วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

บทความวิจัย

การพัฒนาส่วนผสมของเนื้อดินด่านเกวียนและกากกาแฟดงมะไฟเพื่อสร้างฟิลเตอร์เซรามิกส์สำหรับดริปกาแฟดงมะไฟ

อ่อนลมี กมลอินทร์ *

สาขาวิชานวัตกรรมเซรามิกส์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: onlamee.k@nrru.ac.th

วันที่รับบทความ: 28 มีนาคม 2566; วันที่ทบทวนบทความ: 13 มิถุนายน 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 19 มิถุนายน 2566
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 26 สิงหาคม 2566

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการเติมกากกาแฟดงมะไฟต่ออัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์เซรามิกส์ ซึ่งในการทดลองจะเติมกากกาแฟในปริมาณ ร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก (โดยกำหนดให้เป็นตัวอย่าง DKS-3, DKS-4 และ DKS-5 ตามลำดับ) และผสมกับดินเหนียวด่านเกวียน ดินขาวลำปาง ทราย และเถ้าไม้รวมด่านเกวียน โดยนำมาขึ้นรูปฟิลเตอร์เซรามิกส์ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jigger) และเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1,250˚C ผลการทดลองพบว่ามีลักษณะทางกายภาพตามนี้: มีค่าความพรุนตัวปรากฏ อยู่ในช่วง ร้อยละ 48.45 - 55.54 การดูดซึมน้ำ อยู่ในช่วง ร้อยละ 36.30 - 48.48 ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1.15 - 1.33 g/cm^3 และความถ่วงจำเพาะ อยู่ในช่วง 2.51 - 2.59 ซึ่งตัวอย่าง DKS-4 มีสมบัติทางกายภาพที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปทำฟิลเตอร์ จากนั้นทดสอบสมบัติทางกายภาพด้วยเทคนิค XRD พบว่าเกิดเฟสของ Cristobalite Silica และ Orthorhombic Mullite ในฟิลเตอร์เซรามิกส์ (DKS-4) และวิเคราะห์ลักษณะของรูพรุนที่เกิดขึ้นในฟิลเตอร์เซรามิกส์ด้วย SEM พบว่าเกิดรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากในโครงสร้างจากการเผาไหม้และหายไปของกากกาแฟและส่งผลต่ออัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์ เนื่องจากการเติมกากกาแฟเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้อัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์สูงขึ้นและมีค่าสูงสุด 2.30 มิลลิลิตรต่อวินาที ซึ่งนำฟิลเตอร์ไปใช้ในการชงกาแฟแบบดริปแทนการใช้กระดาษกรองเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนได้

คำสำคัญ: ฟิลเตอร์เซรามิกส์; เนื้อดินด่านเกวียน; กากกาแฟดงมะไฟ; กาแฟแบบดริป; ความพรุนตัว

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

บทความวิจัย

Development of a Mixture of Dan Kwian Clay Body and Dong Ma Fai Coffee Grounds to Create a Ceramic Filter for Dong Ma Fai Coffee Drip

Onlamee Kamon-in *

School of Innovation Ceramic, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

* Corresponding author, E-mail: onlamee.k@nrru.ac.th

Received: 28 March 2023; Revised: 13 June 2023; Accepted: 19 June 2023
Online Published: 26 August 2023

Abstract: This research aims to study the influence of added Dongmafai coffee grounds on the flow rate of hot water through the ceramic filter. In the experiment, coffee grounds were added in amounts of 20, 30, and 40% by weight (the samples were DKS-3, DKS-4, and DKS-5, respectively) and mixed with Dan Kwian clay, Lampang kaolin clay, sand, and Dan Kwian wood ash. The ceramic filter was formed by the jigger technique and sintered at 1,250°C. The results revealed the following physical characteristics: apparent porosity in the range of 48.45–55.54%, water absorption in the range of 36.30–48.48%, density in the range of 1.15–1.33 g/cm^3, and specific gravity in the range of 2.51–2.59. The DKS-4 sample has physical properties that are suitable for filtering. Then, physical properties were examined by the XRD technique. It was found that cristobalite silica and orthorhombic mullite phases were formed in the ceramic filter (DKS-4). The porosity characteristics of the ceramic filters were analyzed by SEM. It was found that many small pores were formed in the structure from the combustion and disappearance of the coffee grounds. And affecting the flow rate of hot water through the filter because the addition of coffee grounds will increase the flow rate of hot water through the filter, which has a maximum value of 2.30 ml/s. Which uses filters to make drip coffee instead of paper filters, helping to reduce global warming.

Keywords: Ceramic Filter; Dan Kwian clay body; Dong Ma Fai coffee grounds; coffee drip; Porosity

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

บทความวิจัย

1. บทนำ

กาแฟดงมะไฟเป็นกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า ปลูกที่หมู่บ้านดงมะไฟ ตำบลมะเกลือใหม่ อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา มีลักษณะเด่นคือเป็นกาแฟที่มีคาเฟอีนต่ำ ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก และนิยมนำมาชงกาแฟแบบดริป โดยอุปกรณ์หลักในการดริปคือตัวกรองกาแฟหรือฟิลเตอร์ ซึ่งตัวกรองกาแฟนั้นทำมาจากวัสดุที่หลากหลาย เช่น ตัวกรองแบบโลหะจะมีรูของตัวกรองที่มีขนาดใหญ่ทำให้น้ำมันกาแฟจากกาแฟสามารถสกัดออกมาได้เยอะกว่าวัสดุอื่น แต่จะมีข้อเสียคือ มีผงกาแฟเล็ก ๆ ปนอยู่ในแก้ว กาแฟที่ได้จึงมีรสชาติกลมกล่อม แต่มีความขุ่นมากกว่าแบบตัวกรองกระดาษ ส่วนตัวกรองที่เป็นกระดาษจะมีรูขนาดเล็กกว่าตัวกรองแบบโลหะทำให้สามารถกรองผงกาแฟละเอียดได้ดีกว่า กาแฟที่ได้จึงใสและรสชาติชัดเจนกว่าตัวกรองแบบโลหะ นอกจากนี้ยังมีตัวกรองแบบผ้าซึ่งมีขนาดรูที่เล็กเหมือนกันกับการใช้ตัวกรองแบบกระดาษ จึงทำให้รสชาติที่ดีกว่าแบบกระดาษ เพราะจะไม่มีกลิ่นกระดาษปนเปื้อนกับกาแฟดริป เนื่องจากปัญหาการใช้กระดาษกรองในการดริปกาแฟทำให้เกิดขยะจากการกรองที่ใช้แล้วทิ้ง ซึ่งอาจทำให้นักดริปกาแฟไม่สามารถดริปกาแฟได้เมื่อกรดาษกรองหมด ดังนั้น การสร้างฟิลเตอร์เซรามิกส์จากเนื้อดินด่านเกวียนสำหรับใช้ในการดริปกาแฟซึ่งสามารถใช้ซ้ำได้หลายครั้งจึงเป็นการช่วยลดการใช้กระดาษ และลดภาวะโลกร้อน

เครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนเครื่องปั้นดินเผาและชุมชนใกล้เคียงได้เป็นอย่างดี โดยมีการส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศ อาทิ ญี่ปุ่น อเมริกา และแถบประเทศยุโรป ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียนมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และไม่สามารถผลิตได้ในที่อื่นๆ เพราะมีแหล่งวัตถุดิบหลัก คือ ดินที่ได้จากริมฝั่งแม่น้ำมูลซึ่งไหลผ่านบริเวณชุมชนบ้านด่านเกวียน ทำให้ลักษณะของดิน ริมฝั่งแม่น้ำจะมีความเหนียวเป็นพิเศษ และเมื่อเผาแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เนื้อละเอียดสีแดงเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของดินด่านเกวียน สีแดงของดินด่านเกวียนหลังเผาเกิดจากแร่เหล็กที่มีปริมาณมากอยู่ในดินเมื่อเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส จะให้สีดำ มันเงา ซึ่งเป็นเอกลักษณ์อีกรูปแบบหนึ่งสำหรับผลิตภัณฑ์ด่านเกวียน ผลิตภัณฑ์โดยส่วนใหญ่จะเป็นของใช้ตกแต่งสวน เช่น กระถางต้นไม้ โอ่งน้ำ ตุ๊กตา และรูปสัตว์ต่างๆ เป็นต้น [1]

เซรามิกพรุน (Porous Ceramic) เป็นวัสดุที่มีการนำคุณสมบัติความพรุนตัวใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย และมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมหลายชนิด สำหรับเซรามิกพรุนโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ เซรามิกพรุนชนิดที่รูพรุนเรียงตัวกันใน 2 มิติ หรือที่เรียกกันว่า เซรามิกรวงผึ้ง และชนิดที่มีรูพรุนกระจายใน 3 มิติ หรือเซรามิกโฟม การใช้งานสามารถนำมาเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น อิฐมวลเบา หรือวัสดุสำหรับรับแรงกระแทก เนื่องจากวัสดุประเภทนี้จะมีน้ำหนักเบา เซรามิกพรุนชนิดโฟมที่มีรูพรุนต่อเนื่อง มีการซึมผ่านสูง มักใช้เป็นตัวกรอง เช่น วัสดุกรองสำหรับผลิตน้ำดื่ม เซรามิกพรุนที่มีพื้นที่ผิวมากเหมาะกับการนำไปใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออนหรือคะตะลิสต์ในอุตสาหกรรมเคมีและยานยนต์ เซรามิกพรุนยังสามารถใช้ในการเกษตร เนื่องจาก รูพรุนในเนื้อวัสดุมากทำให้สามารถกักเก็บความชื้นได้สูง เมื่อดินมีความชื้นน้อยลง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

บทความวิจัย

โมเลกุลของน้ำจะค่อยๆซึมผ่านรูพรุนออกมา ทำให้ดินคงความชุ่มชื้นได้นานขึ้นหรือนำไปใช้เป็นวัสดุดูดซับเสียง ฉนวนความร้อน เป็นต้น เซรามิกส์ที่มีรูพรุนต่อเนื่องและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอแบบ 3 มิติ จะมีความพรุนตัวสูง มีความหนาแน่นต่ำ นำความร้อนต่ำและทนต่อการกัดกร่อนต่อสารเคมีสูง จึงสามารถนำไปใช้งานได้ในหลากหลายสาขา [2] สำหรับตัวฟิลเตอร์เซรามิกส์ที่ใช้สำหรับในการกรองน้ำส่วนใหญ่จะทำมาจากดินเหนียวและผสมวัสดุที่ช่วยในการสร้างรูพรุน เพื่อให้เกิดเซรามิกส์ที่มีความพรุนตัวสูง วิธีการที่จะทำให้ได้ เซรามิกส์ที่มีความพรุนตัวสูงจำเป็นจะต้องเติมอินทรีย์วัตถุ เช่น ขี้เลื่อย แกลบ ฟาง ผงถ่าน แป้ง กากกาแฟ กากชา ลงในสารแขวนลอยหรือผสมลงในเนื้อดิน เมื่อขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน อินทรีย์วัตถุดังกล่าวจะกระจายอยู่ในชิ้นงาน และจะสลายตัวไปเมื่อนำชิ้นงานไปเผา ทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในชิ้นงาน และชิ้นงานที่ได้จะมีน้ำหนักเบา เช่น การศึกษาสมบัติของขี้เถ้ากาบมะพร้าวและขี้เถ้าไม้ยางพาราที่มีผลต่อการเกิดรูพรุนของชิ้นตัวอย่างไส้กรองน้ำเซรามิกซึ่งส่งผลต่ออัตราการกรองของน้ำ [3] โดยไส้กรองน้ำเซรามิกส์ ประกอบด้วยวัตถุดิบ 4 ชนิด คือ ขี้เถ้ากาบมะพร้าว หรือขี้เถ้าไม้ยางพารา ดินเหนียว แก้วโซดาไลม์ และโดโลไมต์ พบว่าไส้กรองน้ำที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำคือไส้กรองน้ำจากขี้เถ้ากาบมะพร้าวที่มีสัดส่วนปริมาณของขี้เถ้ากาบมะพร้าวที่ร้อยละ 50 และไส้กรองน้ำจากขี้เถ้าไม้ยางพาราที่มีสัดส่วนปริมาณของขี้เถ้าไม้ยางพาราที่ร้อยละ 80 ซึ่งน้ำที่ผ่านการกรองจากไส้กรองน้ำทั้ง 2 ชนิด มีคุณภาพของน้ำตามเกณฑ์มาตรฐาน เหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นไส้กรองน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค รวมถึงการพัฒนาตัวกรองเซรามิกส์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการบำบัด น้ำเสียด้วยการใช้เส้นใยกระดาษรีไซเคิล (Green Fiber) เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับตัวกรองที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้แป้งและแกลบ โดยการทดสอบประสิทธิภาพอัตราการไหลตัวและการกำจัดแบคทีเรีย [4] พบว่าตัวกรองเซรามิกส์ ที่ทำขึ้นโดยใช้เส้นใยกระดาษรีไซเคิล ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก สามารถกำจัดแบคทีเรียได้ มากกว่า 4 เท่า และอัตราการไหลตัวเท่ากับ 5.9 ลิตร/ชม. มีค่าสูงกว่าอัตราการไหลของตัวกรองเซรามิกส์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน นอกจากการใช้กระดาษรีไซเคิลแล้วยังมีงานวิจัยที่นำกากกาแฟที่ใช้แล้วมาใช้ในการผลิตเนื้อดินเซรามิกส์ให้มีน้ำหนักเบาเพื่อใช้เป็นตัวเติมในสูตรปุ๋ย [5] งานวิจัยนี้นำเสนอนวัตกรรมการประยุกต์ใช้กากกาแฟที่ใช้แล้ว (Spent Coffee Grounds; SCGs) มาใช้เป็นสารตัวเติมสำหรับสูตรมวลรวมเนื้อดินเซรามิกส์ที่มีน้ำหนักเบา (Lightweight Clay Ceramic Aggregates; LWA) เพื่อทดสอบการสร้างรูพรุนในดินเหนียวสีแดงบางส่วน โดยในการทดสอบจะแทนที่ดินเหนียวสีแดงด้วยกากกาแฟ ที่ใช้แล้วในปริมาณ ร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ซึ่งคุณสมบัติของมวลรวมที่ได้จะมีน้ำหนักเบา การเติมกากกาแฟที่ใช้แล้ว ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ใช้สำหรับทำเม็ดปุ๋ยได้ดี เนื่องจากมีค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าต่ำภายใต้ช่วงความทนทานของดิน ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าวัสดุมวลรวมน้ำหนักเบาที่ได้มีคุณสมบัติที่น่าสนใจเหมาะสำหรับการใช้งานทางการเกษตร นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำกากกาแฟไปผสมกับในดินเหนียวเพื่อผลิตเซรามิกส์ที่มีรูพรุน [6] โดยนำกากกาแฟที่ใช้แล้วมาผสม ร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักกับดินเหนียวในท้องถิ่น เพื่อหาเงื่อนไข

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

สำหรับการผลิต เซรามิกส์น้ำหนักเบาที่มีรูพรุน (Class BIII) ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันกับวัสดุเซรามิกส์ ที่มีลักษณะเป็นฉนวน หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส พบว่าการเติมกากกาแฟที่ใช้ในส่วนผสมทำให้ความพรุนตัวและการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ส่วนความหนาแน่น ความแข็งแรง และการนำความร้อนจะลดลง

จากข้อมูลการสร้างวัสดุเซรามิกส์พรุนด้วยการผสมวัสดุต่างๆ ลงไปในเนื้อดินชนิดต่างๆ เมื่อเผาแล้วจะเหลือรูพรุนไว้ในเนื้อดิน [7] ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายสาขาตามความต้องการของผู้ใช้งาน วัสดุหนึ่งที่นิยมนำมาสร้างเซรามิกส์พรุน คือ การนำกากกาแฟที่ใช้แล้วซึ่งร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 เมช มาผสมในเนื้อดินขาวเพื่อสร้างแผ่นกรองเซรามิกส์ [8] อีกวิธีหนึ่งของการนำแผ่นกรองเซรามิกส์ไปใช้งานเป็นตัวกรองน้ำสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับการนำไปใช้เป็นตัวฟิลเตอร์เซรามิกส์สำหรับกรองน้ำกาแฟได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นจึงนำมาสู่แนวความคิดในพัฒนาเนื้อดินด่านเกวียนสำหรับทำเป็นเซรามิกพรุนชนิดที่มีรูพรุนกระจายตัวในโครงสร้างแบบ 3 มิติ โดยการเติมกากกาแฟดงมะไฟซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นในการพัฒนาสูตรเนื้อดิน ในปริมาณร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก ในส่วนผสมของเนื้อดินด่านเกวียน และสร้างเป็นฟิลเตอร์เซรามิกส์สำหรับใช้ในการดริปกาแฟดงมะไฟ

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย/ทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้วัตถุดิบในการทดลอง ได้แก่ ดินเหนียวด่านเกวียน เถ้าไม้รวมด่านเกวียน และทรายจากร้าน Riviara Ceramica ซึ่งเป็นผู้ประกอบการในหมู่บ้านด่านเกวียน ดินขาวลำปาง จากบริษัท คอมพาวด์เคลย์ จำกัด และกากกาแฟดงมะไฟ จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟดงมะไฟ ตำบลมะเกลือใหม่ อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 1 โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบอัตราส่วนผสมเนื้อดินด่านเกวียน ตามคำขออนุสิทธิบัตรเลขที่ 2203002959 โดยเติมกากกาแฟที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช โดยคัดขนาดกากกาแฟด้วยการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน (ASTM E11) ขนาดเบอร์ 40 (< 425 μm, ASTM) และ 45 เมช (< 355 μm, ASTM) ตามลำดับ แล้วใช้กากกาแฟที่ค้างบนตะแกรงขนาด 45 เมช ซึ่งจะเป็นกากกาแฟที่ผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช จะมีขนาดเล็กกว่า 0.425 มิลลิเมตร ถึง 0.355 มิลลิเมตร ลงในส่วนผสม ดังนี้ เติมกากกาแฟ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก (DKS-3) ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก (DKS-4) และ ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (DKS-5) เพื่อเป็นวัสดุเพิ่มเติมสำหรับสร้างรูพรุนให้กับเนื้อดิน ผสมวัตถุดิบตั้งต้นทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยวิธีการผสมแบบเปียก (Wet Method) เติมน้ำในอัตราส่วน ร้อยละ 20 ของน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง [9] จากนั้นนวดส่วนผสมให้เข้ากันจนกลายเป็นเนื้อดินปั้นสำหรับนำไปใช้สร้างฟิลเตอร์เซรามิกส์ โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยใบมีด (Jigger) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 46/2556 ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งการออกแบบรูปทรงของฟิลเตอร์ได้แรงบันดาลใจจากเขาเควสตาในพื้นที่อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นพื้นที่ในการเพาะปลูกกาแฟดงมะไฟ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่น (Bulk Density) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) และร้อยละการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ของวัตถุดิบแต่ละชนิดหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส

องค์ประกอบทางเคมี	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ความถ่วงจำเพาะ	ร้อยละการดูดซึมน้ำ
ดินด่านเกวียน	3.34	3.65	2.52
ดินขาวลำปาง	1.80	2.39	15.06
ทราย*	-	-	-
เถ้าไม้รวม*	-	-	-
กากกาแฟ*	-	-	-

* ทราย เถ้าไม้รวม และกากกาแฟ ไม่สามารถวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพได้ เนื่องจากทรายไม่ยึดเกาะกันหลังเผา เถ้าไม้รวมเกิดการหลอมละลายเป็นเคลือบ และกากกาแฟระเหยหายไปหลังเผากลายเป็นเถ้า

หลังจากขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิคการขึ้นรูปด้วยใบมีดแล้ว ให้นำชิ้นงานไปวางผึ่งให้แห้งในอุณหภูมิห้องเพื่อให้ชิ้นงานแห้งก่อนนำไปเผา แสดงดังรูปที่ 2 และนำเข้าเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียสในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น

จากนั้นวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (XRF) นำวัตถุดิบและฟิลเตอร์เซรามิกส์ไปวิเคราะห์เฟสด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดริฟแฟรกชั่น (XRD) ยี่ห้อ Rigaku รุ่น Smart Lab ทดสอบทางกายภาพโดยการหา ร้อยละความพรุนตัวปรากฏ (Apparent Porosity) ความหนาแน่น (Bulk Density) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) และร้อยละการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ตามมาตรฐาน ASTM C373-88 ดังสมการที่ (1) - (4)

รูปที่ 1 การขึ้นรูปชิ้นงานฟิลเตอร์เซรามิกส์ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปแบบ Jigger

รูปที่ 2 ชิ้นงานฟิลเตอร์เซรามิกส์จากดินด่านเกวียนรูปทรงเขาเควสตาหลังปล่อยให้แห้งในอุณหภูมิห้องและนำเข้าเผาในเตาไฟฟ้า

$$\text{Apparent Porosity} = [(W_S - W_D)/ (W_S - W_{SS})] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Bulk density} = W_D/ (W_S - W_{SS}) \quad (2)$$

$$\text{Specific Gravity} = W_D/ (W_D - W_{SS}) \quad (3)$$

$$\text{Water Absorption} = (W_S - W_D)/ W_D \times 100 \quad (4)$$

โดย W_D คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบแห้ง W_S คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบเปียก W_{SS} คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบในน้ำ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

ทดสอบอัตราการไหลของน้ำร้อนอุณหภูมิ 98˚C ผ่านฟิลเตอร์ด้วยการจำลองการชงกาแฟแบบดริป โดยใช้น้ำร้อนปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในการทดสอบการไหลผ่านฟิลเตอร์พร้อมจับเวลาและหาอัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์ โดยใช้มาตรฐานการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์ตามรูปแบบการใช้กระดาษกรองกับดริปเปอร์รูปทรงกรวย (Hario V60 Paper Filter) แสดงดังรูปที่ 3

ศึกษาขนาดและลักษณะของรูพรุนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy) ยี่ห้อ TESCAN รุ่น VEGA ที่กำลังขยาย 500x, 1,000x, 2,000x และ 2,500x

3. ผลการวิจัย/ทดลองและการอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์ XRF และ XRD ของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์ XRF และ XRD ของตัวอย่างดินด่านเกวียน พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของดินเหนียวด่านเกวียนประกอบด้วยซิลิกา (SiO_2) ร้อยละ 64.28 อะลูมินา (Al_2O_3) ร้อยละ 21.17 และเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ร้อยละ 11.24 ดังแสดงในตารางที่ 2 เพราะฉะนั้นองค์ประกอบทางเคมีของดินเหนียวด่านเกวียนส่วนใหญ่จะประกอบด้วยซิลิกา อะลูมินา และเหล็กออกไซด์เป็นหลัก สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เฟสด้วยเทคนิค XRD แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งในดินด่านเกวียนจะประกอบด้วยแร่ควอตซ์ (JCPDS-ICDD, 70-7344) และแร่เคโอลิไนต์ (JCPDS-ICDD, 03-0052) และองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าไม้รวมด่านเกวียนจะประกอบด้วยซิลิกา (SiO_2) ร้อยละ 29.95 แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 46.78 แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 10.18

รูปที่ 3 ทดสอบหาการไหลตัวของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์เซรามิกส์จากดินด่านเกวียน

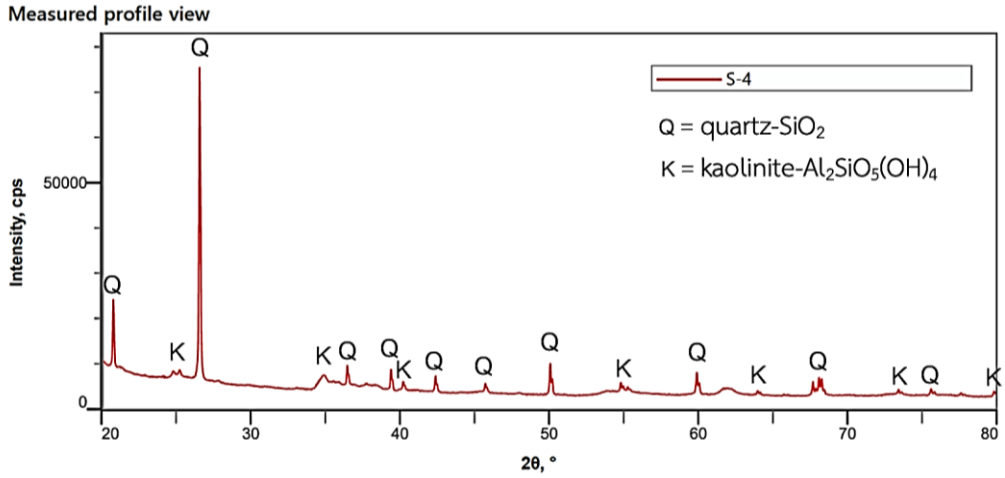
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (XRF) ของดินเหนียวด่านเกวียน เถ้าไม้รวมด่านเกวียน และกากกาแฟ

องค์ประกอบทางเคมี	ดินเหนียวด่านเกวียน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	เถ้าไม้รวมด่านเกวียน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	กากกาแฟ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) [6]
SiO_2	64.28	29.95	-
Al_2O_3	21.17	1.32	-
K_2O	1.23	4.00	-
CaO	0.40	46.78	-
TiO_2	1.45	0.42	-
Fe_2O_3	11.24	1.09	-
MnO_2	0.23	0.41	-
MgO	-	10.18	-
P_2O_5	-	3.27	-
SO_3	-	1.43	-
C	-	-	58.48
H	-	-	7.31
N	-	-	1.05
อื่นๆ	-	1.15	1.50

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

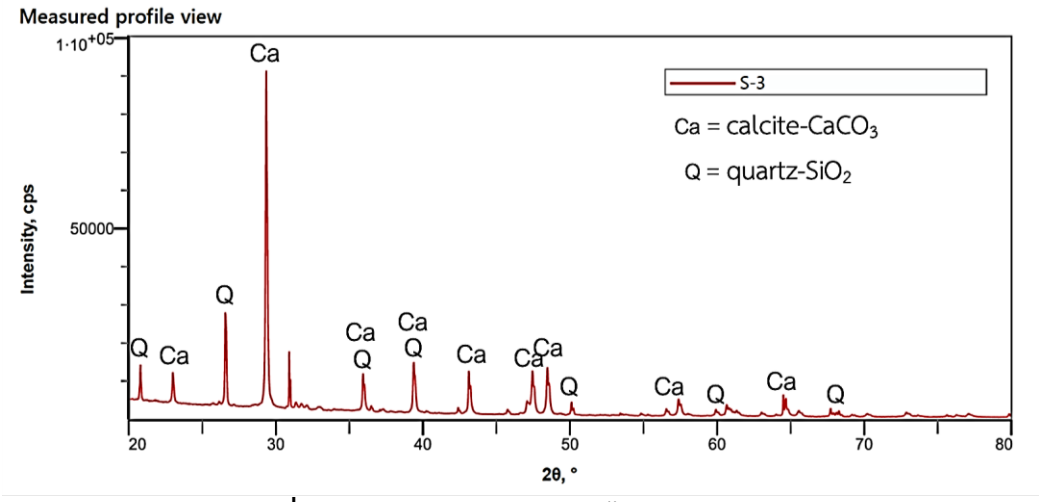
เพราะฉะนั้นองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าไม้รวมด่านเกวียนส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแคลเซียมออกไซด์ ซิลิกา และแมกนีเซียมออกไซด์เป็นหลักสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เฟสด้วยเทคนิค XRD แสดงดังรูปที่ 5 ซึ่งในเถ้าไม้รวมด่านเกวียนจะประกอบด้วยแร่ควอตซ์ (JCPDS-ICDD, 70-7344) และแร่แคลไซต์ (JCPDS-ICDD, 72-1937) ส่วนผลการวิเคราะห์เฟสด้วยเทคนิค XRD ของกากกาแฟดงมะไฟแสดงดังรูปที่ 6 พบว่ากากกาแฟดงมะไฟนั้นประกอบด้วยผลึกของเซลลูโลส Cellulose-$C_8H_{10}O_6)_n$ (JCPDS-ICDD, 06-1501) ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (Semi-crystalline) ที่มีทั้งความเป็นผลึก (Crystalline) และอสัณฐาน (Amorphous) ดังนั้นเซลลูโลสจึงเป็นองค์ประกอบหลักของโครงสร้างผลึกที่มีอยู่ในกากกาแฟดงมะไฟ [10] ซึ่งตำแหน่งพีคที่ 2θ เท่ากับ 16.5 และ 22 จะแสดงถึงตำแหน่งของเฟสที่มีความเป็นผลึกในเซลลูโลส

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินด่านเกวียน และเถ้าไม้รวม จะพบว่าดินด่านเกวียนมีองค์ประกอบทางเคมีของอะลูมินาและซิลิกาเป็นหลัก ซึ่งเป็นออกไซด์ที่จัดอยู่ในกลุ่มวัตถุดิบที่ให้ความเหนียวซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มความแข็งแรงและความทนไฟให้กับชิ้นงานหลังเผา ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานหลังเผายังคงรูปอยู่ได้ไม่เสียรูปทรง ส่วนเถ้าไม้รวมนั้นมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นแคลเซียมออกไซด์ ซิลิกา และแมกนีเซียมออกไซด์เป็นหลัก ซึ่งจัดเป็นวัตถุดิบกลุ่มด่างทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอม (Flux) เมื่อผสมลงไปในเนื้อดินจะช่วยทำให้เนื้อดินสามารถเผาได้สุกตัวที่ดียิ่งขึ้นและจะทำให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในส่วนผสมของเนื้อดินยังได้เติมกากกาแฟ ซึ่งโดยส่วนใหญ่กากกาแฟจะมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นคาร์บอน [6] โดยจุดประสงค์ของการเติมกากกาแฟเพื่อทำหน้าที่ช่วยในการสร้างรูพรุนให้เกิดขึ้นกับชิ้นงานหลังเผา เมื่อกากกาแฟถูกเผาไหม้หมดไปจะทำให้เกิดช่องว่างหรือรูพรุนจำนวนมากในชิ้นงาน

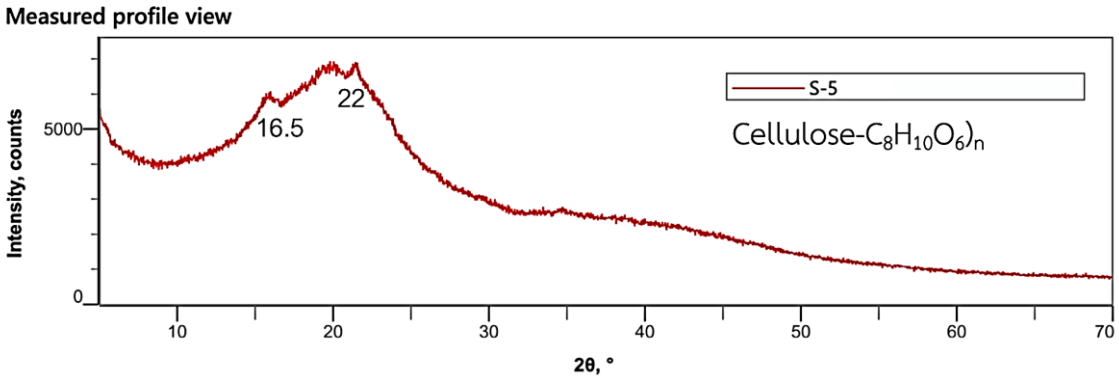


รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์เฟสของดินเหนียวด่านเกวียน

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005



รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์เฟสของเถ้าไม้รวมด่านเกวียน



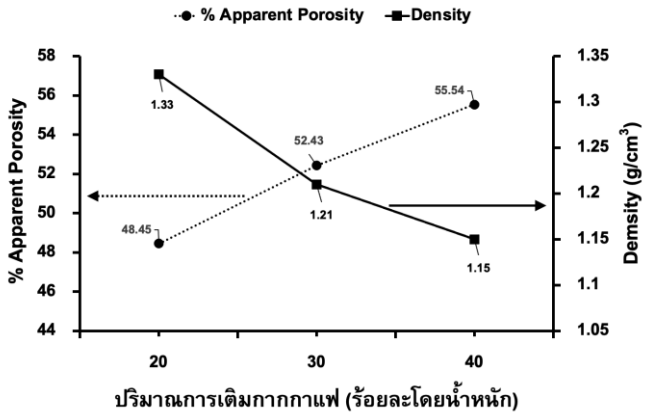
รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์เฟสของกากกาแฟที่ใช้แล้ว (Spent Coffee Ground)

3.2 การทดสอบทางกายภาพของฟิลเตอร์

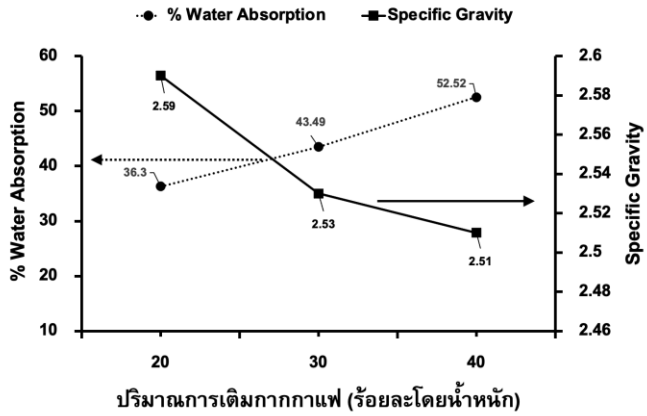
ผลการหาความพรุนตัวปรากฏ (Apparent Porosity) และความหนาแน่น (Bulk Density) หลังเผากับปริมาณการเติมกากกาแฟ ร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก แสดงดังรูปที่ 7 พบว่าความพรุนตัวหลังเผาจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมกากกาแฟที่เพิ่มขึ้น โดยมีความพรุนตัวหลังเผาสูงสุด ร้อยละ 55.54 ที่ปริมาณการเติมกากกาแฟร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก เพราะกากกาแฟที่เติมลงไปในส่วนผสมจะช่วยสร้างรูพรุนแบบเปิด (Open Pore) ในเนื้อดินหลังเผา [11] ส่วนความหนาแน่นหลังเผาแปรผกผันกับความพรุนตัวปรากฏ เพราะการเติมกากกาแฟเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลง [6] ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายตัวของกากกาแฟในระหว่างการเผาที่ช่วงอุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส จึงทำให้เกิดรูพรุนในโครงสร้างของเนื้อดิน [8]

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

ผลการหาร้อยละการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) และความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) กับปริมาณการเติมกากกาแฟ ร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก แสดงดังรูปที่ 8 พบว่า ร้อยละการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมกากกาแฟที่เพิ่มขึ้น เพราะเกิดการสูญเสียมวลเป็นจำนวนมากในระหว่างการเผากากกาแฟ จึงเกิดรูพรุนจำนวนมากในเนื้อดินซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัสดุกรองจึงทำให้น้ำสามารถซึมผ่านได้มากขึ้น [5]



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความพรุนตัวปรากฏและความหนาแน่นหลังเผากับปริมาณการเติมกากกาแฟ ร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซึมน้ำและความถ่วงจำเพาะกับปริมาณการเติมกากกาแฟ ร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

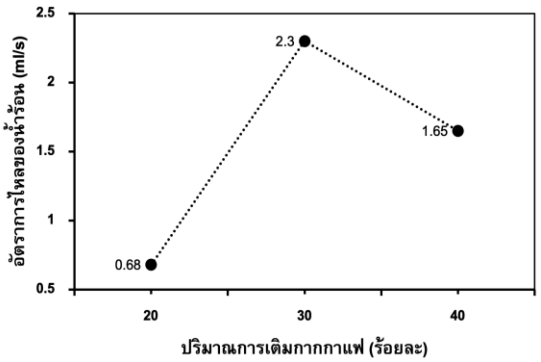
ส่วนความถ่วงจำเพาะกับปริมาณการเติมกากกาแฟ พบว่าที่ปริมาณการเติมกากกาแฟ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก จะมีค่าเท่ากับ 2.59 ลดลงเมื่อเติมกากกาแฟร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 2.53 และความถ่วงจำเพาะจะต่ำสุดเมื่อเติมกากกาแฟเพิ่มขึ้น ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ 2.51 จะเห็นได้ว่าความถ่วงจำเพาะแปรผันตามความหนาแน่นของวัสดุเมื่อเติมปริมาณกากกาแฟเพิ่มขึ้น เนื่องจากความถ่วงจำเพาะเป็นการเปรียบเทียบความหนาแน่นของวัสดุกับความหนาแน่นของน้ำ หากกำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งสอดคล้องกับความพรุนตัวที่มีมากขึ้นในเนื้อของวัสดุ เนื่องจากจะมีปริมาณรูพรุนมากขึ้นเมื่อเติมกากกาแฟเพิ่มขึ้น

3.3 การทดลองหาปริมาณการเติมกากกาแฟที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์

การทดลองและพัฒนาสูตรเนื้อดินด่านเกวียนและกากกาแฟดงมะไฟเพื่อสร้างฟิลเตอร์เซรามิกส์ ซึ่งประกอบด้วยวัตถุดิบที่สามารถสร้างรูพรุนให้กับเนื้อดินหลังเผา ได้แก่ กากกาแฟดงมะไฟ ส่วนเถ้าไม้รวมด่านเกวียนที่ได้จากเตาเผาด่านเกวียนจะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมในส่วนผสมเวลาเผาจะทำให้เนื้อดินสุกตัวง่ายขึ้น [12] ทราย และดินขาวลำปาง จะเป็นวัตถุดิบในการช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงานในระหว่างการขึ้นรูปและหลังเผา จากนั้นนำไปผสมและขึ้นรูปด้วยวิธีการ Jigger และเผาในเตาไฟฟ้าบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นที่อุณหภูมิ 1,250 องศา-เซลเซียส จะได้ชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 9

จากผลการทดสอบอัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์ แสดงดังรูปที่ 10 พบว่าอัตราส่วนผสมที่ปริมาณการเติมกากกาแฟร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก (DKS-4) มีอัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านชิ้นงานตัวฟิลเตอร์มากที่สุด โดยมีอัตราการไหลผ่านของน้ำร้อนที่ 2.30 มิลลิลิตรต่อวินาที สอดคล้องกับภาพถ่ายลักษณะความพรุนตัวของชิ้นงาน ดังรูปที่ 11 ซึ่งมีลักษณะของรูพรุนที่มากที่สุดและส่วนใหญ่จะเป็นรูพรุนประเภทแมคโครพอรัส (Macro-porous) ที่เชื่อมต่อกันเป็นรูพรุนเปิด (Open Pore) ซึ่งเกิดจากการเติมกากกาแฟลงในเนื้อดินแล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส เพื่อให้กากกาแฟเผาไหม้ออกไปจึงเกิดรูพรุนจำนวนมาก ส่งผลให้ น้ำร้อนสามารถไหลผ่านฟิลเตอร์ได้เร็วขึ้น รองลงมาคืออัตราส่วนผสมที่ปริมาณการเติมกากกาแฟ ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (DKS-5) มีอัตราการไหลผ่านของน้ำร้อนที่ 1.65 มิลลิลิตรต่อวินาที

รูปที่ 9 ชิ้นงานทดสอบจากอัตราส่วนผสมที่ DKS-3 ถึง DKS-5 ขึ้นรูปด้วยวิธีการ Jigger

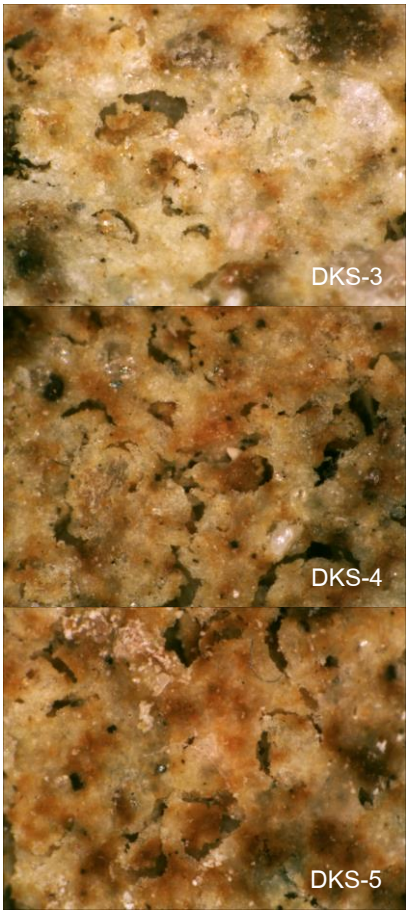


รูปที่ 10 อัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์ที่เติมกากกาแฟ ร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

เหตุผลที่เมื่อเติมกากกาแฟในส่วนผสมมากเกินไป จะทำให้อัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์ลดลง เนื่องจากกากกาแฟมีคุณสมบัติเป็นตัวช่วยหลอมจึงทำให้เนื้อดินหลอมและเกิดรูพรุนเปิดน้อยลง แต่กลับทำให้รูพรุนปิด (Close Pore) เกิดมากขึ้นดังรูปที่ 11 สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความพรุนตัวปรากฏที่เพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านฟิลเตอร์น้อยที่สุดคืออัตราส่วนผสมที่เติมกากกาแฟ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก (DKS-3) มีอัตราการไหลผ่านของน้ำร้อนที่ 0.63 มิลลิลิตรต่อวินาที เนื่องจากมีความพรุนตัวของชิ้นงานน้อยที่สุด และมีความหนาแน่นของชิ้นงานมากที่สุด

ดังนั้นจึงได้เลือกอัตราส่วนผสม DKS-4 ไปสร้างเป็นฟิลเตอร์เซรามิกส์สำหรับใช้ทดสอบการทดลองชงกาแฟแบบดริป เนื่องจากให้อัตราการไหลผ่านของน้ำร้อนได้มากที่สุด โดยในการทดสอบนี้ใช้กาแฟ 15 กรัม กับน้ำร้อนอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เทน้ำร้อนลงไปทั้งหมด 5 ครั้ง (ครั้งละ 50 มิลลิลิตร) ให้ได้น้ำหนักรวม 250 มิลลิลิตร จะได้กาแฟพร้อมดื่ม 1 แก้ว โดยใช้เวลาทั้งหมด 4 นาที 50 วินาที หรือคิดเป็นอัตราการไหลเท่ากับ 0.86 มิลลิลิตรต่อวินาที ใกล้เคียงกับการใช้กระดาษกรองกับดริปเปอร์รูปทรงกรวย (Hario V60 Paper Filter) ที่ใช้ในการชงกาแฟแบบดริป (V60 dark) ซึ่งมีอัตราการไหลตัวของน้ำกาแฟ เท่ากับ 1.21 มิลลิลิตรต่อวินาที [13] ผลการทดลองพบว่าสามารถกรองน้ำกาแฟที่มีความเข้มข้นระดับเอสเปรสโซได้ ซึ่งกาแฟที่ได้มีรสชาติเข้มข้นและหอมหวาน ละมุน มีความลงตัวในแบบกาแฟดริป อัตราการไหลของน้ำไม่ได้มีแค่ไหลเร็วหรือไหลช้า แต่ลักษณะของการไหลจะแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลาและปริมาณน้ำที่อยู่



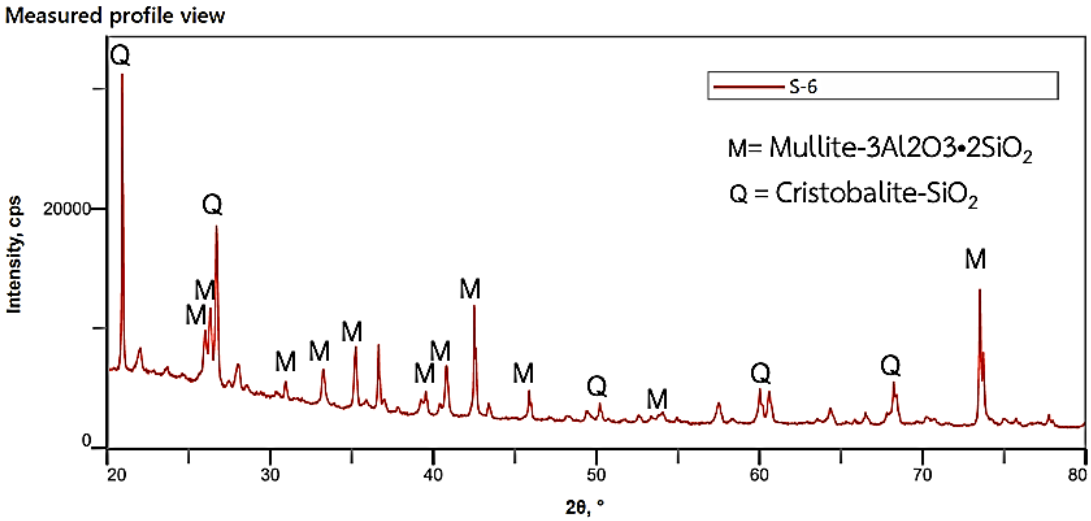
รูปที่ 11 ภาพถ่ายจากกล้อง Stereo Microscope ที่กำลังขยาย 40 เท่า ของชิ้นงาน DKS-3, DKS-4 และ DKS-5 ตามลำดับ

ในดริปเปอร์ โดยช่วงของการเทน้ำร้อนครั้งที่ 1 ที่ 50 มิลลิลิตร การไหลตัวจะยังคงไหลช้าอยู่ แต่การเทน้ำร้อนครั้งที่ 2-3 (100-150 มิลลิลิตร) จะทำให้การไหลตัวของน้ำร้อนไวขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำที่อยู่ในตัวฟิลเตอร์มีปริมาณมากขึ้น และการเทน้ำร้อนครั้งที่ 4-5 (200-250 มิลลิลิตร) จะทำให้การไหลตัวของน้ำร้อนเร็วสุดเนื่องจากมีปริมาณน้ำร้อนในฟิลเตอร์สูงสุด

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

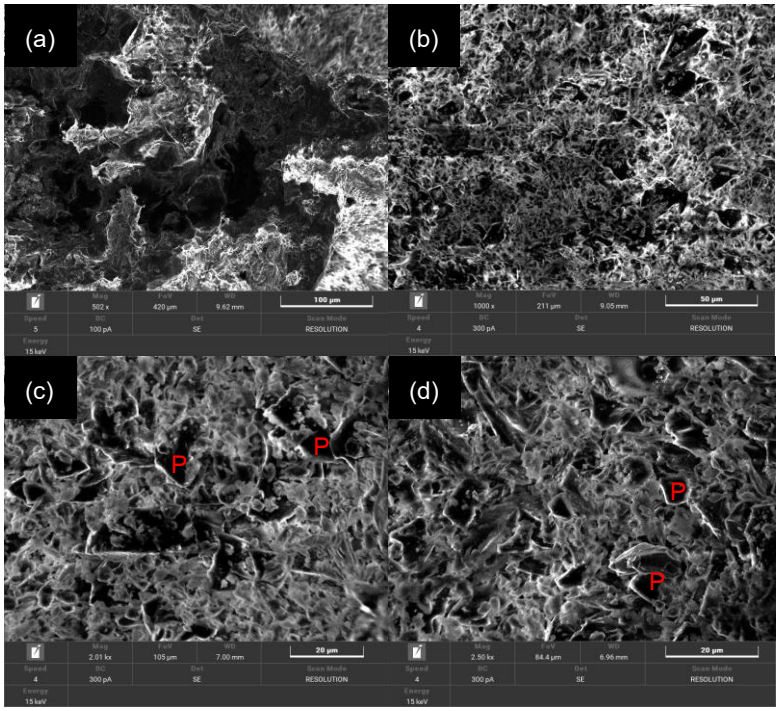
3.4 ผลการวิเคราะห์ XRD และโครงสร้างจุลภาคของฟิลเตอร์เซรามิกส์

ผลการวิเคราะห์เฟสของตัวอย่างฟิลเตอร์เซรามิกส์ ในอัตราส่วนผสม DKS-4 ที่มีการเติมกากกาแฟในปริมาณ ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น แสดงดังรูปที่ 12 พบว่าเกิดเฟสของ Cristobalite Silica (JCPDS-ICDD, 03-0270) ซึ่งเกิดจากซิลิกาที่เกินในโครงสร้างเปลี่ยนเฟสที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ไปเป็นซิลิกาที่อยู่ในรูปอสัณฐาน (Amorphous Silica) และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นซิลิกาจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของผลึก Cristobalite ที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นรูปผลึกที่มีความเสถียร ส่งผลให้ฟิลเตอร์ที่ได้มีความแข็งแรงไม่ผุกร่อนง่ายเมื่อนำไปใช้งานในสภาวะที่มีการสัมผัสกับน้ำร้อน นอกจากนี้ยังพบเฟสของ Mullite ($3Al_2O3•2SiO_2$) (JCPDS-ICDD, 15-0776) ที่ตำแหน่ง 2θ เท่ากับ 26 ซึ่งแสดงถึงเฟสของ Orthorhombic Mullite หรือ Amorphous Aluminosilicate [14] ส่วนการวิเคราะห์ ลักษณะของรูพรุนในฟิลเตอร์เซรามิกส์จากอัตราส่วนผสม DKS-4 แสดงดังรูปที่ 13 ซึ่งพบว่าในฟิลเตอร์มีรูพรุนขนาดเล็ก (P) จำนวนมาก โดยรูพรุนขนาดเล็กเหล่านี้เกิดจากกระบวนการเผาไหม้และหายไปของกากกาแฟที่มีอยู่ในส่วนผสมจึงเหลือไว้เป็นรูพรุนขนาดเล็กเชื่อมต่อกันเป็นจำนวนมากจึงส่งผลให้น้ำร้อนสามารถไหลผ่านตัวฟิลเตอร์ได้อย่างรวดเร็ว และสามารถนำไปใช้กรองเพื่อชงกาแฟแบบดริปได้



รูปที่ 12 ผลการวิเคราะห์ XRD ของฟิลเตอร์เซรามิกส์อัตราส่วนผสม DKS-4

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005



รูปที่ 13 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของฟิลเตอร์อัตราส่วนผสม DKS-4 (a) 500x, (b) 1,000x, (c) 2,000x และ (d) 2,500x เมื่อ P คือ รูพรุนขนาดเล็กในโครงสร้างของฟิลเตอร์

4. บทสรุป

การพัฒนาส่วนผสมของเนื้อดินด่านเกวียนและกากกาแฟดงมะไฟสำหรับสร้างฟิลเตอร์เซรามิกส์ พบว่าที่ปริมาณการเติมกากกาแฟ ร้อยละ 20-40 โดยน้ำหนัก ค่าความพรุนตัวปรากฏ (Apparent Porosity) และการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หลังเผาเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมกากกาแฟที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความหนาแน่น (Bulk Density) และค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) หลังเผามีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการเติมกากกาแฟที่เพิ่มขึ้น และวิเคราะห์ XRD ของตัวอย่าง DKS-4 (ปริมาณการเติมกากกาแฟ ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก) หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส จะพบว่าเกิดเฟสของ Cristobalite Silica และ Orthorhombic Mullite และมีอัตราการไหลของน้ำร้อนผ่านชิ้นงานตัวฟิลเตอร์มากที่สุด 2.30 มิลลิลิตรต่อวินาที ซึ่งเกิดจากรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากที่มีอยู่ในฟิลเตอร์ โดยรูพรุนขนาดเล็กเหล่านี้เกิดจากกระบวนการเผาไหม้และหายไปของกากกาแฟที่มีอยู่ในส่วนผสมจึงเหลือไว้เป็นรูพรุนขนาดเล็กเชื่อมต่อกันเป็นจำนวนมากยืนยันด้วยภาพถ่ายจาก SEM จึงส่งผลให้น้ำร้อนสามารถไหลผ่านตัวฟิลเตอร์ได้อย่างรวดเร็ว และสามารถนำไปใช้กรองเพื่อชงกาแฟแบบดริปได้

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) งบประมาณเพื่อสนับสนุนทุนพื้นฐาน (Fundamental Fund) ปีงบประมาณ 2565 บริหารผ่านสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ตามสัญญาเลขที่ 650055/197-13 และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่สนับสนุนการทำวิจัยให้แล้วเสร็จตามวัตถุประสงค์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] D. Raksorn, Evolution and development of dan kwian clay to retain aesthetic identity, Mekong Chi Mun Art and Culture Journal, 2016, 2(2), 109-136. (in Thai)

[2] Y. Chen, N. Wang, O. Ola, Y. Xia and Y. Zhu, Porous ceramics: Light in weight but heavy in energy and environment technologies, Materials Science and Engineering: R: Reports, 2021, 143, 1 - 65.

[3] T. Ninwijit, N. Takadi and N. Manee, Ceramic water filter from coconut husk ash and rubber wood ash, The 8th Walailak Research National Conference, Proceeding, 2016, 244-251. (in Thai)

[4] H. Yang, X. Min, S. Xu, J. Bender and Y. Wang, Development of effective and fast-flow ceramic porous media for point-of-use water treatment: Effect of pore size distribution, ACS Sustainable Chemistry and Engineering, 2020, 8, 1988-1996.

[5] A. Fernanda , B. Alessandro, P. Simone, A. Giulio , T. Paolo, L. Isabella and B. Luisa, Spent coffee grounds in the production of lightweight clay ceramic aggregates in view of urban and agricultural sustainable development, Materials, 2019, 12, 3581-3591.

[6] M. Ahmed, E.H. Abdelilah, EA. EH. Iz-Eddine, E.B. Abdeslam and S. Chaouki, Valorization of coffee waste with Moroccan clay to produce a porous red ceramics (class BIII), Boletín De La Sociedad Española De Cerámica y Vidrio, 2019, 58, 211 - 220.

[7] K.R. Silva, R.R. Menezes, L.F.A. Campos and L.N.L. Santana, A review on the production of porous ceramics using organic and inorganic industrial waste, Cerâmica, 2022, 68, 270-284.

[8] F.S. Maciel, I.O. Rangel Areias and J.N.F. Holanda, Valorization potential of coffee grounds waste as a renewable pore-forming agent to produce low-cost porous ceramic support, Research, Society and Development, 2023, 12(2), 1-20.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.08.005

[9] A. Solomon, D.M. Andoshe, A.M. Abebe, T.T. Terfasa, T. Ganesh, F.G. Hone, N.A. Tegegne, B.B. Tesfamariam, Optimization of preparation parameters of ceramic pot water filters for potential application of microbial and fluoride removal from groundwater, Heliyon, 2023, 9(2), 13261-13271.

[10] S. Boopasiri, P. Sae-Oui, S. Lundee, S. Takaewnoi and C. Siriwong, Reinforcing Efficiency of Pyrolyzed Spent Coffee Ground in Styrene- Butadiene Rubber, Macromolecular Research, 2021, 29(9), 597-604.

[11] P. F. Busch and J.N.F. Holanda, Potential use of coffee grounds waste to produce dense/porous bi-layered red floor tiles, Open Ceramics, 2022, 9, 100204-100211.

[12] O. Kamon-in and C. Luangnaem, Effect of dan kwian wood ash and tapioca waste on insulating firebrick, KKU Science Journal, 2016, 44(4), 794-808. (in Thai)

[13] A. Santanatoglia, G. Caprioli, M. Cespi, D. Ciarlantini, L. Cognigni, L. Fioretti, F. Maggi, A.M. Mustafa, F. Nzekoue, S. Vittori, A comprehensive comparative study among the newly developed Pure Brew method and classical ones for filter coffee production, LWT, 2023, 175, 114471-114481.

[14] P.A. Alves, B. Silva, F.A. Campos, M. Torres, P.S. Dutra and A. Macedo, Preparation of mullite based ceramics from clay-kaolin waste mixtures, Ceramics International, 2016, 42(16), 19086-19090.