

Received: 4 November 2019

Revised: 2 December 2019

Accepted: 13 December 2019

การสังเคราะห์ดินนาโนสำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

Synthesis of Nanoclay for Pottery Production

อนิรุทธิ์ รักสุจริต

Anirut Raksujarit

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการประยุกต์ใช้วัสดุนาโน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50300

* anirut_ruk@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการสังเคราะห์ดินนาโนเพื่อใช้วัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัตถุดิบแบบดั้งเดิม จากการทดลองพบว่าการใช้ดินนาโนสามารถลดอุณหภูมิของการเผาได้ 110°C คือ จากเดิมต้องเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,260 องศาเซลเซียส ลดลงเหลือ 1,150 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง LPG ได้ 30-50% ขึ้นอยู่กับปริมาณผลิตภัณฑ์ในเตาเผา แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีนี้สามารถพัฒนาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพราะลดการใช้เชื้อเพลิงทำให้ลดการปล่อยแก๊ส CO₂ มีความน้ำหนักเบา จึงทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและลดปริมาณการใช้ดินในการผลิต

คำสำคัญ: เครื่องปั้นดินเผา, ดินนาโน, เซรามิก

Abstract

The researcher has developed a synthesis of nanoclay for pottery production to compare with that using traditional production. It was found that the use of nanoclay could reduce the sinter temperature from 1260°C to 1150°C, which can reduce consumption of LPG fuel by 30 - 50 % depending on the product volume in the furnace. It indicates that this technique can improve product properties and reduce the consumption of fuel leading to reduce CO₂ in environmental. The lightweight of product could reduce the shipment cost and the use of raw materials.

Keywords: Pottery, Nanoclay, Ceramic

บทนำ

ปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิง LPG ในประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิก โดยเฉพาะผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ที่ได้รับผลกระทบอย่างมาก จนหลายรายถึงขั้นต้องปิดกิจการ เนื่องจากสัดส่วนของต้นทุนพลังงานในอุตสาหกรรมเซรามิกนั้นคิดเป็น 30-40% ของต้นทุนการผลิตโดยรวม อย่างไรก็ตามมีรายงานวิจัยที่กล่าวว่าการลดอุณหภูมิในการเผาขึ้นงานลง 100 องศาเซลเซียส จะสามารถลดต้นทุนพลังงานได้ประมาณ 20% ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนต้นทุนการผลิตโดยรวมที่ลดลงได้ประมาณ 6-8%

นอกจากต้นทุนด้านเชื้อเพลิงแล้วผลิตภัณฑ์เซรามิกของผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำปางยังประสบปัญหาคือผลิตภัณฑ์หลังเผาเกิดการบิดเบี้ยวหลัง เป่า และแตกป็นง่าย ทำให้ผู้ผลิตต้องเพิ่มความหนาของตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้มีต้นทุนทั้งในด้านการผลิตและการขนส่งเพิ่มขึ้น เพราะผลิตภัณฑ์มีความหนาและหนัก

เทคโนโลยีนาโนเป็นระบบและ/หรือกระบวนการที่ทำให้เกิดสินค้าและ/หรือบริการที่เกิดจากสสารที่อยู่ในระดับนาโนเมตร คือ เกิดจากสสารที่มีขนาด 1 ในพันล้านส่วนของ 1 เมตรหรือเล็กกว่า เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ทำให้เราสามารถวิศวกรรมสสารต่าง ๆ ด้วยระบบและ/หรือกระบวนการที่ลงลึกถึงระดับของอะตอมได้ เป็นเทคโนโลยีที่ได้มาจากความรู้เกี่ยวกับกระบวนการและปรากฏการณ์ใหม่ทางฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยา ในโครงสร้างที่มีความยาวของสเกลอยู่ในช่วงตั้งแต่โมเลกุลเดี่ยวจนถึงประมาณ 100 นาโนเมตร ซึ่งคุณสมบัติใหม่นี้เป็นผลมาจากขนาดเป็นสำคัญ ดังนั้นการผลิตผงนาโนจึงเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมากของเทคโนโลยีนาโน เพราะผงนาโนมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวที่สามารถลดอุณหภูมิการเผาได้ประมาณ $0.5T_m$ และได้วัสดุที่มีโครงสร้างทางจุลภาคอย่างน้อยในหนึ่งมิติเล็กกว่า 100 นาโนเมตร ทำให้วัสดุและ/หรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากผงนาโนมีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติทางเคมีดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับวัสดุแบบดั้งเดิมที่มีขนาดโตกว่า ผงนาโนจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้งานจริงในด้านการผลิตวัสดุและสินค้าที่มีคุณสมบัติใหม่ มีศักยภาพในการสนับสนุนการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม สามารถใช้ปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วไปสู่การใช้งานแบบใหม่ด้วยเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการใช้งาน วัสดุนี้นี้จึงเป็นการปฏิวัติการทำงานทั้งหมดของวัสดุ

ด้วยคุณสมบัติพิเศษของวัสดุนาโนที่ดีกว่าวัสดุแบบดั้งเดิมอย่างมากดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในงานนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อพัฒนาวิธีการผลิตดินนาโนจากดินเหนียว ด้วยกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน มีต้นทุนในการผลิตต่ำและสามารถผลิตได้ปริมาณมากในเวลาอันสั้น โดยมีเป้าหมายเพื่อหาเทคโนโลยีต้นทุนต่ำที่เป็นนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถจดสิทธิบัตรได้ นำไปสู่การใช้เทคโนโลยีเป็นตัวแปรสำคัญของการ

พัฒนาคุณภาพชีวิตของประชากรในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน สามารถพึ่งพาตัวเองได้ด้วย
นวัตกรรมความรู้และเทคโนโลยีที่เกิดจากสมองและสองมือของคนไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการผลิตและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์
เซรามิกของผู้ประกอบการเซรามิกด้วยดินนาโน

วิธีการทดลอง

การเตรียมดินนาโนและการเผาซินเตอร์ในห้องปฏิบัติการ

1 นำดินเหนียวไปบดแบบเปียกด้วยวิธีการบดละเอียด ด้วยเครื่องบดละเอียด
โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางในการแขวนลอย เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วอบให้แห้ง นำผงแห้ง
ที่ได้ไปบดซ้ำแบบแห้งด้วยวิธีการบดละเอียดเช่นเดิมเป็นเวลา 0-24 ชั่วโมง

2 นำผงตัวอย่างในข้อ 1 ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Scanning electron
microscopy (SEM) เพื่อหาเงื่อนไขในการบดที่ทำให้ได้ดินนาโน

3 นำดินตัวอย่างของดินผสมที่มีสัดส่วนของดินแบบดั้งเดิมต่อดินนาโนเป็น
100:0 95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 และ 70:30 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มารูปมา
อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดทางเดียว แล้วนำไปเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1100-1300 °C
วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Scanning electron microscopy เพื่อหาเงื่อนไขทำให้ได้วัสดุ
นาโนซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีที่สุด

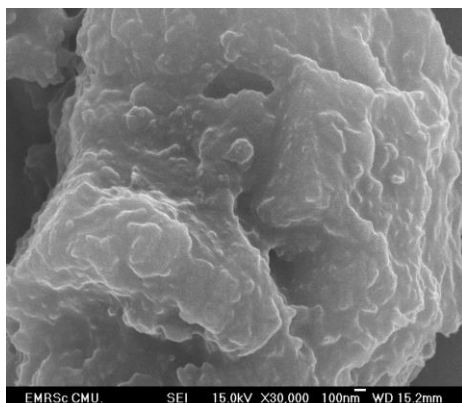
การเตรียมผลิตภัณฑ์เซรามิกตัวอย่างในระดับต้นแบบ

นำดินไปบดตามเงื่อนไขที่ทำให้ได้ดินนาโนและนำเงื่อนไขที่ดีที่สุดที่ได้จากการ
ทดลองในห้องปฏิบัติการไปทำการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง แล้วเปรียบเทียบกับ
การผลิตกันแต่ผลิตจากดินแบบดั้งเดิม เพื่อแสดงให้เห็นว่าดินนาโนจะช่วยลด
การใช้พลังงานเชื้อเพลิง LPG และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าแบบดั้งเดิมหรือไม่

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการเตรียมดินนาโนในห้องปฏิบัติการ

เมื่อนำดินเหนียวที่ผ่านการบดซ้ำที่เวลาต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค
Scanning electron microscopy พบว่าเวลาของการบดที่เริ่มได้ดินนาโน คือ 9
ชั่วโมง ดังรูปที่ 1

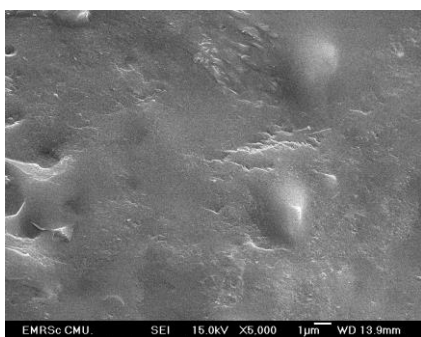


รูปที่ 1 ภาพถ่าย SEM ของดินหลังผ่านการบดเป็นเวลา 9 ชั่วโมง

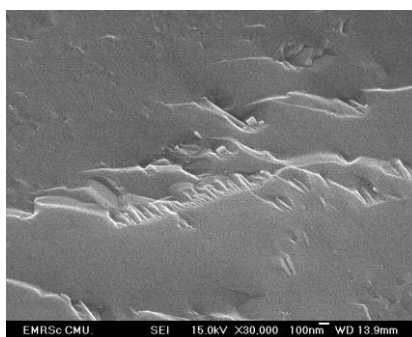
จากรูปที่ 1 แม้ว่าดินนาโนจะจับกันเป็นกลุ่มก้อน แต่เกรนเดี่ยวทุกเกรนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 100 นาโนเมตร แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่ใช้ในงานนี้สามารถผลิตดินนาโนได้ด้วยกระบวนการอย่างง่าย

ผลการเผาซินเตอร์ในห้องปฏิบัติการ

ผลการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ตรงรอยหักของชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ พบว่าเงื่อนไขที่ดีที่สุด คือ ชิ้นงานตัวอย่างที่มีสัดส่วนของดินแบบดั้งเดิมต่อดินนาโนเป็น 80:20 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C ดังรูปที่ 2



(a)



(b)

รูปที่ 2 ภาพถ่าย SEM ของรอยหักของชิ้นงานตัวอย่างที่มีสัดส่วนของดินแบบดั้งเดิมต่อดินนาโนเป็น 80:20 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C (a) กำลังขยาย 5000x และ (b) กำลังขยาย 30000x

จากรูปที่ 2 เห็นได้ว่าชิ้นงานตัวอย่างที่ได้มีความแน่นตัวสูงด้วยการเกิด Liquid phase sintering (รูปที่ 2(a)) ทำให้ชิ้นงานตัวอย่างมีเฟสแก้ว-เซรามิกนาโนในโครงสร้างทางจุลภาคและมีการแตกผ่ากรนในระดับนาโน (รูปที่ 2(b)) ลักษณะของโครงสร้างทางจุลภาคนี้ทำให้ชิ้นงานตัวอย่างมีความทนทานต่อการแตกหักและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันสูงมาก ดังนั้นในระดับห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยสามารถเตรียมเครื่องปั้นดินเผาประเภทวัสดุแก้ว-เซรามิกนาโนได้ที่อุณหภูมิ 1150°C

เมื่อนำดินผสมของดินแบบดั้งเดิมกับดินนาโนในสัดส่วน 80:20 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มาทดลองหล่อขึ้นรูปเป็นรูปทรงต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ พบว่าสามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้บ้าง ไม่เกิดการบิดเบี้ยวหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1150°C และมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเข้าใกล้ศูนย์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงานตัวอย่างที่ทดสอบการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ

ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในระดับต้นแบบ

ผู้วิจัยนำเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการการขึ้นเตอร์ คือ ดินแบบดั้งเดิม 80 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผสมกับดินนาโน 20 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แล้วให้ผู้ประกอบการนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อและการจิกเกอร์ริง แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1150°C ดังรูปที่ 4

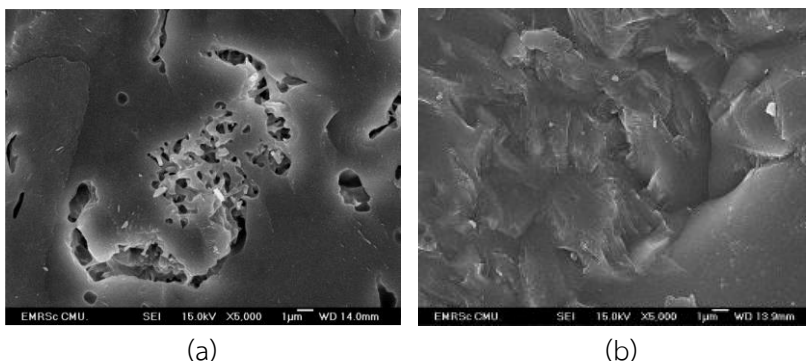


รูปที่ 4 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลังเผาที่อุณหภูมิ 1150°C ในเตาเผาเซรามิกในระดับอุตสาหกรรมด้วยบรรยากาศแบบ Reduction ในระดับต้นแบบภาคสนามโดยผู้ประกอบการ

เมื่อนำรอยหักของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ผลิตจากดินผสมของดินแบบดั้งเดิมกับดินนาโนโดยเผาที่อุณหภูมิ 1150°C และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากดินแบบดั้งเดิมที่เผาที่อุณหภูมิ 1260°C ไปถ่ายภาพด้วย SEM แล้วเปรียบเทียบกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ผลิตจากดินผสมเผาที่อุณหภูมิ 1150°C เป็นวัสดุนาโน มีความแน่นตัวสูง เกิด Liquid phase sintering ทำให้ได้เฟสแก้ว-เซรามิกนาโนที่มีการแตกผาเกรนในระดับนาโนในโครงสร้างทางจุลภาค ดังรูปที่ 5(b)

ในขณะที่ภายในโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์เซรามิกแบบดั้งเดิมของผู้ประกอบการมีความพรุนสูง แม้เผาที่อุณหภูมิ 1260°C ดังรูปที่ 5(a) จึงมีโอกาสรั่วซึมของน้ำออกมามากจนเกินไป ผลิตภัณฑ์เซรามิกเคลือบรานประเภทชุดน้ำชากาแฟ จากการทดลองนี้เห็นได้ว่าปัญหานี้สามารถแก้ได้ด้วยการใช้ดินนาโนเป็นวัตถุดิบในการผลิต ผลิตภัณฑ์เซรามิกเคลือบรานประเภทชุดน้ำชากาแฟ เพราะสามารถทำให้ภายในโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์ที่มีความพรุนเข้าใกล้ศูนย์เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองนี้เห็นได้ชัดเจนว่าดินนาโนสามารถลดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก ลงได้ 110°C ซึ่งทำให้ประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ในการเผาได้ประมาณ 30-50% โดยที่ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่เป็นวัสดุนาโน



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์ (a) ผลิตจากดินแบบดั้งเดิม เผาที่อุณหภูมิ 1260°C และ (b) ผลิตจากดินผสมของดินแบบดั้งเดิมกับดินนาโนเผาที่อุณหภูมิ 1150°C

สรุปผลการวิจัย

1. การใช้ดินนาโนเป็นวัสดุในการผลิตสามารถช่วยลดอุณหภูมิการเผาลงได้ 110°C องศาเซลเซียส
2. ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ผลิตจากดินนาโนเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างทางจุลภาคเป็นเฟสแก้ว-เซรามิกนาโนที่มีการแตกผาเกรนในระดับนาโน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- Gen-Moog C. and Noskova N.I. (1998). “Nanostructured materials science & technology”, 1st edition, Kluwer Academic Publishers.
- Guz, I.A., Rodger, A.A., Guz, A.N., and Rushchitsky, J.J. (2006).”Developing the mechanical models for nanomaterials”. *Composites:Part A*.
- Jillavenkatesa, A and Kelly, J.F. (2002). “Nanopowder characterization: challenges and future directions”. *Journal of Nanoparticle Research* .4:463-468.
- Osman, T.M., Rardon, D.E., Friedman, L.B., and Vega, L.F. (2006) “The Commercialization of Nanomaterials: Today and Tomorrow”. *Industrial Insight:Feature*.
- Thomas, P.K., Satpathy, S.K., Manna, I., Chakraborty, K.K., and Nando, G.B. (2007). “Preparation and Characterization of Nano structured Materials from Fly Ash: A Waste from Thermal Powder Stations, by High Energy Ball Milling”. *Nanoscale Res Lett*. 2:397-404.
- Tolles, W.M., and Rath, B.B. (2003) “Nanotechnology, a stimulus for innovation”. *CURRENT SCIENCE*. VOL. 85., NO.12.
- Roco, M.C. (1999). “Nanoparticles and nanotechnology research”. *Journal of Nanoparticle Research*. 1:1-6.