

การศึกษาผลของขนาดอนุภาคของทัลค์ต่อสมบัติเนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์

The Effect of Changes in Talc Size on the Properties of Earthenware

จิตติมา คุณยศยิ่ง^{1*}

^{1*} สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 119 ม.9 ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100
โทร 054-237399 ต่อ 1335 โทรสาร 054-241079 E-mail: tiwpop4@hotmail.com

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อการศึกษาผลและเปรียบเทียบผลของขนาดอนุภาคทัลค์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติ ทางกล ของเนื้อดินที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส โดยใช้วัตถุดิบ 5 ชนิด คือ โซดาเฟลด์สปาร์ ทัลค์ ดินขาว ดินดำ และซิลิกา รวม 8 อัตราส่วนผสม โดยทัลค์ที่ใช้แบ่งเป็นทัลค์ไม่บด และบดเพิ่มเวลา 3 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 1150 องศาเซลเซียส โดยเตาไฟฟ้า ขึ้นรูปแท่งทดสอบด้วยการหล่อ พบว่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์บด มีการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.16 ส่วนเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์ไม่บด มีค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.21 ผลทดสอบการหดตัวของเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์บด มีค่าสูงสุด ร้อยละ 16.00 มากกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์ไม่บดที่มีค่า ร้อยละ 14.00 และมีความสัมพันธ์ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดสอบ ความพรุนตัวของเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์บด มีค่า ร้อยละ 0.80 น้อยกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์ไม่บดมีค่า ร้อยละ 1.95 และถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่า เนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์บด หลังเผาที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส มีขนาดรูพรุนที่เล็กกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์ไม่บด ผลการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์บด มีค่าสูงสุด 192.63 MPa สูงกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์ไม่บด มีค่าสูงสุด 191.60 MPa ในส่วนของปริมาณการค้ำตะแกรง ขนาด 100 140 200 และ 325 เมช พบว่า เนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์บด มีปริมาณการค้ำตะแกรง สูงที่สุด ร้อยละ 0.68 0.19 0.32 และ 4.44 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทัลค์ไม่บด มีปริมาณการค้ำตะแกรง สูงที่สุด ร้อยละ 1.36 0.17 0.39 และ 6.00 ตามลำดับ จากผลการเปรียบเทียบสมบัติการดูดซึมน้ำ การหดตัว ความพรุนตัว ความแข็งแรง และปริมาณการค้ำตะแกรงของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บดเพิ่มเวลา 3 ชั่วโมง กับเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บดเพิ่มเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บดเพิ่มเวลา มีสมบัติที่ดีขึ้น และสมบัติที่ใกล้เคียงกับสมบัติเนื้อดินสโตนแวร์ โดยเฉพาะมีการดูดซึมน้ำต่ำสุดที่ ร้อยละ 0.16 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานสโตนแวร์ ที่กำหนดไว้ตาม มอก.602-2546 ภาชนะเซรามิกที่ใช้กับอาหาร : สโตนแวร์ ไม่เกินร้อยละ 3 ดังนั้นเนื้อดินจากการทดลองนี้ มีแนวโน้มในการนำไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ แทนเนื้อดินสโตนแวร์ได้

คำสำคัญ : ขนาดอนุภาค, ทัลค์, สมบัติเนื้อดิน, อุณหภูมิต่ำ

Abstract

The experiment studied the effects of changes in talc particle size on the physical and mechanical properties of soil heated to 1150° Celsius. The soil consisted of five ingredients: soda feldspar, talc, kaolin, black body, and silica. These were mixed in eight ratios, with the talc both un-ground and ground (for 3 hours). The mix was heated to a maximum temperature of 1150° Celsius in an electric oven. Examination of test bars showed that the water absorption of the material containing ground talc had a water absorption rate of 0.16%. The material containing un-ground talc had a water absorption rate of 0.21%. Material containing ground talc shrunk by 16%, compared to 14% for the un-ground talc. The porosity of the ground talc material was 0.80%; that of the un-ground talc was 1.95%. Electron microscopy showed that the mixture containing ground talc heated to 1150° Celsius had a smaller pore size than that containing un-ground talc. Strength tests of the former revealed a maximum strength of 192.63 MPa compared to the latter, which had a maximum strength of 191.60 MPa. Residue recovered from sieving through 100, 140, 200 and 325 mesh found that the ground talc compound left a residue containing the highest percentage at 0.68%, 0.19%, 0.32% and 4.44% respectively. The figures for the test material containing un-ground talc were 1.36%, 0.17%, 0.39% and 6.00%, respectively. These results show that the material containing ground talc (which had been ground for longer) had properties which were preferable and which were closer to those of stoneware clay. In particular, it had a low water absorption rate (0.16%) and this exceeds the stoneware standards as defined by TIS. 602-2546 for ceramic containers used for food, which should be no more than 3%. The material tested in this trial could therefore be used instead of stoneware for producing ceramic containers.

Keywords : particles size, talc , body properties, earthenware

1. บทนำ

การแบ่งประเภทเนื้อดินเซรามิกที่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง มี 3 ประเภท คือ เอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware) สโตนแวร์ (Stoneware) และพอร์สเลน (Porcelain) โดย เนื้อดิน 3 ประเภทมีความแตกต่างกันที่สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล เช่น การหดตัว การดูดซึมน้ำ ความพรุนตัว การร้าวและความแข็งแรง (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541) ในสภาวะปัจจุบัน ผู้ผลิตเซรามิกประเภทเครื่องประดับตกแต่งบ้าน ของที่ระลึก รวมถึงเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร จากเดิมใช้เนื้อดินประเภทสโตนแวร์ เริ่มมีแนวคิดและความต้องการในการลดต้นทุนการผลิต โดยใช้เนื้อดินประเภทเอิร์ทเทนแวร์มาผลิตแทน เนื่องจากราคาเนื้อดินที่ถูกกว่า แต่ประสบกับปัญหาในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้เนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์ เช่น เนื้อดินมีการดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 3 ส่งผลให้ความ

แข็งแรงของเนื้อดินลดลง และเกิดการรันทัวหลังการใช้งานในระยะเวลาสั้นกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อดินสโตนแวร์ เนื่องจากสมบัติของเนื้อดินที่มีการดูดซึมน้ำมาก ย่อมมีความพรุนตัวมาก ส่งผลโดยตรงต่อสมบัติความแข็งแรงของเนื้อดินให้ลดลงอย่างสัมพันธ์กัน (ประจักษ์ สาสี, 2543) จากสภาพปัญหาข้างต้น มีการพัฒนาแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ด้วยการใช้วัตถุดิบที่ช่วยให้เกิดการหลอมตัวของเนื้อดินหลังเผาดีขึ้น การใช้เทคนิคในการผลิต เช่น เพิ่มความละเอียดของวัตถุดิบ ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการผสมเนื้อดิน เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันดีขึ้น เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่กว่าคอลลอยด์ ควรมีการกระจายตัวที่ต่อเนื่องและมีช่วงการกระจายตัวกว้าง เพราะการกระจายตัวของขนาดอนุภาคจะมีผลต่อการจัดเรียงตัวของอนุภาค (Particle Packing) โดยที่อนุภาคทรงกลมที่มีขนาดเท่า ๆ กัน เมื่อจัดเรียงตัวกันแล้ว จะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคร้อยละ 40 โดยประมาณ หากใช้ทรงกลมที่มีขนาดใหญ่ร้อยละ 72 ผสมกับขนาดเล็ก ร้อยละ 28 ช่องว่างที่เกิดจากการเรียงตัวจะลดลงเหลือเพียง ร้อยละ 22 และช่องว่างจะลดลงอีก เมื่อมีทรงกลมขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้น และมีอนุภาคขนาดต่าง ๆ กัน (ประจักษ์ สาสี, 2543) ซึ่งแนวคิดดังกล่าวสนับสนุนการลดอัตราการดูดซึมน้ำ ในส่วนของการใช้วัตถุดิบที่ช่วยให้เกิดการหลอมตัวของเนื้อดินหลังเผาดีขึ้นกว่าเดิม ยังไม่สามารถสนองตอบต่อความต้องการลดต้นทุนในการผลิตเซรามิกได้อย่างแท้จริง เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เพื่อเพิ่มอัตราการหลอมตัวของเนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์ เช่น ฟริต มีราคาสูง ทำให้ยังไม่สามารถลดต้นทุนของเนื้อดินได้ ส่วนการใช้เทคนิคในการผลิต ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการผสมเนื้อดิน เพื่อปรับสมบัติทางกายภาพและทางกลของเนื้อดินให้ดีขึ้น ยังมีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพราะมีแนวโน้มในการลดต้นทุนในการผลิต ได้ต่ำกว่าการใช้วัตถุดิบที่ช่วยให้เกิดการหลอมตัวของเนื้อดินหลังเผา

จากแนวคิดการพัฒนาเทคนิคการเพิ่มความละเอียดของวัตถุดิบ ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการผสมเนื้อดิน ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาผลของขนาดอนุภาคหลักต่อสมบัติเนื้อดินอุณหภูมิต่ำ โดยการเตรียมทัลค์ (Talc) ให้มีความละเอียดเพิ่มขึ้น ก่อนการผสมในอัตราส่วนของเนื้อดิน เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของเนื้อดินหลังเผา โดยเปรียบเทียบกับสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ของเนื้อดินที่ไม่มี การเพิ่มความละเอียดของทัลค์ในขั้นตอนการเตรียม

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลของขนาดอนุภาคหลัก ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของเนื้อดินหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส

3. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้วัตถุดิบ 5 ชนิด คือ โซดาเฟลด์สปาร์ ทัลค์ ดินขาว ดินดำ และซิลิกา รวม 8 อัตราส่วนผสม ใช้อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 1150 องศาเซลเซียส โดยเตาไฟฟ้า ขึ้นรูปแท่งทดสอบด้วยการหล่อ เพิ่มความละเอียดของทัลค์ด้วยการบดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง กำหนดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน 1.6 กำหนดตัวแปรต้น เป็นอัตราส่วนผสมเนื้อดินจำนวน 8 อัตราส่วนผสม ดังตารางที่ 1 กำหนดตัวแปรตาม เป็นลักษณะทางกายภาพของเนื้อดินหลังเผา ได้แก่ การหดตัว การดูดซึมน้ำ ความพรุนตัว ลักษณะทางกลของเนื้อดินหลังเผา ได้แก่ ความแข็งแรง และปริมาณการค้ำตะแกรง

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

อัตรา ส่วนผสมที่	โซดา เฟลด์สปาร์ (ร้อยละ)	ทัลค์ (ร้อยละ)	ดินขาว (ร้อยละ)	ดินดำ (ร้อยละ)	ซิลิกา (ร้อยละ)
1	20	5	30	35	10
2	20	10	25	35	10
3	20	15	25	35	5
4	20	15	20	40	5
5	35	5	25	25	10
6	30	10	20	30	10
7	30	15	20	30	5
8	25	20	20	30	5

4. กรอบความคิดในการวิจัย

เนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์ ที่พัฒนาเทคนิคในการผลิต ด้วยการเพิ่มความละเอียดของทัลค์ ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการผสมเนื้อดิน จะสามารถพัฒนาคุณภาพของเนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์ โดยไม่ต้องใช้วัตถุดิบที่มีราคาสูงเดิมเพื่อปรับคุณภาพของเนื้อดิน ทำให้สถานประกอบการเซรามิก ในจังหวัดลำปาง สามารถลดต้นทุนในการผลิตได้

5. สมมติฐาน

เนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์ จากการเตรียมด้วยวัตถุดิบ 5 ชนิด คือ โซดาเฟลด์สปาร์ ทัลค์ ดินขาว ดินดำ และซิลิกา ใช้อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 1150 องศาเซลเซียส เมื่อทำการเพิ่มความละเอียดของทัลค์ ซึ่งเป็นวัตถุดิบกลุ่มต่าง จะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และปริมาณปริมาณกากค้างตะแกรงของเนื้อดิน แตกต่างจากเนื้อดินที่ไม่มีการเพิ่มความละเอียดของทัลค์

6. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการทดลองดังนี้

6.1 คำนวณอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน

6.2 การเตรียมวัตถุดิบ เตรียมทัลค์ด้วยการบดเพิ่มด้วยหม้อบด เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซั่งอัตราส่วนผสมที่ได้จากการคำนวณ โดยแยกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ผสมทัลค์ไม่บดเพิ่ม ชุดที่ 2 ผสมทัลค์บดเพิ่มเวลา

6.3 การผสมวัสดุ

6.3.1 ผสมส่วนผสมเนื้อดินตามอัตราส่วนที่กำหนด อัตราส่วนผสมละ 1,000 กรัม

6.3.2 บรรจุเนื้อดินในหม้อบด เติมน้ำร้อยละ 35 โดยน้ำหนักเนื้อดิน ในหม้อบด ระยะเวลาการบด 4 ชั่วโมง กำหนดค่าความถ่วงจำเพาะ 1.6

6.3.3 กรองส่วนผสมด้วยตะแกรง 60 เมช

6.4 การขึ้นรูปแท่งทดสอบ และเผา

6.4.1 ขึ้นรูปเนื้อดินเพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ โดยวิธีหล่อต้น ด้วยแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เพื่อให้เนื้อดินมีสมบัติทางกายภาพ และทางกล ใกล้เคียงกับการนำไปใช้งานจริง หลังการขยายผลการวิจัย ขนาดแท่งทดสอบ $\varnothing 12 \times 150$ มิลลิเมตร ชิดเส้นระยะห่างกัน 100 มิลลิเมตร บนแท่งทดสอบสำหรับการหาค่าการหดตัวหลังเผา ผึ่งแห้งระยะเวลา 24 ชั่วโมง อบในตู้อบ อุณหภูมิ 110 เซลเซียส ระยะเวลาอบแห้ง 1 ชั่วโมง จำนวนแท่งทดสอบที่เตรียม อัตราส่วนผสมละ 10 ชิ้น

6.4.2 ชั่งน้ำหนักแท่งทดสอบด้วยตาชั่งดิจิตอล หาค่าเฉลี่ย บันทึกผล

6.4.3 เผาแท่งทดสอบด้วยเตาไฟฟ้า อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง อุณหภูมิสูงสุด 1150 องศาเซลเซียส

6.5 การทดสอบสมบัติหลังเผาและวิเคราะห์ผลการทดลอง

6.5.1 การทดสอบการหดตัวหลังเผา

วิธีการทดสอบ

วัดระยะห่างระหว่างรอยขีดบนแท่งตัวอย่างแล้วหาค่าเฉลี่ยของสูตรดินแต่ละสูตร คำนวณการหดตัวหลังเผา

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\frac{\text{ความยาวเปียก} - \text{ความยาวหลังการเผา}}{\text{ความยาวเปียก}} \times 100 \quad (1)$$

6.5.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

ขั้นตอนในการทดสอบ นำแท่งทดสอบ 10 แท่ง ไปอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อแท่งทดสอบมีอุณหภูมิห้อง นำชั่งหาค่าน้ำหนักก่อนดูดซึมน้ำ จดบันทึกค่าน้ำหนักแห้ง นำแท่งทดสอบไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นลงและแช่ไว้ในน้ำนั้นอีก 24 ชั่วโมง การต้มจะต้องหาเศษวัสดุรองไม่ให้แท่งทดสอบติดกัน ภาชนะแต่ละชิ้นวางห่างจากกัน นำแท่งทดสอบขึ้นมาจากน้ำ ใช้ผ้าหมาด ๆ ซับผิวแท่งทดสอบให้ทั่วแล้วนำแท่งทดสอบชั่งหาน้ำหนักที่ดูดซึมน้ำจذبบันทึกไว้ คำนวณการดูดซึมน้ำ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100 \quad (2)$$

6.5.3 การทดสอบความแข็งแรง

ขั้นตอนในการทดสอบ ทดสอบหักแท่งทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการกดหัก ระยะห่างระหว่างลิ้มรองรับ 10 เซนติเมตร บันทึกแรงกดที่ใช้หักแท่งทดสอบ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางแท่งทดสอบที่รอยหัก คำนวณหาความแข็งแรง (modulus of rupture, MOR) จำนวนแท่งทดสอบที่ใช้ทดสอบ สูตรละ 10 แท่ง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$MOR = \frac{8LD}{\pi d^3} \quad (3)$$

L = ค่าน้ำหนักแรงกด
 D = ระยะห่างของลิ่มที่รองรับแท่งทดสอบ
 d = เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของแท่งทดสอบ

6.5.4 การทดสอบความพรุนตัว (Porosity)

ขั้นตอนในการทดสอบ อบชิ้นงานให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก บันทึกเป็นกรัม ต้มชิ้นงานในน้ำกลั่นให้เดือดนาน 5 ชั่วโมง และแช่ไว้อีกนาน 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักชิ้นงานในน้ำ บันทึกเป็นกรัม เช็ดผิวชิ้นงาน ชั่งน้ำหนัก บันทึกเป็นกรัม

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ร้อยละความพรุนตัวปรากฏ} = \left| \frac{S - D}{S - I} \right| \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ D คือน้ำหนักแห้งของชิ้นงาน (g)
 S คือน้ำหนักของชิ้นงานที่ชั่งในน้ำ (g)
 I คือน้ำหนักของชิ้นงานที่อมน้ำและชั่งในอากาศ (g)

หรือ ปริมาตรของชิ้นงาน (V) = น้ำหนักของชิ้นงานที่สูญหายไปใต้น้ำ / ความหนาแน่นของน้ำ

$$\text{ปริมาตรของชิ้นงาน} = \left| \frac{W - S}{d} \right| \quad (5)$$

มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\text{ปริมาตรของรูพรุนเปิด} = \left| \frac{W - D}{d} \right| \quad (6)$$

มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\text{ร้อยละของความพรุนตัวปรากฏ} = \left| \frac{(W - D)}{V} \right| \times 100 \quad (7)$$

$$\text{ร้อยละของการดูดซึมน้ำ} = \left| \frac{(W - D)}{D} \right| \times 100 \quad (8)$$

$$\text{ความหนาแน่นของชิ้นงาน} = \left| \frac{D}{V} \right| \quad (9)$$

มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อ

d หมายถึงความหนาแน่นของน้ำ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

D หมายถึงน้ำหนักชิ้นงานแห้งก่อนต้ม (กรัม)

S หมายถึงน้ำหนักชิ้นงานหลังต้ม ชั่งในน้ำ (กรัม)

W หมายถึงน้ำหนักชิ้นงานหลังต้ม ชั่งในอากาศ (กรัม)

V หมายถึงปริมาตรของชิ้นงาน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้สูตรการคำนวณ (4)

6.5.5 การหาปริมาณกากค้ำตะแกรง

ขั้นตอนการทดสอบ ชั่งน้ำหนักตะแกรงแห้ง (S) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้ง (U) 250 กรัม เติมน้ำ 1 ลิตร แช่ไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง ปั่นตัวอย่างด้วยเครื่องกวนน้ำดิน 5-10 นาที ร่อนตัวอย่างบนตะแกรง โดยใช้น้ำล้างให้อนุภาคขนาดเล็กลอดผ่านตะแกรงจนน้ำล้างใส อบตะแกรง พร้อมอนุภาคที่ค้างอยู่บนตะแกรงให้แห้ง และชั่งน้ำหนักตะแกรงพร้อมอนุภาคที่ค้างอยู่บนตะแกรง (S+V)

คำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณอนุภาคค้ำตะแกรง, ร้อยละ} = \left| \frac{((S+V)-S)}{U} \right| \times 100 \quad (10)$$

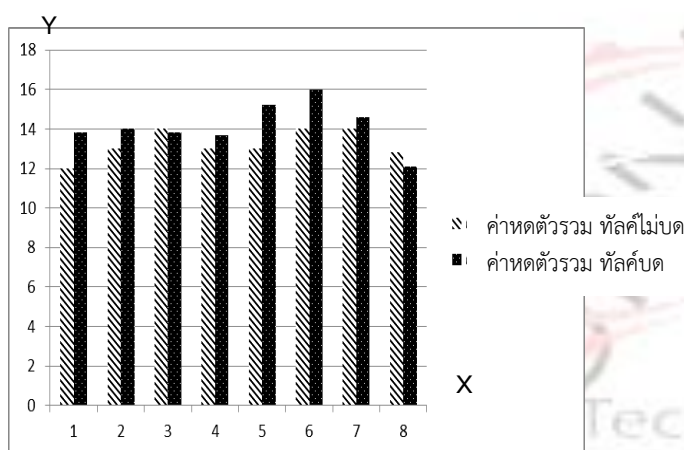
6.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง ตามตัวแปรที่กำหนด

6.7 สรุปผลและรายงานผลการวิจัย

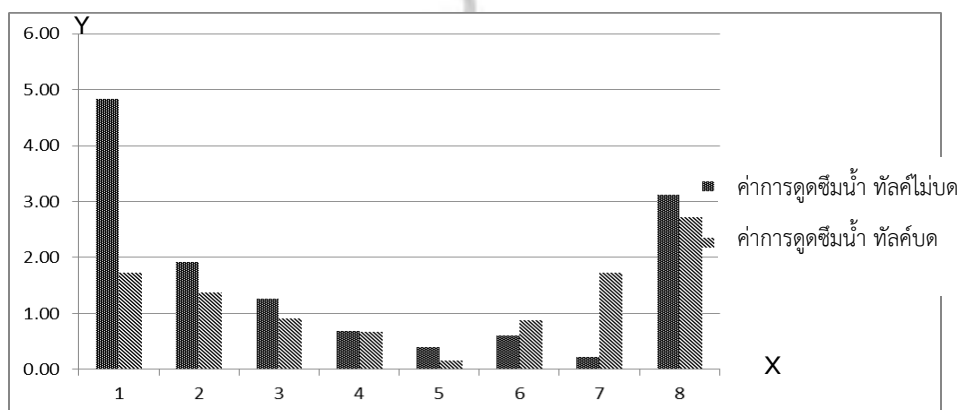
7. ผลการวิจัย

ผลเปรียบเทียบของขนาดอนุภาคทัลค์ ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของเนื่อดิน ที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส พบว่า การหดตัว ของเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บดมีการหดตัว มากกว่าเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็น ร้อยละ 75 จากจำนวนอัตราส่วนผสมทั้งหมด โดยอัตราส่วนผสมที่มี การหดตัวมากกว่า มีปริมาณทัลค์บดเพิ่มเวลา อยู่ในช่วง ร้อยละ 5 – 15 ส่วนเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด มีการหดตัว น้อยกว่าเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด ร้อยละ 25 มีปริมาณทัลค์บดเพิ่มเวลา อยู่ในช่วง ร้อยละ 15 – 20 การดูดซึมน้ำ ของเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด มีการดูดซึมน้ำ น้อยกว่าเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็นร้อยละ 75 จากจำนวนอัตราส่วนผสมทั้งหมด โดยอัตราส่วนผสมที่มีการดูดซึมน้ำน้อยกว่า มีปริมาณทัลค์บดเพิ่มเวลาอยู่ในช่วง ร้อยละ 5 – 20 ส่วนเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด มีการดูดซึมน้ำ มากกว่าเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็นร้อยละ 25 มีปริมาณทัลค์บดเพิ่มเวลา อยู่ในช่วง ร้อยละ 10 – 15 ความพรุนตัวปรากฏของเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด มีความพรุนตัวปรากฏ มากกว่าเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็นร้อยละ 62.5 จากจำนวนอัตราส่วนผสมทั้งหมด โดยอัตราส่วนผสมที่มีความพรุนตัวปรากฏ มากกว่าเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด มีปริมาณทัลค์บดเพิ่มเวลา อยู่ในช่วง ร้อยละ 5 – 15 ส่วนเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด มีความพรุนตัวปรากฏ น้อยกว่าเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็นร้อยละ 37.5 มีปริมาณทัลค์บดเพิ่มเวลา อยู่ในช่วง ร้อยละ 15 – 20 ความแข็งแรงของเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด มีค่าความแข็งแรง มากกว่าเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็นร้อยละ 75 จากจำนวนอัตราส่วนผสมทั้งหมด โดยอัตราส่วนผสมที่มีค่าความแข็งแรง มากกว่าเนื่อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด มีปริมาณทัลค์บดเพิ่มเวลา อยู่ในช่วง

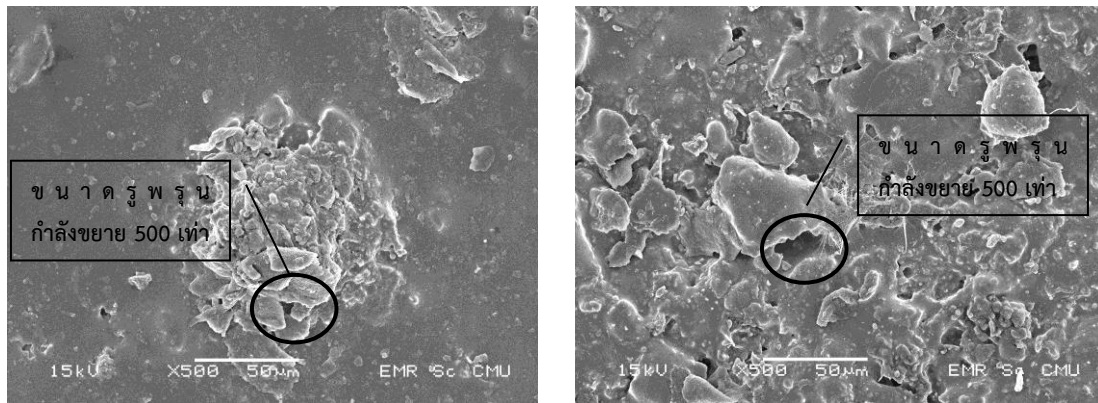
ร้อยละ 5 – 20 ส่วนเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด มีค่าความแข็งแรง น้อยกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็นร้อยละ 25 จากจำนวนอัตราส่วนผสมทั้งหมด มีปริมาณทัลค์บดเพิ่มเวลาร้อยละ 15 ทำให้มีค่าความแข็งแรงต่ำ และปริมาณกากค้ำตะแกรงของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด ที่มีต่อปริมาณกากค้ำตะแกรง ขนาด 100 เมช มีปริมาณกากค้ำตะแกรง น้อยกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด จำนวน คิดเป็นร้อยละ 100 ปริมาณกากค้ำตะแกรงของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด ที่มีต่อปริมาณกากค้ำตะแกรง ขนาด 140 เมช มีปริมาณกากค้ำตะแกรง น้อยกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็นร้อยละ 75 มีปริมาณกากค้ำตะแกรงเท่ากัน 1 อัตราส่วนผสม ปริมาณกากค้ำตะแกรงของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด ที่มีต่อปริมาณกากค้ำตะแกรง ขนาด 200 เมช มีปริมาณกากค้ำตะแกรง น้อยกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็นร้อยละ 50 ปริมาณกากค้ำตะแกรงของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด ที่มีต่อปริมาณกากค้ำตะแกรง ขนาด 325 เมช มีปริมาณกากค้ำตะแกรง น้อยกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด คิดเป็นร้อยละ 75 แสดงผลเปรียบเทียบดังภาพที่ 1 – 5



ภาพที่ 1 ผลเปรียบเทียบร้อยละการหัดตัวของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด กับทัลค์ไม่บด



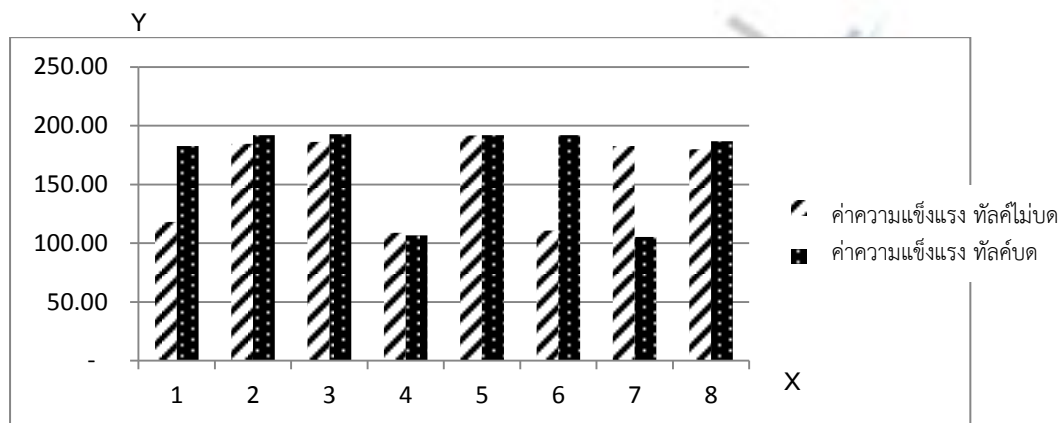
ภาพที่ 2 ผลเปรียบเทียบร้อยละการดูดซึมน้ำของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด กับทัลค์ไม่บด



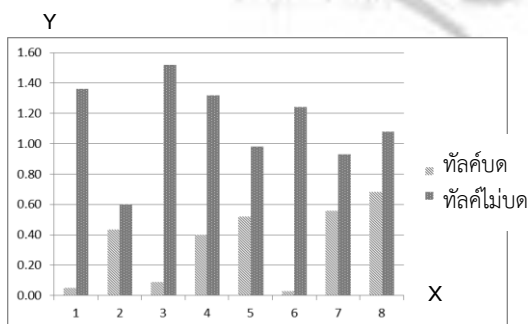
(a) เนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด

(b) เนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์ไม่บด

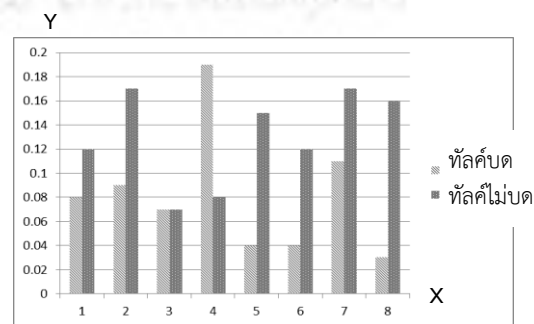
ภาพที่ 3 ผลเปรียบเทียบความพรุนตัวของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด กับทัลค์ไม่บด



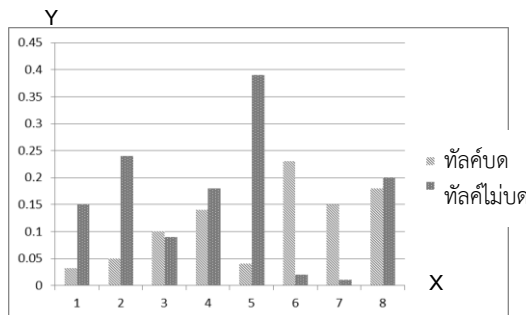
ภาพที่ 4 ผลเปรียบเทียบร้อยละความแข็งแรงของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทัลค์บด กับทัลค์ไม่บด



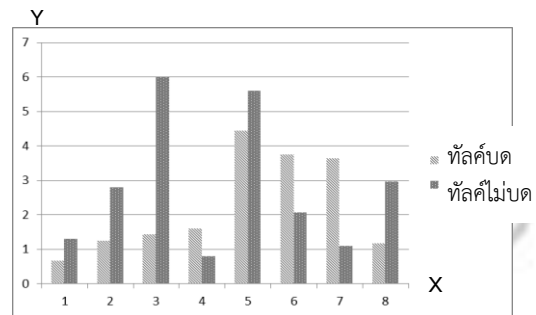
(a) ปริมาณการค้ำตะแกรงขนาด 100 เมช



(b) ปริมาณการค้ำตะแกรงขนาด 140 เมช



(c) ปริมาณการคายน้ำของดินขนาด 200 เมช



(d) ปริมาณการคายน้ำของดินขนาด 325 เมช

ภาพที่ 5 ผลเปรียบเทียบร้อยละปริมาณการคายน้ำของดิน ขนาด 100 140 200 และ 325 เมช ของเนื้อดิน ที่มีส่วนผสมของทลค์บด กับทลค์ไม่บด (ต่อ)

8. อภิปรายผล

จากการทดลอง พบว่าขนาดอนุภาคทลค์ มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของเนื้อดิน ผลทดสอบเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์บด ค่าการดูดซึมน้ำ มีค่าต่ำสุดที่ ร้อยละ 0.16 เช่นเดียวกับผลทดสอบการหดตัวของเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์บด ที่พบว่าเมื่อเนื้อดินมีการดูดซึมน้ำต่ำ เป็นผลเกี่ยวโยง กับการหดตัวของเนื้อดินที่สูงขึ้น มีค่าสูงสุด ร้อยละ 16.00 มากกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์ไม่บด มีค่าสูงสุด ร้อยละ 14.00 และมีความสัมพันธ์ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดสอบความพรุนตัวของเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์บด ด้วยกระบวนการทดสอบ มีค่าสูงสุด ร้อยละ 0.80 น้อยกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์ไม่บด มีค่าสูงสุด ร้อยละ 1.95 และถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่า เนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์บด ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส มีขนาดรูพรุนที่เล็กกว่า เนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์ไม่บด จากการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์บด มีค่าสูงสุด มีค่าสูงสุด 192.63 MPa สูงกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์ไม่บด มีค่าสูงสุด 191.60 MPa ซึ่งค่าความแข็งแรงของเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์บด มีสูงกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์ไม่บด ซึ่งผู้วิจัยได้มีการทดสอบเพิ่ม ในส่วนของปริมาณการคายน้ำของดิน ขนาด 100 140 200 และ 325 เมช พบว่า มีปริมาณการคายน้ำของเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์บด มีปริมาณการคายน้ำสูงสุด ร้อยละ 0.68 0.19 0.32 และ 4.44 ตามลำดับ ส่วนเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์ไม่บด มีปริมาณการคายน้ำ ร้อยละ 1.36 0.17 0.39 และ 6.00 ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า เนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์บด มีปริมาณการคายน้ำต่ำกว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมทลค์ไม่บด เพิ่มเวลา 3 ชั่วโมง

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ การหดตัว ความพรุนตัว ความแข็งแรง และปริมาณการคายน้ำของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทลค์บด และเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทลค์ไม่บด พบว่าเนื้อดินที่มีส่วนผสมของทลค์บด มีสมบัติการดูดซึมน้ำ การหดตัว ความพรุนตัว ความแข็งแรง และปริมาณการคายน้ำที่ดีขึ้น สอดคล้องกับ ดรุณี วัฒนศิริเวช (2554) และ Frank and Janet Hamer (1997) ที่กล่าวว่า ขนาดของอนุภาคมีผลต่อสมบัติอื่น ๆ ของวัสดุเป็นอย่างมาก เช่น การหดตัว สภาพพลาสติก และการดูดซึมน้ำ เป็นต้น การกระจายตัวของขนาดอนุภาคมีผลสำคัญต่อการจัดเรียงตัวของผลึกในเนื้อดินก่อนการเผา ซึ่งการจัดเรียงตัวที่ดีมีความหนาแน่นสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถ

เกิดการแน่นตัวได้ง่ายขึ้น โดยกรณีของการทำเนื้อดินขนาดอนุภาคมีผลต่อความเหนียว ความแข็งแรง และการหดตัวของเนื้อดิน และเป็นไปในแนวทางเดียวกับ ประดุจฤดี สารสิทธิ์ (2543) ที่กล่าวว่าเนื้อดินมีอัตราการดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 3 ส่งผลให้ความแข็งแรงของเนื้อดินลดลง และเกิดการร้าวตัวหลังการใช้งานในระยะเวลานานกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อดินสโตนแวร์ เนื่องจากสมบัติของเนื้อดินที่มีอัตราการดูดซึมน้ำมาก ย่อมมีความพรุนตัวมาก ส่งผลโดยตรงต่อสมบัติความแข็งแรงของเนื้อดินให้ลดลงอย่างสัมพันธ์กัน ดังนั้นการบดเพิ่มความละเอียดของทลค์ ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบสามารถปรับสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของเนื้อดินให้ดีขึ้นได้จริง ตามที่ประดุจฤดี สารสิทธิ์ (2543) ให้แนวคิดว่าการเพิ่มความละเอียดของวัตถุดิบ ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการผสมเนื้อดิน เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันดีขึ้น เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่กว่าคอลลอยด์ ควรมีการกระจายตัวที่ต่อเนื่องและมีช่วงการกระจายตัวกว้าง เพราะการกระจายตัว ของขนาดอนุภาคจะมีผลต่อการจัดเรียงตัวของอนุภาค (Particle Packing) โดยที่อนุภาคทรงกลมที่มีขนาดเท่าๆ กัน เมื่อจัดเรียงตัวกันแล้ว จะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคร้อยละ 40 โดยประมาณ หากใช้ทรงกลม ที่มีขนาดใหญ่ ร้อยละ 72 ผสมกับขนาดเล็ก ร้อยละ 28 ช่องว่างที่เกิดจากการเรียงตัว จะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 22 และช่องว่างจะลดลงอีก เมื่อมีทรงกลมขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้น และมีอนุภาคขนาด ต่าง ๆ กัน และสอดคล้องกับ ศักติพล เทียนเสมอ และคณะ (2555) ที่กล่าวว่า การลดขนาดวัตถุดิบ ก่อนการเติมในน้ำดิน ด้วยปริมาณที่เหมาะสม สามารถเพิ่มความสามารถในการทำงาน ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น และปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ได้ โดยสุรศักดิ์ ไททองวงศ์สกุล (2557) ได้เรียบเรียงจาก Reeds, James S. (1988) ที่กล่าวว่า การลดขนาดอนุภาควัตถุดิบเป็นกระบวนการที่มีความจำเป็นต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิก เนื่องจากการลดขนาดอนุภาคจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว และทำให้รูปร่างอนุภาคเปลี่ยนไป ซึ่งจะส่งผลต่อการอัดตัว การผสมและการเกิดปฏิกิริยาทางกายภาพ และเคมีของอนุภาคนั้น นอกจากนั้น การลดขนาดอนุภาคยังสามารถปรับปรุงสมบัติของอนุภาคได้อีกหลายประการ เช่น กำจัดสิ่งเจือปน ลดปริมาณรูพรุนและตำหนิต่าง ๆ ในเนื้อสาร ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จอีกด้วย

การลดขนาดอนุภาคของทลค์ด้วยการบด ส่งผลให้เนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์ มีสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลที่ดีขึ้น และสมบัติที่ได้มีความใกล้เคียงกับสมบัติของเนื้อดินสโตนแวร์ โดยเฉพาะมีการดูดซึมน้ำต่ำสุดที่ ร้อยละ 0.16 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานสโตนแวร์ ที่กำหนดไว้ตาม มอก.602-2546 ภาชนะเซรามิกที่ใช้กับอาหาร : สโตนแวร์ ไม่เกินร้อยละ 3 ดังนั้นเนื้อดินจากการทดลองนี้ มีแนวโน้มในการนำไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์แทนเนื้อดินสโตนแวร์ได้

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 เนื้อดินจากการทดลองผลของขนาดอนุภาคของทลค์ต่อสมบัติเนื้อดินอุณหภูมิต่ำ ควรมีการทดสอบซ้ำก่อนการนำไปใช้จริง

9.2 การเลือกใช้ผลการทดลองผลของขนาดอนุภาคของทลค์ต่อสมบัติเนื้อดินอุณหภูมิต่ำ ควรพิจารณาประเภทของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปผลิต ก่อนการใช้งานจริง

9.3 ควรทดลองศึกษาผลของขนาดอนุภาควัตถุดิบชนิดอื่น ที่มีผลต่อสมบัติเนื้อดินอุณหภูมิต่ำ เช่น เฟลด์สปาร์ หินปูน

10. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จ

11. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2546). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะเซรามิกที่ใช้กับอาหาร : สโตนแวร์. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.
- กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2555). เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร “การควบคุมคุณภาพในการเตรียมเนื้อดิน”. ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างบ้านกุดนาขาม จังหวัดสกลนคร วันที่ 7 – 10 กุมภาพันธ์ 2555.
- _____. (2555). คู่มือวิธีทดสอบขนาดอนุภาคของดิน โดยใช้ตะแกรงร่อนแบบเปียก. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- คชินท์ สายอินทวงศ์. (2557). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับวัตถุดิบเซรามิก ทัลคัม (Talcum). [Online], Available HTTP: [http:// www.thaiceramicsociety.com/rm_soil_talcum.php](http://www.thaiceramicsociety.com/rm_soil_talcum.php) เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 14 มิถุนายน 2557
- ดร.ณัฏฐ์ วัฒนศิริเวช. (2554). เซรามิกในอุตสาหกรรม. เชียงใหม่: ภัทรเพรีเพรส.
- ทรงพันธ์ วรรณมาศ. (2545). พจนานุกรม – สารานุกรมเคมีภัณฑ์และวัตถุดิบที่ใช้ในงานเซรามิกส์. เชียงใหม่ : โอปิม เพรส สตูดิโอ.
- ประจักษ์ สาส์สิทธิ์. (2543). การทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์ในการเซรามิกส์. นครศรีธรรมราช : สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- วัชร ประภาณี. (2557). วัตถุดิบเซรามิก (ตอนที่ 1). [Online], Available HTTP: [http:// www2.mtec.or.th/th/special/cdm/articles1.html](http://www2.mtec.or.th/th/special/cdm/articles1.html) เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 14 มิถุนายน 2557
- ศักดิ์พล เทียนเสมอ และคณะ. (2555). “การพัฒนาความแข็งแรงของเนื้อเซรามิกด้วยเซรามิกไฟเบอร์.” วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 5(1): 40 – 51.
- สุรศักดิ์ ไชยวงศ์สกุล. (2557). การลดขนาดอนุภาควัตถุดิบเซรามิก. [Online], Available HTTP: <http://www.material.chula.ac.th/RADIO47/June/radio6-2.html> เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 24 ธันวาคม 2557
- สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์. (2549). เซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- อายุวัฒน์ สว่างผล. (2543). วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- Frank and Janet Hamer.(1997) The Pottery’s Dictionary of Materials and techniques.
- Reeds, James S. (1988). Introduction to the Principle of Ceramic Processing. Singapore: John Wiley & Sons Inc.
- Ryan, W. and Radford, C. (1997). Whitewares : Production, Testing and Quality control. 2nd Edn., England: The Institute of Materials.