

การพัฒนาแผ่นคอร์เตียร์ โดยใช้ส่วนน้ำเกลือ ดินขาว และทรายละเอียด สำหรับทำผลิตภัณฑ์ลื่นเตาอั้งโล่ทนความร้อนสูง

สฤกษ์ พรหมสายใจ¹ และ อนัน หยวักวัต²

¹สาขา อุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

²สาขา อิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

email : sarit_741@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1). เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของวัสดุสำหรับนำมาใช้ในการทำแผ่นคอร์เตียร์ 2). เพื่อทดลองใช้ส่วนผสมวัตถุดิบสำหรับนำมาใช้ในการทำแผ่นคอร์เตียร์ 3). เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการทดสอบวัดความพึงพอใจของผู้ใช้แผ่นคอร์เตียร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometry เครื่องวัดการหาค่าความแข็งแรง เครื่องการดูดซึมน้ำ และแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าการหาค่า ค่าดูดซึมน้ำ และค่าความแข็งแรง

ผลจากการวิเคราะห์ดินขาวลำปาง จังหวัดลำปาง คุณสมบัติทางเคมี จำนวน 12 ชนิด มีสารประกอบที่เรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 56.20 แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 0.32 ซิลิกา (SiO₂) ร้อยละ 0.10 และค่าการสลายตัวของสารหลังจากการเผา (LOI) ร้อยละ 43.70 มีสารประกอบแคลเซียมประมาณ ร้อยละ 99.50-99.80 และมีเหล็กออกไซด์เล็กน้อย และนำมาใช้เป็นส่วนการทดลองใช้ส่วนผสมวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ลื่นเตาอั้งโล่ทนความร้อนสูง ผลจากการทดลอง จำนวน 5 สูตร พบว่า การพัฒนาแผ่นคอร์เตียร์ โดยใช้ส่วนน้ำเกลือ ดินขาวและทราย สำหรับทำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เตียร์ สูตรที่มีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้งานมากที่สุด ได้แก่ สูตรที่ 1 มีอัตราส่วนผสมดินขาว ร้อยละ 60 ทรายละเอียด ร้อยละ 20 น้ำเกลือ ร้อยละ 20 มีการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 3.57 และค่าความแข็งแรงเท่ากับ 71.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยเผาอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งทนความร้อนได้มากกว่าของเดิมถึง 600 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลที่ผ่านการทดลองไปทำการวิเคราะห์ เพื่อสรุปการหาประสิทธิภาพวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เตียร์ ทนความร้อนสูง จำนวน 20 คน มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่า $\bar{X} = 3.72$ S.D. = 0.63)

คำสำคัญ : พัฒนาแผ่นคอร์เตียร์, วัตถุดิบ, ผลิตภัณฑ์ลื่นเตาอั้งโล่, ทนความร้อนสูง

Cordia life sheet development By using salt water kaolin and sand For making high heat resist shielding products

Sarit Promsaijai¹ and Anan Yuakwat²

¹Industrial Arts Faculty of Industrial Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University

²Computer electronics field Faculty of Industrial Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University
email : sarit_741@hotmail.com

Abstract

Objective of this research: 1). To study the mix rate of materials used in the making of cordiaite sheets 2). To try out a combination of raw materials that can be used to make Cordierite sheets 3). To study the effectiveness of the test to measure the satisfaction of users of Cordia Wright sheets The research instruments were X-ray machines, Fluorescence Spectrometry, strength determination machines. Water absorption and statistical questionnaires used in the analysis were percentage values, shrinkage values, water absorption values, and strength

The results from the analysis of Kaolin, Lampang, Lampang Province, 12 chemical properties, with descending number of compounds as follows: 56.20% calcium oxide (CaO), 0.32% magnesium oxide (MgO), 0.32% silica (SiO₂), 0.10% and 43.70% decomposition of the substance after calcination (LOI) contains 99.50-99.80% calcium compounds and a small amount of iron oxide and used as a trial part of the ingredients used in the production of high heat resistant brazier tongue products The results of the experiment, 5 formulas, found that the corradialite plate development By using the saline, kaolin and sand parts for making corporaite plate products. The formula that is most suitable for use is Formula 1 with a mixture of 60 percent kaolin, 20 percent fine sand, 20 percent salt water, and a percent water absorption. 3.57 and the value is 71.62 kg/cm² By burning at 1200 degrees Celsius, which can withstand heat up to 600 degrees Celsius more than the original. The results were then analyzed to summarize the satisfaction level of the users of the cororite disc products. The number of 20 people had a high level of satisfaction (= 3.72 S.D. = 0.63)

Keywords: Cordia life sheet development, raw material, byazier tongue products, High heat resistance

บทนำ

พลังงานที่นำมาใช้กันทุกวันนี้มีด้วยกันหลายชนิด เช่น ไฟฟ้า แก๊ส น้ำมัน ถ่านหิน และถ่านกัมมันต์ได้ว่าเป็นพลังงานที่มนุษย์เราได้นำมาใช้กันมีทั้งของแข็งและของเหลว ตลอดจนเป็นแก๊สที่ได้มาจากธรรมชาติ ที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวันกันโดยทั่ว ๆ ไป และนับวันจะใช้กันเพิ่มขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง เพราะมนุษย์เรามีความจำเป็นต้องนำมาใช้ในการทำธุรกิจ ทั้งในครัวเรือนและสถานประกอบการ ดังนั้นจึงส่งผลทำให้มีค่าใช้จ่ายกันมากขึ้น และสิ้นเปลืองทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยเฉพาะสถานประกอบการรายย่อยที่ใช้พลังงานแล้วสิ้นเปลือง ค่าใช้จ่าย ต่อการลงทุน จากการผลิตเตาอั้งโล่ ที่มีขายตามท้องตลาดจะให้ความร้อนต่ำ 500 – 600 องศาเซลเซียส และมีอายุการใช้งานต่ำ (สำนักงานพลังงานจังหวัดกำแพงเพชร, มปป., หน้า 2) และจากการสัมภาษณ์ (วิโรจน์ บุญต่อ ผู้ผลิตเตาอั้งโล่, 2563 พฤศจิกายน 30) ผู้ที่มีประสบการณ์เรื่องเตามานานกว่า 20 ปี ได้เสนอแนะและแนะนำว่าจะผลิตวัสดุที่ทนความร้อนเพื่อประหยัดพลังงานในสถานประกอบการร้านอาหาร

ดังนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากปัญหาดังกล่าวมาพัฒนาโดยใช้วัสดุท้องถิ่นเป็นหลัก เพื่อหาแนวทางพัฒนาเป็นนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาเพื่อตอบสนอง เพื่อลดต้นทุนการใช้เชื้อเพลิงถ่าน อย่างประหยัด

จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้นำเอาทรายละเอียด ดินขาว และน้ำเกลือ มาผสมรวมกันให้ได้สูตรที่จะสามารถนำมาใช้ผลิตแผ่นแผ่นคอร์เตียไรท์ สำหรับทำผลิตภัณฑ์ลีนเตอริงโกล์ทนความร้อนสูง เพื่อต้องทำลีนเตอริงโกล์ ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าเดิม สิ่งสำคัญยังส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อนลดน้อยลงและสามารถนำมาผลิต เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ ที่สามารถจำหน่ายคู่กับตัวเตอริงโกล์ของเดิมที่ทำกันมาช้านานแล้ว ทั้งนี้จึงได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยไว้ 3 ข้อดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของวัสดุสำหรับนำมาใช้ในการทำแผ่นคอร์เตียไรท์
2. เพื่อทดลองใช้ส่วนผสมวัสดุสำหรับนำมาใช้ในการทำแผ่นคอร์เตียไรท์
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการทดสอบวัดความพึงพอใจของผู้ใช้แผ่นคอร์เตียไรท์

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษาอัตราส่วนผสมวัสดุดินขาว สำหรับนำมาใช้ในการทำการพัฒนาแผ่นคอร์เตียไรท์ โดยใช้ส่วนน้ำเกลือ ดินขาว และทราย สำหรับทำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เตียไรท์ ทนความร้อนสูง จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ตามตัวอย่างที่ PKMB-1 ด้วยเครื่อง XRF (X-Ray -Fluorescence) โดยผ่านการพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 ท่าน ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ตำบลศาลา อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง
2. การนำทรายมาร้อนให้ได้ขนาดละเอียด ที่เป็นตัวอย่างมาผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาดเบอร์ 80 เมชและนำเอาผลการวิเคราะห์มาจัดลำดับร้อยละของส่วนผสมทั้งหมดโดยเรียงจากร้อยละมากมาหาน้อยสุด
3. รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเคมี ของดินขาว ต่อไป โดยผ่านตะแกรง 80 เมช พร้อมกับนำทรายละเอียด และน้ำเกลื่อนำมาซังให้ได้ตามสูตรที่กำหนดไว้ จากนั้นนำมาผสมรวมกันตามขั้นตอนของการเตรียมเนื้อครอเตียไรท์ เพื่อให้ได้ดินที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ โดยใช้สูตรคำนวณ การหาค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ (Daniel Rhoder, 1972, p. 200) สูตรการหาค่าความแข็งแรงของแท่งทดลอง (Singer Sonja, 1960, p. 200) จำนวน 5 สูตร มีดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมสูตรการทำแผ่นคอร์เตียไรท์

สูตรที่	ส่วนผสมของสูตรการทำแผ่นคอร์เตียไรท์			
	ดินขาว	ทรายละเอียด	น้ำเกลือ	รวม
1	60	20	20	100
2	50	30	20	100
3	40	40	20	100
4	30	50	20	100
5	20	60	20	100

4. จากนั้นนำเอาวัสดุมาซังให้ได้ตามสูตรที่กำหนดไว้ จำนวน 5 สูตร เสร็จแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันดี นำมาเทลงในแบบพิมพ์แท่งทดลองให้ครบทุกสูตร จากนั้นปล่อยให้แห้ง และนำไปหาค่าทางกายภาพโดยการเผาด้วยอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส
5. หลังเผาเสร็จแล้วมาคำนวณตามสูตรการวัดทางกาย เพื่อหาสูตรที่มีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน เพื่อผลิตแผ่นคอร์เตียไรท์
6. ได้แผ่นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด จากนั้นมาทำต้นแบบพิมพ์แผ่นคอร์เตียไรท์ที่ทำเสร็จแล้ว และนำยางซิลิโคน มาส่วนผสมกับตัวเร่งแข็ง เพื่อทำแบบพิมพ์แผ่นคอร์เตียไรท์ โดยให้ความหนาประมาณ 0.05 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยให้แห้งยางซิลิโคนแห้งสนิท ใช้ระยะเวลาประมาณ 3-5 นาที ยางพาราจะเซ็ทตัวหรือแข็งตัว สำหรับทำแบบพิมพ์ยางซิลิโคน (ถ้าใส่ตัวเร่งน้อยเกินไปจะแข็งตัวช้า แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะแข็งตัวเร็ว ทั้งนี้ควรใส่ยางซิลิโคน 100 กรัมต่อตัวเร่ง 3 หยด)
7. จากนั้นก็แกะเอาต้นแบบออกจากยางซิลิโคน เราจะได้แบบพิมพ์ยางซิลิโคนตามต้นแบบพิมพ์ที่มีขนาดสัดส่วนตามที่ต้องการ
8. การนำเอาส่วนผสมมาใส่ลงในแบบพิมพ์แท่งทดลอง ปล่อยให้แห้งเพื่อทำให้อุปกรณ์ผลิตภัณฑ์แห้งต่อไป

9. ได้ผลิตก้อนซีเมนต์คอร์เตียไรท์ โดยใช้ส่วนน้ำเกลือ ดินขาว และทรายละเอียดสำหรับทำผลิตภัณฑ์ลีนเตาอั้งโล่ทนความร้อนสูงที่ขึ้นรูปทรงสี่เหลี่ยมเรียบร้อยแล้ว

จากการทดลองหาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ร้อยละการหาค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความแข็งแรง ของแผ่นคอร์เตียไรท์ โดยใช้ส่วนน้ำเกลือ ดินขาว และทรายละเอียด สำหรับทำผลิตภัณฑ์ลีนเตาอั้งโล่ทนความร้อนสูง จำนวน 5 สูตร สรุปได้ว่า

สูตรที่ 4 วัสดุบดที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่

1. ดินขาว	ร้อยละ	60
2. ทรายละเอียด	ร้อยละ	20
3. น้ำเกลือ	ร้อยละ	20
รวม	ร้อยละ	100

ใส่ Addition 1. หินแก้ว ร้อยละ 10 2. ปูนแคลเซียม ร้อยละ 10 3. ทัลก์ ร้อยละ 5



ภาพที่ 1 วัสดุบด แบ่งทดลองและผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เตียไรท์ทนความร้อนสูง สูตรที่ 1
ทิมา (สฤชนม์ พรหมสายใจ, 2563)

10. การนำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เตียไรท์ โดยใช้ส่วนน้ำเกลือ ดินขาว และทรายละเอียด สำหรับทำผลิตภัณฑ์ลีนเตาอั้งโล่ทนความร้อนสูง ที่ผลิตได้แล้วมาให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพเพื่อวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้แผ่นคอร์เตียไรท์ที่ผลิตขึ้นมา โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 20 คน ต่อไป

11. การรายงานและสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สูตร ค่าร้อยละ, ค่าเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าการหดตัว, ค่าการดูดซึมน้ำ, ค่าความแข็งแรง

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ผลการหาคุณสมบัติของวัสดุบดที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมใช้ในการทำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เตียไรท์ มีดังนี้

ตอนที่ 1 ผลจากการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมของวัสดุสำหรับนำมาใช้ในการทำแผ่นคอร์เตียไรท์

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีดินขาว

สูตรทางเคมี	ชื่อทางเคมี	ร้อยละ
SiO ₂	ซิลิกา (silica oxide))	74.844
Al ₂ O ₃	อลูมินา (alumina oxide)	16.374
K ₂ O	โพแทสเซียมออกไซด์ (potassium oxide)	3.223
Na ₂ O	โซเดียมออกไซด์ (sodium oxide)	1.185
Fe ₂ O ₃	เหล็กออกไซด์ (iron oxide)	0.808
MgO	แมกนีเซียมออกไซด์ (magnesia oxide)	0.140

สูตรทางเคมี	ชื่อทางเคมี	ร้อยละ
CaO	แคลเซียมออกไซด์ (calcia oxide)	0.125
MnO ₂	แมงกานีสออกไซด์ (manganese oxide)	0.111
P ₂ O ₅	ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (phosphorus pentoxide)	0.019
TiO ₂	ไททาเนียออกไซด์ (titania oxide))	0.062
LOI	ค่าการสลายตัวของสารหลังจากการเผา (loss on Ignition)	0.125

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่า ผลจากการวิเคราะห์ คุณสมบัติวัตถุดินขาว ที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ โดยใช้ส่วนน้ำเกลือ ดินขาว และทรายสำหรับทำผลิตภัณฑ์ล้นเตาอ่างโล่ทนความร้อนสูง พบว่า ดินขาว จังหวัดลำปาง คุณสมบัติทางเคมีโดยเรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ซิลิกา (SiO₂) ร้อยละ 74.844 อลูมินา (Al₂O₃) ร้อยละ 16.374 รองลงมา คือ โพแทสเซียมออกไซด์ (K₂O) 3.223 โซเดียมออกไซด์ (Na₂O) 1.185 เหล็กออกไซด์ (Fe₂O₃) ร้อยละ 0.808 แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 0.140 แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 0.125 แมงกานีสออกไซด์ (MnO₂) ร้อยละ 0.111 ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (P₂O₅) ร้อยละ 0.019 ไททาเนียออกไซด์ (TiO₂) ร้อยละ 0.062 และค่าการสลายตัวของสารหลังจากการเผา (LOI) ร้อยละ 43.75

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ การทดลองใช้ส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ทางกายภาพแผ่นคอร์เดียไรท์

สูตรที่	ส่วนผสมของสูตรการทำแผ่นคอร์เดียไรท์				ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ		
	ดินขาว	ทรายละเอียด	น้ำเกลือ	รวม	ค่าการหดตัว	ค่าการดูดซึมน้ำ	ค่าความแข็งแรง
1	60	20	20	100	6.39	3.57	132.24
2	40	30	20	100	5.81	6.89	84.91
3	40	40	20	100	5.29	3.22	79.91
4	20	50	20	100	4.06	3.03	56.79
5	20	60	20	100	1.74	3.22	48.92

จากตารางที่ 3 สรุปได้ว่า การใช้ตัวอย่างแบบเจาะจง (purpposive sampling) โดยการกำหนดจุดจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าและการอ่านค่าสูตรการทดลอง นำมาจำนวน 5 สูตร (Singer Sonja, 1960, p. 328) ซึ่งมีผลจากการทดลองใช้ส่วนผสมวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ โดยใช้ส่วนน้ำเกลือ ดินขาว และทรายสำหรับทำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ทนความร้อนสูง จำนวน 5 สูตร พบว่า จากการวิเคราะห์ผลทางกายภาพ และทางเคมี ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ โดยใช้ส่วนผสมน้ำเกลือ ดินขาว และทราย สำหรับทำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ทนความร้อนสูง คือ สูตรที่ 1 มีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้งานมากที่สุด ซึ่งมีอัตราส่วนผสมดินขาว ร้อยละ 60 ทรายละเอียด ร้อยละ 20 น้ำเกลือ ร้อยละ 20 ค่าการหดตัวร้อยละ 6.39 ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 3.57 และค่าความแข็งแรง 132.24 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการทดสอบวัดความพึงพอใจของผู้ใช้แผ่นคอร์เดียไรท์ ตารางที่ 4 แสดงร้อยละของสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถามของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์

รายการ	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	15	75
หญิง	5	25
2. อายุ		
ต่ำกว่า 30 ปี	8	40
31 - 40 ปี	5	25

รายการ	จำนวน	ร้อยละ
41 - 50 ปี	5	25
51 ปีขึ้นไป	2	10
3. การศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่า	5	25
มัธยมศึกษาตอนปลาย หรือเทียบเท่า	10	50
ปริญญาตรี หรือ สูงกว่าปริญญาตรี	5	25
4. ประสบการณ์		
ต่ำกว่า 5 ปี	12	60
5 ปีขึ้นไป	8	40

จากตารางที่ 4 สรุปได้ว่า จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามนี้ เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการใช้เตา การเผาเตา และกลุ่มสนใจเตาและผู้ผลิตเตาจำหน่าย โดยการคัดเลือกแบบเจาะจงเฉพาะที่มีประสบการณ์ 5 ปีขึ้นไปจำนวน 20 คน โดยจำแนกเป็นเพศชาย จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 75 เพศหญิง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และอายุต่ำกว่า 30 ปี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 40 อายุ 31-40 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 อายุ 41-50 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 อายุ 51 ปีขึ้นไป จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ส่วนการศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น หรือเทียบเท่า จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 มัธยมศึกษาตอนปลาย หรือเทียบเท่า จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และระดับปริญญาตรี หรือ สูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และประสบการณ์ หรือความชำนาญในการทำเตาที่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 60 และมากกว่า 5 ปีขึ้นไป จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 40

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์

ข้อที่	รายการ	ระดับการแปลผล	
		\bar{X}	S.D.
1	ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีน้ำหนักเบา	4.35	0.57
2	ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีความคงทนและแข็งแรง	4.60	0.49
3	ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้สะดวกในการขนส่งเคลื่อนย้าย	4.35	0.73
4	ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้สะดวกในการติดตั้ง	4.70	0.56
5	ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีความปลอดภัยในการใช้สอย	4.75	0.43
6	ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีระบายความร้อนได้ดี	4.35	0.73
7	ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีความทนไฟสูง	4.60	0.49
8	ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่มีความสวยงาม	4.50	0.50
	สรุปโดยภาพรวม	4.52	0.56

จากตารางที่ 5 สรุปได้ว่า ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ โดยใช้ส่วน ดินขาว และทรายละเอียด น้ำเกลือ สำหรับทำผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ ทนความร้อนสูง พบว่า ความต้องการคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำ ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีความปลอดภัยในการใช้สอย มีค่า $\bar{X} = 4.75$ S.D. = 0.43) ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้สะดวกในการติดตั้ง มีค่า $\bar{X} = 4.70$ S.D. = 0.56) ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีความทนไฟสูง มีค่า $\bar{X} = 4.60$ S.D. = 0.49) ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีความคงทนและแข็งแรง มีค่า $\bar{X} = 4.60$ S.D. = 0.49) ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่มีความสวยงาม มีค่า $\bar{X} = 4.52$ S.D. = 0.56) ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีระบายความร้อนได้ดี มีค่า $\bar{X} = 4.35$ S.D. = 0.73) ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้สะดวกในการขนส่งเคลื่อนย้าย มีค่า $\bar{X} = 4.35$ S.D. = 0.73) ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีน้ำหนักเบา มีค่า $\bar{X} = 4.35$ S.D. = 0.57) สรุปโดยภาพรวม ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์แผ่นคอร์เดียไรท์ จำนวน 8 ข้อ มีค่า $\bar{X} = 4.25$ S.D. = 0.56)

การอภิปรายผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของวัสดุสำหรับนำมาใช้ในการทำแผ่นคอร์เดียไรท์ ผลจากการวิเคราะห์ทางเคมีดินขาวซึ่งมาจากห้างส่วนส่วนจำกัด ดินขาว ลำปางอำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง พบว่า ดินขาว คุณสมบัติทางเคมี (chemical property) ตามตัวอย่างที่ PKMB-1 การวิเคราะห์หินอ่อนด้วยเครื่อง XRF (X-Ray – Fluorescence) โดยมีสารประกอบที่มีคุณสมบัติทางเคมีโดยเรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ซิลิกา (SiO₂) ร้อยละ 74.844 อลูมินา (Al₂O₃) ร้อยละ 16.374 รองลงมา คือ โพแทสเซียมออกไซด์ (K₂O) 3.223 โซเดียมออกไซด์ (Na₂O) 1.185 เหล็กออกไซด์ (Fe₂O₃) ร้อยละ 0.808 แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 0.140 แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 0.125 แมงกานีสออกไซด์ (MnO₂) ร้อยละ 0.111 ไดฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (P₂O₅) ร้อยละ 0.019 ไททานเนียมออกไซด์ (TiO₂) ร้อยละ 0.062 และค่าการสลายตัวของสารหลังจากการเผา (LOI) ร้อยละ 43.75 ซึ่งมีความสอดคล้องกับการรายงานลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ธาตุ, 2553, หน้า 1 อ้างในสุทธิณี โฆษิตานนท์ (2554, หน้า 19)

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อทดลองใช้ส่วนผสมวัสดุสำหรับนำมาใช้ในการทำแผ่นคอร์เดียไรท์ ผลจากการทดลองหาคุณสมบัติทางกายภาพการทำแผ่นคอร์เดียไรท์ ตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดไว้ พบว่า ผลจากการทดลองการทำลิ่มเตาอั้งโล่ จำนวน 5 สูตร วิเคราะห์ผลโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน สูตรที่มีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้งานมากที่สุดได้แก่ สูตรที่ 1 มีอัตราส่วนผสม คือ ดินขาว ร้อยละ 60 ทรายละเอียด ร้อยละ 20 น้ำเกลือ ร้อยละ 20 มีค่าการหดตัวร้อยละ 6.39 การดูดซึมน้ำร้อยละ 3.57 และค่าความแข็งแรง เท่ากับ 71.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ รณฤทธิ์ ฤทธิมนตรี (2552, หน้า บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาอิฐซีเมนต์เยื่อกระดาษ พบว่า การศึกษาชิ้นสี่ด้าน ซีเมนต์ 1 ส่วน เยื่อกระดาษ 1.25 ส่วน แร่อัดขึ้นรูป 15 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เหมาะที่จะนำมาทำอิฐซีเมนต์เยื่อกระดาษมากที่สุด ซึ่งมีความหนาแน่น 796.33 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความต้านทานแรงอัดตั้งฉากกับแรงขึ้นรูป 27.44 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการดูดซึมน้ำ 466 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากผลการทดลอง อิฐซีเมนต์เยื่อกระดาษที่ได้ ให้ผลดีในแง่ของทั้งค่าความหนาแน่นและค่าการดูดซึมน้ำ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2505-2541 ชั้นคุณภาพ 4 ส่วน ค่าความต้านทานแรงอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2505-2541

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการทดสอบวัดความพึงพอใจของผู้ใช้แผ่นคอร์เดียไรท์ พบว่า จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามนี้ เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการใช้เตา การเผาเตา และกลุ่มสนใจเตาและผู้ผลิตเตาจำหน่าย โดยการคัดเลือกแบบเจาะจงเฉพาะที่มีประสบการณ์ 5 ปีขึ้นไปจำนวน 20 คนเป็นเพศชาย จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 75 เพศหญิง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และอายุต่ำกว่า 30 ปี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 40 อายุ 31-40 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 อายุ 41-50 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 อายุ 51 ปีขึ้นไป จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ส่วนการศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น หรือเทียบเท่าจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 มัธยมศึกษาตอนปลาย หรือเทียบเท่า จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และระดับปริญญาตรี หรือ สูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และประสบการณ์ หรือความชำนาญในการทำเตาที่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 60 และมากกว่า 5 ปีขึ้นไป จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 40 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผลผลิตแผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีความปลอดภัยในการใช้สอย มีค่า ($\bar{X} = 4.75$ S.D. = 0.43) ผลผลิตแผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้สะดวกในการติดตั้ง มีค่า ($\bar{X} = 4.70$ S.D. = 0.56) ผลผลิตแผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีความทนไฟสูง มีค่า ($\bar{X} = 4.60$ S.D. = 0.49) ผลผลิตแผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีความคงทนและแข็งแรง มีค่า ($\bar{X} = 4.60$ S.D. = 0.49) ผลผลิตแผ่นคอร์เดียไรท์ที่มีความสวยงาม มีค่า ($\bar{X} = 4.52$ S.D. = 0.56) ผลผลิตแผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีระบายความร้อนได้ดี มีค่า ($\bar{X} = 4.35$ S.D. = 0.73) ผลผลิตแผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้สะดวกในการขนส่งเคลื่อนย้าย มีค่า ($\bar{X} = 4.35$ S.D. = 0.73) ผลผลิตแผ่นคอร์เดียไรท์ที่ได้มีน้ำหนักเบา มีค่า ($\bar{X} = 4.35$ S.D. = 0.57) สรุปโดยภาพรวม ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ผลผลิตแผ่นคอร์เดียไรท์ จำนวน 8 ข้อ มีค่า ($\bar{X} = 4.25$ S.D. = 0.56) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุจิรา ร่มโพธิ์ (2552, หน้า บทคัดย่อ) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ผลผลิตประติมากรรมโดยภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ความพึงพอใจจากผู้ใช้ผลผลิตประติมากรรมด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ผลผลิตประติมากรรมที่ได้มีน้ำหนักเบา ความปลอดภัยประติมากรรมที่ได้มีความคงทน ผลผลิตประติมากรรมที่ได้มีความปลอดภัยในการใช้สอยและผลผลิตประติมากรรมที่ได้มีจุดอิมตัวของวัสดุ มีความพึงพอใจจากผู้ใช้ผลผลิตประติมากรรมลำดับรองลงมา ได้แก่ ผลผลิตประติมากรรมที่ได้สะดวกในการขนส่งเคลื่อนย้ายผลผลิตประติมากรรมที่ได้สะดวกในการติดตั้งและผลผลิตประติมากรรมที่ได้มีการดูแลรักษา ซ่อมแซมง่าย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการที่จะนำผลการวิจัยไปใช้

จากการวิจัย เรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ททราย ผงหินอ่อน ปูนซีเมนต์ เพื่อทำผลิตภัณฑ์ทำแผ่น
คอร์เดียไรท์ สำหรับอุปกรณ์เตาเผาต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงเสนอแนะไว้ดังต่อไปนี้

1. ใช้สำหรับงานประเภทประติมากรรมได้เป็นอย่างดี และยังสามารถทำผนังบ้านภายนอกเพื่อให้ความสวยงาม
ตามที่เราต้องการ

2. ใช้ผสมเป็นส่วนผสมในการทำงานประเภทประติมากรรมปูนปั้น

3. ใช้ทำอิฐปูพื้นสำหรับทางเดินเท้า

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบประเภทนี้ได้อย่างละเอียดโดยเฉพาะทางเคมีและทางกายภาพ เพราะวัตถุดิบ
แต่ละท้องถิ่นจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป จึงมีความจำเป็นต้องทดลองก่อนนำมาใช้งานทุกครั้ง

2. ควรหาแหล่งวัตถุดิบประเภทดินเหนียวในท้องถิ่นที่อยู่ในจังหวัดกำแพงเพชร เพื่อนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์
ประเภทอื่น ๆ

3. ถ้าต้องการเอาปูนซีเมนต์ออกจากส่วนผสมก็สามารถทำได้โดยใช้วัตถุดิบตัวอื่นมาทดแทนเพื่อใช้ทำเป็น
ส่วนผสมเคลือบเซรามิกส์ประเภทต่าง ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษ้อัตราส่วนผสมระหว่าง ททรายละเอียด ดินขาว น้ำเกลือ และเพิ่มสารประกอบปูนขาว ผสมกับ หินกาก
เพชร ตามอัตราส่วน ร้อยละ 10 เพื่อทำผลิตภัณฑ์คอร์เดียไรท์ โดยใช้ส่วนน้ำเกลือ ดินขาว และทรายละเอียด สำหรับทำ
ผลิตภัณฑ์ลีนเตาอังโล่ทนความร้อนสูง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ที่กำหนดไว้ทุกประการ
ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญและขอขอบพระคุณทุกท่าน ให้แก่คุณพ่อ - คุณแม่ คุณครู - อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่
ได้ให้ความรู้แก่ผู้วิจัยทุกท่าน ตลอดจนครอบครัว พรหมสายใจ ที่คอยให้กำลังใจในการทำงาน จนทำให้ผลงานวิจัยเล่มนี้ สำเร็จ
ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

รณฤทธิ์ ฤทธิมนตรี. (2552). การพัฒนาอิฐซีเมนต์เยื่อกระดาษ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิโรจน์ บุญต่อ. (2563). สถานประกอบการผู้ผลิตเตาอังโล่. อำเภอโกสัมพีนคร จังหวัดกำแพงเพชร.

(สัมภาษณ์ พฤศจิกายน 30).

สุจิรา ร่มโพธิ์. (2552). การศึกษ้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบสำหรับนำมาใช้งานประติมากรรม. กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัย
ราชภัฏกำแพงเพชร.

สุทธิณี โฆษิตานนนท์. (2559). การพัฒนาสูตรน้ำเคลือบผลิตภัณฑ์กระเบื้องจากผงหินอ่อนบ้านเขาสว่าง

อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร. กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

สำนักงานพลังงานจังหวัดกำแพงเพชร. (มปป). เอกสารสาระความรู้ด้านพลังงานการผลิตและการใช้เตาอังโล่ประสิทธิภาพ
สูง. กำแพงเพชร: สำนักงานพลังงานจังหวัดกำแพงเพชร กระทรวงพลังงาน.

Rhodes, D. (1972). *Clay and Glaze for the Potter*. (4ed. th). Pennsylvania: Pitman Publishing.

Singer, F.& Sonja, S. (1963). *Industrial Ceramic*. New York: Chemical Publishing.

Singer, S.S. (1960). *Industril Ceramics*. New York: Chemical Publishing.