

การเตรียมวัสดุฐานรองราคาถูกลงสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกมอดูล  
Preparation of Low-Cost Substrates for Thermoelectric Modules

ทศวรรษ สี่ตะวัน\*

### บทคัดย่อ

การเติมดินเซรามิกในอะลูมิเนียมออกไซด์บริสุทธิ์เพื่อลดความแข็งและเพื่อประดิษฐ์วัสดุฐานรองสำหรับเทอร์โมอิเล็กทริกมอดูล ได้วัดโครงสร้างผลึกและสังเกตโครงสร้างระดับจุลภาคด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบแกนนิ่งเพื่อประมาณขนาดของผงและเกรน ได้วัดความแข็งแบบวิกเกอร์และความหนาแน่นเครื่องทดสอบความแข็งระดับจุลภาคและวิธีอะคิมิดีสเพื่อเปรียบเทียบกับท้องตลาด พบว่าวัสดุฐานรองที่เตรียมได้มีเฟสผสมของอะลูมิเนียมออกไซด์และดินเซรามิก มีขนาดผงและเกรนในระดับไมโครเมตรมีความแข็งแบบวิกเกอร์ลดลง มีสมบัติยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น และหนาแน่นมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับท้องตลาด

**คำสำคัญ :** วัสดุฐานรองราคาถูกลง อะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิก เทอร์โมอิเล็กทริกมอดูล

### Abstract

The ceramic clay added aluminum oxide ( $Al_2O_3$ ) substrate by ceramic process to decrease hardness of  $Al_2O_3$  pure and fabricate low-cost substrate for thermoelectric modules. Crystal structure and microstructure of the substrate were measured by using the X-ray diffraction and scanning electron microscopy techniques to predict powder and grain sizes. The Vicker hardness and density were measured by Micro Hardness tester and Archimedes method to compare commercial. It results showed the  $Al_2O_3$  + ceramic clay phases and obtained powder and grain of micrometer sizes. The Vicker hardness is decreased with increase elastic properties. The mean density value has been nearly commercial.

**Keywords:** low cost substrate;  $Al_2O_3$  + ceramic clay; thermoelectric modules

---

\*ศูนย์วิจัยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ สถาบันวิจัยและพัฒนา สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

## บทนำ

เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นพลังงานทางเลือกสามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นความเย็นได้ [1-2] โดยอาศัยพาหะและการสั่นของโครงสร้างภายในของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก [3] การเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเรียกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นความเย็นได้เรียกว่าเครื่องทำความเย็น [4-5] ในการประดิษฐ์เทอร์โมอิเล็กทริกมอดูลต้องใช้วัสดุฐานรองที่เป็นฉนวนรับความร้อนและระบายความร้อน [6-8] เพื่อให้เทอร์โมอิเล็กทริกมอดูลมีผลต่างอุณหภูมิและสามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอดเวลา ปัจจุบันใช้อะลูมิเนียมออกไซด์บริสุทธิ์เป็นวัสดุฐานรองซึ่งมีราคาแพงมาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดวิจัยที่เตรียมวัสดุฐานรองให้มีราคาถูกลงมีคุณภาพใกล้เคียงกับท้องตลาด ซึ่งอะลูมิเนียมออกไซด์บริสุทธิ์เป็นมีความแข็งแรงมาก มีความหนาแน่นสูงเป็นฉนวนรับและระบายความร้อนที่ดีที่สุด [9-10] แต่เปราะมากความสามารถในการยืดหยุ่นน้อย [11] เราสามารถเพิ่มความยืดหยุ่นได้ด้วยการเติมดินเซรามิกในอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยไม่เปลี่ยนความหนาแน่นละยังมีราคาถูกด้วย

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเตรียมวัสดุฐานรองราคาถูกจากผงอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิกด้วยกระบวนการทางเซรามิก
2. เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของวัสดุฐานรองที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับท้องตลาด

## ขอบเขตของการวิจัย

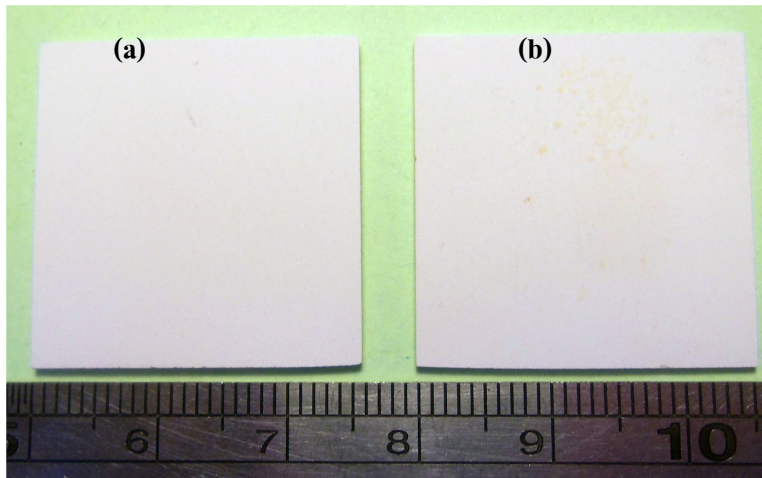
1. ใช้ผงอะลูมิเนียมออกไซด์ ( $Al_2O_3$ ) บริสุทธิ์ 99.9% จากบริษัท Sigma-Aldrich ดินเซรามิกจากบริษัท คอมพาวด์เคลย์ และโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) จากบริษัท Ajax Finechem Pty Ltd
2. ลักษณะเฉพาะของวัสดุฐานรองประกอบด้วยโครงสร้างผลึก โครงสร้างระดับจุลภาค ขนาดผงและเกรน ความแข็งแรงแบบวิกเกอร์และความหนาแน่น

## กรอบความคิดในการวิจัย

วัสดุฐานรองที่เตรียมจากอะลูมิเนียมออกไซด์บริสุทธิ์มีราคาแพงมาก มีความแข็งแรง และเปราะมากเมื่อนำไปใช้กับเทอร์โมอิเล็กทริกมอดูลทำให้เสียหายง่าย เราสามารถเพิ่มความยืดหยุ่นได้ด้วยการเติมดินเซรามิกในอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยไม่เปลี่ยนความหนาแน่นอีกทั้งยังราคาถูกด้วย

## วิธีดำเนินการวิจัย

ผสมอะลูมิเนียมออกไซด์บริสุทธิ์กับดินเซรามิกและโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 0.5 g : 1.5 g : 0.6 ml ด้วยวิธีหม้อบด (ball milling) [12] ขึ้นรูปขนาด  $2.54 \times 2.54 \text{ cm}^2$  ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกแกนเดี่ยวความดัน 266.56 MPa เพื่อให้ได้วัสดุฐานรองหนา 1 mm แล้วเผาผืนที่อุณหภูมิ 1180 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 1

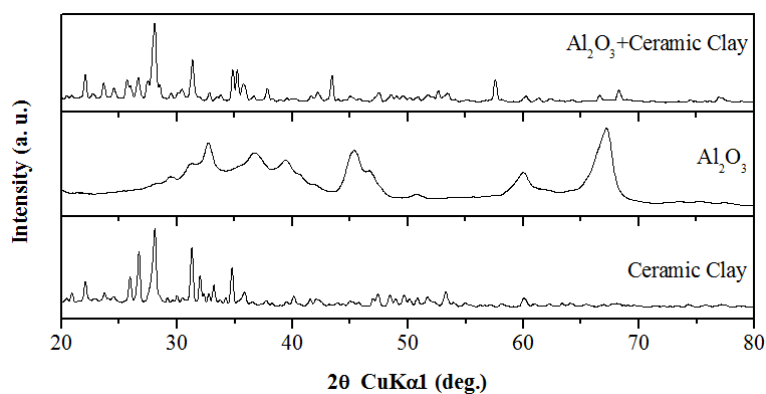


รูปที่ 1 (a) วัสดุฐานรองที่เตรียมได้ (b) วัสดุฐานรองในท้องตลาด

วัดความหนาแน่นแบบวิกเกอร์ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งระดับจุลภาค (HMV-2, Shimadzu) วัดความหนาแน่นด้วยเครื่อง density kit (MS-DNY-54, Mettler Toledo) วิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD, LabX 6100, Shimadzu) และสังเกตโครงสร้างผลึกระดับจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (FE-SEM MODEL: HITACHI-S4700)

### ผลการวิจัยและอภิปราย

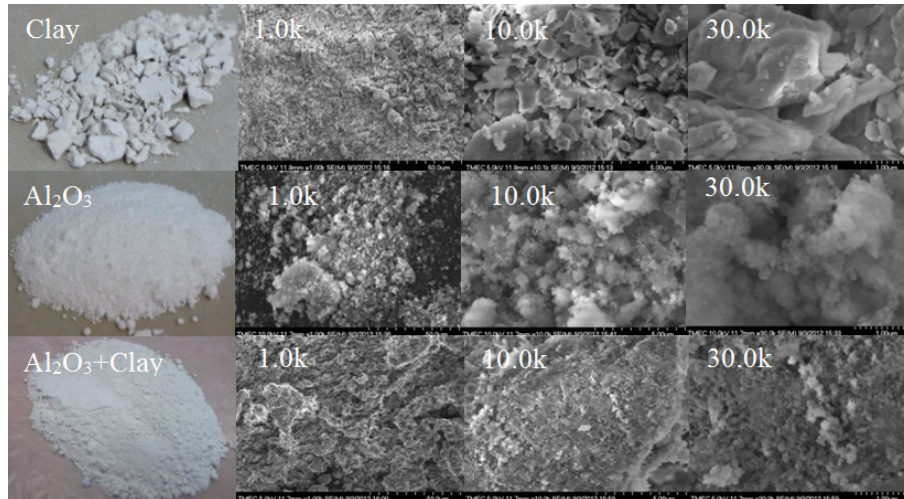
รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของดินเซรามิก อะลูมิเนียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิกแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของดินเซรามิก อะลูมิเนียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมดินเซรามิก

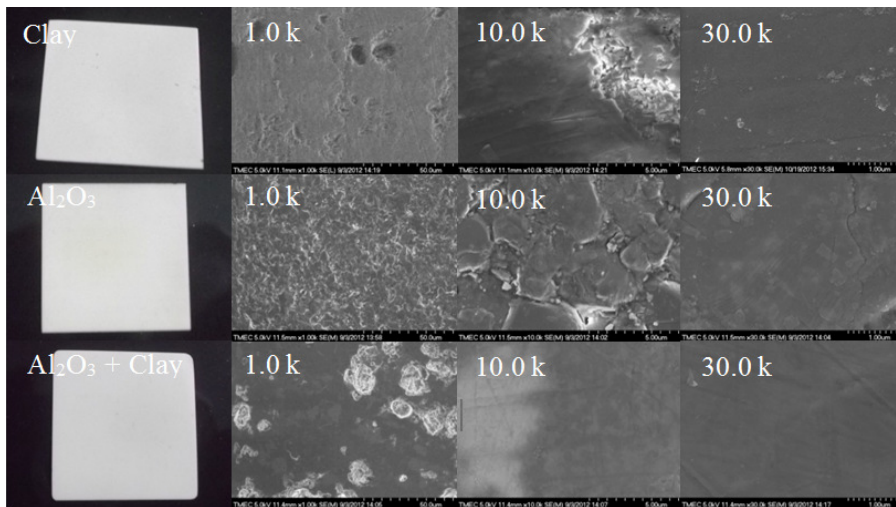
จากรูปที่ 2 พบว่าวัสดุฐานรองอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิกได้เฟสผสมที่มีเฟสพื้นฐานของดินเซรามิกอย่างชัดเจน จึงทำส่งผลทำให้วัสดุฐานรองอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิกมีความเป็นผลึกมากขึ้น

ภาพถ่าย SEM ของดินเซรามิก อะลูมิเนียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิกที่กำลังขยาย 1.0 k, 10.0 k และ 30.0 k แสดงดังรูปที่ 3 พบว่าขนาดของผงดินเซรามิก อะลูมิเนียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิกมีค่าประมาณ 0.5-1  $\mu\text{m}$ , 50 nm and 0.1  $\mu\text{m}$  ตามลำดับ การที่ผงของอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิกมีความละเอียดมากทำให้สามารถขึ้นรูปได้ง่ายไม่แตกขณะทำการเผาผนึก



รูปที่ 3 ภาพถ่าย SEM ของผงดินเซรามิก อะลูมิเนียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมดินเซรามิกที่กำลังขยาย 1.0 k, 10.0 k และ 30.0 k

ภาพถ่าย SEM ของแผ่นดินเซรามิก อะลูมิเนียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมดินเซรามิกที่กำลังขยาย 1.0 k, 10.0 k และ 30.0 k แสดงดังรูปที่ 4 พบว่า วัสดุฐานรองดินเซรามิกและอะลูมิเนียมออกไซด์มีรูพรุนและมีรอยแตก ส่วนอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมดินเซรามิกมีผิวเรียบ ชัดง่าย และมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 ภาพถ่าย SEM ของแผ่นดินเซรามิก อะลูมิเนียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมดินเซรามิก ที่กำลังขยาย 1.0 k, 10.0 k และ 30.0 k

ความแข็งแบบวิกเกอร์และความหนาแน่นของผงดินเซรามิก อะลูมิเนียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมดินเซรามิกและวัสดุฐานรองจากท้องตลาด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความแข็งแบบวิกเกอร์และความหนาแน่นของผงดินเซรามิก อะลูมิเนียมออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมดินเซรามิกและวัสดุฐานรองจากท้องตลาด

ตัวอย่าง	ความแข็งแบบวิกเกอร์ (HV)	ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )
Ceramic Clay	355	2.496
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	335.8	2.629
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Ceramic Clay	390.4	2.471
Commercial	400	2.503

จากตารางที่ 1 พบว่าวัสดุฐานรองอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิกมีความแข็งแบบวิกเกอร์และความหนาแน่นใกล้เคียงกับวัสดุฐานรองที่มีในท้องตลาด

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วัสดุฐานรองเตรียมได้จากการอะลูมิเนียมออกไซด์ผสมกับดินเซรามิกด้วยกระบวนการทางเซรามิกที่เหมาะสมทั้งปริมาณและอุณหภูมิ ทำให้ได้วัสดุฐานรองที่มีความแข็งแรงแบบวิกเกอร์ลดลงจริงมีค่าประมาณ 390 HV และมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับท้องตลาดประมาณ  $2.5 \text{ g/cm}^3$  ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถเตรียมวัสดุฐานรองให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับท้องตลาดได้ที่สำคัญมีราคาถูกลงด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- E. Koukharenko, N. Frety, V.G. Shepelevich, J.C. Tedenac. *J. Alloy Compounds*. 299 (2000) 254.
- S. Bensaid, M. Brignone. *Int J of Hydrogen Energ.* 37 (2012) 1385.
- P. Khamma, C. Thanachayanont, T. Seetawan. *Procedia Engineering*. 8 (2011) 146.
- J. Xiao, T. Yang, P. Li, P. Zhai, Q. Zhang. *Appl Energ.* 93 (2012) 33.
- X. Gou, H. Xiao, S. Yang. *Appl Energ.* 87 (2010) 3131.
- J.L. Pérez-Aparicio, R. Palma, R.L. Taylor. *Int J Heat Mass Tran.* 55 (2012) 1363.
- D.M. Rowe, G. Min. *J Power Sources*. 73 (1998) 193.
- G. Casano, S. Piva. *ExpTherm Fluid Sci.* 35 (2011) 660.
- S. Lineykin, S. Ben—Yaakov. *IEEE T Ind Appl.* 43 (2007) 505.
- K. Fukutani, A. Shakouri. *IEEE T Compon and Packaging Technologies*. 29 (2006) 750.
- Z. Zhang, S. Zhou, Z. Chen. *Procedia Engineering*. 27 (2012) 1284.
- S. Sarkar, S. Bandyopadhyay, A. Larbot, S. Cerneaux. *J Membrane Sci.* 392 (2012) 130.