

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทเรียนวิทยาศาสตร์

บทเรียนวิทยาศาสตร์คือเนื้อหาของเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่นำมาสร้างเป็นบทเรียนสำหรับการเรียนการสอน หรือเป็นการเผยแพร่ความรู้สำหรับผู้สนใจทั่วไป ซึ่งโดยทั่วไปจะมีหลายรูปแบบเช่นการสร้างบทเรียนในหนังสือ หรือสร้างเป็นบทเรียนสำเร็จรูปในรูปแบบของบทเรียนออนไลน์ในคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูปหมายถึงหมายถึง การเรียนการสอนที่แบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วนย่อยๆ และต่อเนื่องกันไปตามลำดับเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายในการสอนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าอย่างชัดเจน เนื้อหาที่เรียนจะแบ่งเป็นตอนย่อยๆ แต่ละตอนเรียกว่ากรอบ ซึ่งนักเรียนจะต้องอ่านและทำการตอบสนองแต่ละกรอบเป็นลำดับต่อเนื่องกันไปหลายๆ กรอบจนบรรลุเป้าหมายที่วางเอาไว้ เมื่อนักเรียนตอบสนองแต่ละกรอบ นักเรียนก็จะรู้ผลว่าตอบถูกหรือตอบผิด (ชม, ภูมิภาค, 2521, หน้า 118)

ลักษณะของบทเรียนสำเร็จรูป

เนื่องจากการเรียนการสอนแบบสำเร็จรูปเป็นการสนองความคิดความแตกต่างระหว่างบุคคลเพื่อให้นักเรียนได้เรียนไปตามขีดความสามารถของตนที่มีอยู่ในอัตราการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน การเรียนการสอนที่จัดว่าเป็นแบบสำเร็จรูปนั้นจึงต้องอยู่ในลักษณะ หรือสภาพการณ์ 4 ประการดังนี้ (เกษม สุริยวงศ์, 2527, หน้า 66)

1. การแบ่งขั้นตอนการเรียนรู้เป็นหน่วยย่อยๆ และเรียงลำดับจากง่ายไปสู่ยาก เป็นการจัดความรู้หรือเนื้อหาวิชาให้ผู้เรียนได้เรียนไปที่ละขั้นตอน และแต่ละขั้นย่อยๆ นั้นได้มีการเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก และไม่เป็นการบังคับเอาความรู้ให้แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย

2. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอย่างกระฉับกระเฉง โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการกระทำของตนเอง อาจจะจัดในรูปการซักถามเพื่อให้ผู้เรียนได้ตอบคำถาม การทดสอบการอภิปราย หรือวิธีการใดก็ตามโดยอาศัยหลักการทางจิตวิทยา ในเรื่อง การนำเสนอ สิ่งเร้าเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการตอบสนอง การเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและเป็นไปอย่างทั่วถึงทุกคนมิใช่ว่าตอบสนองเพียงบางคน ซึ่งการเรียนการสอนในลักษณะนี้ทำให้ผู้เรียนรู้ไม่เบื่อหน่ายต่อบทเรียน

3. ให้ผู้เรียนได้ทราบผลการเรียนของตนเองอย่างทันทีทันใด ภายหลังที่ผู้เรียนได้ตอบสนองต่อสิ่งเร้าแล้วควรแจ้งหรือเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้ผู้เรียนได้ทราบผลทันทีทันใด ไม่ล่าช้า ยกตัวอย่างเช่นการตรวจแบบฝึกหัดนักเรียน ครูควรได้รับตรวจและส่งคืนไปให้นักเรียนให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ นักเรียนจะได้ทราบผลการทำแบบฝึกหัดของตน เพื่อประโยชน์ในการแก้ไขความเข้าใจผิดทันที และทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ขาดตอน การแจ้งเกรดหรือบอกคะแนน การเฉลยข้อสอบ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้เป็นการแจ้งผลให้ผู้เรียนทราบ ซึ่งเน้นในเรื่องความรวดเร็วมีฉะนั้นแล้วผู้เรียนจะเกิดความเบื่อหน่าย และทำให้การเรียนรู้ไม่ต่อเนื่อง

4. ให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จทางการเรียนเป็นระบบ เนื่องจากการแบ่งชั้นการเรียน ออกเป็นหน่วยย่อยๆ เพื่อให้ง่ายต่อการเรียนรู้ และยังแจ้งผลการตอบสนองต่อผู้เรียนอย่างฉับพลันทำให้ผู้เรียนได้ทราบความพอใจในความสำเร็จของตน เป็นการให้รางวัลซึ่งถือว่าเป็นการเสริมแรงอย่างหนึ่ง ทำให้ผู้เรียนอยากจะเรียนรู้ต่อไป

จิตวิทยาที่เป็นพื้นฐานของบทเรียนสำเร็จรูป

ในการสร้างบทเรียนสำเร็จรูปนั้น จะสร้างขึ้นโดยอาศัยทฤษฎีทางจิตวิทยาการเรียนรู้มาใช้เป็นหลักหลายทฤษฎีด้วยกัน เช่น ทฤษฎีของสกินเนอร์ ได้ยึดหลักการเสริมแรงมาใช้ในการสอนและเป็นการสร้างบทเรียนสำเร็จรูป เปรี๊ยะ กุมุท (รัชดา ขำครุฑ, 2540, หน้า 11) กล่าวถึงทฤษฎีของสกินเนอร์ที่ทำให้ได้หลักการนำมาใช้ในการเรียนโดยการใช้บทเรียนสำเร็จรูปดังนี้

1. เงื่อนไขการตอบสนอง พฤติกรรมส่วนมากของมนุษย์ประกอบด้วย การตอบสนองที่แสดงออกมาพฤติกรรมเหล่านี้จะเกิดขึ้นบ่อยเพียงไร ด้วยความถี่ที่เรียกว่าอัตราตอบสนอง หรืออัตราการแสดงออกของพฤติกรรมการเรียนรู้ การสร้างเงื่อนไขเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองและการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นได้เพราะมีการเสริมแรง

2. การเสริมแรง เมื่อสิ่งมีชีวิตมีการตอบสนองผู้ฝึกสามารถจะให้สิ่งเร้าใหม่ซึ่งอาจจะทำให้อัตราการตอบสนองเปลี่ยนแปลงหรืออาจจะไม่ทำให้อัตราการตอบสนองเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าสิ่งเร้านั้นสามารถทำให้อัตราการตอบสนองเปลี่ยนแปลง เราเรียกสิ่งเร้านั้นว่าตัวเสริมแรง ถ้าสิ่งเร้านั้นไม่มีผลต่อการทำให้อัตราการตอบสนองเกิดการเปลี่ยนแปลง เรียกว่าการเสริมแรงทันทีทันใด

ประโยชน์ของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูปมีคุณค่าหลายด้าน จากการสรุปของนักเทคโนโลยีทางการศึกษาได้แก่ (ประหยัด จิระวรพงศ์, 2522, หน้า 157)

1. ช่วยเหลือและส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ ช่วยทำให้บทเรียนง่ายขึ้น

2. ช่วยแก้ปัญหาให้กับผู้ที่ไม่มีโอกาสเข้ามาศึกษาในสถาบันการศึกษาใช้ศึกษาด้วยตนเองได้และใช้เวลานานเท่าใดก็ได้ตามความพอใจของนักเรียน
3. ช่วยเสริมบทเรียนให้กับผู้ที่เรียนรู้ช้าหรือขาดเรียนให้สามารถเข้าใจเนื้อหาวิชานั้นๆ ได้ด้วยมีการเสริมแรงเกิดขึ้นเนื่องจากการทราบผลตอบสนองในทันทีทันใดซึ่งจะช่วยสร้างแรงจูงใจและความสนใจแก่นักเรียน
4. ประหยัดเวลาเพราะผลการวิจัยพบว่า บทเรียนสำเร็จรูปสามารถสอนเนื้อหาได้มากกว่าวิธีการสอนอื่นๆ ใช้เวลาน้อยกว่าและช่วยแบ่งเบาภาระของครูในการสอนข้อเท็จจริงต่างๆ
5. บทเรียนสำเร็จรูปบางชนิดมีสื่อประกอบหลายรูปแบบ เช่น มีรูปภาพ ช่วยให้นักเรียนใช้ประสาทสัมผัสได้หลายทาง ทำให้จำได้ง่าย เกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการ
6. การถ่ายทอดเริ่มจากง่ายไปหายาก ทำให้นักเรียนมีความสามารถทุกระดับตามเนื้อหาบทเรียนได้ เป็นการตอบสนองในเรื่องความสามารถและความแตกต่างระหว่างบุคคล
7. ช่วยให้ครูทำงานน้อยลง เกี่ยวกับการสอนข้อเท็จจริงต่างๆ เพื่อจะได้นำเวลาไปใช้ในการเตรียมบทเรียนอื่นที่ยากกว่า

ประเภทของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูปมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมากมี 2 แบบคือ (ชม ภูมิภาค, 2524, หน้า 118)

1. บทเรียนสำเร็จรูปแบบลิเนียร์ หรือแบบเส้นตรง เป็นบทเรียนสำเร็จรูปที่จัดขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้เรียนหรือกระทำการตอบสนองเหมือนกันทุกคนและต้องศึกษาทุกกรอบของบทเรียนเหมือนกัน บทเรียนสำเร็จรูปจะถูกจัดเรียงไว้ตามลำดับ เพื่อให้นักเรียนก้าวไปเป็นขั้นตอนจากง่ายไปหายาก จนกระทั่งจบบทเรียน ลักษณะเด่นของบทเรียนชนิดนี้คือ นักเรียนจะต้องทำตั้งแต่กรอบแรกจนถึงกรอบสุดท้ายตามลำดับ จะข้ามกรอบใดไม่ได้ นักเรียนทุกคนไม่ว่าจะระดับสติปัญญาต่างกันก็ต้องทำเหมือนกันความแตกต่างที่ปรากฏออกมาคือ เรื่องระยะเวลาที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูปแบบเส้นตรงนั้นจะแบ่งออกตามลักษณะของวิธีการตอบสนองต่อบทเรียนได้ 2 ลักษณะคือ

- 1.1 ให้นักเรียนสร้างคำตอบเอง

- 1.2 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องจากตัวเลือกที่กำหนดให้

2. บทเรียนสำเร็จรูปแบบสาขาหรือแบบกิ่ง การใช้บทเรียนแบบสาขา เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกตอบได้หลายทาง และในทางที่นักเรียนแต่ละคนเดินขึ้นอยู่กับการตอบสนองของเขาที่กระทำต่อบทเรียนแต่ละกรอบ บทเรียนสำเร็จรูปแบบสาขาก่อประกอบด้วยกรอบขึ้นซึ่งเป็นลำดับที่แท้จริงของบทเรียนแต่ละกรอบ ถ้านักเรียนตอบถูกนักเรียนก็จะเดินไปตลอดกรอบขึ้นโดยไม่แวะออกนอกทางส่วนกรอบสาขานั้นใช้อธิบายว่าที่ผิวนั้นทำไมจึงผิดหลังจากอธิบายเหตุผลแล้วก็ส่งผู้เรียนกลับไปหน้าเดิมที่ผ่านมาและพยายามเลือกคำตอบใหม่

หลักการสร้างบทเรียนสำเร็จรูป

การสร้างบทเรียนสำเร็จรูปมีขั้นตอนดังนี้ (ชม ภูมิภาค, 2524, หน้า 118)

1. ขั้นเตรียมแบ่งออกเป็น 5 ขั้น คือ

- 1.1 เลือกชื่อเรื่องโดยเลือกในเนื้อหาวิชาที่ผู้เขียนมีความรู้ในเรื่องนั้นดี
- 1.2 เตรียมเค้าโครงเนื้อหา โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดที่จะเสนอ และผู้เขียนบทเรียนต้องสามารถรวบรวมความรู้ในเนื้อหาวิชาให้ครบถ้วน
- 1.3 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1.4 สร้างแบบทดสอบสำหรับวัดพฤติกรรมเบื้องต้น ซึ่งคะแนนของแบบทดสอบจะบอกให้รู้ว่าควรเริ่มที่บทเรียนตอนใด แบบทดสอบนี้ควรมีหลายพฤติกรรม
- 1.5 สร้างแบบทดสอบสำหรับวัดพฤติกรรมขั้นสุดท้าย เพื่อให้รู้ว่าคุณนักเรียนได้รับความรู้จากบทเรียนสำเร็จรูปแล้ว

2. ขั้นการเขียนบทเรียน

- 2.1 เสนอเนื้อหาในรูปกรอบต่างๆ โดยกรอบหนึ่งๆ ก็คือเนื้อหาวิชาย่อยๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสนองตอบต่อสิ่งเร้าในชั้นต่างๆ ที่ผู้เขียนบทเรียนสร้างขึ้นเพื่อนำนักเรียนไปถึงจุดมุ่งหมายโดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ระหว่างการเร้าและการตอบสนอง
- 2.2 ให้นักเรียนตอบสนองอย่างแข่งขันโดยถือหลักว่านักเรียนจะยอมรับในเนื้อหาที่ตอบถูกเท่านั้น
- 2.3 มีการยืนยันหรือตรวจแก้การตอบสนองของนักเรียน ลักษณะบทเรียนสำเร็จรูปจะมีการเปรียบเทียบคำตอบที่ถูกกับคำตอบที่ผิด เมื่อนักเรียนพบว่าการตอบสนองนั้นถูกต้องจะได้รับการยืนยันแต่ถ้าการตอบสนองที่ผิดก็จะได้รับคำตอบที่ถูกต้อง วิธีการนี้เป็นเครื่องชี้ในกรอบต่างๆ ของบทเรียนเพื่อนำไปสู่การสนองตอบที่ถูกต้อง
- 2.4 การจัดลำดับขั้นของกรอบต่างๆ เช่น คำจำกัดความและการวิเคราะห์พฤติกรรมบทเรียนที่ต้องการสอน นอกจากนั้นยังจะขึ้นอยู่กับสภาพการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับภารกิจต่างๆ ซึ่งได้แก่การแยกแยะและสรุปจะเกิดขึ้นพร้อมกันระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองและการเสริมแรง

3. ขั้นการทดลอง

- 3.1 ขั้นการทดลองนี้เป็นฉบับร่างจากต้นฉบับ ซึ่งอาจเป็นแผ่นๆ เพื่อให้ นักเรียนอ่านด้านหนึ่งและตอบสนองตอบอีกด้านหนึ่งในขั้นที่เป็นการนำบทเรียนไปทดลองกับเด็กคนเดียวในช่วงเวลาหนึ่งแล้วนำมาปรับปรุงเพื่อนำไปทดลองกับเด็กคนถัดไป
- 3.2 แก้ไขฉบับร่าง เป็นการนำฉบับร่างจากต้นฉบับมาปรับปรุงแก้ไขในแง่มุมต่างๆ เพื่อให้ได้บทเรียนที่ดี
- 3.3 ทดสอบฉบับร่างที่แก้ไขแล้ว และพิจารณาแก้ไขอีกครั้งหลังจากแก้ไขในหัวข้อ 3.2 แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 15-40 คน หรือมากกว่า แล้วนำกลับมา

ปรับปรุงอีกครั้ง โดยถือเกณฑ์มาตรฐานให้มีอัตราผลิตพลาดเพียง 20 เปอร์เซ็นต์การใช้บทเรียนสำเร็จรูป นับว่าเป็นการนำเอาเทคโนโลยีทางการศึกษามาใช้ให้เห็นแนวทางของการสอนแบบใหม่ที่ใช้ได้กับเนื้อหาวิชาหลายแขนง ดังนั้นการเลือกรูปแบบการจัดประเภทของบทเรียนสำเร็จรูป ต้องศึกษาให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่สามารถนำมาประยุกต์เป็นนวัตกรรมประเภทต่างๆ สามารถส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

ก่อนที่จะนำสื่อที่สร้างไปใช้ควรทดลองแก้ไขปรับปรุงให้ได้มาตรฐานเสียก่อน เพื่อให้ทราบว่สื่อนั้นมีคุณภาพเพียงใด มีสิ่งใดที่ยังบกพร่องอยู่ซึ่งการประเมินไม่ใช่ประเมินผลนักเรียนแต่เป็นการประเมินผลสื่อโดยการนำสื่อไปทดลองใช้กับคนหลายๆ คนหลายๆ กลุ่ม แล้วจึงเผยแพร่ใช้ออกใช้จริง เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพของสื่อนั้น อาจกำหนดเป็น 90/90 หรือ 85/85 หรือ 80/80 แต่ควรจะเป็นผลมาจากการทดลองใช้ก่อน ในการวิจัยผู้วิจัยใช้เกณฑ์ 80/80 ซึ่งหมายความว่า 80 ตัวแรกเป็นคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดโดยเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วน 80 ตัวหลังเป็นคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยเฉลี่ยร้อยละ 80 (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต, 2528, หน้า 290)

ความจำเป็นที่จะต้องนำมาหาประสิทธิภาพที่สร้างขึ้นมีดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2540, หน้า 252)

1. สำหรับหน่วยงานการผลิตสื่อการสอน เป็นการประกันคุณภาพของสื่อนั้นว่าอยู่ในขั้นสูงเหมาะสมที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการหาประสิทธิภาพเสียก่อนหากผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ดี ก็ต้องทำใหม่เป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลา แรงงาน และเงินทอง
2. สำหรับผู้ใช้สื่อการสอน สื่อการสอนจะทำหน้าที่ช่วยสร้างสภาพการเรียนรู้ให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง ดังนั้นก่อนนำไปใช้ ครูจึงควรมั่นใจว่า สื่อการสอนนั้นมีประสิทธิภาพช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้จริง การหาประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้สื่อการสอนที่ดีมีคุณค่าทางการสอนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้
3. สำหรับผู้ผลิตสื่อการสอน การทดสอบประสิทธิภาพทำให้ผู้ผลิตมั่นใจว่า เนื้อหาสาระที่บรรจุลงในสื่อการสอนเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจอันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงสมอง เวลา และเงินทองในการเตรียมต้นฉบับ

หลักการและแนวคิดพื้นฐานเครื่องปั้นดินเผา

แนวคิดในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์นั้นจะต้องมีความสอดคล้องเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบเพื่อประโยชน์ใช้สอย จุดมุ่งหมายทางด้านศิลปะบริสุทธิ์และจุดมุ่งหมายทางด้านสืบทอดวัฒนธรรม สำหรับการออกแบบเซรามิกส์

ที่อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นจะต้องการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่นำไปผลิตเป็นจำนวนมากๆ (Mass Production) โดยจะต้องสนองความต้องการของตลาดในด้านใดด้านหนึ่ง หรือหลายด้านให้เป็นที่ยอมรับของตลาด มีราคาพอสมควรและจะต้องใช้งานได้โดยอิสระเพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้โดยตรงตามแบบที่ต้องการโดยเฉพาะสิ่งสำคัญของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผลิตจะต้องควบคุมคุณภาพและผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ด้วย

ในการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซรามิกส์ส่วนมากจะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีหล่อหน้าดิน วิธีอัดดินลงในแม่พิมพ์ และวิธีขึ้นรูปด้วยใบมีด ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้สามารถผลิตได้ในปริมาณมากและมีลักษณะที่เหมือนกันดังนั้นการออกแบบและปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อุตสาหกรรมจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบและปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อให้ได้รูปแบบที่สมบูรณ์ในด้านคุณสมบัติและประโยชน์ใช้สอย กระบวนการผลิตและสอดคล้องกับความต้องการของตลาด

การศึกษาค้นหาข้อมูลในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อุตสาหกรรมสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลัก คือ

1. ข้อมูลทางด้านผลิตภัณฑ์ เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อุตสาหกรรมที่จะสามารถกำหนดบทบาทของผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องว่าผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตจัดอยู่ในประเภทใด นอกจากการรวบรวมข้อมูลทางด้านผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตแล้วยังต้องพิจารณาผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันที่วางจำหน่ายในท้องตลาดเพื่อศึกษาข้อดีข้อเสีย จุดเด่นจุดด้อยเท่าที่มีอยู่เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขในการปรับปรุงคุณภาพและการออกแบบ

2. ข้อมูลทางการตลาด การออกแบบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ข้อมูลทางการตลาดมีความสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ให้เป็นที่ยอมรับและต้องการของผู้บริโภค ข้อมูลด้านการตลาดต่างๆ นับตั้งแต่เริ่มต้นการผลิตสินค้าจนถึงการนำสินค้าไปบริโภค พอสรุปได้ดังนี้

- 2.1 ข้อมูลของกลุ่มบุคคลเป้าหมาย คือ ข้อมูลของกลุ่มบุคคลที่จะเป็นคนที่ซื้อสินค้า ซึ่งกลุ่มบุคคลเป้าหมายที่จะซื้อสินค้าจะต้องคำนึงถึง เพศ อายุ ระดับรายได้ เพราะข้อมูลเหล่านี้สามารถบ่งชี้รสนิยมในการเลือกซื้อสินค้าว่าความต้องการในเรื่องรูปแบบของผลิตภัณฑ์สีสันทนและเทคนิควิธีการตกแต่ง

- 2.2 ข้อมูลของช่วงเวลาของการซื้อสินค้า ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์สินค้านางประเภท เช่น ของที่ระลึกในเทศกาลพิเศษต่างๆ ในการออกแบบจะต้องนำข้อมูลในส่วนนี้ไปพิจารณาด้วย

- 2.3 ข้อมูลของงบประมาณที่ใช้ในการผลิต เพื่อใช้วางแผนการผลิตให้ราคาค่าต้นทุนผลผลิตต่อหน่วยต่ำแต่มีคุณภาพ และเป็นที่ต้องการของตลาด

- 2.4 ข้อมูลของสภาพสินค้าชนิดเดียวกันในท้องตลาด เพื่อศึกษาข้อดีข้อเสีย จุดเด่น จุดด้อยเท่าที่มีอยู่เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขในการปรับปรุงคุณภาพและการออกแบบ

2.5 ข้อมูลของการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เพื่อวางแผนการนำสินค้าจากแหล่งผลิตเข้าสู่ตลาดจำหน่าย

3. ข้อมูลทางด้านวัสดุและกระบวนการผลิต ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อุตสาหกรรม ผู้ผลิตจะต้องทราบข้อมูลทางด้านวัสดุที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ได้แก่ ประเภทของเนื้อดินปั้น ส่วนผสม อัตราส่วนผสมเคมี ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

สำนักนโยบายอุตสาหกรรมได้ศึกษาเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกส์พบว่า (สำนักนโยบายอุตสาหกรรม 4, มปป.) อุตสาหกรรมเซรามิกส์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทย เป็นแหล่งสร้างอาชีพของคนในท้องถิ่น และจ้างงานสร้างรายได้ให้กับเศรษฐกิจไทยและนำเงินตราเข้าประเทศจากการส่งออก แหล่งผลิตอุตสาหกรรมเซรามิกส์ส่วนใหญ่ตั้งกระจายอยู่ในจังหวัดต่างๆ เช่น จังหวัดลำปาง เชียงใหม่ สระบุรี สมุทรสาคร เป็นต้น เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่เชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ การแพทย์และรถยนต์ เป็นต้น

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ แบ่ง ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. เซรามิกส์แบบดั้งเดิม (Traditional Ceramics) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระเบื้อง เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ของชำร่วยเครื่องประดับ และลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นต้น

2. เซรามิกส์แนวใหม่ (New Ceramics) เป็นเซรามิกส์ที่นำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ เช่น อิเล็กโทรเซรามิกส์ (Electroceramics) เซรามิกส์ทางวิศวกรรม (Engineering Ceramics) เซรามิกส์แม่เหล็ก (Magnetic Ceramics) และเซรามิกส์กักเก็บแสง (Optical Ceramics) เป็นต้น

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ใหม่มีผู้ผลิตในประเทศจำนวนน้อยราย การผลิตเป็นเพียงการนำเข้าวัตถุดิบสำเร็จรูปจากต่างประเทศมาผลิต ยังไม่มีการผลิตอย่างครบวงจร และยังไม่มีเทคโนโลยีเป็นของตนเอง ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากบริษัทแม่เป็นหลัก ดังนั้น อุตสาหกรรมเซรามิกส์เกือบทั้งหมดจึงเป็น เซรามิกส์แบบดั้งเดิม ผู้ผลิตส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ในภูมิภาค ทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกมีการกระจายรายได้สู่ชนบทเป็นจำนวนมาก สำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผลิตในประเทศจะแบ่งตามลักษณะของการนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. กระเบื้องปูพื้น บุผนัง และโมเสค เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เงินลงทุน และเทคโนโลยีสูง โรงงานจะมีขนาดใหญ่และได้มาตรฐานจัดเป็นวัสดุตกแต่งที่การผลิตจะเน้นหนักเพื่อรองรับความต้องการของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศ ปัจจุบันมีผู้ผลิตประมาณ 12 ราย โดยมีการผลิตรวมประมาณ 150 ล้านตารางเมตรต่อปี

2. เครื่องสุขภัณฑ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เงินลงทุน และเทคโนโลยีสูง โรงงานจะมีขนาดใหญ่ และได้มาตรฐาน มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอย่างต่อเนื่อง การผลิตจะเน้นหนักเพื่อ

ตอบสนองต่อธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศ ปัจจุบันมีผู้ผลิตประมาณ 8 ราย กำลังการผลิตรวมประมาณ 160,000 ตันต่อปีหรือประมาณ 13.5 ล้านชิ้นต่อปี

3. เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เป็นผลิตภัณฑ์ที่เน้นแรงงานและความสามารถในการออกแบบ โรงงานจะกระจายอยู่ในจังหวัดต่างๆ เช่น จังหวัดลำปาง เชียงใหม่ สมุทรสาคร และจังหวัดอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นโรงงานขนาดใหญ่ ที่มีเงินลงทุนด้านเทคโนโลยีการผลิตสูง จึงมีความสามารถในการพัฒนารูปแบบลวดลาย และคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากกว่าโรงงานขนาดเล็ก การผลิตจะเน้นเพื่อการส่งออก ปัจจุบันมีผู้ผลิตเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ประมาณ 68 ราย กำลังการผลิตรวมประมาณ 126,000 ตันต่อปี หรือประมาณ 250 ล้านชิ้นต่อปี

4. ของชำร่วยและเครื่องประดับ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงงานมาก และผลิตสินค้าโดยเน้นการออกแบบเป็นสำคัญ ส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม ตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งวัตถุดิบ เช่น จังหวัดลำปาง และเชียงใหม่ เป็นต้น การผลิตจะเน้นเพื่อการส่งออก ปัจจุบันมีผู้ผลิตอยู่ประมาณ 123 ราย กำลังการผลิตรวมประมาณ 150,000 ตันต่อปี

5. ลูกถ้วยไฟฟ้า เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้เทคโนโลยีเพื่อการผลิตสูง จะผลิตเพื่อตอบสนองกิจการสาธารณูปโภคทางไฟฟ้าเป็นสำคัญ ปัจจุบันมีผู้ผลิตประมาณ 10 ราย กำลังการผลิตรวมประมาณ 10,000 ตันต่อปี

ต้นทุนในการผลิต และสภาพปัจจุบันของเครื่องปั้นดินเผา

ต้นทุนการผลิตของทุกหน่วยผลิตเฉลี่ยต่อเถา เท่ากับ 19.58 บาท จำแนกเป็นต้นทุนคงที่เฉลี่ย 0.87 บาท ต้นทุนแปรผันเฉลี่ย 18.71 บาท ถ้าจำแนกต้นทุนการผลิตตามขนาดการผลิตแล้วพบว่า ต้นทุนการผลิตระดับครัวเรือนสูงกว่าระดับโรงงาน โดยต้นทุนการผลิตระดับครัวเรือนเฉลี่ย 22.57 บาท ต้นทุนการผลิตระดับโรงงานเฉลี่ย 19.21 บาท หน่วยผลิตระดับครัวเรือนและระดับโรงงานมีรายได้เฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 65,604.29 บาท และ 468,918.18 บาท ตามลำดับ

ประสิทธิภาพหน่วยสุดท้ายของการใช้ปัจจัยแรงงานมีค่ามากกว่าปัจจัยทุน ถ้าพิจารณาตามขนาดการผลิต พบว่า หน่วยผลิตระดับโรงงานมีค่าประสิทธิภาพหน่วยสุดท้ายของการใช้ปัจจัยแรงงานและปัจจัยทุน สูงกว่าหน่วยผลิตระดับครัวเรือนทั้ง 2 ปัจจัย ส่วนหน่วยผลิตที่มีประสิทธิภาพการผลิตเชิงเทคนิคนั้น พบว่า มีอยู่ร้อยละ 44.44 ของหน่วยผลิตทั้งหมด

ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ มีประสบการณ์การทำเครื่องปั้นดินเผามากกว่า 15 ปี หน่วยผลิตระดับโรงงานจะมีการจ้างแรงงานทุกขั้นตอนการผลิต หน่วยผลิตระดับครัวเรือนเป็นหลัก แรงงานแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ ช่างปั้น ช่างเตาเผา คนงานไม้ดินหรือผสมดิน และคนงานทั่วไป อัตราค่าตอบแทนสำหรับช่างปั้นจะคิดเป็นชิ้นงาน ช่างเตาเผาจะจ่ายค่าจ้างเป็นกะเวลาของการทำงาน คนงานไม้ดินและคนงานทั่วไปจะจ่ายค่าจ้างเป็นรายวัน ขนาดของกระถาง

ดินเผาที่ผลิตส่วนใหญ่จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว 10 นิ้ว และ 8 นิ้ว จำหน่ายเป็นเถาๆ ละ 3 ใบ ราคาเฉลี่ยเถาละ 26 บาท โดยจำหน่ายให้กับพ่อค้าคนกลางที่รับซื้อเป็นประจำ บางหน่วยผลิตมีการขายส่งให้กับร้านค้าปลีกและมีร้านค้าปลีกเป็นของตนเอง

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการถดถอยของอุตสาหกรรม ประกอบด้วยความต้องการสินค้าของตลาดลดลง ปัจจัยการผลิตมีราคาสูงขึ้น กระจกดินเผามีราคาถูก การขาดแคลนช่างปั้น และการไม่รวมกลุ่มของผู้ประกอบการ สำหรับแนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาขึ้น ได้แก่ ต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องปั้นดินเผาพื้นเมืองประเภทต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ปรับปรุงหลักสูตรวิชาเครื่องปั้นดินเผาของโรงเรียนในชุมชนเพื่อสร้างแรงจูงใจให้คนรุ่นใหม่เกิดความสนใจ ก่อตั้งชมรมหรือสหกรณ์ผู้ประกอบการ ฟื้นฟูการทำเครื่องปั้นดินเผาแบบศิลปะมอญโบราณให้แพร่หลาย ปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบต่างๆ และการพัฒนาพื้นที่เกาะเกร็ดให้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวในเชิงการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมและการประกอบอาชีพของชุมชน

กระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

1. การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกได้แก่ แร่ดินชนิดต่างๆ เช่นดินเหนียว ดินขาว ดินสโตนแวร์ และส่วนผสมต่าง ๆ นำมาเข้าสู่ระบบการบดและขนาดของอนุภาค ต่อจากนั้นจึงนำน้ำดินไปรีดน้ำออก หรือกรองอัดน้ำดิน เพื่อให้ได้ดินนำไปขึ้นรูปต่อไป

2. การออกแบบ

ความรู้พื้นฐานในการออกแบบ

2.1 ความรู้ในวัตถุประสงค์ของงานที่จะออกแบบ ตัวอย่าง เช่น การออกแบบเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งเป็นภาชนะ หม้อ ไห ถ้วยชามการออกแบบของใช้อื่น ๆ เช่น แผ่นกระเบื้อง กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องประดับผนัง เครื่องประดับอื่น ๆ สุขภัณฑ์การออกแบบงานปฏิมากรรม เครื่องเคลือบการออกแบบจะต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยตามแต่ละชนิดของของที่จะออกแบบเพื่อให้ได้ลักษณะ ขนาด และมีความงามเหมาะสมจึงจะเป็นลักษณะของการออกแบบที่ดี

2.2 คุณค่าทางความงามสุนทรีย์ภาพ (Aesthetic) วิจิตรศิลป์ (Fine art) การออกแบบสร้างสรรค์งานศิลปะไม่ว่าแขนงใด จะต้องมีคุณค่าทางด้านความงาม ฉะนั้นเพื่อให้ได้คุณค่าด้านความงามอย่างสมบูรณ์ นักออกแบบที่ดีควรมีความรู้ในด้านความงาม

3. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

หลังจากที่ผ่านขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบแล้วหลังจากนั้นก็นำวัตถุดิบที่ได้มาขึ้นรูป โดยกระบวนการขึ้นรูปวัตถุดิบมีหลายรูปแบบได้แก่

3.1 การหล่อแบบ การหล่อแบบคือการนำวัตถุดิบที่อยู่ในรูปของเหลวเทลงในแบบให้ได้รูปทรงตามที่ต้องการตามแบบ การหล่อแบบมีสองลักษณะคือ

3.2 การเทแบบโดยให้น้ำดินแข็งตัวอยู่ในแบบ เรียก Solid Casting ซึ่งเหมาะกับการเทแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาและรูปร่างแปลกๆ

3.3 การเทแบบโดยมีการเทน้ำดินที่เหลืทิ้ง เรียก Drain Casting ซึ่งเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผนังบางและต้องการความหนาสม่ำเสมอ

3.4 การขึ้นรูปโดยการอัด เป็นวิธีการที่ใช้ขึ้นรูปสำหรับวัตถุดิบที่เป็นลักษณะผง โดยการนำวัตถุดิบมาใส่ลงในแบบแล้วอัดด้วยแรงทำให้วัตถุดิบยึดติดกัน

4. การตากแห้ง

การตากแห้งคือ การไล่น้ำออกจากของที่ขึ้นรูปเสร็จแล้ว การตากแห้งควรให้น้ำระเหยออกไปอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันการแตกร้าวปริมาณของน้ำที่ใช้ในการขึ้นรูปต้องเหมาะสม การตากแห้งของที่มีขนาดแตกต่างกันทำได้ดังนี้

4.1 ของใหญ่ ต้องปั้นในที่มิดชิด กันลมโกรกโดยมากโรยปูนทำหลังคาเกือบถึงพื้นและมีฝาปิดมิดชิด ของที่ปั้นเสร็จแล้วจะต้องคลุมเพื่อมิให้ถูกลมมากเกินไปในระยะหนึ่ง แล้วจึงเอาสิ่งที่คลุมออกฝั่งไว้ในร่ม 3 - 7 วัน จึงเอาออกตากแดด หรือนำไปวางข้างเตาเผา

4.2 ของเล็ก ฝั่งในร่มชั่วคราวระยะหนึ่งแล้วเอาออกตากแดด

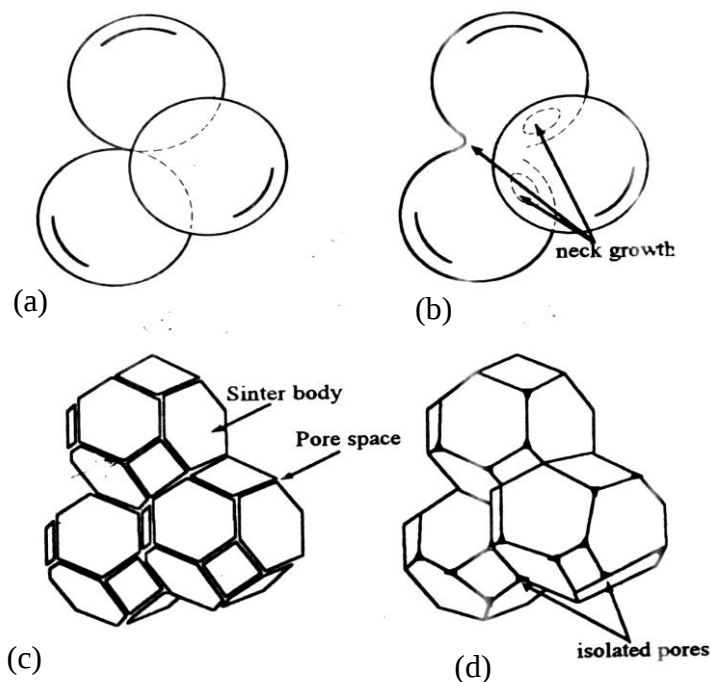
4.3 การตากในแสงแดดควรจะหมุนให้ถูกแดดทั่วกันทุกด้าน เพื่อป้องกันการแตกร้าว บิดเบี้ยวของที่ตากแห้งสนิทแล้วจะทำให้ปริมาณการแตกเสียหายจากการเผาติดลดน้อยลง

4.4 ของที่ตากแห้งในเตาอบไฟฟ้า (Electric Oven) ความร้อนครั้งแรกไม่เกิน 400 องศาเซลเซียส แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ จนถึง 1100 องศาเซลเซียส เพื่อให้แห้งสนิท

5. การเผาผลิตภัณฑ์

สำหรับกระบวนการในการเผาผลิตภัณฑ์นั้น เซรามิกส์ที่ผ่านการขึ้นรูปเรียบร้อยแล้วก็จะถูกนำมาเผาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแข็งแรง กระบวนการเผา (sintering) คือ กระบวนการที่ทำให้อนุภาคของวัตถุดิบหลอมเป็นเนื้อเดียวกันทำให้เกิดพันธะยึดเหนี่ยวต่อกัน ซึ่งการเผานั้นเป็นกระบวนการที่สำคัญที่จะช่วยกำหนดคุณสมบัติของชิ้นงาน การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ครั้งแรกเรียกว่าเผาดิบ โดยเพิ่มอุณหภูมิของเตาเผาให้สูงขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์คงรูปไม่แตกชำรุดผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผ่านการเผาดิบแล้วบางชนิดนำไปใช้ได้โดยไม่ต้อง เคลือบ เช่น กระถางต้นไม้ อิฐ ไล่เครื่องกรองน้ำแต่ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะต้องเคลือบผิวเพื่อให้เกิดความสวยงาม มีความคงทนและป้องกันการเกิดรอยขีดข่วนบน สำหรับกลไกที่เกิดขึ้นในขณะเผาแบ่งได้เป็นสามขั้นตอนคือ

1. ขั้นเริ่มต้น (initial stage) ในขั้นตอนนี้อนุภาคจะเริ่มขยับตัวเพื่อให้มีจุดสัมผัสกับอนุภาคที่อยู่รอบๆ ข้างให้มากที่สุด หลังจากนั้นก็จะเริ่มเกิดรอยต่อระหว่างอนุภาค (neck)
2. ขั้นตอนกลาง (intermediate stage) ในขั้นตอนนี้จะมีการโตขึ้นของรอยต่อระหว่างอนุภาค ทำให้รูพรุนที่อยู่ระหว่างอนุภาคลดลง ชิ้นงานเริ่มหดตัว ในขณะเดียวกันจุดศูนย์กลางของอนุภาคก็จะเริ่มเคลื่อนเข้าหากัน
3. ขั้นตอนสุดท้าย (final stage) ขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นจากการที่รูพรุนเริ่มเคลื่อนที่ออกไปจากชิ้นงาน และระบบของชิ้นงานก็จะมีการลดพลังงานพื้นผิว (surface energy) ลง โดยลักษณะของเกรนที่มีขนาดเล็กจะโดนเกรนที่มีขนาดใหญ่กลืนเพื่อเป็นการลดพลังงานพื้นผิวดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้ชิ้นงานมีขนาดเกรนที่ใหญ่ขึ้น



ภาพที่ 2.1 แสดงขั้นตอนในการเกิดกระบวนการเผา (a) ขั้นตอนที่เริ่มต้น (b) และ (c) ขั้นตอนที่กลาง (d) ขั้นตอนที่สุดท้าย (Kingery, p 250)

สามารถจำแนกชนิดของการกระบวนการเผาได้เป็นสองชนิดคือ

5.1 การเกิดเฟสของเหลวขณะเผา (liquid phase sintering)

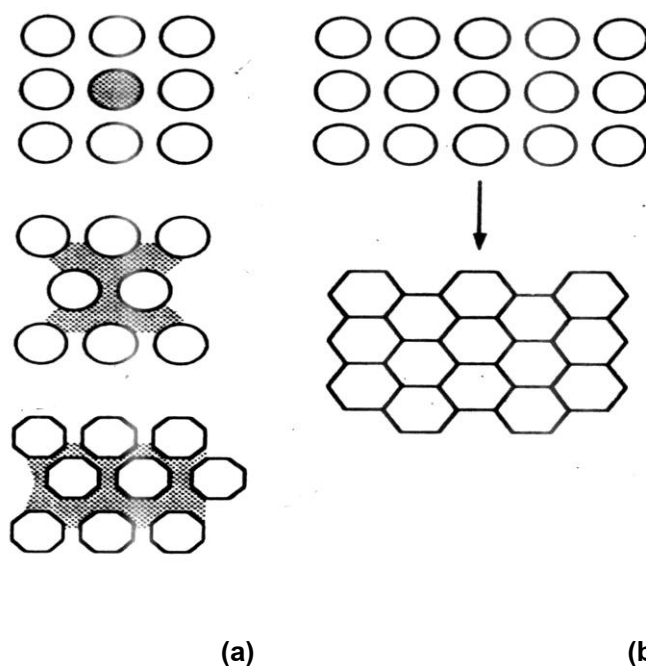
คือลักษณะของการเผาที่มีเนื้อสารบางส่วนหรือทั้งหมดอยู่ในสภาพของเหลวซึ่งลักษณะการเกิดเฟสของเหลวจะเป็นกลไกที่สำคัญในการเผาสารเนื่องจากจะทำให้ลักษณะการเรียงตัวของอนุภาคเกิดได้ง่ายขึ้น และนอกจากนั้นยังทำให้กลไกในการเคลื่อนที่เข้าหากัน (diffusion) เกิดได้เร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นแล้วข้อดีของการเกิดเฟสของเหลวในขณะเผาก็คือสามารถที่จะช่วยการกระบวนการเผาขึ้นงานให้เกิดได้เร็วขึ้นและใช้อุณหภูมิในการเผาที่ต่ำลง ในกระบวนการเกิดเฟสของเหลวขณะเผานั้นมี 3 กระบวนการ ได้แก่

1. การฟอร์มตัวของของเหลว (liquid formation) คือการเกิดเฟสของเหลวในระหว่าง กระบวนการเผา

2. การเรียงตัวใหม่ของอนุภาค (particle rearrangement) เฟสของเหลวที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่หนึ่งจะช่วยทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นทำให้อนุภาคสามารถที่จะจัดเรียงตัวใหม่ได้อย่างรวดเร็วขึ้น

3. การตกผลึกของสารละลาย (solution reprecipitation) เป็นขั้นตอนสุดท้าย

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการเกิดเฟสของเหลวขณะเผากับการเกิดเฟสของแข็งแสดงดังภาพที่ 2.2



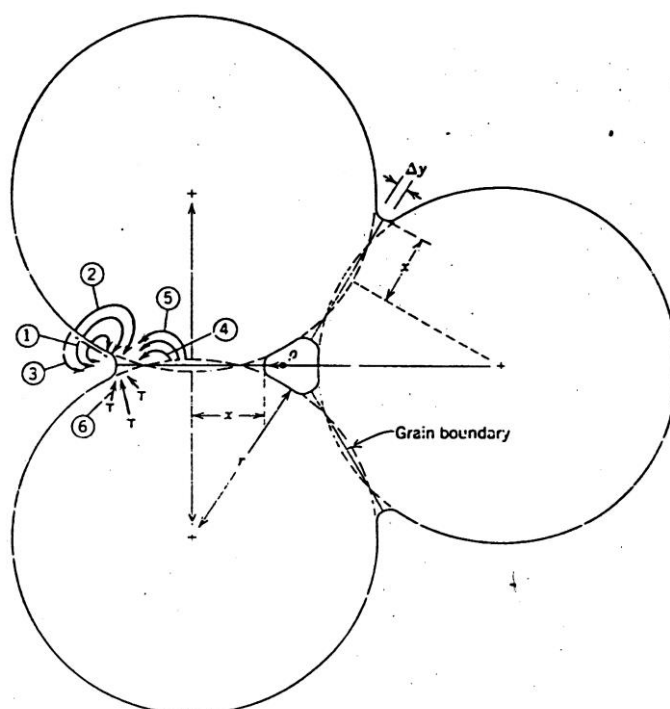
ภาพที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการซินเทอร์แบบ Liquid phase sintering (a) กับ Solid state sintering (b) (Kingery, p 251)

5.2 การเกิดเฟสของแข็งขณะเผา (solid state sintering)

คือกระบวนการในการเผาสารที่มีลักษณะการเกิดเป็นเฟสของแข็งอย่างเดียว โดยจะเกิดจากการที่อนุภาคเกิดการแพร่ (diffusion) ในบริเวณพื้นผิวของมันเองซึ่งจะเกิดจากความแตกต่างของพลังงานที่อยู่บนพื้นผิวของอนุภาค การเกิดเฟสของแข็งมีขั้นตอนดังนี้

1. การแพร่ที่บริเวณพื้นผิว (surface diffusion) โดยอะตอมจะแพร่จากบริเวณพื้นผิวไปยังรอยต่อ (neck) ของอนุภาค
2. การแพร่ของแลตทิซ (lattice diffusion) อะตอมจะแพร่จากแลตทิซไปยังรอยต่อของอนุภาค
3. การระเหย (vapor transportation) อะตอมจะเกิดการระเหยจากพื้นผิวไปยังรอยต่อของอนุภาค
4. การแพร่บริเวณขอบเกรน (boundary diffusion) อะตอมจะแพร่จากบริเวณขอบเกรนไปยังรอยต่อของอนุภาค
5. และ 6. การแพร่ของแลตทิซเหมือนกรณีข้อสอง

โดยขั้นตอนที่เกิดขึ้นแสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการเกิด Solid state sintering (Michel W., Barsoum, p 502)

6. การเคลือบ

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยเฉพาะที่เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาโดยทั่วไปทั้งประเภทที่ใช้ใส่อาหาร ใช้เป็นเครื่องครัว เครื่องสุขภัณฑ์ ฯลฯ สิ่งสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความสวยงามทนทานแข็งแรงมีคุณค่าเหมาะสมกับการใช้งานผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะต้องผ่านกระบวนการเคลือบ โดยเคลือบ คือ สารประกอบอย่างหนึ่งซึ่งประกอบด้วยสารประกอบพวกที่เป็นกรด เป็นเบส และเป็นกลาง นำมาผสมกันตามสูตรส่วนผสมแล้วนำไปเคลือบบนผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินแล้วนำไปเผาให้ได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบพวกที่เป็นกรด เป็นเบส และเป็นกลาง กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอลูมิเนียม ซิลิเกต (Alumino Silicate) มีลักษณะหลอมตัวจนเป็นชั้นของแก้วบางๆ ที่หลอมละลายอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์ สำหรับประเทศไทยอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เครื่องปั้นดินเผาสมัยลพบุรีนั้นเป็นระยะแรกของการทำเครื่องปั้นดินเผาชนิดเคลือบแบบง่ายด้วยการเคลือบด้วยน้ำดิน (Slip Glaze) สำหรับในปัจจุบันแม้ว่ายังมีการทำน้ำเคลือบด้วยวัตถุดิบและวิธีการดั้งเดิมอยู่บางส่วน แต่ส่วนมากก็มีการศึกษาค้นคว้าทดลองโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อให้ได้ผลที่แน่นอนเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการวิจัยและพัฒนาสูตรเคลือบกันอย่างกว้างขวาง

การเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาสำหรับเพื่อประโยชน์ใช้สอยและเพื่อคุณค่าทางด้านความงาม โดยทั่วไปจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เพราะการเคลือบนั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่ดีขึ้น ทั้งเป็นการเพิ่มประโยชน์การใช้งาน เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่สำคัญดังนี้ คือ

1. ช่วยลดการพรุนตัว ซึ่งมีอยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์ทำให้ก๊าซและของเหลวซึมผ่านไม่ได้ เนื่องจากเคลือบมีลักษณะคล้ายแก้ว ซึ่งไม่มีโครงสร้างผลึก จึงไม่มีช่องว่างให้ก๊าซและของเหลวซึมผ่านได้
2. เพิ่มความแข็งแรงให้แก่เนื้อผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเคลือบมีความแข็งแรงกว่าเนื้อผลิตภัณฑ์ที่เผาแล้ว
3. เพิ่มความคงทนต่อการขีดข่วนและการกัดกร่อนทางสารเคมี เนื่องจากเคลือบมีความแข็งแรงกว่าเนื้อดินเผาและไม่มีความพรุนตัว สารเคมีจึงดูดซึมเข้าไปกัดกร่อนได้ยาก
4. ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ทำความสะอาดง่าย เพราะผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วจะมีผิวมันเรียบทำให้สิ่งสกปรกหรือไขมันไม่สามารถซึมผ่านผิวเคลือบเข้าไปเกาะเนื้อผลิตภัณฑ์ข้างในได้
5. ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม มีสีสันทน มีคุณค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเคลือบมีผลเกิดคุณลักษณะต่างๆ ต่อผลิตภัณฑ์ เช่น มันวาว สีสัน ทึบ ด้าน และเป็นจุด อันมีผลต่อการดึงดูดความสนใจและน่าใช้สอยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เคลือบ

วัตถุดิบ

1. ดินเหนียว (Ball Clay)

ดินเหนียวเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตเซรามิกส์ ดินเหนียวนั้นเป็นดินที่พบโดยทั่วไปในที่ราบลุ่มเกิดจากการไหลตัวลงสู่ที่ต่ำของดินชั้นแรก (primary) แล้วทับถมปะปนกับซากพืชซากสัตว์ โดยทั่วไปดินเหนียวจะเป็นดินที่มีความหนไฟที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำคือประมาณ 1000 – 1100 องศาเซลเซียส และหลังจากเผาแล้วจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำ (absorption water) ประมาณ 10% และเมื่อเผาแล้วดินเหนียวจะมีลักษณะสีน้ำตาลแดง ดินเหนียว เป็นดินที่เกิดจากตะกอนที่พัดพามาทับถมกัน ธรรมชาติของดินเหนียว จะประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์ (kaolinite) เป็นส่วนใหญ่ โดยแร่เคโอลิไนต์ที่พบในดินเหนียว มักมีผลึกที่ไม่สมบูรณ์และมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังพบแร่ดินชนิดอื่นๆ อาทิ มอนมอริลโลไนต์ (monmorillonite) อิลไลต์ (illite) ควอร์ตซ์ (quartz) แร่ไมกา (mica) แร่เหล็กออกไซด์ (iron oxide) รวมทั้งมักมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่เสมอ ดินเหนียวมีสีต่างๆ เกิดจากการมีแร่ธาตุชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน อาทิ สีดำ เทา ครีมน้ำตาล ดินเหนียวที่มีสีเทาหรือดำนั้นจะมีอินทรีย์วัตถุปนมาก ส่วนดินเหนียวสีครีมหรือน้ำตาล มาจากแร่เหล็กที่ปะปนอยู่

ส่วนประกอบทางเคมีของดินเหนียวแตกต่างกันไปตามแหล่งที่อยู่ของดิน ส่วนประกอบโดยประมาณอาจจำแนกได้ดังนี้

1. SiO_2 ประมาณ 40 – 60 %
2. Al_2O_3 ประมาณ 30 %
3. H_2O ในผลึกและอินทรีย์สาร 10%
4. TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O เล็กน้อย

แร่ดินต่างๆ ที่พบในดินเหนียวพอสรุปได้ คือ แร่ดินขาว ซึ่งมีทั้งหยาบและละเอียด เป็นส่วนใหญ่ อื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ก็มี ควอตซ์ ไมกา เป็นต้น ส่วนอินทรีย์สารที่พบได้แก่ ลิกไนต์ น้ำมัน เรซิน เป็นต้น นอกจากนี้ก็มีเกลือที่ละลายน้ำได้ เกลือส่วนใหญ่เป็นเกลือซัลเฟต และเกลือคลอไรด์ของอะลูมิเนียม เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูลอยู่ระหว่าง 7 ถึง 30 มิลลิอควาเลนซ์ (milliequivalents) ต่อ 100 กรัมของดินแห้ง

คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียว

1. ขนาด ดินเหนียวมีขนาดละเอียดกว่าดินขาว ขนาดดินเหนียวจะมีขนาดละเอียดแคบและมากน้อยเพียงใดจะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งที่พบคือแหล่งดินที่ถูกพัดพาไปไกลจากแหล่งเดิมมากจะมีการเสียดสี และการบดกันตามธรรมชาติมาก ขนาดของเม็ดดินจะละเอียดมากขึ้นตามลำดับ

2. ความเหนียว กล่าวโดยทั่วไปแล้ว ดินเหนียวมีความเหนียวดีกว่าดินขาว การผสมดินเหนียวลงไปเหนื่อดินปั้นจะช่วยทำให้การขึ้นรูปได้ดีขึ้น

3. หดตัวเมื่อแห้งดินเหนียวมีการหดตัวมากน้อยแตกต่างกันไปตามแหล่งหรือชนิดของดินเหนียวนั้น เช่นดินเหนียวที่มี SiO_2 สูงแทบไม่มีการหดตัวเลย แต่ดินเหนียวที่มีอินทรีย์สารสูงจะมีการหดตัวมากประมาณ 15 % แต่อย่างไรก็ตามเราไม่ใช้ดินเหนียวอย่างเดียวในการผสมเหนื่อดินปั้นเราสามารถที่จะทดลองผสมเหนื่อดินปั้นขึ้นมาหาส่วนผสมเหนื่อดินปั้นที่มีการหดตัวที่เหมาะสมได้

4. ความแข็งแรงก่อนเผาปกติดินเหนียวจะมีความแข็งแรงกว่าดินขาว ดินเหนียวที่มีความแข็งแรงสูงเมื่อผสมในเหนื่อดินปั้นจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงสูงตามด้วย

5. คุณสมบัติหลังจากเผา ถ้าเป็นดินเหนียวล้วนๆ คุณสมบัติหลังจากการเผา เป็นต้นว่ามีสีเป็นอย่างไร เนื้อดีหรือไม่ดีอย่างไร ไม่ค่อยสำคัญนัก แต่คุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลกระทบกระเทือนเมื่อผสมดินเหนียวลงไปเหนื่อดินปั้น ดินเหนียวบางอย่างมีไมก้า ประกอบอยู่ เมื่อผสมในเหนื่อดินปั้นเมื่อเผา ไมก้าจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาในเหนื่อดินปั้นทำให้เหนื่อผลิตภัณฑ์แน่นและเนียนมากขึ้น

ดินเหนียวมีสมบัติเด่นในการนำมาขึ้นรูปคือ มีความเหนียว และเมื่อแห้งมีความแข็งแรงสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังแห้งมีความแข็งแรง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อแห้ง ดินเหนียวมักมีการหดตัวสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการแตกร้าว ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้เหนื่อดินเหนียวล้วนๆ ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ แต่ต้องมีการผสมวัสดุที่ไม่มีความเหนียว อาทิ ดินเชื้อ หรือทราย เพื่อลดการดึงตัวและหดตัว ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการแตกร้าว เนื่องจากการหดตัวของดินได้ ดินเหนียวหลายชนิด มีช่วงอุณหภูมิที่จะเปลี่ยนไปเป็นเนื้อแก้วกว้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ คือ ช่วยปรับปรุงเหนื่อผลิตภัณฑ์หลังการเผาให้ดีขึ้น ในการใช้ประโยชน์จากดินเหนียวนั้น นอกจากใช้เป็นเหนื่อดินปั้นสำหรับหัตถกรรมพื้นบ้านแล้ว ยังนิยมนำมาใช้ผสมกับดินขาว เพื่อเพิ่มความเหนียว หรือช่วยให้หน้าดินมีการไหลตัวดีขึ้น ในปัจจุบันประเทศไทยมีแหล่งดินเหนียวอยู่หลายแหล่ง ที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ อาทิ ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปราจีนบุรี ลำปาง เชียงใหม่ นอกเหนือจากนี้ ดินเหนียวที่มีอยู่ในแหล่งพื้นบ้านทั่วไป

2. ดินขาว

ดินขาว (Kaolin, China clay) หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือสีจางๆ แหล่งดินชนิดนี้มี 2 แหล่ง

2.1 แหล่งต้นกำเนิด ดินขาวแหล่งนี้ มักพบในลักษณะเป็นภูเขา หรือที่ราบซึ่งเดิมเป็นแหล่งแร่หินฟันม้า เมื่อหินฟันม้าผุพังโดยบรรยากาศ ผลสุดท้ายเหลือเป็นดินขาวอยู่ ณ ที่นั้น ขบวนการเกิดดินขาว สิ่งเจือปนที่พบเสมอในดินเหล่านี้คือ ซิลิกา มีสูตรเคมีเป็น SiO_2

นอกจากนี้ก็มีหินพันม้า และผลิตผลอื่นๆ ที่ยังไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยายังไม่สมบูรณ์ และอาจมีสิ่งเจือปนจากที่อื่นเข้าไปปน

2.2 แหล่งสะสมที่ลุ่ม หมายถึงแหล่งดินขาวที่เกิดจากดินขาวจากแหล่งแรก ถูกกระแสน้ำพัดไป และไปสะสมในบริเวณที่ราบลุ่มในประเทศไทยมีแหล่งดินขาวหลายจังหวัด มี ลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช เป็นต้น

การทำเหมืองและการล้างดิน

เมื่อได้ขุดสำรวจจนทราบบริเวณของแหล่งดินแล้วขุดผิวหน้าซึ่งปกคลุมแหล่งดินออก แล้วจึงขุดดินขาวส่งไปยังโรงล้างดิน การล้างดินอาศัยน้ำเป็นตัวล้าง และใช้สารเคมี เช่น โซเดียมซิลิเกต หรือ เป็นตัวช่วยให้ดินกระจายตัวได้ดี ดินที่ละเอียดจะถูกกระแสน้ำพาไป พวกหยาบๆจะจมตัวลง เครื่องมือใช้ในการล้างดินอาจใช้ รางแยกแร่ อ่างกักดิน เครื่องคัดขนาดแบบระหัด หรือเครื่องเซนติฟิวส์ที่มีอัตราเร็วสูง หลังจากขจัดพวกหยาบๆ แล้วกรองด้วย ฟิลเตอร์ แยกดินออกจากน้ำ แล้วนำไปตากแห้ง บดละเอียด บรรจุถุงและส่งไปจำหน่าย แผนผัง ข้างท้ายนี้แสดงกระบวนการล้างดิน

ส่วนประกอบทางเคมีของดินขาว

ผลึกที่บริสุทธิ์ของดินขาวมีส่วนประกอบทางเคมีเป็น $(\text{OH})_4\text{Al}_2\text{SiO}_2$ หรือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 39.8% Al_2O_3 46.3% SiO_2 13.9% H_2O

ดินขาวที่พบตามแหล่งมีส่วนประกอบต่างกันไปด้วยเหตุผล 2 ประการ

1. เนื่องจากในโครงสร้างของดินขาวมีการแทนที่กันของโลหะธาตุซึ่งมีประจุบวก
2. เนื่องจากมีสารประกอบอื่นปะปนอยู่

คุณสมบัติทางกายภาพของดินขาว

การทราบคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาวจะช่วยให้เราสามารถทำนาย คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นซึ่งมีแร่ดินเหล่านั้นผสมอยู่ได้ดีพอสมควร คุณสมบัติที่ควรจะได้ศึกษา คือ

1. ขนาดมีความสำคัญมากอันหนึ่งเพราะว่ามันเกี่ยวข้องกับทางด้านคุณสมบัติความเหนียว และการหดตัวเมื่อแห้ง กล่าวโดยทั่วไปดินเม็ดละเอียดจะให้ความเหนียว และการหดตัวเมื่อแห้ง มากกว่าดินเม็ดหยาบ
2. รูปร่าง มีรูปร่างเป็นแผ่นหกเหลี่ยม มีขนาดจาก 0.05 ถึง 10 ไมครอน โดยเฉลี่ย ขนาดอยู่ระหว่าง 0.5 ไมครอน

3. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูล คุณสมบัติข้อนี้สำหรับแร่พวก แคลอลิไน มีน้อยมาก เพราะว่าในแร่พวกนี้มีการแทนที่กันของพวกอนุมูลบวกในโครงสร้างน้อยมาก โดยเฉพาะผลึก ที่บริสุทธิ์จะไม่สามารถในการแลกเปลี่ยนอนุมูลเลย

4. คุณสมบัติเมื่อแห้ง การหดตัวเมื่อแห้งของแร่ดินล้วนๆ เราไม่ค่อยสนใจ เพราะว่าเนื้อดินนั้นมักประกอบด้วยแร่หลายอย่างแต่กล่าวได้กว้างๆ ว่าของละเอียด มีการหดตัวมากกว่าของหยาบ เมื่อทิ้งไว้ให้แห้ง

5. ความแข็งก่อนเผา คุณสมบัตินี้สำคัญมากโดยเฉพาะเมื่อนำแร่ดินขาวไปใช้ในเนื้อดินปั้นซึ่งไม่มีดินตำอยู่เลย เพราะว่าดินขาวเท่านั้นที่จะเป็นตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดินมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงไร

6. คุณสมบัติหลังจากเผา แร่ดินขาวมีการหดตัวสูงหลังจากการเผาไม่ควรใช้แร่ดินขาวล้วนเป็นเนื้อดินปั้น แร่ดินขาวเมื่อเผาแล้วจะหดตัวประมาณ 20%

ผลของสารเจือปนที่อยู่ในเนื้อดิน

1. ซิลิกา (SiO_2) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของดิน โดยเปลี่ยนแปลงสภาพมาจากการผุพังของหินกรดตื้น กลายเป็นเม็ดทรายเล็กๆ แทรกอยู่ในเนื้อดิน สำหรับซิลิกาจะมีอิทธิพลต่อการหดตัวของดิน โดยดินที่มีซิลิกาที่หยาบจะหดตัวน้อยในขณะที่เดียวกันดินที่มีซิลิกาที่ละเอียดจะหดตัวมาก

2. อะลูมินา (Al_2O_3) อะลูมินาจะมีความทนไฟที่สูงมีความต้านทานต่อการกรัดกร่อนของสารเคมีได้เป็นอย่างดี ทำให้ดินที่มีอะลูมินาสูงจะมีความสามารถในการทนไฟได้ดี

3. เหล็ก (Fe_2O_3) เหล็กจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีดิน โดยดินที่มีเหล็กผสมอยู่มากเมื่อนำไปเผาจะมีสีแดงเข้ม

4. แคลเซียม (CaO) แคลเซียมจะมีผลต่อความต้านทานต่อแรงดึงของชิ้นงาน

5. แมกนีเซียม (MgO) แมกนีเซียมจะมีผลต่อการต้านทานต่อแรงดึงของชิ้นงานเช่นเดียวกับแคลเซียม

3. ทราย

ในทรายจะมีธาตุซิลิกาที่เป็นองค์ประกอบหลัก โดยปกติ ซิลิกาจะเป็นองค์ประกอบในดินและเฟลด์สปาร์อยู่แล้ว แต่ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา บางครั้งจะมีการเติมซิลิกาเพิ่มเข้าไปด้วยเพื่อทำให้เนื้อดินปั้นขยายตัวมากขึ้นกว่าเดิมและมีส่วนทำให้เคลือบไม่รানตัว นอกจากจะใช้ซิลิกาผสมในเนื้อดินปั้นแล้ว ยังสามารถใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบอีกด้วย แหล่งทรายแก้วที่พบในประเทศได้มีหลายแห่งด้วยกัน ได้แก่ อ.บ้านตาก จ.ตาก และ อ.วังทอง จ.พิษณุโลก, ต.ซากพง อ.แก่ง จ.ระยอง, บ้านหนองไทร ต.ช้างข้าม อ.ท่าใหม่ และ บ้านบ่อ อ.ขลุง จ.จันทบุรี, บ้านแหลมกลัด เขาล้าน อ.เมือง และ บ้านไม้รูด อ.คลองใหญ่ จ.ตราด,

บ้านดอนตะเคียน อ.ปะทิว จ.ชุมพร, อ.กลาง จ.ภูเก็ต อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช, อ.เมือง และ อ.จะนะ จ.สงขลา

สมบัติของดินและเครื่องปั้นดินเผา

1. การหดตัว (shrinkage) การหดตัวของดินจะเกิดขึ้นเมื่อนำไปเผา ซึ่งการหดตัวนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเผาที่แตกต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างของเม็ดดินและสิ่งเจือปนที่อยู่ในเม็ดดินที่มีการหดตัวที่แตกต่างกันค่าความหดตัววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สมการ

$$\text{ร้อยละของความหดตัวก่อนการเผา} = \frac{\text{ความยาวก่อนเผา} - \text{ความยาวหลังเผา}}{\text{ความยาวก่อนเผา}} \times 100$$

2. ความเหนียวของดิน (plasticity of clay) ค่าความเหนียวคือคุณสมบัติที่สามารถเปลี่ยนแปลงสภาพรูปทรงได้โดยที่ไม่เกิดการแตกหักเมื่อใช้แรงกดหรือบีบ และในขณะเดียวกันก็สามารถคงรูปทรงอยู่ได้เมื่อปล่อยแรงที่กดหรือบีบออกแล้ว ความเหนียวเป็นคุณสมบัติของดินที่มีผลต่อการขึ้นรูปดินถ้าดินมีความเหนียวน้อยก็จะทำให้ขึ้นรูปได้ยาก แต่ถ้ามีความเหนียวมากชิ้นงานก็จะมีคามแข็งตัวช้าและหดตัวสูง นอกจากนี้ความเหนียวยังมีผลต่อลักษณะของการขึ้นรูปแต่ละชนิดด้วย

3. สีของดิน (color) เป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อการผลิตชิ้นงานเนื่องจากดินแต่ละแห่งจะมีสีที่แตกต่างกันออกไปซึ่งจะขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนที่อยู่ในดินเช่นแร่ต่างๆ ซากพืชซากสัตว์

4. ความแข็งแรง (strength) ความแข็งแรงคือคุณสมบัติที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกระแทก หรือแรงกดที่กระทำ โดยชิ้นงานที่มีความแข็งแรงมากจะไม่เปราะง่ายสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกค่าความแข็งแรงของดินก่อนการเผาและหลังการเผาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สมการ

$$M = \frac{3 PL}{2bd^2}$$

เมื่อ

M = ค่าความแข็งแรงของดิน (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

P = แรงที่กดทำให้ แท่งทดลองหัก (กิโลกรัม)

L = ระยะห่างของแท่นรองรับขึ้นทดลอง (เซนติเมตร)

b = ความกว้างของขึ้นทดลอง (เซนติเมตร)

d = ความหนาของขึ้นทดลอง (เซนติเมตร)

5. การดูดซึมน้ำ (absorption) การดูดซึมน้ำคือคุณสมบัติของชิ้นงานที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มากน้อยเท่าไร โดนจะเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งค่าการดูดซึมน้ำหลังการเผาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละของการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักที่อิ่มตัว} - \text{น้ำหนักดินที่แห้ง}}{\text{น้ำหนักดินที่แห้ง}} \times 100$$

6. สมบัติทางกายภาพของเคลือบ สมบัติทางกายภาพของเคลือบได้แก่การพิจารณาความมัน การสึกตัว การไหลตัว การรานตัว และสีของเคลือบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณริศรา พฤกษ์วัน และ พรเทพ เลิศเทวศิริ (2547) ได้ทำการศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างหม้อน้ำดินเผาพื้นบ้านภาคเหนือและคุณสมบัติทางสุนทรีย์ยะ ได้กล่าวถึงคุณค่าทางนามธรรมคือคุณค่าทางด้านเนื้อหาของวัตถุ ที่สะท้อนอยู่ในรูปแบบของงานหม้อดินเผา ซึ่งผลจากการรับรู้ทางด้านจิตวิสัยหรือ เป็นคุณค่าที่เกิดจากโครงสร้างทางจิต ซึ่งเป็นเนื้อหาที่สามารถบ่งบอกเรื่องราวต่างๆ หรือสื่อความหมายทางด้านความเชื่อหรือความเป็นอยู่ที่แฝงอยู่ในวัตถุสามารถทำให้รู้สึกถึงความมีชีวิตชีวาของสิ่งนั้นๆ ลักษณะของคุณค่าทางนามธรรมสะท้อนให้เห็นแนวความคิดของแต่ละท้องถิ่นหรือแต่ละยุค หรือขนาดรูปลักษณะ รวมทั้งรายละเอียด เช่น ลวดลาย เนื้อหาดังกล่าวดังกล่าวสามารถเสริมความเข้าใจแก่นเนื้อหาภายนอกหรือคุณค่าทางรูปธรรม ซึ่งมีความสัมพันธ์กันเพื่อความสมดุลต่อกันระหว่างคุณค่าทางรูปธรรมและคุณค่าทางนามธรรมที่ส่งผลต่อการรับรู้ของมนุษย์ ลักษณะคุณค่าทางนามธรรมที่แฝงอยู่วัตถุที่ปรากฏ ได้แก่ ความเชื่อและสัญลักษณ์

สินิท ปิ่นสกุล ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเซียงเครื่องและอัตราส่วนผสมของเคลือบสำหรับผลิตของที่ระลึกโดยการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อแบบจากการศึกษาพบว่าเนื้อดินปั้นที่มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยก่อนเผามากที่สุดคือเนื้อดินปั้นสูตรที่ 19 ความแข็งแรง 10.27 กก./ซม.² ในสูตรส่วนผสมมีดินเซียงเครื่องร้อยละ 25 หินฟันม้าร้อยละ 5 ดินขาวระนองร้อยละ 25 ทรายน้ำจืดร้อยละ 45 เนื้อดินปั้นที่มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยก่อนเผาน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 4 ความแข็งแรง 3.83 กก./ซม.² ในสูตรส่วนผสมมีดินเซียงเครื่องร้อยละ 45 หินฟันม้าร้อยละ 35 ดินขาวระนองร้อยละ 5 ทรายน้ำจืดร้อยละ 15 เนื้อดินปั้นที่มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยหลังเผามากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 37 ความแข็งแรง 252.61 กก./ซม.² ในสูตรส่วนผสมมีดินเซียงเครื่องร้อยละ 5 หินฟันม้าร้อยละ 5 ดินขาวระนองร้อยละ 45 ทรายน้ำจืดร้อยละ 45 เนื้อดินปั้นที่มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 2 ความแข็งแรง 61.10 กก./ซม.² ในสูตรส่วนผสมมีดินเซียงเครื่องร้อยละ 45 หินฟันม้าร้อยละ 15 ดินขาวระนองร้อยละ 5 ทรายน้ำจืดร้อยละ 35 ดินปั้นที่มีค่าความเหนียวมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่

19 ความหนืด 72.1 พอยส์ ในสูตรส่วนผสมมีดินเชิงเครื่องร้อยละ 25 หินพื้นม้าร้อยละ 5 ดินขาวระนองร้อยละ 25 ทรายน้ำจืดร้อยละ 45 เนื้อดินปั้นที่มีค่าความหนืดน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 41 ความหนืด 12.7 พอยส์ ในสูตรส่วนผสมมีดินเชิงเครื่องร้อยละ 5 หินพื้นม้าร้อยละ 45 ดินขาวระนองร้อยละ 45 ทรายน้ำจืดร้อยละ 5 เนื้อดินปั้นที่มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 การดูดซึมน้ำร้อยละ 4.32 ในสูตรส่วนผสมมีดินเชิงเครื่องร้อยละ 40 หินพื้นม้าร้อยละ 10 ดินขาวระนองร้อยละ 10 ทรายน้ำจืดร้อยละ 40 เนื้อดินปั้นที่มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 8 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.03 ในสูตรส่วนผสมมีดินเชิงเครื่องร้อยละ 40 หินพื้นม้าร้อยละ 30 ดินขาวระนองร้อยละ 10 หินเขี้ยวหนุมานร้อยละ 20

ภาวิณี มณีวรรณ และ เกศริน พิมพ์รักษา (ม.ป.ป.) ได้ทำการศึกษา การปรับปรุงและควบคุมคุณภาพของการเตรียมน้ำเคลือบเซรามิกส์เพื่อลดตำหนิรอยแยก จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีปริมาณตัวช่วยหลอมมากเกินไปจะมีความมันวาวมากขึ้นถ้ามีปริมาณตัวช่วยหลอมน้อยเคลือบจะมีความต้านขึ้น เมื่อขนาดของอนุภาคน้ำเคลือบละเอียดจนเกินไปส่งผลให้เคลือบมีความหนืดน้อยเมื่อหลอม และเกิดการหดตัวมากขึ้น เมื่ออบเคลือบที่เวลาต่างกัน พบว่าเคลือบที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยปริมาณน้อยกว่า 7.41 ไมโครเมตร และร้อยละของกากค้างตะแกรงน้อยกว่า 0.05 ทำให้เกิดเคลือบแยกได้ เมื่อทดลองชุบความหนาของเคลือบที่เวลาที่ต่างกันซึ่งเคลือบที่มีความหนามากกว่า 2 มิลลิเมตร จะแยกกันได้ เมื่อใช้วิธีการเคลือบที่แตกต่างกัน พบว่า การพ่นเคลือบจะให้ความหนาที่สม่ำเสมอกว่าจุ่มเคลือบ

พิทักษ์ พงษ์จันทร์ และ กิตติชัย ระมิงค์วงศ์ (ม.ป.ป.) ได้ศึกษาถึงการพัฒนาเคลือบไฟฟ้าเพื่อการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านเมืองทุ่ง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ จากผลการศึกษาพบว่า เคลือบฟritที่ใช้ในการทดลองสามารถนำมาใช้ในการเคลือบดินพื้นบ้านได้ดี โดยที่เคลือบยึดเกาะกับชิ้นงานได้ดี หลอมตัวดีใช้ได้กับทุกอุณหภูมิที่ทดลอง โดยแสดงถึงสัมประสิทธิ์การหดตัวของเคลือบที่ใกล้เคียงกัน เพื่อนำเคลือบไปเผาที่เตาเผาของชุมชนพบว่าไม่สุกตัวเนื่องจากในชุมชนจะเผาที่เตาเผาอุณหภูมิ 860 – 900 องศาเซลเซียส จึงนำเคลือบมาพัฒนาด้วยการใช้ฟritไฟฟ้าเติมลงไปเคลือบและนำไปเผาอีกครั้ง พบว่า เคลือบมีการหลอมตัวขึ้นมีความมันวาว มีสีต่างๆ แต่ไม่มีความใส จึงนำมาทดลองลดปริมาณสารให้สีลง และนำไปเผาอีกครั้ง พบว่าผิวเคลือบมีความมันดี มีสีตามที่ต้องการ เคลือบหลอมติดกับผิวดินดี โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา คือ 900 องศาเซลเซียส

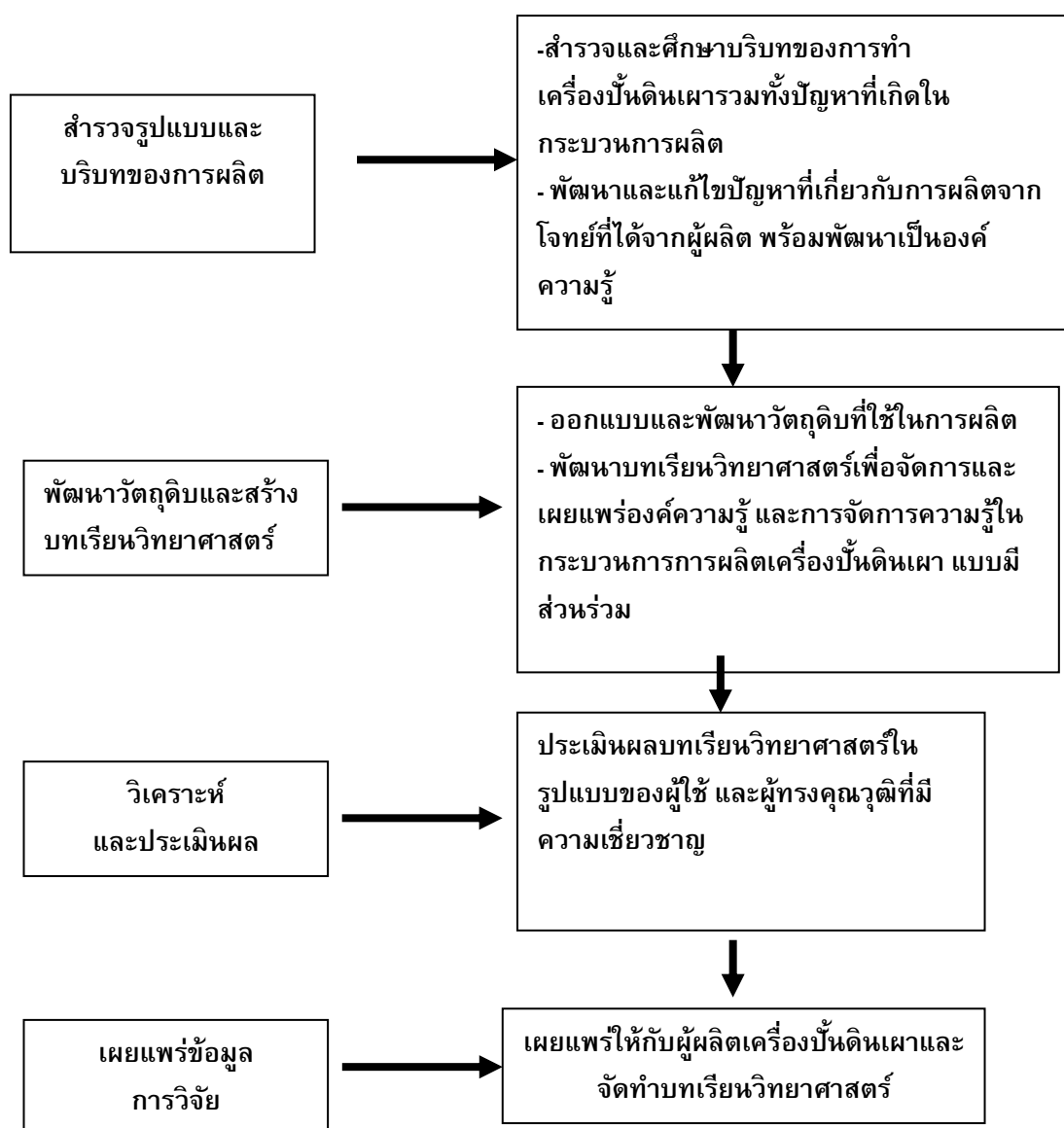
วรุณี ธีรมงคล (ม.ป.ป.) ได้ทำการศึกษาวิจัยผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์น้ำหนักเบาเพื่อใช้ในการตกแต่งปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ โดยกระถางเซรามิกส์น้ำหนักเบา แตกต่างจากกระถางดินเผาทั่วไปในเรื่องของส่วนผสมและขั้นตอนการผลิตกระถางทั่วไปจะใช้ดินเป็นส่วนผสมเพียงอย่างเดียว ในขณะที่เซรามิกส์น้ำหนักเบาจะเกิดจากการวิจัยเนื้อดินชนิดใหม่ซึ่งประกอบด้วยดินเหนียว 10 ส่วนและผงหญาแผ่แก่ง 1 ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันนำไปขึ้นรูปกระถางแล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้กระถางเซรามิกส์น้ำหนักเบาที่มีรู

พรุนน้ำหนักเบาว่ากระถางดินเผาธรรมดาถึง 20 เปอร์เซ็นต์เพราะหญ้าแฝกได้สลายตัวไปในขณะเผา ซึ่งจากการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ ทำให้ต้นทุนการผลิตไม่ต่างจากกระถางเซรามิกส์ทั่วไป จากข้อดีของกระถางเซรามิกส์น้ำหนักเบาจึงมีผู้พรุนสามารถอุ้มน้ำได้ดีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ทำให้เหมาะกับการนำไปเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ได้ดีรวมถึงการปลูกพืชชนิดต่างๆ มากกว่าการปลูกในกระถางพลาสติกหรือกระถางดินเผาธรรมดา นอกเหนือจากผลิตรถกระถางต้นไม้แล้ว เทคโนโลยีในการผลิตเซรามิกส์น้ำหนักเบายังสามารถนำไปทำเป็น "ท่อนเซรามิกส์น้ำหนักเบา" สำหรับปลูกกล้วยไม้หรือต้นไม้ชนิดอื่นๆ ซึ่งจะมีความทนทานมากกว่าการปลูกกล้วยไม้บนท่อนไม้ เพราะท่อนไม้จะผุพังภายใน 2-3 ปี แต่ท่อนเซรามิกส์น้ำหนักเบาอยู่ได้นานเป็นสิบๆ ปี ซึ่งจะทำให้ชาวสวนซึ่งปลูกไม้ดอกไม้ประดับจะมีผลิตภัณฑ์ใหม่ใช้ในการปลูกพืช ที่คุ้มค่ากว่าการใช้ไม้ และถูกกว่าวัสดุปลูกน้ำหนักเบาที่นำเข้าจากต่างประเทศอันเป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันโดยเฉพาะกับตลาดต่างประเทศได้เป็นอย่างดี และนอกจากนั้น ต้นทุนราคาของผลิตภัณฑ์จากเซรามิกส์น้ำหนักเบานั้นก็ใกล้เคียงกันกับดินเผาหรือเซรามิกส์ทั่วไป ซึ่งจะและเป็นความน่าภาคภูมิใจว่า เซรามิกส์เบาชนิดนี้เป็นชนิดใหม่ที่ยังไม่มีประเทศใดสามารถผลิตได้ ดังนั้นโอกาสขยายตลาดในต่างประเทศยังมีอีกมาก ซึ่งขณะนี้ได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวให้กับผู้ประกอบการเพื่อนำไปขยายสู่ภาคการผลิตต่อไปแล้ว สมบูรณ์ แก้วกระบิล (ม.ป.ป.) ศึกษากระบวนการพัฒนาภูมิปัญญาชาวบ้านเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด เพื่อนำไปสู่หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ดีเด่น โดยประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม และการศึกษาจากเอกสาร ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ สมาชิกกลุ่มหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาเกาะเกร็ดหมู่ที่ 1 อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี จำนวน 11 คน การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยการตรวจสอบแบบสามเส้า ตรวจสอบสามเส้าด้าน ข้อมูล (data triangulation) และตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีรวบรวมข้อมูล (methodological triangulation) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาแบบสร้างข้อสรุป ผลการวิจัยพบว่า เกาะเกร็ด มีบริบทชุมชนที่เอื้อต่อการพัฒนาภูมิปัญญาชาวบ้านเครื่องปั้นดินเผาจนได้รับการพิจารณาคัดเลือกให้เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ดีเด่น มีหลายองค์ประกอบ ได้แก่ ลักษณะภูมิศาสตร์ ชาติพันธุ์ ประวัติชุมชน ภูมิปัญญาเครื่องปั้น ดินเผา ผู้นำชุมชน การรวมกลุ่มในชุมชน เกาะเกร็ดมีประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเป็น เส้นทางการค้าตั้งแต่สมัยอยุธยาเพราะเป็นเส้นทางเรือสินค้าเดินทางผ่าน และชาวเกาะเกร็ดส่วนใหญ่เป็นชาวมอญที่มีภูมิปัญญาชาวบ้านเครื่องปั้นดินเผาเป็นองค์ความรู้ที่ติดตัวเมื่อครั้งอพยพหนีทัพพม่ามากับพระเจ้าตากสินมหาราช ได้พัฒนาสิ่งสมเครื่องปั้นดินเผาจนเป็นอาชีพ และเป็นแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่สำคัญของไทย ผนวกกับการมีผู้นำชุมชนที่มีวิสัยทัศน์ที่จะฟื้นฟูภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาเพื่อแก้ปัญหาวิกฤติต่างๆ ด้วยการพึ่งพาความรู้ที่มีในชุมชนเกาะเกร็ดเอง ทำให้บริบทชุมชนดังกล่าวเอื้อต่อการพัฒนาภูมิปัญญาชาวบ้านเครื่องปั้นดินเผาให้ได้รับการ

ยอมรับ และยังเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้กับชุมชนจนถึงทุกวันนี้ กระบวนการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเกาะเกร็ด พบว่า มีกระบวนการพัฒนาดังนี้ 1) การพัฒนาคน เพราะคนคือกลไกสำคัญของการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เริ่มจากการรวมกลุ่มเป็นการเตรียมสมาชิกให้ได้รับความรู้ สร้างความเข้าใจให้ตรงกันในการพัฒนาภูมิปัญญา ชาวบ้านเครื่องปั้นดินเผาพัฒนาผู้นำชุมชน การเสียสละเวลาของสมาชิกเพื่อร่วมกิจกรรมต่างๆ ของกลุ่ม เป็นต้น 2) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ วัตถุดิบ (ดิน) จะต้องมีการกรองเอาเฉพาะ เนื้อดินบริสุทธิ์เพื่อให้รูปทรงเครื่องปั้นเรียบสวยงาม รูปแบบมีการผลิตเครื่องปั้นดินเผาในขนาดเล็กลง เปลี่ยนจากการผลิตเครื่องใช้ในครัวเรือนมาเป็นการผลิตเป็นเครื่องประดับตกแต่งและของที่ระลึก ลวดลายจะมีหลากหลายและละเอียดอ่อน สีสนเครื่องปั้นดินเผาของเกาะเกร็ด มีการพัฒนาสีจากดั้งเดิมสีส้มแดง มาเป็นสีด้ามแดง (สีนาก) จนกระทั่งล่าสุดได้สีดำเงา เหมือนเคลือบมุกนับเป็นพัฒนาการเครื่องปั้นดินที่เห็นเด่นชัดอีกอย่างหนึ่ง เพราะการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาโดยเตาแก๊สสามารถเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจะได้ผลิตภัณฑ์สีดำ เป็นต้น 3) การกระจายสินค้า กลุ่มหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาหมู่ที่ 1 ได้กระจายสินค้าไปกับลูกค้าที่เป็นนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวภายในเกาะเกร็ด เนื่องจาก การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย ประกาศให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว ทำให้การประชาสัมพันธ์ไปยัง สื่อต่างๆ เพิ่มขึ้น การออกร้านและการสาธิตการปั้นเครื่องปั้นดินเผาตามโครงการที่รัฐบาลจัดขึ้น นอกจากนี้ยังได้ร่วมแสดงสินค้าตามห้างสรรพสินค้า และมีการประชาสัมพันธ์ผ่านทางอินเทอร์เน็ตของผู้ประกอบการ และทางเว็บไซต์ของการท่องเที่ยว

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย