.11 |
| CaO | nil |
| MgO | 0.09 |
| L.O.I. | 9.31 |

**แนวทางการใช้ประโยชน์**

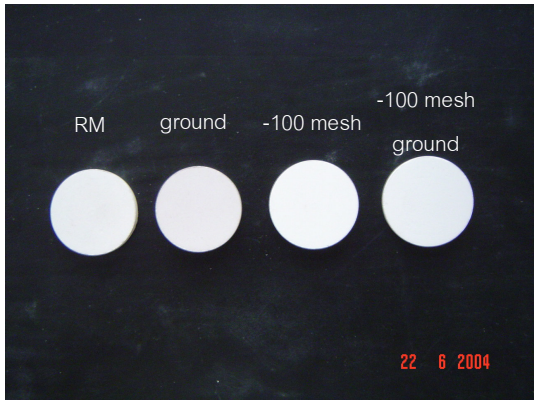
จากคุณลักษณะของสีที่ปรากฏก่อนการเผาดิน PJ – 1 ให้สีเทาเมื่อมองดูด้วยตาเปล่า แต่เมื่อดูผ่านกล้องจุลทรรศน์จะพบว่าเม็ดดินมีสีขาวอยู่ปะปนกับแร่ไพไรท์ขนาดเล็ก ทำให้สีหลังเผาไม่ขาว เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงสีของตัวอย่างหลังเผาเป็นสีเทาเข้ม ได้ทำการทดลองโดยการผ่านตะแกรง เบอร์ 100 เมช ก่อนการบดและการเผาพบว่าสีของตัวอย่างสว่างและเนียนขึ้น ดังแสดงในรูป 3.2 จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่และองค์ประกอบทางเคมี ให้ผลวิเคราะห์ที่สนับสนุนกัน คือ ผลจากการศึกษาด้วยเครื่อง XRD พบว่าดิน PJ – 1 ปรากฏ peak ที่ชัดเจนของแร่เคโอลิไนต์ ควอตซ์และอิลไลต์ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบทางเคมี ที่ให้ $\%Al_2O_3$ และ $\%SiO_2$ ปริมาณสูงประกอบกับ alkali group มีปริมาณน้อย ทำให้ดิน PJ – 1 ค่อนข้างทนไฟและตอบสนองออกมาในค่าการหดตัวต่ำและการดูดซึมน้ำสูง ดังแสดงในตาราง 3.1

ดังนั้นในการนำดิน PJ – 1 มาใช้งานจึงเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เผาอุณหภูมิสูงหรือหากใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เผาไฟปานกลางก็ต้องเติม fluxing agent เพื่อช่วยลดอุณหภูมิเผา สีหลังเผาของดิน PJ–1 มีสีไม่ขาว ทำให้ดิน PJ – 1 ไม่สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สีขาวได้ถึงแม้จะแยกไพไรท์ออกไปบางส่วนก็ตาม แต่สามารถนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดมีสีไม่เคลือบ เช่น กระเบื้องมุงหลังคา หรือผลิตภัณฑ์ที่มีการเอนโกบทับและเคลือบผิว เช่น กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนัง เครื่องสุขภัณฑ์มีสี จานชามเคลือบสี เป็นต้น

## 3.2 ดินตัวอย่าง PJ-2

**ลักษณะทั่วไป** เป็นก้อนดินสีขาวปนเหลือง เนื้อดินไม่แข็งมาก ลื่นมือ เมื่อทำให้ขนาดเล็กลงจะพบเม็ดดินจับตัวเป็นก้อนแข็งขนาด 0.5-1 มม. จำนวนมากดังแสดงในรูป 3.3 เม็ดดินดังกล่าวสามารถบดให้แตกเป็นเนื้อดินได้ และหลังเผาให้สีขาวดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของดิน PJ-2




รูปที่ 3.4 แสดงสีของดิน PJ-2 เผาที่ 1200°C

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณลักษณะ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน PJ-2

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-2 |
|---|---|
| 1. ทางกายภาพ | |
| 1.1 องค์ประกอบทางแร่ (RM) | |
| ควอตซ์ (Quartz) | ■■■■ |
| เคโอลิไนต์ (Kaolinite) | ■■■ |
| อิลไลต์ (Illite) | ■ |
| 1.2 Firing shrinkage at 1200°C | 3.6-3.8 |
| 1.3 Firing shrinkage at 1250°C | 4.7-5.0 |
| 1.4 Water absorption at 1200°C | 12.0-13.0 |
| 1.5 Water absorption at 1250°C | 9.7-10.4 |
| 1.6 Weight loss at 1200°C | 9.5-9.7 |
| 1.7 Weight loss at 1250°C | 10.5-10.8 |
| 1.8 Brightness at 1200°C | 77-78 |
| 1.9 Brightness at 1250°C | 75-77 |

■ แสดงความมากน้อยของแร่องค์ประกอบ

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

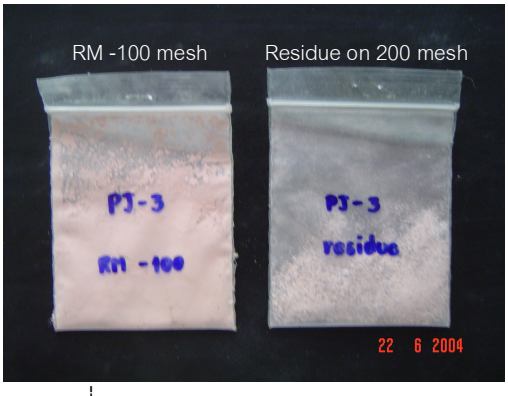
| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-2 |
|---|---|
| 2. ทางเคมี | |
| $SiO_2$ | 57.37 |
| $Al_2O_3$ | 31.55 |
| $Fe_2O_3$ | 0.24 |
| $TiO_2$ | 0.17 |
| $Na_2O$ | 0.13 |
| $K_2O$ | 1.16 |
| CaO | nil |
| MgO | 0.07 |
| L.O.I. | 8.93 |

**แนวทางการใช้ประโยชน์**

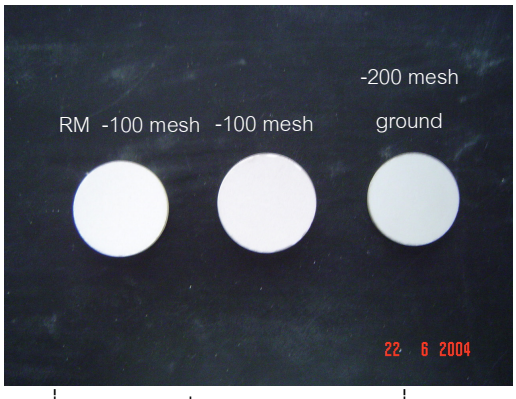
สีที่ปรากฏทั้งก่อนและหลังเผาให้สีขาวเมื่อมองดูด้วยตาเปล่า แต่เมื่อมองผ่านแว่นขยายจะพบจุดสีเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั้งในชิ้นงานที่เผาและในเนื้อดินที่ยังไม่เผาจุดสีที่กระจายในเนื้อดินก่อนเผาเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเป็นจุดของแร่ไพไรท์ เราสามารถแยก pyrite ออกจากเนื้อดินได้บางส่วนโดยการผ่านตะแกรงร่อน สีของเนื้อดินเมื่อแยก pyrite ขนาดใหญ่ออกไปบางส่วนจะมีสีเนียนขึ้น จุดสีลดลง สำหรับจุดสีที่พบในเนื้อของชิ้นงานคาดว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแร่ไพไรต์ที่ปะปนอยู่แล้วปะทุเมื่อได้รับความร้อนสูงดังแสดงในรูป 3.4 จากองค์ประกอบแร่และองค์ประกอบเคมีจะพบว่าดิน PJ – 2 มีปริมาณของแร่เคโอลิไนต์และ $\%Al_2O_3$ สูงจึงเป็นดินที่น่าสนใจดังแสดงคุณลักษณะดังกล่าวในตารางที่ 3.2 ดิน PJ-2 จึงเหมาะสำหรับเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์สีขาวและโปร่งแสง จำพวก white stoneware และ porcelain ประกอบกับคุณสมบัติด้านการทนความร้อนได้สูงและเหมาะสำหรับเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์พวกวัตถุทนไฟ

### 3.3 ดินตัวอย่าง PJ - 3

**ลักษณะทั่วไป** ดินผุจับตัวเป็นก้อนสีขาวปนแดง เนื้อดินไม่แข็ง ลื่นมือ บดเป็นผงให้สีชมพู residue บนตะแกรงเป็นเม็ดดินแข็งสีขาวปนแดงสามารถบดเป็นผงได้ง่ายดังแสดงในรูปที่ 3.5 และหลังเผาให้สีขาวปรากฏจุดสีบนชิ้นงาน การร่อนก่อนการเผาจะช่วยแยก pyrite ออกไปบางส่วนทำให้สีดินหลังเผามีความขาวดีขึ้น และเมื่อนำดินที่ผ่านตะแกรงร่อนมาทำการบดและเผาจะให้สีหลังเผาที่เนียนขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3.6




รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของดิน PJ-3




รูปที่ 3.6 แสดงสีของดิน PJ-3 เผาที่ 1200°C

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณลักษณะ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน PJ-3

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-3 |
|---|---|
| 1. ทางกายภาพ | |
| 1.1 องค์ประกอบทางแร่ (RM) | |
| ควอตซ์ (Quartz) | ■■■ |
| เคโอลิไนต์ (Kaolinite) | ■■■ |
| อิลไลต์ (Illite) | ■ |
| 1.2 Firing shrinkage at 1200°C | 7.0-7.2 |
| 1.3 Firing shrinkage at 1250°C | 8.5-9.5 |
| 1.4 Water absorption at 1200°C | 11.5-12.2 |
| 1.5 Water absorption at 1250°C | 7.8-9.2 |
| 1.6 Weight loss at 1200°C | 13.5-13.9 |
| 1.7 Weight loss at 1250°C | 14.6-14.9 |
| 1.8 Brightness at 1200°C | 59-60 |
| 1.9 Brightness at 1250°C | 54-55 |

■ แสดงความมากน้อยของแร่องค์ประกอบ

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

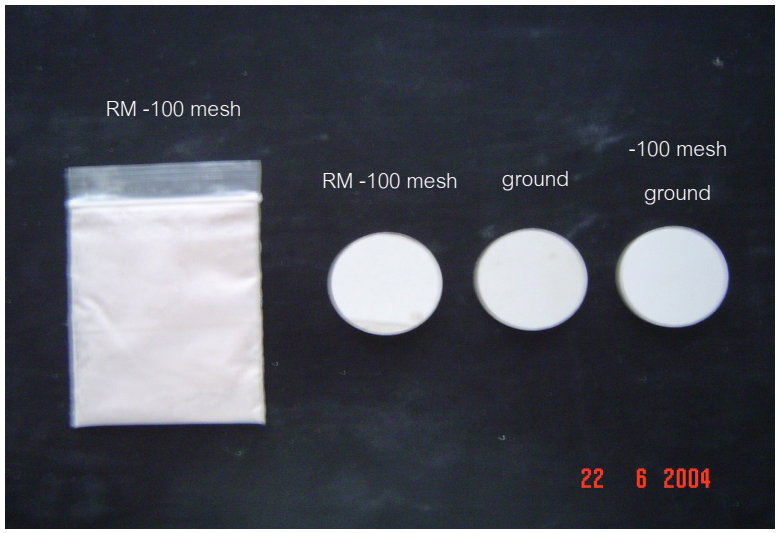
| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-3 |
|---|---|
| 2. ทางเคมี | |
| $SiO_2$ | 48.75 |
| $Al_2O_3$ | 36.91 |
| $Fe_2O_3$ | 1.12 |
| $TiO_2$ | 0.29 |
| $Na_2O$ | 0.29 |
| $K_2O$ | 0.67 |
| CaO | nil |
| MgO | 0.07 |
| L.O.I. | 11.67 |

**แนวทางการใช้ประโยชน์**

ดินตัวอย่างมีสีก่อนเผาขาวปนแดงเมื่อผ่านการเผาแล้วให้สีขาว สีแดงที่มองเห็นก่อนเผาคาดว่าเป็นสีของเหล็กออกไซด์ซึ่งมีอยู่ในเนื้อดิน จากผลวิเคราะห์เคมีจะพบ $Fe_2O_3$ อยู่มากกว่า 1% ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ทำให้สีดินก่อนเผามีสีแดง ของ $Fe_2O_3$ เมื่อดินผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงจะเปลี่ยนเป็นโทนสีเทาจากอิทธิพลของ FeO ดินหลังเผาจึงออกสีขาวเทาดังแสดงในรูป 3.6 ดิน PJ – 3 ค่อนข้างทนไฟจึงไม่เหมาะจะใช้งานที่มีการเผาเร็ว และสีหลังเผาที่ปรากฏทำให้ดิน PJ – 3 มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ ดิน PJ – 3 เหมาะสำหรับเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์กระเบื้อง สุขภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ที่มีการเอนโกบและเคลือบผิว เช่น จานชามสีทึบ เป็นต้น

### 3.4 **ดินตัวอย่าง** PJ - 4

**ลักษณะทั่วไป** ดินผุสีขาวอมชมพู เนื้อดินไม่แข็ง ลื่นมือ กากดินสีขาวอมชมพูแข็ง ขนาดใหญ่กว่า 0.5 มม. เนื้อดินเมื่อบดเป็นผงให้สีขาวอมชมพู และสีดินหลังเผาแสดงในรูป 3.7




รูปที่ 3.7 แสดงสีของดิน PJ-4 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C

ตารางที่ 3.4 แสดงคุณลักษณะ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน PJ-4

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | | ตัวอย่างดิน PJ-4 |
|---|---|---|
| 1. ทางกายภาพ | | |
| 1.1 | องค์ประกอบทางแร่ (RM) | |
| | ควอตซ์ (Quartz) | ■■■■ |
| | เคโอลิไนต์ (Kaolinite) | ■■ |
| | อิลไลต์ (illite) | ■ |
| 1.2 | Firing shrinkage at 1200°C | 3.7-3.8 |
| 1.3 | Firing shrinkage at 1250°C | 4.7-5.0 |
| 1.4 | Water absorption at 1200°C | 11.5-13.5 |
| 1.5 | Water absorption at 1250°C | 10.0-11.0 |
| 1.6 | Weight loss at 1200°C | 11.0-11.5 |
| 1.7 | Weight loss at 1250°C | 11.5-11.6 |
| 1.8 | Brightness at 1200°C | 68-69 |
| 1.9 | Brightness at 1250°C | 64-66 |

■ แสดงความมากน้อยของแร่องค์ประกอบ

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-4 |
|---|---|
| 2. ทางเคมี | |
| $SiO_2$ | 56.65 |
| $Al_2O_3$ | 30.63 |
| $Fe_2O_3$ | 0.71 |
| $TiO_2$ | 0.26 |
| $Na_2O$ | 0.19 |
| $K_2O$ | 0.81 |
| CaO | Nil |
| MgO | 0.07 |
| L.O.I. | 10.13 |

**แนวทางการใช้ประโยชน์**

ดิน PJ – 4 มีลักษณะคล้ายดิน PJ – 3 ก่อนการเผาให้สีชมพูแต่ไม่แดงมากเนื่องจาก $\%Fe_2O_3$ ในเนื้อดินมีน้อยกว่าดิน PJ – 3 อิทธิพลต่อสีทั้งก่อนและหลังเผาจึงน้อยกว่าในดิน PJ – 3 ปริมาณของแร่เคโอลิไนต์ในดิน PJ – 4 มีสัดส่วนลดลง เทียบกับปริมาณของควอตซ์ ทำให้ดิน PJ – 4 ทนความร้อนได้สูงกว่า ดิน PJ – 3 และมีการหดตัวที่ต่ำกว่าดังค่าที่ปรากฏในตาราง 3.3 และ3.4 ดิน PJ – 4 จึงสามารถ ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตกระเบื้อง สุขภัณฑ์ จานชาม คล้าย PJ – 3 หรือใช้เป็นตัวเติมในเนื้อดินสีขาวที่มีการหดตัวสูงเพื่อลดการหดตัว

### 3.5 ดินตัวอย่าง PJ - 5

**ลักษณะดินทั่วไป** ดิน PJ – 5 เป็นดินสีเทา เนื้อดินนิ่มไม่แข็ง ลื่นมือ มีแร่ pyrite ปะปนอยู่ในเนื้อดินมองเห็นได้ชัดเจน ดินมีความเหนียวสูง ในธรรมชาติมักจับตัวกันเป็นก้อน ตัวอย่างดินแสดงในรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 แสดงสีของดิน PJ-5 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C

ตารางที่ 3.5 แสดงคุณลักษณะ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน PJ-5

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-5 |
|---|---|
| 1. ทางกายภาพ | |
| 1.1 องค์ประกอบทางแร่ (RM) | |
| ควอตซ์ (Quartz) | ■■■■ |
| เคโอลิไนต์ (Kaolinite) | ■ |
| อิลไลต์ (illite) | ■ |
| 1.2 Firing shrinkage at 1200°C | 2.2-2.4 |
| 1.3 Firing shrinkage at 1250°C | 4.8-5.0 |
| 1.4 Water absorption at 1200°C | 14.7-15.0 |
| 1.5 Water absorption at 1250°C | 10.1-10.3 |
| 1.6 Weight loss at 1200°C | 11.7-11.8 |
| 1.7 Weight loss at 1250°C | 12.0-12.2 |
| 1.8 Brightness at 1200°C | 70 |
| 1.9 Brightness at 1250°C | - |

■ แสดงความมากน้อยของแร่องค์ประกอบ

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-5 |
|---|---|
| 2. ทางเคมี | |
| $SiO_2$ | 57.03 |
| $Al_2O_3$ | 28.30 |
| $Fe_2O_3$ | 0.62 |
| $TiO_2$ | 0.19 |
| $Na_2O$ | 0.57 |
| $K_2O$ | 0.75 |
| CaO | 0.01 |
| MgO | 0.46 |
| L.O.I. | 11.45 |

**แนวทางการใช้ประโยชน์**

สีก่อนเผาของดิน PJ – 5 มี pyrite กระจายปะปนอยู่เนื้อดินเห็นเป็นเม็ดสีออกฟ้าชัดเจน เมื่อนำมาเผาที่อุณหภูมิสูงจะให้ตัวอย่างดินมีสีขาวเกิดจุดสีดำของ pyrite กระจายอยู่ เมื่อนำดิน PJ – 5 มาบดผสม เพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกันพบว่าสีหลังเผาจะเปลี่ยนเป็นสีเทาเข้ม แต่เมื่อนำมาแยก pyrite บางส่วนออกไปก่อนการบดผสมพบว่าสีหลังเผาของดิน PJ – 5 ให้สีเทาอ่อนลงและเนื้อดินเนียนขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3.8 ดังนั้นในการนำดิน PJ – 5 มาใช้จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพหรือแยกสิ่งเจือปนออกก่อน คุณสมบัติอื่นแสดงในตารางที่ 3.5 ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกันกับดิน PJ – 1 จึงเป็นดินทนไฟเหมาะสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์พวก stoneware ที่มีการเคลือบสีหรือผลิตภัณฑ์ semi – porcelain ที่มีการปรับแต่งสีเนื้อดิน

### 3.6 **ดินตัวอย่าง** PJ - 6

**ลักษณะทั่วไป** ดินสีเหลืองอ่อนไม่เหนียวมาก Residue สูงแต่ไม่แข็งสามารถบดย่อยได้ เนื้อดินลื่นมือ สีของดินตัวอย่างหลังเผาแสดงในรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 แสดงสีของดิน PJ-6 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C

ตารางที่ 3.6 แสดงคุณลักษณะ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน PJ-6

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-6 |
|---|---|
| 1. ทางกายภาพ | |
| 1.1 องค์ประกอบทางแร่ (RM) | |
| ควอตซ์ (Quartz) | ■■■ |
| เคโอลิไนต์ (Kaolinite) | ◣ |
| อิลไลต์ (Illite) | ◣ |
| 1.2 Firing shrinkage at 1200°C | 4.0-4.3 |
| 1.3 Firing shrinkage at 1250°C | 4.2-4.4 |
| 1.4 Water absorption at 1200°C | 10.3-11.5 |
| 1.5 Water absorption at 1250°C | 15.1-15.7 |
| 1.6 Weight loss at 1200°C | 10.2-10.8 |
| 1.7 Weight loss at 1250°C | 10.3-10.6 |
| 1.8 Brightness at 1200°C | - |
| 1.9 Brightness at 1250°C | - |

■ แสดงความมากน้อยของแร่องค์ประกอบ

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

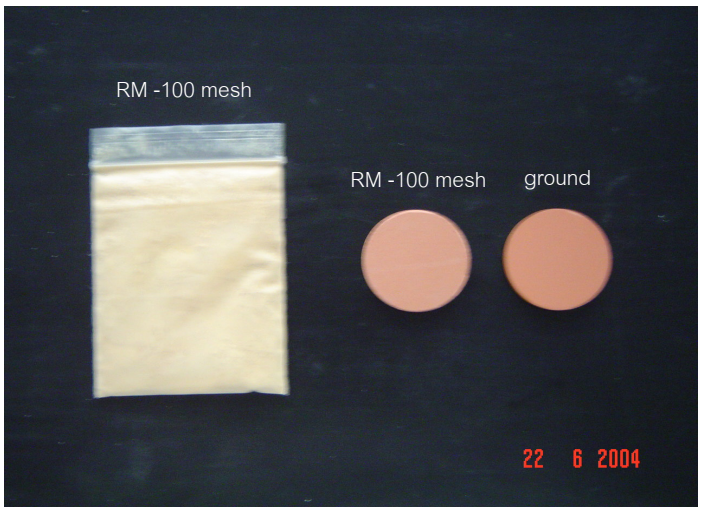
| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-6 |
|---|---|
| 2. ทางเคมี | |
| $SiO_2$ | 62.66 |
| $Al_2O_3$ | 21.27 |
| $Fe_2O_3$ | 4.54 |
| $TiO_2$ | 0.11 |
| $Na_2O$ | 1.39 |
| $K_2O$ | 0.16 |
| CaO | 0.02 |
| MgO | 0.38 |
| L.O.I. | 9.06 |

**แนวทางการใช้ประโยชน์**

ดิน PJ – 6 เป็นดินให้สีน้ำตาลแดง ความเหนียวน้อย กากมาก (Residue สูง) แต่สามารถบดให้แตกตัวได้ ดิน PJ – 6 มี pyrite ปะปนอยู่มาก ทำให้เกิดจุดสีบนผิวของชิ้นงานเมื่อนำมาผ่านการบดแล้วจุดสีของ pyrite ไม่มีผลมากจะกลืนกับสีของเนื้อดินเป็นสีน้ำตาลเนียน เมื่อแยก pyrite ออกจากดิน PJ – 6 จะพบว่าสีดินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงและจุดของ pyrite ปรากฏชัดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ผลจากการศึกษาในตารางที่ 3.6 ข้างต้น จึงสรุปได้ว่าในการดิน PJ – 6 มาใช้งาน สามารถนำมาบดใช้งานได้เลยไม่ต้องแยก pyrite ออก เพราะไม่สามารถช่วยปรับปรุงสีของดินหรือคุณสมบัติอื่นได้ และดิน PJ – 6 น่าจะนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยการกดแบบ มากกว่าการหล่อเนื่องจากดินมีความเหนียวต่ำหรืออาจใช้เป็นตัวเติมช่วยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านที่ไม่ต้องผ่านการบดจะให้สีของเนื้อดินที่แปลกตาเป็นเอกลักษณ์ของเนื้อผลิตภัณฑ์ใหม่ของในท้องถิ่นได้

### 3.7 **ดินตัวอย่าง** PJ - 7

**ลักษณะทั่วไป** เป็นดินสีเหลือง มีความเหนียวดี กากน้อย ไม่แข็งเนื้อดินละเอียดลื่นมือ มีแร่ pyrite ปะปนอยู่น้อย จับตัวกันเป็นก้อนเมื่อแห้งแข็ง อ่อนตัวในน้ำ สีของดินตัวอย่างก่อนเผาและหลังเผาแสดงในรูปที่ 3.10




รูปที่ 3.10 แสดงสีของดิน PJ-7 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C

ตารางที่ 3.7 แสดงคุณลักษณะ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน PJ-7

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-7 |
|---|---|
| 1. ทางกายภาพ | |
| 1.1 องค์ประกอบทางแร่ (RM) | |
| ควอตซ์ (Quartz) | ■■ |
| อิลไลต์ (Illite) | ■■ |
| เคโอลิไนต์ (Kaolinite) | ■ |
| 1.2 Firing shrinkage at 1200°C | 5.0-5.5 |
| 1.3 Firing shrinkage at 1250°C | 5.7-5.8 |
| 1.4 Water absorption at 1200°C | 16.0-16.6 |
| 1.5 Water absorption at 1250°C | 15.1-15.7 |
| 1.6 Weight loss at 1200°C | 10.3-10.6 |
| 1.7 Weight loss at 1250°C | 10.2-10.8 |
| 1.8 Brightness at 1200°C | - |
| 1.9 Brightness at 1250°C | - |

■ แสดงความมากน้อยของแร่องค์ประกอบ

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-7 |
|---|---|
| 2. ทางเคมี | |
| $SiO_2$ | 56.02 |
| $Al_2O_3$ | 25.21 |
| $Fe_2O_3$ | 8.03 |
| $TiO_2$ | 0.16 |
| $Na_2O$ | 0.58 |
| $K_2O$ | 0.59 |
| CaO | 0.01 |
| MgO | 0.14 |
| L.O.I. | 9.15 |

**แนวทางการใช้ประโยชน์**

สีดิน PJ – 7 หลังเผาจะให้สีน้ำตาลส้ม สีสดและผิวเนียนสวย ดังแสดงในรูป 3.10 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณ $Fe_2O_3$ มีมากและ $TiO_2$ ต่ำประกอบการมีแร่ kaolonite สูงช่วยให้ดินเกิดปฏิกิริยาได้ดี ในขณะที่ free silica น้อย ดังแสดงในตาราง 3.7 จุดสีที่เกิดจาก pyrite ปรากฏอยู่บ้างไม่มาก เมื่อมองด้วยตาเปล่าจุดสีปรากฏไม่ชัดเจน และจุดหลอมตัวของดิน PJ – 7 ไม่สูงมาก ดิน PJ-7 ที่อุณหภูมิเผาประมาณ 1200°C จะให้ความแข็งที่ดี ตัวเนื้อดินเองมีความเหนียวพอที่จะขึ้นรูปด้วยการกดแบบ (pressing) โดยไม่ต้องใช้ binder และให้สีสวยเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์กระเบื้อง Terre cotta ที่มีการโชว์สีดิน ไม่มีการเคลือบผิว เป็นที่นิยมใช้บุผนังตึก ดังเห็นในปัจจุบัน

### 3.8 ดินตัวอย่าง PJ - 8

**ลักษณะทั่วไป** มีสีแดงและมีเม็ดดินสีขาวกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งเม็ดดินสีขาวไม่แข็งมาก สามารถใช้มือบี้ได้ เนื้อดินลื่นมือ ดินมีความเหนียวดีเมื่อนำดินมาละลายในน้ำจะพบทรายปะปนอยู่มาก สีของดินตัวอย่างก่อนเผาและหลังเผาแสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 แสดงสีของดิน PJ-8 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C

ตารางที่ 3.8 แสดงคุณลักษณะ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน PJ-8

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-8 |
|---|---|
| 1. ทางกายภาพ | |
| 1.1 องค์ประกอบทางแร่ (RM) | |
| ควอตซ์ (Quartz) | ■■■■■ |
| อิลไลต์ (Illite) | ■ |
| เคโอลิไนต์ (Kaolinite) | ■ |
| 1.2 Firing shrinkage at 1200°C | 2.2-2.4 |
| 1.3 Firing shrinkage at 1250°C | 2.4-2.6 |
| 1.4 Water absorption at 1200°C | 18.4-19.0 |
| 1.5 Water absorption at 1250°C | 18.3-18.5 |
| 1.6 Weight loss at 1200°C | 9.2-9.3 |
| 1.7 Weight loss at 1250°C | 9.7-10.1 |
| 1.8 Brightness at 1200°C | - |
| 1.9 Brightness at 1250°C | - |

■ แสดงความมากน้อยของแร่องค์ประกอบ

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

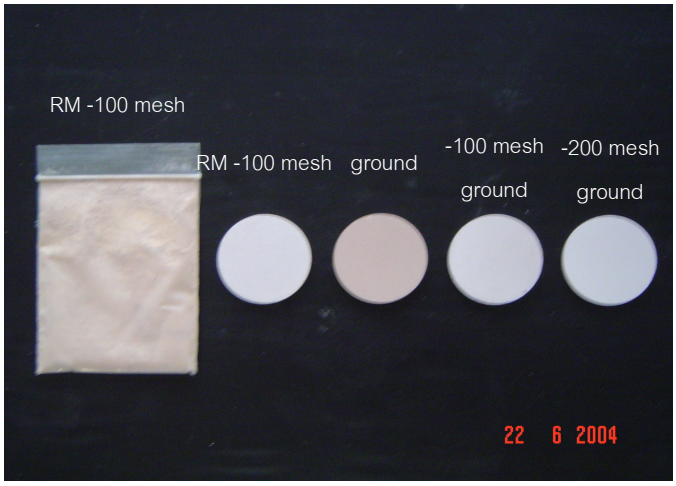
| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-8 |
|---|---|
| 2. ทางเคมี | |
| $SiO_2$ | 64.20 |
| $Al_2O_3$ | 20.77 |
| $Fe_2O_3$ | 4.79 |
| $TiO_2$ | 0.13 |
| $Na_2O$ | 0.51 |
| $K_2O$ | 0.15 |
| CaO | 0.01 |
| MgO | 0.21 |
| L.O.I. | 8.89 |

**แนวทางการใช้ประโยชน์**

ดิน PJ – 8 มีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายดิน PJ – 6 แต่ทนไฟสูงกว่าเมื่อพิจารณาจากค่าการหดตัว การดูดซึมน้ำรวมไปถึงปริมาณออกไซด์ขององค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 3.8 ดิน PJ-8 เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงจะให้สีคล้ายสีเปลือกไข่ไก่ ดังแสดงในรูป 3.11 การนำไปงานควรใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้อุณหภูมิในการเผาค่อนข้างสูง เช่น เป็นตัวเติมในผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟ ที่ไม่ต้องการความขาวมาก

### 3.9 ดินตัวอย่าง PJ - 9

**ลักษณะทั่วไป** มีน้ำตาลและมีเม็ดดินสีขาวกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งเม็ดดินสีขาวไม่แข็งมากสามารถใช้มือบี้ได้ เนื้อดินลื่นมือ ดินมีความเหนียวดี เมื่อนำดินมาละลายในน้ำจะพบทรายปะปนอยู่ สีของดินตัวอย่างก่อนเผาสีน้ำตาลปนขาวคล้ายเปลือกไข่และหลังเผาให้โทนสีขาวแสดงในรูปที่ 3.12




รูปที่ 3.12 แสดงสีของดิน PJ-9 ก่อนเผาและหลังเผาที่ 1200°C

ตารางที่ 3.9 แสดงคุณลักษณะ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างดิน PJ-9

| คุณลักษณะและคุณสมบัติ | ตัวอย่างดิน PJ-9 |
|---|---|
| 1. ทางกายภาพ | |
| 1.1 Firing shrinkage at 1200°C | 3.0-3.3 |
| 1.2 Firing shrinkage at 1250°C | 3.6-4.0 |
| 1.3 Water absorption at 1200°C | 18.0-18.5 |
| 1.4 Water absorption at 1250°C | 18.4-19.3 |
| 1.5 Weight loss at 1200°C | 11.0-11.1 |
| 1.6 Weight loss at 1250°C | 11.5-12.2 |
| 1.7 Brightness at 1200°C | 63-64 |
| 1.8 Brightness at 1250°C | - |

**แนวทางการใช้ประโยชน์**

ดิน PJ – 9 มีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายดิน PJ – 5 ต่างกันที่สีดินก่อนเผาและหลังเผา โดยดิน PJ-9 ก่อนเผาให้สีของเนื้อดินเป็นสีน้ำตาลเปลือกไข่และหลังเผาให้สีขาวอมชมพูซึ่งมองดูด้วยตาเปล่าจะให้สีที่สว่างกว่าดิน PJ-5 สีก่อนเผาของดิน PJ – 9 มี pyrite กระจายปะปนอยู่เนื้อ

ดินเห็นเม็ดสีออกฟ้าชัดเจน เมื่อนำมาเผาที่อุณหภูมิสูงตัวอย่างดินจะมีสีขาวเกิดจุดสีของ pyrite กระจายอยู่ เมื่อนำดิน PJ – 9 มาบดผสมเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกันพบว่าสีหลังเผาจะเปลี่ยนเป็นสีเทาเข้ม แต่เมื่อนำมาแยก pyrite บางส่วนออกไปก่อนการบดผสมพบว่าสีหลังเผาของดิน PJ – 9 ให้สีสว่างมากขึ้นและเนื้อดินเนียนขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3.12 ดังนั้นในการนำดิน PJ – 9 มาใช้จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพหรือแยกสิ่งเจือปนออกก่อน คุณสมบัติอื่นแสดงในตารางที่ 3.9 การนำไปงานควรใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีค่อนข้างขาว เผาที่อุณหภูมิ 1200$^{\circ}$C ขึ้นไป

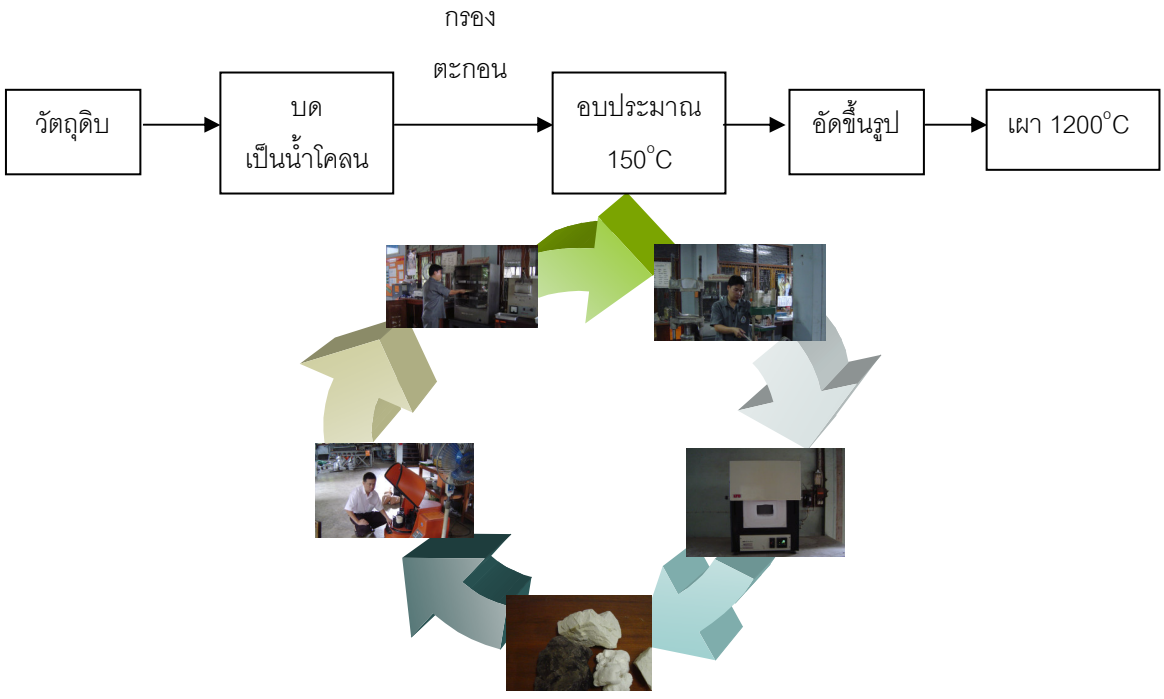
# บทที่ 4
# การนำดินตัวอย่าง (สีขาว) มาใช้ในการผลิตกระเบื้องและไวท์สโตนแวร์

จากการศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติเบื้องต้นของดินตัวอย่างทั้ง 9 ตัวอย่าง พบว่าดินตัวอย่างที่ให้สีหลังเผาขาว เป็นที่น่าสนใจจำนวน 4 ตัวอย่าง คือ PJ-1 PJ-2 PJ-3 และ PJ-4 จึงได้นำดินดังกล่าวนี้มาทำการศึกษาต่อโดยใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อของผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดไวท์สโตนแวร์ (white stoneware) การศึกษาทดลองครั้งนี้เราได้นำดินตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างมาผสมคลุกให้เข้ากันก่อน (blending) การนำมาใช้ ทั้งนี้เนื่องจากในการนำมาใช้ประโยชน์จริงในทางอุตสาหกรรมคงเป็นการยากที่จะจำแนกดินที่มีโทนสีเดียวกันและเกิดในชั้นความสูงเดียวกัน เพราะการทำ selective mine มีค่าใช้จ่ายสูงไม่คุ้มกับการลงทุน เมื่อได้ดินผสมที่เตรียมขึ้นแล้วจึงนำมาผสมในสูตรของกระเบื้องชนิดไวท์สโตนแวร์ ซึ่งประกอบด้วย ดินลำปาง 30% หินลำปาง 30% ดินเหนียว 40% และในสูตรของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ซึ่งประกอบด้วย ดินลำปาง 35% หินลำปาง 20% ดินเหนียว 40% และเฟลด์สปาร์ 5% และทำการปรับเปลี่ยนสัดส่วนเพื่อดูคุณสมบัติที่เหมาะสม

## 4.1 การนำดินพิจิตรไปใช้ทำกระเบื้องปูพื้น

เนื้อผลิตภัณฑ์อาจมีสีขาวหรือสีอื่น ๆ เนื้อมีลักษณะใกล้จะเป็นแก้ว ต้องมีการดูดซึมน้อยกว่า 3%

4.1.1 ขั้นตอนการศึกษา (ดังแสดงในรูปที่ 4.1)




รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงาน

4.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

1. ดินลำปาง
2. หินลำปาง
3. ดินเหนียวแม่ทาน
4. ดินพิจิตรผสม PJ1 PJ2 PJ3 และ PJ4 ในอัตราส่วน 1:1:1:1

4.1.3 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

สัดส่วนตั้งต้นเริ่มจากเนื้อสโตนแวร์ ซึ่งประกอบด้วย ดินลำปาง 30% หินลำปาง 30% และดินเหนียวแม่ทาน 40% ทำการปรับเปลี่ยนสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** แสดงสัดส่วนผสมของเนื้อกระเบื้องชนิดไวท์สโตนแวร์

| ส่วนผสมที่ | ดินขาวลำปาง (%) | หินลำปาง (%) | ดินพิจิตรผสม (%) | ดินเหนียวแม่ทาน (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 30 | - | 40 |
| 2 | 30 | 30 | 15 | 25 |
| 3 | 30 | 30 | 20 | 20 |
| 4 | 30 | 30 | 25 | 15 |
| 5 | 30 | 30 | 30 | 10 |
| 6 | 30 | 30 | 40 | - |

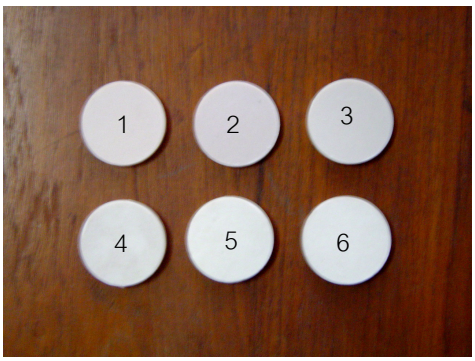
4.1.4 ผลการนำดินตัวอย่าง PJ 1 – 4 ไปใช้ในการทำกระเบื้อง

ผลจากการศึกษาพบว่าดินพิจิตรที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้นแล้วสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตกระเบื้องแทนดินแม่ทานได้ มากถึง 75% ของดินแม่ทานหรือ 30% ในสูตรข้างต้นโดยเนื้อของผลิตภัณฑ์ยังเป็นเนื้อของสโตนแวร์โทนสีขาว มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่า 3% ดังค่าที่แสดงในตาราง 4.2 และจากผลการทดลองเราพบว่าดินพิจิตรที่นำมาใช้ผลิตกระเบื้องเนื้อดินสีขาวนี้ทำให้ค่าความขาวสว่างลดลงดังแสดงในรูปที่ 4.2ก คาดว่าสาเหตุดังกล่าวมาจากปริมาณ pyrite และ kaolinite ในเนื้อดินดิบ เพราะอุณหภูมิทดสอบที่ 1200°C เป็นอุณหภูมิที่ spinel เริ่มเปลี่ยนโครงสร้างเป็น mullite เท่านั้น และในเนื้อดินพิจิตรมีปริมาณ alkaline group ต่ำทำให้การเกิดปฏิกิริยาช้า ค่าความขาวที่วัดได้จึงมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้ดินแม่ทานเป็นส่วนผสม ซึ่งในดินแม่ทานมี alkali group สูงทำหน้าที่ช่วยลดจุดสุกตัวให้ต่ำลง การเปลี่ยน

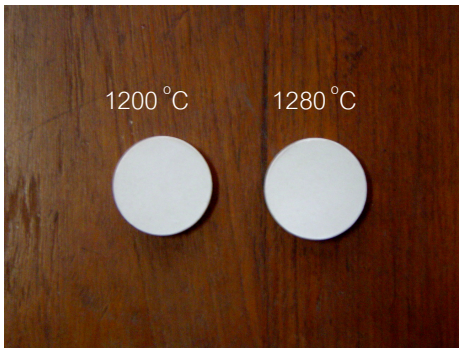
โครงสร้างของส่วนผสมโดยรวมจึงเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่า เนื้อดินหลังเผามีค่าความขาวสว่างมากกว่า ซึ่งจุดนี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการเติมตัวช่วยหลอม (Fluxing agent) เข้าไปแล้วเผาที่อุณหภูมิเดิม หรือใช้ส่วนผสมเดิมแล้วเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นหรือเพิ่ม soaking time สังเกตได้เมื่อนำสูตรที่ 6 มาทำการเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น 1280°C พบว่าให้ค่าความสว่างมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.2ข และค่าความขาวสว่างที่วัดได้เพิ่มจาก 40.23 ที่ 1200 °C เป็น 46.52 ที่ 1280 °C และให้คุณสมบัติด้านความแข็งแรงดีขึ้น จากเดิม 23.73 N/mm$^2$ เพิ่มขึ้นเป็น 35.12 N/mm$^2$

**ตารางที่ 4.2** แสดงค่าความขาวสว่างและการดูดซึมน้ำของสูตรกระเบื้องเมื่อเผาที่ 1200°C

| ส่วนผสมที่ | ค่าความขาวสว่าง | ค่าการดูดซึมน้ำ (%) |
|---|---|---|
| 1 | 45.50 | 1.93 |
| 2 | 41.97 | 1.42 |
| 3 | 39.42 | 1.67 |
| 4 | 43.26 | 2.88 |
| 5 | 41.21 | 2.36 |
| 6 | 40.23 | 4.46 |




รูปที่ 4.2 ก. แสดงสีของชิ้นทดสอบทั้ง 6 สูตร ที่ 1200°C




ข.แสดงสีของชิ้นทดสอบเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น

การทดลองเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้คุณสมบัติด้านความขาวและความแข็งแรงของชิ้นทดสอบดีขึ้น แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญโดยเฉพาะการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ทำให้การที่จะนำดินพิจิตรมาใช้ไม่เป็นที่สนใจในปัจจุบัน แต่ในอนาคตหากดินเหนียวแหล่งแม่ทานหมดดินพิจิตรก็เป็นแหล่งที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไป เพราะถึงแม้ดินพิจิตรจะทนไฟแต่ก็สามารถหาวัตถุดิบตัวอื่นมาช่วยลดอุณหภูมิในการเผาลงได้ และเราได้ทำการทดลองเพิ่มเติมในส่วนนี้โดยนำดินเหนียวสีเข้า

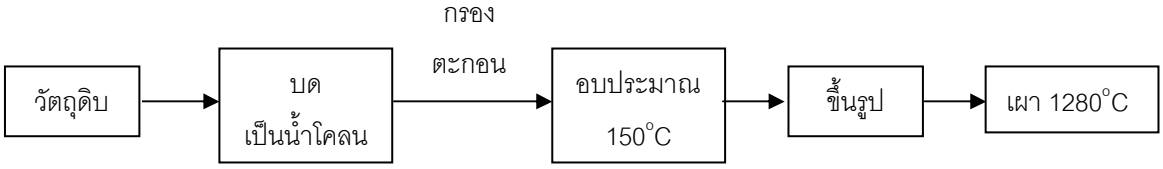
ช่วยพบว่าให้คุณสมบัติด้านความแข็งแรง การหลอมตัวดีขึ้นโดยค่าความขาวลดลงเล็กน้อย (ขึ้นอยู่กับปริมาณและสารปนเปื้อนในเนื้อดินสีนั้นๆ) การศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้เพื่อหาแนวทางในการลดอุณหภูมิเผาชิ้นงานเท่านั้น จึงไม่ได้แสดงรายละเอียดของการศึกษาในส่วนนี้ลงในรายงานฉบับนี้

## 4.2 การนำดินพิจิตรไปใช้ทำ white stoneware

4.2.1 ข้อจำกัดของ white stoneware

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อหนาแน่น แข็งแกร่ง ทึบแสง มีสีขาว ดูดซึมน้ำน้อยไม่เกิน 5%

4.2.2 ขั้นตอนการศึกษา




4.2.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

1. ดินขาวลำปาง 325 เมช
2. หินขาวลำปาง 100 เมช
3. ดินดำวังเหนือ
5. ดินพิจิตรผสม PJ1 PJ2 PJ3 และ PJ4 ในอัตราส่วน 1:1:1:1
4. เฟลด์สปาร์

4.2.4 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

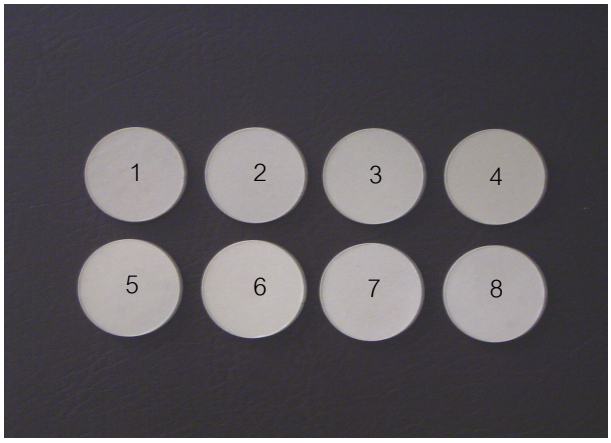
สัดส่วนตั้งต้นเริ่มจากเนื้อดินปั้นของ white stoneware ซึ่งประกอบด้วย ดินขาวลำปาง 35% หินขาวลำปาง 20% ดินดำวังเหนือ 40% และเฟลด์สปาร์ 5% ทำการปรับส่วนผสมโดยการแทนที่ดินลำปางด้วยดินพิจิตรในอัตราส่วนดังแสดงในตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** แสดงสัดส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ชนิดไวท์สโตนแวร์

| ส่วนผสม | ดินขาวลำปาง (%) | หินขาวลำปาง (%) | ดินดำวังเหนือ (%) | ดินพิจิตรผสม (%) | เฟลด์สปาร์ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 35 | 20 | 40 | - | 5 |
| 2 | 30 | 20 | 40 | 5 | 5 |
| 3 | 25 | 20 | 40 | 10 | 5 |
| 4 | 20 | 20 | 40 | 15 | 5 |
| 5 | 15 | 20 | 40 | 20 | 5 |
| 6 | 10 | 20 | 40 | 25 | 5 |
| 7 | 5 | 20 | 40 | 30 | 5 |
| 8 | - | 20 | 40 | 35 | 5 |

4.2.5 ผลการนำดินตัวอย่าง PJ 1 – 4 ไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ white stoneware

จากการศึกษาพบว่าดินตัวอย่าง PJ 1 – 4 ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้นด้วยการผ่านตะแกรงร่อนและ blending แล้วสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาชนิด white stoneware แทนดิน-k;ลำปางได้ดังแสดงตัวอย่างชิ้นทดสอบในรูปที่ 4.3 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความขาวสว่างที่ดีขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.4 เมื่อนำมาทดสอบการขึ้นรูปพบว่าสามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์และทรงตัวอยู่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยกว่า 5% พบว่าการนำดินพิจิตรมาใช้ในผลิตภัณฑ์ปริมาณมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความทนไฟเพิ่มขึ้น อันเป็นผลเนื่องจากองค์ประกอบจำพวก alkali group ในดินพิจิตรมีปริมาณน้อย ดังนั้นหากเราต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเมื่อเผาที่อุณหภูมิเท่าเดิมเราจะต้องเพิ่มตัวช่วยหลอมเข้าไป เช่น เพิ่มปริมาณเฟลด์สปาร์และลดปริมาณดินขาวลำปางหรือดินพิจิตรลง เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้เราทดลองทำชิ้นงานโดยใช้ส่วนผสมที่ 8 คือใช้ดินพิจิตรแทนดินขาวลำปาง 100% พบว่าสามารถขึ้นรูปได้ทั้งการปั้นมือและการหล่อแบบดังแสดงในรูปที่ 4.5 และเมื่อทำการเผาชิ้นงานที่อุณหภูมิ 1280$^{O}$C พบว่าเนื้อผลิตภัณฑ์มีค่าการดูดซึมน้ำ 0.2-0.3% และมีค่าความขาวสว่างที่ดีดังแสดงในรูปที่ 4.6 แต่น้ำดินที่เตรียมสำหรับการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบนั้นตกจมเร็ว ในการทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของน้ำดินเพื่อหาปริมาณความต้องการสารแขวนลอยของดินองค์ประกอบทุกตัวดังแสดงในภาคผนวกและพบว่าปริมาณความต้องการสารแขวนลอยของดินองค์ประกอบอยู่ที่ประมาณ 0.2% $Na_2SiO_3$ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีการเติม 0.2% $Na_2SiO_3$ เข้าไปเพื่อให้น้ำดินกระจายตัวที่ดี ชะลอการตกจมของเนื้อดิน ทำให้การขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบดีขึ้น




รูปที่ 4.3 แสดงสีของชิ้นทดสอบทั้ง 8สูตรทำการเผาที่ 1200°C

**ตาราง 4.4** แสดงค่าคุณสมบัติหลังเผาของเนื้อดินผสม เผาทดสอบที่ 1200°C

| ส่วนผสม | ค่าการหดตัว | ค่าการดูดซึมน้ำ | ค่าความขาวสว่าง |
|---|---|---|---|
| 1 | 11..8-12.1% | 0.5-0.6% | 30.1-30.7 |
| 2 | 10.8-11.1% | 1.0-1.5% | 30.8-31.7 |
| 3 | 10.1-10.6% | 1.0-1.4% | 31.2-31.9 |
| 4 | 9.8-9.9% | 1.6-2.2% | 34.0-35.2 |
| 5 | 9.2-9.6% | 2.2-2.9% | 36.1-36.7 |
| 6 | 8.6-90% | 3.8-4.5% | 36.9-38.1 |
| 7 | 8.6-9.1% | 3.3-4.0% | 38.5-39.4 |
| 8 | 8.6-9.7% | 3.8-4.7% | 39.5-40.4 |

รูปที่ 4.4 แสดงผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยการปั้นมือและการหล่อแบบ

รูปที่ 4.5 แสดงชิ้นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากสูตรที่ 8 เผา biscuit ที่ 900°C ตกแต่งด้วยสีใต้เคลือบ

รูปที่ 4.6 แสดงชิ้นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากสูตรที่ 8 เผาที่ 1200$^{o}$C

# บทที่ 5

## ดินพิจิตรต่ออุตสาหกรรมเซรามิก

ดินพิจิตรบริเวณพื้นที่ศึกษามีลักษณะการวางตัวของชั้นดินไม่แน่นอน ชั้นดินและแนวดินมีความแปรเปลี่ยนสูง ทำให้ลักษณะของดินพิจิตรมีความหลากหลายเห็นได้จากสีของดิน ดินแต่ละสีให้คุณสมบัติต่างๆ กันไป ดังได้กล่าวในบทที่ 3 ทำให้การทำเหมืองเกิดความยุ่งยาก หากไม่มีการจัดการที่ดีจะทำให้ดินที่มีคุณภาพดีเสียไป การทำเหมืองแบบ selective mine ต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองสูง ดังนั้นถ้าจะนำดินพิจิตรมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกแล้วควรคำนึงถึง

- ความหลากหลายของดินพิจิตร ดินพิจิตรมีทั้งข้อดีและข้อเสียอยู่ในความหลากหลายนี้ ข้อดีจะเกิดขึ้นถ้าเราสามารถควบคุมและปรับปรุงดินทุกตัวให้สามารถนำมาใช้งานได้ จะได้วัตถุดิบที่มีความหลากหลายในพื้นที่เดียวกันไม่ต้องสรรหาจากบริเวณอื่น ดินสีขาวหรือโทนสีขาวนำมาทำผลิตภัณฑ์สีขาว ดินสีนำมาทำผลิตภัณฑ์ที่โชว์สีของเนื้อดิน ทำผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงเอกลักษณ์ของท้องถิ่นที่ไม่เหมือนใคร ดังได้เสนอแนวทางการใช้ประโยชน์ไว้ในบทที่ 4 ข้อเสียของความหลากหลายก็คือ ความยุ่งยากในการทำเหมือง ซึ่งต่างจากดินแหล่งอื่นที่มีลักษณะเหมือนกันทั้งบริเวณ เช่น เป็นลักษณะของเขาทั้งลูกหรือเกิดเป็นแอ่งใหญ่ดินมีความแปรปรวนขององค์ประกอบน้อย การทำเหมืองทำได้ง่ายและไม่ต้องจำแนกคุณลักษณะและคุณสมบัติมาก ค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองไม่สูงต่างจากแหล่งพิจิตร ซึ่งจะคุ้มหรือไม่ต้องพิจารณาควบคู่ไปกับการใช้ประโยชน์

- ลักษณะและคุณสมบัติของดินพิจิตร เนื่องจากดินพิจิตรมี residue สูง ส่วนใหญ่เป็นดินแข็งและแร่ไพโรท์ ทำให้มีข้อจำกัดในการใช้งาน โดยก่อนนำไปใช้ต้องมีการปรับแต่งคุณสมบัติก่อนเป็นผลให้ค่าใช้จ่ายในขบวนการผลิตเพิ่มขึ้น จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าแร่ไพโรท์บางส่วนสามารถแยกออกได้โดยการผ่านตะแกรงร่อน ยิ่งตะแกรงมีความละเอียดมากก็สามารถแยกได้ดี เมื่อแยกไพโรท์ออกจากเนื้อดินแล้ว ดินพิจิตรจะมีปริมาณของแร่ไพโรท์เป็นองค์ประกอบใกล้เคียงกับปริมาณแร่ไพโรท์ในดินขาวลำปาง แต่ดินพิจิตรมีปริมาณ alkali group ต่ำ อีกทั้งมีปริมาณของแร่ เคโอลิไนต์ สูงทำให้ดินพิจิตรมีความทนไฟมากกว่าดินลำปาง ซึ่งถ้าหาวัตถุดิบอื่นมาช่วยลดอุณหภูมิการเผาลงได้ คาดว่าดินพิจิตรจะให้คุณสมบัติหลังเผาที่ดีทั้ง ความขาว ความแข็งแรงหลังเผา(ผลจากการทดลอง) หากเราทำการศึกษาหาวิธีแต่งดินพิจิตรให้บริสุทธิ์ขึ้นด้วยวิธีอื่นซึ่งสามารถแยกไพโรท์ออกได้ปริมาณมากและประหยัดเวลาก็จะทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงได้ และสามารถนำดินพิจิตรไปใช้งานที่มีคุณภาพดีขึ้น สินค้าราคาสูงขึ้น

- ประโยชน์ในการใช้งาน ดินพิจิตรควรจะใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูง คือ อุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบปริมาณไม่มากแต่สามารถผลิตสินค้าที่มีราคาแพง เช่น ผลิตภัณฑ์สีขาว ของชำร่วยและเครื่องประดับ วัตถุทนไฟ และใช้ดินสีทำผลิตภัณฑ์พื้นบ้านที่อาศัยฝีมือในการประดิดประดอย เป็นต้น เพื่อให้สามารถชดเชยกับค่าใช้จ่ายในการทำเหมือง

- การขนส่ง หากพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัตถุดิบจากหน้าเหมืองถึงโรงงานในภาคกลางทั้งจังหวัดสระบุรี จังหวัดปทุมธานี และใกล้เคียง แหล่งดินพิจิตรจะได้เปรียบในเชิงของระยะทางที่สั้นกว่า แหล่งดินลำปาง ดังนั้นถ้าสามารถปรับปรุงลักษณะและคุณสมบัติของดินพิจิตรให้คงที่และนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายดินแหล่งพิจิตรก็เป็นที่น่าสนใจอีกแหล่งหนึ่ง ถึงแม้ค่าใช้จ่ายในการผลิตจะสูงแต่เป็นช่วงต้นของการลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับค่าขนส่งและปัญหาราคาน้ำมันที่สูงขึ้นในอนาคต ดินแหล่งพิจิตรก็เป็นแหล่งที่น่าสนใจและศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงอุตสาหกรรม

# บทที่ 6

# บทสรุป

จากการศึกษา ทดลอง เกี่ยวกับคุณลักษณะและคุณสมบัติของดินพิจิตรข้างต้นทำให้ทราบว่าดินพิจิตรมีแร่ไพไรท์เจือปนอยู่มากซึ่งแร่ไพไรท์นี้มีผลต่อสีและเนื้อดินหลังเผา ถ้านำดินมาบดผสมโดยไม่แยกไพไรท์ออกก่อนสีดินจะคล้ำ แต่หากแยกไพไรท์ออกจากดินก่อนบดสีจะสว่างขึ้น แต่เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศ์จะพบจุดสีของแร่ไพไรท์ปะทุอยู่ถึงแม้เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเนียนและกลมกลืนกัน ลักษณะดังกล่าวนี้พบเช่นเดียวกับที่พบในดินแหล่งลำปาง สำหรับแร่อีกตัวหนึ่งที่เด่นในดินพิจิตรก็คือ เคโอลิไนต์ ซึ่งเป็นแร่ที่ต้องการในการผลิตเซรามิกเพื่อให้เกิดโครงสร้างร่างแห (mullite) ทำให้เกิดความแข็งแกร่งในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดินพิจิตรมีปริมาณเคโอลิไนต์สูงและปริมาณ alkali group ต่ำ ทำให้ดินมีความทนไฟสูงต้องเผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น หากแก้ไขได้โดยการหาวัตถุดิบตัวอื่นมาเติมเพื่อลดอุณหภูมิ เช่น เฟลด์สปาร์ ก็จะทำให้ต้นทุนด้านวัตถุดิบสูง ดินพิจิตรจึงเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง และต้องการคุณสมบัติพิเศษที่สามารถจำหน่ายได้ในราคาสูง เพื่อให้คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการผลิตสินค้า หรือหากใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกทั่วไปที่มีโรงงานอยู่ในแถบภาคกลางอาจเฉลี่ยค่าวัตถุดิบและค่าเชื้อเพลิงกับค่าขนส่งได้ เนื่องจากแหล่งดินพิจิตรถึงโรงงานในภาคกลางมีระยะทางประมาณครึ่งหนึ่งของระยะทางจากลำปางถึงโรงงาน ซึ่งอาจไม่เห็นผลมากในปัจจุบันแต่ในอนาคตอันใกล้ที่ราคาค่าน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดินแหล่งพิจิตรก็เป็นดินอีกแหล่งที่น่าสนใจให้ศึกษาต่อไป ถึงแม้ว่าดินแหล่งพิจิตรจะมีความแปรปรวนของคุณภาพสูงก็ตาม

# ภาคผนวก

## พฤติกรรมของน้ำดิน

### ผลการหาปริมาณความต้องการสารแขวนลอย (Defloculant demand)

ตาราง แสดงผลการหาปริมาณความต้องการสารแขวนลอย

| ปริมาณ $Na_2SiO_3$ (%) | ดินขาวลำปาง | หินขาวลำปาง | ดินดำวังเหนือ | ดินพิจิตร |
|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 60.00 | 56.00 | 65.00 | 60.00 |
| 0.03 | 43.00 | 23.00 | 55.00 | 50.00 |
| 0.06 | 26.00 | 8.00 | 26.00 | 10.00 |
| 0.09 | 12.00 | 4.00 | 12.00 | 5.00 |
| 0.12 | 4.00 | 2.50 | 9.50 | 1.50 |
| 0.15 | 0.50 | 0.80 | 8.50 | 0.65 |
| 0.18 | 0.35 | 0.50 | 6.00 | 0.40 |
| 0.21 | 0.35 | 0.60 | 0.45 | 0.40 |
| 0.24 | 0.60 | 0.55 | 0.45 | 0.55 |
| 0.27 | 0.65 | 0.55 | 0.50 | 0.60 |
| 0.30 | 0.70 | 0.80 | 0.70 | 0.70 |
| 0.33 | 0.75 | 0.85 | 0.85 | 0.90 |
| 0.36 | 0.80 | 0.85 | 1.85 | 0.95 |

### ผลการหาความหนาของชั้นดินเมื่อทำการหล่อแบบ

ตาราง แสดงผลการหาความหนาของชั้นดินเมื่อทำการหล่อแบบ

| | ดินขาวลำปาง | หินขาวลำปาง | ดินดำวังเหนือ | ดินพิจิตร |
|---|---|---|---|---|
| ความหนาของชั้นดินต่อ 1 นาที (cm/min) | 0.38 | 0.48 | 0.20 | 0.41 |

# เอกสารอ้างอิง


1. กิตติ โสณมัย . สภาวะอุตสาหกรรมเซรามิกไทยกับสถานการณ์แข่งขันในตลาดโลก. การป้องกันและแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเซรามิก, 13 ธันวาคม 2545 ณ. โรงแรมเวียงทอง จังหวัดลำปาง
2. แผนผังโครงการทำเหมืองแร่ทองคำโดยวิธีเหมืองหาบ ของบริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด.
3. Jame S.Reed. Introdution to the principles of ceramics processing. Singapore: John Wiley & sons, Inc, 1989
4. คู่มือการใช้เครื่อง Photovolt 577 Reflectance and Gloss Meter.