บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยในครั้งนี้ เพื่อให้ดำเนินไปตามวัตถุประสงค์ผู้ศึกษาค้นคว้าได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
3. ตัวแปรที่ทำการศึกษา
4. สถานที่ใช้ในการวิจัย
5. การดำเนินการวิจัย
6. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมน้ำดิน ของบริษัทขอนแก่นเซรามิก ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1 ดินซุปเปอร์บอลล์
2 ดินแซน
3 ดินภัทธารัตน์
4 ดินขาวระนอง
5 ทราย S.D.200
6 เฟลด์สปาร์ S.L.200
7. เศษแก้วใส ชนิด Soda Lime ที่ใช้ในสูตรเนื้อดินที่ทำการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการศึกษาทดลองในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ม้อน
2. ตะแกรงขนาด 100 เมช
3. เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
4. ตะแกรงขนาด 100 เมช

5. กระบอกตวง

6. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

7. สว่านไฟฟ้า

8. ถังสำหรับใส่น้ำดิน (ถังพลาสติก)

9. แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ สำหรับหล่อแท่งทดสอบ

10.ตู้อบแท่งทดสอบ

11.เตาเผา (แก๊ส)

12.เครื่องวัดอุณหภูมิ

13.เครื่องทดสอบความแข็งแรง

14.เครื่องบด Ball mill

15.เครื่องวัดความหนืด (Kallenkamp)

16.เครื่องบด High Speed mill

ตัวแปรที่ทำการวิจัย

1. ตัวแปรต้น

- อุณหภูมิที่ใช้เผาทดสอบเนื้อดินผลิตภัณฑ์และเคลือบสุขภัณฑ์

2. ตัวแปรตาม

- ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินผลิตภัณฑ์และเคลือบสุขภัณฑ์ก่อนเผาได้แก่ การหดตัว สีของเนื้อดิน ความแข็งแรง

- ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินและเคลือบผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์หลังเผาได้แก่ การหดตัว สีของเนื้อดิน ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำตัว

3. ตัวแปรควบคุม

- เศษแก้วใส ชนิด Soda Lime บดละเอียด ผ่านตะแกรง 100 เมช
- ขนาดอนุภาคน้ำดินผ่านตะแกรง 100 เมช
- การไหลตัวของน้ำดิน
- ความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน 1.60 – 1.70
- อุณหภูมิในการเผา 1,200 องศาเซลเซียส
- ระยะเวลาหมักน้ำดิน 48 ชั่วโมง
- ระยะเวลาในการหล่อแท่งทดสอบ 1 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

- ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมน้ำดิน 35 %
- ปริมาณสารช่วยการไหลตัว โซเดียมซิลิเกต 0.3 %

สถานที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้สถานที่ คือ ห้องปฏิบัติการโปรแกรมเทคโนโลยีเซรามิก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม และบริษัทขอนแก่นเซรามิกส์ จำกัด ตั้งอยู่ที่ เลขที่ 204 หมู่ 4 ถนนมิตรภาพ ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น

การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งการทดลองได้ดังนี้

1. การเตรียมเศษแก้วและศึกษาวัตถุดิบที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ส้วมนั่งยองของ บริษัท ขอนแก่นเซรามิค จำกัด

2. ศึกษาอัตราส่วนผสมน้ำดินผลิตภัณฑ์ส้วมนั่งยองของ บริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด คำนวณอัตราส่วนผสม โดยลดปริมาณหินฟันม้า และทราย ร้อยละ 5, 10, 15 และ 17.57 แล้วใส่เศษแก้วแทน และเตรียมน้ำดิน ควบคุมสมบัติทางกายภาพของน้ำดินให้ใกล้เคียงกับ บริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด ดังนี้

2.1 กรองน้ำดินให้ผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช

2.2 ค่าความถ่วงจำเพาะ 1.64 – 1.68

2.3 ค่าผลต่างการไหลตัวของน้ำดิน วัดโดยเครื่อง O' swing ที่ 330 – 350 องศา และควบคุมค่า Thixotopy ให้มีผลต่างที่ 20 - 30

3. สร้างแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่จะนำไปหล่อแท่งทดสอบ นำน้ำดินที่มีส่วนผสมของเศษแก้วหล่อแท่งทดสอบและทดสอบสมบัติทางกายภาพก่อนการเผา

4. คำนวณอัตราส่วนผสม โดยลดปริมาณหินฟันม้าและทรายแก้วร้อยละ 5, 10, 15 และ 17.57 แล้วใส่เศษแก้วแทนและเตรียมน้ำดิน และหล่อแท่งทดสอบ จำนวน 4 สูตร ๆละ 10 แท่ง โดยควบคุมสมบัติทางกายภาพก่อนเผาและหลังเผาให้ใกล้เคียงกับของบริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด

5. การเผาแท่งทดสอบด้วยเตาแก๊สที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

6. ทดสอบสมบัติทางกายภาพหลังการเผาและวิเคราะห์ข้อมูล ถ้าอัตราส่วนผสมไม่ได้ตามที่ต้องการก็จะต้องดำเนินการ ข้อ 2 -4

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

7. วิเคราะห์ข้อมูลและคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดจำนวน 1 สูตร เตรียมบดเศษแก้วให้ได้ปริมาณมากด้วยเครื่องบด Ball Mill 50 Kg

8. นำอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดไปเตรียมน้ำดินและทดลองหล่อผลิตภัณฑ์ส้วมนั่งยองที่บริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด จำนวน 15 ตัว โดยควบคุมสมบัติทางการกายภาพของน้ำดินให้ใกล้เคียงกับบริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด

9. นำผลิตภัณฑ์ส้วมนั่งยองคุมผ้าไว้บนรถเข็น 1 คืน และตกแต่งขณะหมาดและแห้งโดยพนักงานบริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด

10. นำผลิตภัณฑ์ส้วมนั่งยองขึ้นวางบนรถเตาเผาและเผาที่ อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส โดยพนักงานบริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด

11. นำผลิตภัณฑ์ส้วมนั่งยองไปทดสอบสมบัติทางกายภาพหลังการเผาตามกระบวนการของบริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด

12. วิเคราะห์และสรุปข้อมูลจัดทำรายงาน

วิธีการคำนวณสูตรน้ำดิน ด้วยค่าร้อยละน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบ เพื่อนำเศษแก้วเข้าไปแทนที่ ซึ่งผลการคำนวณ ได้สูตรน้ำดินแบ่งเป็น 4 สูตร

วัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำดินมีอัตราส่วนผสม ดังนี้

สูตรที่ (บริษัท)	ดินซุปเปอร์บอลล์	8.49 %
	ดินแซน	29.45 %
	ดินภัทรารัตน์	36.51 %
	ดินขาวระนอง	7.98 %
	ทราย S.D. 200	3.60 %
	เฟลด์สปาร์ S.L. 200	13.97 %
สูตรที่ 1	ดินซุปเปอร์บอลล์	8.49 %
	ดินแซน	29.45 %
	ดินภัทรารัตน์	36.51 %
	ดินขาวระนอง	7.98 %
	SL 200(หินฟันม้า)	12.57 %
	เศษแก้ว	5.00 %
สูตรที่ 2	ดินซุปเปอร์บอลล์	8.49 %
	ดินแซน	29.45 %

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

	ดินภัทรารัตน์	36.51 %
	ดินขาวระนอง	7.98 %
	SL 200(หินฟันม้า)	7.57 %
	เศษแก้ว	10.00 %
สูตรที่ 3	ดินซุปเปอร์บอลล์	8.49 %
	ดินแซน	29.45 %
	ดินภัทรารัตน์	36.51 %
	ดินขาวระนอง	7.98 %
	SL 200(หินฟันม้า)	2.57 %
	เศษแก้ว	15.00 %
สูตรที่ 4	ดินซุปเปอร์บอลล์	8.49 %
	ดินแซน	29.45 %
	ดินภัทรารัตน์	36.51 %
	ดินขาวระนอง	7.98 %
	เศษแก้ว	17.57 %

การเตรียมน้ำดินหล่อมีวิธีการดังนี้

1. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2. นำอัตราส่วนผสมที่ได้ไปบดกวนผสมให้เป็นน้ำดินด้วยสว่านไฟฟ้าเป็นเวลา 70 นาที

3. นำน้ำดินที่ได้ผ่านตะแกรง 100 เมช

4. ทำการปรับคุณสมบัติของน้ำดินที่ผ่านตะแกรงแล้วให้ได้ตามกำหนด คือค่าความถ่วงจำเพาะ 1.64 – 1.68 ค่า O' swing 330 – 350 องศาเซลเซียส และค่า Thixotopy 20 - 30

5. หมักน้ำดินที่ปรับคุณสมบัติแล้วทิ้งไว้ 48 ชั่วโมงก่อนที่จะนำไปทำการหล่อแท่งทดสอบ

การเตรียมแท่งทดสอบ จะใช้ทดลองในงานวิจัยนี้จะต้องทำขึ้นจากการหล่อโดยใช้แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ โดยกำหนดให้แท่งทดสอบมีความกว้าง 2 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร และยาว 12 เซนติเมตร

การเตรียมแท่งทดสอบมีกระบวนการดังนี้

1. เตรียมแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ทำความสะอาด ประกอบแบบพิมพ์ให้เรียบร้อย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. ใช้ท่อพีวีซี ต่อแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์เพื่อเพิ่มแรงดันของน้ำดินในขณะหล่อ

3. กวนน้ำดินที่หมักไว้ให้เกิดการกระจายตัวและเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ให้ เต็มท่อพีวีซี ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

4. เมื่อครบเวลากำหนด 1 ชั่วโมง ให้เทน้ำดินออก ทิ้งไว้ 30 นาที

5. แกะแบบพิมพ์ออกจากเนื้อดิน จะได้แท่งทดสอบตามต้องการ

6. ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ กำหนดระยะความยาวบนแท่งทดสอบ ระยะ 10 เซนติเมตร

7. ผึ่งลมทิ้งไว้ให้แท่งทดสอบแห้ง 24 ชม.

การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ สำหรับการศึกษาทดลองในครั้งนี้ มีการทดสอบคุณสมบัติดังนี้

2.1 1. การทดสอบการหล่อแบบ (Casting rate)มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้(ประดุจฤดี สารสิทธิ์. 2543 : 68)

1.1 เทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เริ่มกำหนดเวลาโดยกำหนดที่ 20 นาที 30 นาที และ 1 ชั่วโมง

1.2 เมื่อถึงเวลาที่กำหนด ให้เทน้ำดินออก

1.3 ตัดชิ้นดินมาวัดความหนาบันทึกค่าหน่วยเป็นมิลลิเมตร

2. การทดสอบการหดตัว (Shrinkage) มีวิธีทดสอบดังนี้

2.2 หล่อแท่งทดสอบด้วยน้ำดินโดยใช้แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

2.3 เมื่อแท่งทดสอบตันแกะออกจากแบบพิมพ์ ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์กดลงบนแท่งทดสอบ โดยกำหนดความยาว 10 เซนติเมตร เป็นความยาวหลังขึ้นรูป บันทึกค่า (Lp)

2.4 อบแท่งทดสอบให้แห้ง วัดความยาวหลังอบ บันทึกค่าเป็น (Ld)

2.5 นำแท่งทดสอบเข้าเผาตามอุณหภูมิ วัดความยาวหลังเผา บันทึกค่าเป็น (Lf)

2.6 นำค่าการหดตัวหลังเผา โดยคำนวณหาค่าความหดตัว เป็นร้อยละ ดังสูตรการคำนวณต่อไปนี้(ประดุจฤดี สารสิทธิ์. 2543 : 85)

$$\text{การหดตัวหลังเผา} = \frac{Lp - Lf}{Lp} \times 100$$

โดยที่ Ld คือ ความยาวหลังอบ

Lf คือ ความยาวหลังเผา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.7 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption) โดยนำแท่งทดสอบไปชั่งน้ำหนักแล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 1 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เดแท่งทดสอบให้แห้งนำไปชั่งหนัก นำไปคำนวณด้วยสูตรดังต่อไปนี้ (ประดุจฤดี สารสิทธิ์. 2543 : 133)

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

โดยที่ W คือ น้ำหนักหลังต้ม

D คือ น้ำหนักก่อนต้ม

2.8 การทดสอบความแข็งตัว (Strength) เป็นการทดสอบความต้านทานต่อแรงกด (Bending strength) วัดแบบสามจุด (Three point) ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรง แล้วนำมาคำนวณดังสูตรต่อไปนี้(ประดุจฤดี สารสิทธิ์. 2543 : 85)

$$\text{ความแข็งแรง} = \frac{3FL}{2bd^2}$$

โดยที่ F คือ ค่าน้ำหนักแรงกดที่แท่งทดสอบหัก

L คือ ระยะความกว้างของบ่ารอง

b คือ ความกว้างแท่งทดสอบ

d คือ ความหนาของแท่งทดสอบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5. การทดสอบสี (Color) โดยการเปรียบเทียบสีของเนื้อดินหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส กับสีของเนื้อดินสุขภัณฑ์ส้วมนั่งยองของบริษัท ขอนแก่นเซรามิกส์ จำกัด