

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อทดลองเตรียมเนื้อดินสำหรับผลิตเซรามิกโดยใช้แกรนิตเหลือทิ้งเป็นวัตถุดิบ 2) เพื่อทดสอบและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุดิบประเภทดินขาว เฟลด์สปาร์ และซิลิกา และ 3) เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุดิบประเภทดินขาว เฟลด์สปาร์ และซิลิกา โดยการวิจัยแบบพัฒนาทดลอง (Experimental development) การสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ จำแนกเป็นหัวข้อ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สรุปผลการทดลองเตรียมเนื้อดินสำหรับผลิตเซรามิกโดยใช้แกรนิตเหลือทิ้งเป็นวัตถุดิบ

5.1.1.1 จากตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของวัตถุดิบเนื้อดินประกอบด้วย SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O และ Fe_2O_3 ดังนี้

SiO_2 ปรากฏมากที่สุดในซิลิกา ร้อยละ 98.9 รองลงมา คือ ดินขาววังเหนือ ร้อยละ 69.3 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 67.6 ดินดำ ร้อยละ 64.4 ดินขาวแจ้ห่ม ร้อยละ 57.4 แกรนิตเหลือทิ้ง ร้อยละ 53.9 และปรากฏน้อยที่สุดในดินขาวระนอง ร้อยละ 53.3

Al_2O_3 ปรากฏมากที่สุดในดินขาวระนอง ร้อยละ 43.2 รองลงมา คือ ดินขาวแจ้ห่ม ร้อยละ 34.3 ดินดำ ร้อยละ 27.3 ดินขาววังเหนือ ร้อยละ 22.8 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 18.0 แกรนิตเหลือทิ้ง ร้อยละ 16.6 และปรากฏน้อยที่สุดในซิลิกา ร้อยละ 0.526

K_2O ปรากฏมากที่สุดในเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 7.45 รองลงมา คือ ดินขาวแจ้ห่ม ร้อยละ 5.71 ดินขาววังเหนือ ร้อยละ 3.59 ดินดำ ร้อยละ 3.02 แกรนิตเหลือทิ้ง ร้อยละ 2.98 ดินขาวระนอง ร้อยละ 1.75 และปรากฏน้อยที่สุดในซิลิกา ร้อยละ 0.163

Na_2O ปรากฏมากที่สุดในแกรนิตเหลือทิ้ง ร้อยละ 3.51 รองลงมา คือ ดินขาววังเหนือ ร้อยละ 1.77 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 1.04 ดินขาวแจ้ห่ม ร้อยละ 0.588 และดินดำ ร้อยละ 0.189 ตามลำดับ โดยไม่ปรากฏในดินขาวระนอง และซิลิกา

Fe_2O_3 ปรากฏมากที่สุดในแกรนิตเหลือทิ้ง ร้อยละ 10.6 รองลงมา คือ ดินดำ ร้อยละ 2.39 ดินขาววังเหนือ ร้อยละ 1.31 ดินขาวแจ้ห่ม ร้อยละ 1.29 ดินขาวระนอง ร้อยละ 1.20 เฟลด์สปาร์ ร้อยละ 0.504 และปรากฏน้อยที่สุดในซิลิกา ร้อยละ 0.118

5.1.1.2 จากตารางที่ 4.3 และภาพประกอบที่ 4.1 ความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน มีค่าระหว่าง 1.6522-1.7297 โดยน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าความถ่วงจำเพาะมากที่สุด รองลงมา คือ น้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาว และน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยที่สุด

5.1.1.3 จากตารางที่ 4.4 และภาพประกอบที่ 4.2 ความหนืดของน้ำดิน มีค่าระหว่าง 318-344° Over swing โดยน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าความหนืดมากที่สุด รองลงมา คือ น้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกา และน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่าความหนืดน้อยที่สุด

5.1.1.4 จากตารางที่ 4.5 ความชื้นของน้ำดิน มีความปกติถึงเหลวมาก โดยน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์และซิลิกามีความชื้นปกติ และน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีความ (ชื้น) เหลวถึงเหลวมาก

5.1.2 สรุปผลการทดสอบและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุดิบประเภทดินขาว เฟลด์สปาร์ และซิลิกา

5.1.2.1 จากตารางที่ 4.6 และภาพประกอบที่ 4.3 การหดตัวเมื่อแห้งของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุดิบ มีค่าระหว่าง ร้อยละ 3.17-4.00 โดยเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าการหดตัวเมื่อแห้งมากที่สุด รองลงมา คือ เนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาว และเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าการหดตัวเมื่อแห้งน้อยที่สุด

5.1.2.2 จากตารางที่ 4.7 และภาพประกอบที่ 4.4 การหดตัวหลังการเผาของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นดังนี้

ที่อุณหภูมิ 1075 องศาเซลเซียส การหดตัวหลังการเผามีค่าระหว่าง ร้อยละ 3.13-9.28 โดยเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าการหดตัวหลังการเผามากที่สุด รองลงมา คือ เนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์ และเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่าการหดตัวหลังการเผาน้อยที่สุด

ที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส การหดตัวหลังการเผามีค่าระหว่าง ร้อยละ 6.12-10.89 โดยเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าการหดตัวหลังการเผามากที่สุด รองลงมา คือ เนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาว และเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าการหดตัวหลังการเผาน้อยที่สุด

ที่อุณหภูมิ 1225 องศาเซลเซียส การหดตัวหลังการเผามีค่าระหว่าง ร้อยละ 7.44-11.955 โดยเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าการหดตัวหลังการเผามากที่สุด รองลงมา คือ เนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาว และเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าการหดตัวหลังการเผาน้อยที่สุด

5.1.2.3 จากตารางที่ 4.8 และภาพประกอบที่ 4.5 การดูดซึมน้ำของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุดิบที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นดังนี้

ที่อุณหภูมิ 1075 องศาเซลเซียส การดูดซึมน้ำมีค่าระหว่าง ร้อยละ 6.33-17.19 โดยเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด รองลงมา

พลาสติกมากที่สุด รองลงมา คือ เนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกา และเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าการเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกน้อยที่สุด

5.1.3 สรุปผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุบิประเภทดินขาว เฟลด์สปาร์ และซิลิกา

5.1.3.1 จากตารางที่ 4.11 เนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุบิประเภทดินขาว เฟลด์สปาร์ และซิลิกา มีการหดตัวเมื่อแห้ง การหดตัวหลังการเผา ความต้านทานแรงดัด และการเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติก หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1075, 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส ผ่านเกณฑ์กำหนดทั้งหมด เนื่องจากไม่มีเกณฑ์กำหนด ทั้งนี้เกณฑ์กำหนดขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์ อาทิ ภาชนะบรรจุอาหาร กระเบื้อง และสุขภัณฑ์

5.1.3.2 จากตารางที่ 4.12 การดูดซึมน้ำของเนื้อดินเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของเนื้อดินประเภทต่างๆ เป็นดังนี้

สำหรับเกณฑ์กำหนดของเนื้อดินเอิร์ทเธนแวร์ คือ มีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 8 พบว่า ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1075 องศาเซลเซียส มีเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุบิประเภทดินขาว ร้อยละ 100 และทดแทนซิลิกา ร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์กำหนด ส่วนภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส มีเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุบิประเภทดินขาว ร้อยละ 50 และ 100 และทดแทนซิลิกา ร้อยละ 50 และ 100 ผ่านเกณฑ์กำหนด และภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1125 องศาเซลเซียส มีเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุบิประเภทดินขาว ร้อยละ 50 และ 100 ทดแทนเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 100 และทดแทนซิลิกา ร้อยละ 50 ผ่านเกณฑ์กำหนด

สำหรับเกณฑ์กำหนดของเนื้อดินสโตนแวร์ คือ มีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 3 พบว่า ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1075 องศาเซลเซียส ไม่มีเนื้อดินสัดส่วนใดผ่านเกณฑ์กำหนด ส่วนภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส มีเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุบิประเภทดินขาว ร้อยละ 100 และทดแทนซิลิกา ร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์กำหนด และภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1125 องศาเซลเซียส มีเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุบิประเภทดินขาว ร้อยละ 50 และ 100 และทดแทนซิลิกา ร้อยละ 50 และ 100 ผ่านเกณฑ์กำหนด

สำหรับเกณฑ์กำหนดของเนื้อดินพอร์ซเลน คือ มีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 0.2 พบว่า ภายหลังการเผาทั้งอุณหภูมิ 1075, 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส ไม่มีเนื้อดินสัดส่วนใดผ่านเกณฑ์กำหนด

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อสมบัติในการหล่อน้ำดิน

5.2.1.1 อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน

ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน จากตารางที่ 4.3 และภาพประกอบที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าแกรนิตเหลือทิ้งมีอิทธิพลต่อความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน ดังนี้

น้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาว ซึ่งดินขาวมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.62 (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2547 : 522) พบว่า ความถ่วงจำเพาะของน้ำดินมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

น้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์ ซึ่งเป็นเฟลด์สปาร์ชนิดโพแทสและโซดา มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.67 (Singer and Singer, 1978 : 102) โดยพบว่า ความถ่วงจำเพาะของน้ำดินมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

น้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกา ซึ่งซิลิกามีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.65 (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541 : 76) พบว่า ความถ่วงจำเพาะของน้ำดินมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของแกรนิตเหลือทิ้งมีค่า 2.75 (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2557) ซึ่งมีค่าสูงกว่าเฟลด์สปาร์ ซิลิกา และดินขาว ตามลำดับ และความถ่วงจำเพาะที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อความหนืดของน้ำดิน (เล็ก สีคง, 2548)

5.2.1.2 อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อความหนืดของน้ำดิน

ผลการทดสอบความหนืดของน้ำดิน จากตารางที่ 4.4 และภาพประกอบที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าแกรนิตเหลือทิ้งมีอิทธิพลต่อความหนืดของน้ำดิน ดังนี้

ความหนืดของน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

ความหนืดของน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าลดลงเมื่อปริมาณ แกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

ความหนืดของน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

เนื่องจากแกรนิตในเขตจังหวัดเลยเกิดจากการผุพังสลายตัวของหินไบโอไทต์ที่มีเนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลาง (ทรัพยากรธรณี, กรม, 2555 : 9) ทำให้มีสมบัติด้านความเหนียวต่ำ จึงส่งผลต่อความหนืดของน้ำดินแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามความหนืดของน้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุทั้ง 3 ชนิดยังคงมีความสอดคล้องกับค่าความหนืดของน้ำดินที่ใช้ในอุตสาหกรรม คือ $330^{\circ}\text{Over swing}$ (เกรียงไกร วังราช, 2552 : 47 อ้างอิงจาก บริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด, 2552)

5.2.1.3 อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อความชื้นของน้ำดิน

ผลการทดสอบความชื้นของน้ำดิน จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าแกรนิตเหลือทิ้งมีอิทธิพลต่อความชื้นของน้ำดิน ดังนี้

น้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีความเหลวถึงเหลวมาก

น้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีความข้นปกติ

น้ำดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีความข้นปกติ

เนื่องจากแกรนิตเหลือทิ้งมีสมบัติด้านความเหนียวต่ำกว่าดินขาว อย่างไรก็ตามความชื้นของน้ำดินจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำยากันดินตกตะกอน น้ำ และดิน (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541 : 241)

5.2.2 อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

5.2.2.1 อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อสมบัติทางกายภาพก่อนการเผา

ผลการทดสอบการหดตัวเมื่อแห้ง จากตารางที่ 4.6 และภาพประกอบที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าแกรนิตเหลือทิ้งมีอิทธิพลต่อการหดตัวเมื่อแห้งของเนื้อดิน ดังนี้

การหดตัวเมื่อแห้งของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การหดตัวเมื่อแห้งของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การหดตัวเมื่อแห้งของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

เนื่องจากแกรนิตเหลือทิ้งมีสมบัติด้านความเหนียวต่ำทำให้น้ำในเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งเป็นวัฏธูปมีการหดตัวเมื่อแห้งลดลง การหดตัวเมื่อแห้งจะเกิดขึ้นเมื่อน้ำในเนื้อดินระเหยออกไปเนื้อดินจึงหดตัวเข้าหากัน (อายุวัฒน์ สว่างผล, 2541 : 25) โดยเนื้อดินที่มีความหยาบหรือมีความเหนียวต่ำจะมีการหดตัวเมื่อแห้งต่ำกว่าเนื้อดินที่มีความละเอียดหรือมีความเหนียวสูง (ปริดา พิมพ์ขาวขำ, 2547 : 75)

5.2.2.2 อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อสมบัติทางกายภาพหลังการเผา

1) อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อการหดตัวหลังการเผา

ผลการทดสอบการหดตัวหลังการเผา จากตารางที่ 4.7 และภาพประกอบที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าแกรนิตเหลือทิ้งมีอิทธิพลต่อการหดตัวหลังการเผาของเนื้อดิน ดังนี้

การหดตัวหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1075, 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส ของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การหดตัวหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1075, 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส ของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การหดตัวหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1075, 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส ของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

เนื่องจากแกรนิตเหลือทิ้งมีปริมาณโซเดียมออกไซด์ค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 3.51 สามารถทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ช่วยลดอุณหภูมิการหลอมละลายเช่นเดียวกับเฟลด์สปาร์ โดยโซเดียมออกไซด์จะช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดวิทวีปเคชันหรือการสุกตัวของเนื้อดิน

(Wattanasiriwech and Wattanasiriwech, 2011 : 1371) ส่งผลให้เนื้อดินมีการหดตัวสูง (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2547 : 96) ปริมาณปลั๊กซ์ที่แตกต่างกันในแกรนิตเหลือทิ้ง ดินขาว เฟลด์สปาร์ และซิลิกา ส่งผลต่อการหดหลังการเผาของเนื้อดินที่ต่างกัน อนึ่งการหดตัวหลังการเผาจะแสดงให้เห็นถึงความทนไฟของเนื้อดิน (ไพจิตร อังศิริวัฒน์, 2541 : 76-77)

2) อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ จากตารางที่ 4.8 และภาพประกอบที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าแกรนิตเหลือทิ้งมีอิทธิพลต่อการดูดซึมน้ำของเนื้อดิน ดังนี้

การดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียสของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียสของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียสของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การดูดซึมน้ำของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่าน้อยที่สุด รองลงมา คือ ซิลิกา และการใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีการดูดซึมน้ำมากที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้ถึงแม้ว่าแกรนิตเหลือทิ้งสามารถทำหน้าที่เป็นปลั๊กซ์ช่วยลดอุณหภูมิการหลอมละลายได้แต่มีประสิทธิภาพด้อยกว่าเฟลด์สปาร์ (คชินทร์ สายอินทวงศ์, 2551) อย่างไรก็ตามการเร่งปฏิกิริยาวิหริพิเคชันสามารถทำให้เกิดเนื้อแก้วซึ่งช่วยลดปริมาณรูพรุนของเนื้อดินส่งผลให้เนื้อดินมีการดูดซึมน้ำต่ำ (ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2547 : 96) โดยที่การดูดซึมน้ำจะสัมพันธ์กับการสุกตัวของเนื้อดิน (ทวี พรหมพุกษ์, 2523 : 52)

3) อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อความต้านทานแรงดัด

ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด จากตารางที่ 4.9 และภาพประกอบที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าแกรนิตเหลือทิ้งมีอิทธิพลต่อความต้านทานแรงดัดของเนื้อดิน ดังนี้

ความต้านทานแรงดัดที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียสของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

ความต้านทานแรงดัดที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียสของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

ความต้านทานแรงดัดที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียสของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

ความต้านทานแรงดัดของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ เฟลด์สปาร์ และการใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีความต้านทานแรงดัดน้อยที่สุดตามลำดับ เนื่องจากมัลไลต์เป็นปัจจัยควบคุมพฤติกรรมกรรมการเพิ่มความแข็งแรงในเนื้อดิน (Mukhopadhyay and others, 2006 : 875) ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่า

สัดส่วนเนื้อดินที่มีแกรนิตเหลือทิ้งเป็นวัตถุดิบจะเกิดมลโธด์ทุติยภูมิในปริมาณสูงกว่าสัดส่วนที่ไม่มีแกรนิตเป็นวัตถุดิบ และมลโธด์ทุติยภูมิจะเป็นส่วนควบคุมความแข็งแรงของเนื้อดิน (El-Maghraby and others, 2011 : 2057)

4) อิทธิพลของแกรนิตเหลือทิ้งต่อการเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติก

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติก จากตารางที่ 4.10 ภาพประกอบ ที่ 4.7 และ 4.8 แสดงให้เห็นว่าแกรนิตเหลือทิ้งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกของเนื้อดิน ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียส ของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียส ของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกที่อุณหภูมิ 1175, 1200 และ 1225 องศาเซลเซียส ของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแกรนิตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกของเนื้อดินที่ใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ ซิลิกา และการใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์มีการเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกน้อยที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนหรือการโค้งงอของเนื้อดินเกิดจากการหลอมละลายของเฟสแก้วในขณะเผาที่ชักนำให้องค์ประกอบของวัตถุดิบทนไฟอื่นๆ หลอมละลาย ไปด้วย (Bernardin and others, 2006 : 316) อีกทั้งสัดส่วนของ $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ และ $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ ล้วนมีอิทธิพลสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว (Tuncel and Ozel, 2012 : 1399)

5.2.3 ความเหมาะสมของการใช้แกรนิตเหลือทิ้งเป็นวัตถุดิบเนื้อดินสำหรับอุตสาหกรรม

การใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนวัตถุดิบแต่ละประเภทมีอิทธิพลต่อสมบัติในการขึ้นรูปสมบัติทางกายภาพ และอุณหภูมิการสุกตัวของเนื้อดิน ดังนี้

การใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาว จะเพิ่มค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน ลดความหนืดและความชื้น ลดการหดตัวเมื่อแห้ง การหดตัวหลังการเผาเพิ่มขึ้น การดูดซึมน้ำลดลง ความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกเพิ่มขึ้น โดยมีสมบัติทางกายภาพหลังการเผาผ่านเกณฑ์กำหนดเนื้อดินชนิดเอิร์ทเรนแวร์ที่อุณหภูมิ 1075, 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส และผ่านเกณฑ์กำหนดเนื้อดินชนิดสโตนแวร์ที่อุณหภูมิ 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส แต่ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดเนื้อดินชนิดพอร์ซเลน อย่างไรก็ตามการใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวภายหลังการเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 1100 องศาเซลเซียสขึ้นไป มีแนวโน้มทำให้เนื้อดินเสียสภาพ กล่าวคือ มีค่าการเปลี่ยนแปลงพลาสติกสูงมาก เนื้อดินบวมและมีการหลอมละลายที่ผิว ไม่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิต

การใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์ จะเพิ่มค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน ลดความหนืดและความชื้น ลดการหดตัวเมื่อแห้ง การหดตัวหลังการเผาเพิ่มขึ้น การดูดซึมน้ำลดลง ความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกเพิ่มขึ้น โดยมีสมบัติทางกายภาพ หลังการเผาผ่านเกณฑ์กำหนดเนื้อดินชนิดเอิร์ทเรนแวร์ที่อุณหภูมิ 1125 องศาเซลเซียส แต่ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดเนื้อดินชนิดสโตนแวร์และพอร์ซเลน

การใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกา จะเพิ่มค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน ลดความหนืดและความชื้น ลดการหดตัวเมื่อแห้ง การหดตัวหลังการเผาเพิ่มขึ้น การดูดซึมน้ำลดลง ความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงไพโรพลาสติกเพิ่มขึ้น โดยมีสมบัติทางกายภาพ หลังการเผาผ่านเกณฑ์กำหนดเนื้อดินชนิดเอิร์ทเรนแวร์ที่อุณหภูมิ 1075, 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส และผ่านเกณฑ์กำหนดเนื้อดินชนิดสโตนแวร์ที่อุณหภูมิ 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส แต่ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดเนื้อดินชนิดพอร์ซเลน

ดังนั้นการใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนดินขาวหรือซิลิกาที่อุณหภูมิ 1075 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทเอิร์ทเรนแวร์ และการใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนซิลิกาที่อุณหภูมิ 1100 และ 1125 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ ส่วนการใช้แกรนิตเหลือทิ้งทดแทนเฟลด์สปาร์ไม่มีความเหมาะสมสำหรับทุกประเภทผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้การใช้แกรนิตเหลือทิ้งเป็นวัตถุดิบยังไม่มี ความเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทพอร์ซเลน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ผลการวิจัยสามารถประยุกต์ใช้ในเขตพื้นที่ประกอบอุตสาหกรรมหินประดับ ที่มีแกรนิตเหลือทิ้งจากการแปรรูปด้วยเครื่องมือหนักในปริมาณมาก เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ อีกทางหนึ่ง

5.3.1.2 การเตรียมแกรนิตเหลือทิ้งด้วยกระบวนการล้างจะสามารถลดมลทิน ประเภทต่างละลายน้ำที่ปะปนมากับวัตถุดิบ และ/หรือการใช้เครื่องดักจับแม่เหล็ก (Magnetic trap) จะสามารถลดมลทินประเภทแร่เหล็กลงได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 การคำนวณวัตถุดิบเนื้อดินด้วยองค์ประกอบทางแร่จะสามารถทำนาย ผลการทดลองให้สอดคล้องกับตารางสามเหลี่ยมเนื้อดิน หรือ ไตรแอกเซียล ได้ดียิ่งขึ้น

5.3.2.2 การใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) มาช่วยวางแผนการทดลองจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทดลองได้ดียิ่งขึ้น