

# Nghiên cứu tái sử dụng oxit zircon từ phế thải của ngành nha khoa nhằm cải thiện khả năng phản xạ hồng ngoại của men ngói

Ngô Hương Trà<sup>1</sup>, Đinh Thị Thu Uyên<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Trung<sup>2</sup>, Nguyễn Nhân Hòa<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Ngành Công nghệ kỹ thuật Vật liệu xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

<sup>2</sup> Trung tâm Gốm sứ và Thủy tinh, Viện vật liệu xây dựng

<sup>3</sup> Khoa Vật liệu xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

## TỪ KHOÁ

Ngói lợp  
Men ngói  
Bức xạ mặt trời  
Độ phản xạ hồng ngoại  
Tạo hình ép bán khô

## TÓM TẮT

Việt Nam là nước có bức xạ năng lượng mặt trời lớn, đặc biệt vào những ngày mùa hè ở các tỉnh miền Trung. Ngói là vật liệu lợp phổ biến ở nước ta, chúng có tính thẩm mỹ, có độ bền lâu, và tạo nét văn hóa riêng. Trong khi, hầu hết ngói lợp hiện nay không được tráng men, nên ngói hấp thụ nhiệt nhiều làm tăng nhiệt độ không khí trong nhà. Men ngói là một lớp thủy tinh mỏng phủ trên bề mặt, lớp men này không chỉ giúp ngói bền với môi trường còn có thể giúp giảm hấp thụ nhiệt bức xạ mặt trời. Việc nghiên cứu về chế tạo vật liệu men cho ngói giúp tăng khả năng phản xạ nhiệt hồng ngoại còn rất hạn chế. Trong khi, phế thải nha khoa chứa ZrO<sub>2</sub> chưa được quan tâm xử lý một cách hiệu quả. Trong nghiên cứu này, phế thải nha khoa chứa ZrO<sub>2</sub> được sử dụng làm phụ gia (từ 2 đến 10% khối lượng phối liệu) để chế tạo lớp men ngói có khả năng phản xạ tia hồng ngoại tới hơn 3 lần.

## KEYWORDS

Roofing tiles  
Tile glaze  
Solar radiation  
Infrared reflectance  
Semi-dry forming

## ABSTRACT

Vietnam is a country with a large amount of solar radiation, especially on summer days in the Central provinces. Tiles are a popular roofing material in our country, they are aesthetic, durable, and a unique cultural feature. Meanwhile, most of the roofing tiles are not glazed, so the tiles absorb a lot of heat, increasing the ambient temperature in the house. Tile glaze is a thin layer of glass covering the surface, this glaze not only helps the tiles to be durable in the environment but can also help reduce the absorption of solar radiation heat. Research on manufacturing glaze materials for tiles to help increase the ability to reflect infrared heat is still very limited. Meanwhile, dental waste containing ZrO<sub>2</sub> has not been treated effectively. In this study, dental waste containing ZrO<sub>2</sub> was used as an additive (from 2 to 10% of the mass of the ingredients) to manufacture a tile glaze layer that can reflect infrared rays more than 3 times.

## 1. Giới thiệu

Men ngói đóng vai trò thiết yếu trong việc nâng cao cả tính thẩm mỹ và chức năng của sản phẩm. Việc phủ men được thực hiện bằng các phương pháp như nhúng, phun hoặc đổ, tạo ra một lớp mỏng, đồng nhất trên bề mặt. [1] Lớp men này không chỉ mang lại màu sắc và độ bóng hấp dẫn, mà quan trọng hơn, còn cải thiện các tính chất vật lý của ngói như khả năng chống thấm nước, độ bền cơ học, chống ăn mòn hóa học và khả năng chịu thời tiết khắc nghiệt. [2]

Bức xạ mặt trời là năng lượng điện từ gồm ánh sáng nhìn thấy, tia hồng ngoại và tia tử ngoại, đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì khí hậu và sự sống trên Trái Đất. Bức xạ mặt trời mang lại nhiều lợi ích về sức khỏe nhưng cũng có thể gây hại nếu tiếp xúc quá mức, đặc biệt là tia UV có thể gây cháy nắng, cháy da và tăng nguy cơ ung thư da. Lượng bức xạ nhận được thay đổi theo vị trí địa lý, thời gian trong ngày, mùa trong năm và điều kiện khí quyển. [3]

ZrO<sub>2</sub> nguồn thải chủ yếu từ ngành nha khoa, đặc biệt là phế thải

bụi mịn từ quá trình mài, tiện các phục hình răng sứ bằng công nghệ CAD/CAM. [4] Các ứng dụng chính của ZrO<sub>2</sub> bao gồm sản xuất răng sứ, cấy ghép nha khoa, dao cắt gốm, và các bộ phận công nghiệp đòi hỏi độ bền cao. Hạn chế lớn nhất của vật liệu này là chi phí sản xuất cao và quy trình tái chế phức tạp do đặc thù dạng bột mịn và yêu cầu độ tinh khiết cao. [5]

Mặc dù có tính chất lý hóa vượt trội, việc ứng dụng ZrO<sub>2</sub> tinh khiết vào men ngói chưa phổ biến trên thị trường do chi phí cao khiến sản phẩm cuối cùng trở nên kém cạnh tranh. [6] Tuy nhiên, việc sử dụng phế thải ZrO<sub>2</sub> đã qua xử lý là một cơ hội đầy tiềm năng. Thay vì vứt bỏ, loại phế thải này có thể được nghiên cứu để sử dụng như phụ gia, giúp cải thiện độ trắng, độ cứng và khả năng chịu nhiệt của men ngói. Hướng đi này không chỉ giải quyết vấn đề môi trường mà còn mở ra một lộ trình kinh tế tuần hoàn, biến chất thải thành một nguồn nguyên liệu mới có giá trị cho ngành vật liệu xây dựng. [7]

\*Liên hệ tác giả: hoann@huce.edu.vn

Nhận ngày 07/12/2025, sửa xong ngày 13/01/2026, chấp nhận đăng ngày 14/01/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2026.1196>

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Nguyên liệu sử dụng

#### a) Xương mộc

Xương mộc là xương ngói để sản xuất ngói tráng men, lấy từ nhà máy Viglacera Thăng Long, nhiệt độ nung của xương nằm trong khoảng 1110 – 1130 °C. Quy trình chế tạo mẫu xương mộc: Sau khi lấy xương ngói từ nhà máy về, xương ngói được giao công cắt gọt, mài nhẵn để được kích thước mẫu xương mộc thí nghiệm 50x50 mm. Sau đó, các mẫu xương mộc được tiến hành sấy ở 100-105 °C đến khối lượng không đổi, trước khi tráng men.



a) Gia công chế tạo



b) Xương mộc sau chế tạo

**Hình 1.** Xương mộc trong nghiên cứu.

#### b) Nguyên liệu frit



**Hình 2.** Nguyên liệu Frit ngói.

Frit là thành phần chính chế tạo men ngói. Trong nghiên cứu này, Frit được cung cấp bởi công ty Vinaglaze, dạng đóng bao 50 kg.

Thành phần hóa của frit được xác định cho kết quả ở Bảng 1. Kết quả phân tích cho thấy, frit sử dụng trong nghiên cứu đảm bảo các yêu cầu thành phần hóa để sản xuất men ngói theo TCVN 9133:2011.

#### c) Nguyên liệu cao lanh

Cao lanh sử dụng cho nghiên cứu là cao lanh Phú Thọ được cung cấp bởi công ty Vinaglaze màu vàng nâu, dạng cục.



**Hình 3.** Nguyên liệu cao lanh Phú Thọ.

Thành phần hóa của cao lanh được xác định cho kết quả ở Bảng 2. Kết quả phân tích cho thấy, cao lanh có hàm lượng oxit  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  cao,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  rất ít, phù hợp làm nguyên liệu sản xuất men.

#### d) Nguyên liệu phế thải chứa oxit zircon



a) Phế thải  $\text{ZrO}_2$  chưa gia công



b)  $\text{ZrO}_2$  sau khi gia công chế tạo

**Hình 4.** Nguyên liệu phế thải chứa  $\text{ZrO}_2$ .

Trong nghiên cứu này, nhóm lấy phế thải nha khoa từ phòng Detec Dental LAB của công ty Công ty cổ phần nha khoa DETEC-Hà Nội-

Hình 4.a. Phế thải nha khoa chứa chủ yếu là oxit zircon. Phế thải chứa  $ZrO_2$  sau khi mang về sẽ được làm sạch loại bỏ các tạp chất, sau đó đập nhỏ, sau đó nghiền bi ướt trong vòng 30 phút đến khi thu được dạng hồ lỏng. Để  $ZrO_2$  lắng xuống đáy thì đổ bớt phần nước bên trên rồi đem đi sấy khô. Sau đó, nguyên liệu phế thải này được sàng qua sàng 0,045 mm ( $45\mu m$ )-Hình 4.b.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phân tích thành phần hóa theo TCVN 7131 : 2002 Đất sét – Phương pháp phân tích hóa học.
- Phân tích thành phần hóa XRF.
- Xác định độ mịn hồ men TCVN 6598:2000 Nguyên liệu sản xuất gốm xây dựng.
- Xác định độ ẩm, tỷ trọng, độ nhớt hồ men TCVN 6355:2009 Nguyên liệu để sản xuất gốm.
- Xác định hệ số phản xạ bức xạ mặt trời theo TCVN 7737:2007 (ISO 9050:2003) Kính xây dựng – Phương pháp xác định độ xuyên quang, độ phản quang, tổng năng lượng bức xạ mặt trời truyền qua và độ xuyên bức xạ tử ngoại.

2.3. Dụng cụ, thiết bị sử dụng cho nghiên cứu

- Máy nghiền bi model HKSM – 90, tốc độ 300 vòng/phút.
- Dụng cụ đo tỷ trọng, độ nhớt hồ men.

**Bảng 1.** Thành phần hóa của Frit nguội.

Cấu tử	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO	CaO	BaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MKN	Tổng
Hàm lượng (%)	65	6,5	6,0	15,5	0,5	2,5	1,5	2,0	0,5	100
Bỏ MKN, quy về 100%	65,3	6,5	6,1	15,6	0,5	2,5	1,5	2,0	-	100

**Bảng 2.** Thành phần hóa của cao lanh Phú Thọ.

Cấu tử	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	MKN	Tổng
Hàm lượng (%)	46,92	35,84	0,43	0,70	0,20	0,38	1,12	13,60	100
Bỏ MKN, quy về 100%	54,82	41,87	0,51	0,82	0,23	0,44	1,31	-	100

**Bảng 3.** Tỷ lệ Oxit Zircon thêm vào men gốc.

	Ký hiệu	Tỷ lệ phối liệu men gốc (%)	Tỷ lệ ZrO <sub>2</sub> (%)
Giai đoạn I	M <sub>g</sub>	100	0
	M <sub>2</sub>	98	2
	M <sub>4</sub>	96	4
	M <sub>6</sub>	94	6
	M <sub>8</sub>	92	8
	M <sub>10</sub>	90	10
Giai đoạn II	M <sub>5</sub>	95	5
	M <sub>6,5</sub>	93,5	6,5
	M <sub>7</sub>	93	7
	M <sub>7,5</sub>	92,5	7,5

- Tủ sấy điện hãng King (Trung Quốc), có nhiệt độ làm việc tối đa 300 °C.
- Lò nung Carbolite Gero HTF, nhiệt độ tối đa 1700°C.
- Máy quang phổ UV – Vis/NIR Jasco V-770

2.4. Quá trình thực hiện

a) Chuẩn bị men, tráng men, nung mẫu

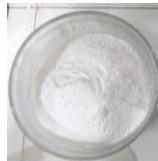
Bài men gốc sử dụng cho nghiên cứu sử dụng frit và cao lanh với tỷ lệ 90 : 10. Bài men này được thêm phế thải  $ZrO_2$  theo các tỷ lệ trong Bảng 3. Các bài men được nghiền với máy nghiền bi với tốc độ 300 vòng/phút trong 120 phút. Tỷ lệ bi : nguyên liệu : nước = 1,3 : 1 : 0,57 và phụ gia nghiền. Men được kiểm tra qua sàng 0,045 mm. Sau đó khảo sát các tính chất của hồ men như tỷ trọng độ nhớt và điều chỉnh tỷ trọng cũng như độ nhớt hồ men sao cho tỷ trọng khoảng 1,55 g/cm<sup>3</sup>, độ nhớt nằm trong khoảng 15 – 20s.

b) Đo hệ số phản xạ bức xạ mặt trời

Các mẫu sau nung được đo hệ số phản xạ bức xạ mặt trời. Trong nghiên cứu này, nhóm sử dụng thiết bị máy quang phổ Jasco V770UV Vis theo tiêu chuẩn ISO 9050:2003 [9], thiết bị này đo được hệ số phản xạ với dải bước sóng λ từ 300 nm đến 2500 nm.



Cao lanh      Frit



ZrO<sub>2</sub>

Bước 1: Gia công và chuẩn bị nguyên vật liệu



Bước 2: Cân định lượng các loại nguyên vật liệu theo tỷ lệ



Bước 3: Nghiền men



Bước 4: Sau 2h nghiền, men được lấy ra và sàng qua sàng 0,045μm



Bước 5: Xác định tính chất hồ men (độ ẩm, tỷ trọng, độ nhớt)



Bước 6: Tạo hình xương mộc và đem sấy đến khối lượng không đổi



Bước 7: Tráng men

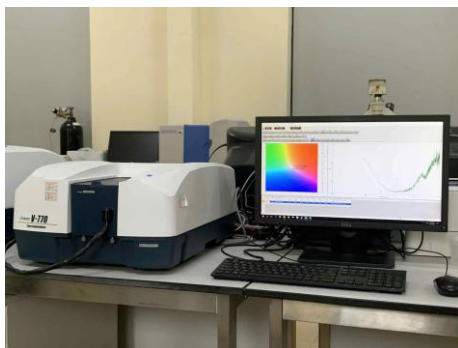


Bước 8: Sấy mẫu



Bước 9: Nung mẫu

Hình 5. Các bước thực hiện thí nghiệm.



Hình 6. Kiểm tra tính chất mẫu (độ phản xạ SRI).

**3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận**

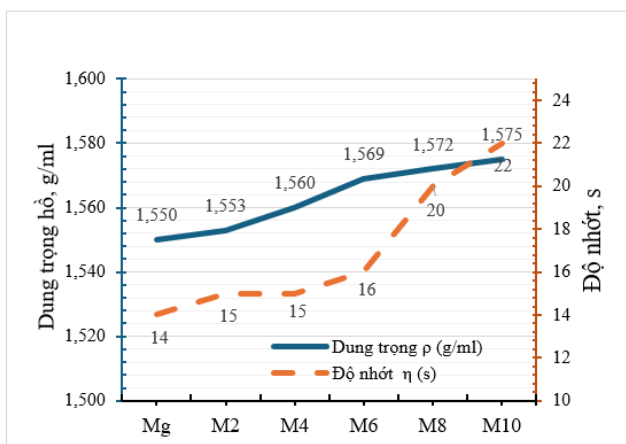
**3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải chứa ZrO<sub>2</sub> đến tính chất hồ men**

Bài men gốc sử dụng cho nghiên cứu sử dụng frit và cao lanh với tỷ lệ 90 : 10. Bài men này được thêm phế thải ZrO<sub>2</sub> theo các tỷ lệ trong Bảng 3. Các bài men được nghiền với máy nghiền bi với tốc độ 300 vòng/phút trong 120 phút. Tỷ lệ bi : nguyên liệu : nước = 1,3 : 1 : 0,57 và phụ gia nghiền. Hồ men được nghiền mịn, đảm bảo lọt sàng 0,045 mm. Sau đó, khảo sát các tính chất của hồ men như tỷ trọng độ nhớt và điều chỉnh dung trọng cũng như độ nhớt hồ men sao cho dung trọng hồ men khoảng 1,55 g/cm<sup>3</sup>, độ nhớt nằm trong khoảng 15 – 20s, Bảng 4.

**Bảng 4.** Tỷ trọng và độ nhớt của các cấp phối.

Ký hiệu	Dung trọng ρ (g/ml)	Độ nhớt η (s)
M <sub>g</sub>	1,550	14
M <sub>2</sub>	1,553	15
M <sub>4</sub>	1,560	15
M <sub>6</sub>	1,569	16
M <sub>8</sub>	1,572	20
M <sub>10</sub>	1,575	22

Kết quả thực nghiệm cho thấy: Khi hàm lượng phế thải đưa vào men từ 0 đến 10 % thì dung trọng của men thay đổi trong khoảng: 1,550 ÷ 1,575 g/ml tương ứng tăng 1,61 %, độ nhớt tăng từ 14s lên 22s tương ứng tăng 57,1 %. Như vậy, hàm lượng phế thải ZrO<sub>2</sub> đưa vào ảnh hưởng không đáng kể đến tính chất tỷ trọng hồ men, nhưng ảnh hưởng rất mạnh đến độ nhớt của men. Nguyên nhân của hiện tượng vì khi đưa phế thải ZrO<sub>2</sub> có hàm lượng nhỏ, nên ít ảnh hưởng đến tỷ trọng của hồ, nhưng do phế thải này được nghiền mịn làm tỷ diện tích bề mặt của nó lớn, do đó cần lượng chất lỏng bao bọc tăng hạt, từ đó làm giảm tính linh động của hồ.



**Hình 7.** Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải chứa ZrO<sub>2</sub> đến tỷ trọng, độ nhớt của hồ men.

**3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải chứa ZrO<sub>2</sub> đến tính chất ngoại quan**

**3.2.1. Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải chứa ZrO<sub>2</sub> đến tính chất ngoại quan mẫu sau khi tráng men**

Trước khi tráng men, các mẫu xương mộc được sấy khô ở 100-100 °C, đến khối lượng không đổi. Trong nghiên cứu này, nhóm lựa chọn tráng men bằng phương pháp nhúng, ở hai giai đoạn thực nghiệm mỗi lần nhúng 3s; và thực hiện tráng men 1 lần hoặc 2 lần - Hình 8, hình 9, hình 10, hình 11.

**a) Tráng men 1 lần**

Quan sát hình 8 ta thấy: Các mẫu xương mộc sau tráng men đều có màu trắng đồng đều, men sau khi tráng bám đều, mỏng trên bề mặt xương, không thấy các khuyết tật men.

Quan sát hình 9 ta thấy các mẫu này đều có màu trắng đồng đều, men sau khi tráng bám đều, mỏng trên bề mặt xương mộc, không thấy các khuyết tật men.

**b) Mẫu tráng men 2 lần**

Các xương mộc sau khi tráng bám đều 1 lớp rất mỏng trên bề mặt xương, sau đó được nhúng tráng men lần 2 để tăng chiều dày lớp men. Các mẫu trong hình 10 đều có màu trắng đồng đều, men, không thấy các khuyết tật men.

Quan sát hình 11 thấy: Bề mặt men có màu trắng đồng đều, bám tốt trên bề mặt mẫu, không xuất hiện các khuyết tật quan trọng như các bọt khí, rỗ hay thiếu men.

**3.2.2. Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải chứa ZrO<sub>2</sub> đến tính chất ngoại quan mẫu sau khi nung**

Các mẫu xương mộc sau khi tráng men, lại được sấy khô ở 100-105 °C đến khối lượng không đổi. Sau đó các mẫu được xếp vào lò nung: Việc xếp mẫu đảm bảo mẫu thông thoáng, tách rời trên các giá xếp. Các mẫu đều được nung trong lò điện Carbolite Gero HTF, với tốc độ nâng nhiệt 200 độ C/giờ, nhiệt độ nung lớn nhất là 1110 °C, thời gian nung 15 phút, sau đó tắt lò để nguội tự nhiên về nhiệt độ môi trường.

**a) Mẫu tráng 1 lớp sau nung**

Quan sát hình 12 thấy: Các mẫu sau khi nung đều có bề mặt trơn nhẵn bóng, tỷ lệ phế thải chứa ZrO<sub>2</sub> thêm vào tăng thì mẫu men càng trắng tăng (chuyển từ màu trắng trong sang trắng). Men bám đều bề mặt, không bị hiện tượng nứt hay co men, tuy nhiên một số mẫu sau khi nung vẫn xuất hiện lỗ nhỏ li ti do men không lấp đầy các lỗ rỗng.

Cũng tương tự như mẫu tráng men 1 lần ở giai đoạn 1: Men bám

đều bề mặt, không bị hiện tượng nứt hay co men, tuy nhiên vẫn còn hiện tượng xuất hiện lỗ nhỏ li ti trên bề mặt. Nguyên nhân là do bề mặt xương trước khi tráng men có khuyết tật rỗ nhỏ nên men nóng chảy vẫn không thể lấp đầy các lỗ rỗng, hình 13.

**b) Mẫu tráng 2 lần sau nung**

Quan sát ta thấy: Các mẫu tráng men 2 lần sau nung ở cả hai giai đoạn đều có bề mặt trơn nhẵn bóng, khi men có tỷ lệ phế thải chứa  $ZrO_2$  thêm vào tăng thì màu men càng trắng tăng. Men bám đều bề mặt không bị hiện tượng nứt, không bị rỗ men. Tuy nhiên, các mẫu này đều có hiện tượng men không phủ đều cả bề mặt mẫu. Nguyên nhân là do khi tráng men 2 lần thì lớp men bị dày sau khi nung men bị co do sức căng bề mặt lớn dễ gây sự co men, hình 14, hình 15. Chất lượng men phủ kém hơn so với việc tráng men 1 lần.

**3.3. Ảnh hưởng của men có chứa phế thải chứa  $ZrO_2$  đến hệ số phản xạ bức xạ mặt trời của mẫu men**

Qua việc khảo sát trên, nhóm nhận thấy các mẫu tráng men 1 lần cho kết quả ngoại quan tốt hơn. Nhóm chọn các mẫu này để đo hệ số phản xạ bức xạ bằng thiết bị Máy quang phổ UV – Vis/NIR Jasco V-770, đo ở bước sóng 300 – 2500 nm, Bảng 5.

Khi hàm lượng phế thải trong men tăng, thì hệ số phản xạ bức xạ mặt trời  $R_{sol}$ ,  $R_{nir}$  đều tăng mạnh, đặc biệt hai hệ số tốc độ tăng nhanh ở hàm lượng phế thải  $ZrO_2$  trong men 6 % - 8 %. Khi hàm lượng phế thải  $ZrO_2$  khoảng 8 % - 10 % thì hệ số phản xạ bức xạ mặt trời tăng, nhưng chậm hơn, Hình 16.

Ở giai đoạn 2, nhóm lựa chọn khảo sát hệ số phản xạ bức xạ năng lượng mặt trời được khảo sát với hàm lượng phế thải chứa  $ZrO_2$  có bước nhảy hàm lượng phế thải đưa vào thay đổi 0,5% đưa vào trong men là 5,0 %; 6,5 %; 7,0 % và 7,5 %, Bảng 6.

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ số phản xạ bức xạ mặt trời tăng khi hàm lượng phế thải tăng hàm lượng phế thải chứa  $ZrO_2$  từ 5 % lên 6,5 %, 7,0 %, sau đó hệ số này có xu hướng giảm nhẹ khi hàm lượng phế thải  $ZrO_2$  đưa vào 7,5 %. Hệ số phản xạ mặt trời  $R_{sol}$  tăng tới 48,7 %,  $R_{nir}$  tăng 42,9 %, mức tăng khá mạnh khi hàm lượng phế thải chứa  $ZrO_2$  trong men tăng từ 5,0 % lên 6,5 %.

**3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải chứa  $ZrO_2$  đến màu thể hiện của men tráng lên xương ngói**

Màu của các mẫu men sau nung đo được theo  $CIE^*a^*b$  được thể hiện trong Bảng 7.

Kết quả men sau nung ta đo được bằng máy quang phổ và phân tích chỉ số theo mô hình  $CIE^*a^*b$  được xây dựng dựa trên khả năng

cảm nhận màu sắc của mắt người. Các giá trị  $L^*a^*b$  mô tả tất cả các màu mà mắt của một người bình thường có thể nhìn thấy được. Hệ màu  $L^*a^*b$  là mô hình dạng hình cầu được biểu diễn bằng tổ hợp 3 kênh xử lý (3 trục).

Trục L: là trục thẳng đứng biểu diễn độ sáng của màu. Có giá trị từ đen (0) đến trắng (100);

Trục a: Chứa các giá trị màu từ màu xanh lá cây (âm) đến màu đỏ (dương);

Trục b: Chứa các giá trị màu từ màu xanh dương (âm) đến màu vàng (dương).

Kết quả thực nghiệm cho thấy các mẫu men có hàm lượng  $ZrO_2$  dưới 7 % có sự biến đổi màu mạnh, thể hiện bằng các tọa độ màu cách xa nhau. Ngược lại các mẫu men có hàm lượng  $ZrO_2$  từ 7 % trở lên thì tọa độ màu ở sát nhau. Qua dữ liệu trên, ta thấy cột L biểu thị độ sáng của màu thay đổi chỉ số từ Mg là 0 %  $ZrO_2$  bổ sung đến  $M_{10}$  tăng từ 50,07 lên 91,20 nghĩa là độ sáng đã tăng gần gấp đôi.

⇒ **Nhận xét:**  $ZrO_2$  được thêm vào men ngói với hàm lượng từ 0 % đến 10 % khối lượng, tráng men lên xương ngói đang sản xuất tại các nhà máy và nung ở 1110 °C. Khảo sát hệ số phản xạ bức xạ mặt trời (R) của các mẫu men này cho thấy khi hàm lượng  $ZrO_2$  trong men từ 6,5 % trở lên thì men cho hệ số phản xạ bức xạ mặt trời cao và gần như đạt mức lớn nhất ở 8 % với R đạt khoảng 78 % và không thay đổi nhiều khi hàm lượng  $ZrO_2$  tăng. Màu của men của chuyển dần từ trong suốt đến trắng khi hàm lượng  $TiO_2$  tăng. Vậy để tăng hệ số phản xạ của men ngói có thể đưa oxit  $ZrO_2$  vào men. Tuy nhiên dựa vào yêu cầu màu sắc và hệ số phản xạ bức xạ mặt trời mà có thể lựa chọn hàm lượng phù hợp. Hệ số phản xạ mặt trời SRI được cải thiện rõ rệt.

⇒ **Kết luận:**

Qua các kết quả nghiên cứu sử dụng phế thải nha khoa chứa  $ZrO_2$  làm phụ gia cho men ngói tới tính chất phản xạ tia hồng ngoại mặt trời của ngói lọc rút ra một số kết luận:

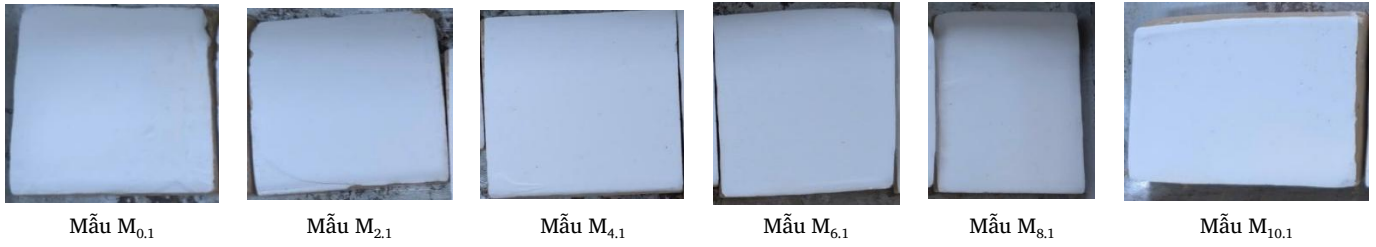
- Hàm lượng  $ZrO_2$  đưa vào ảnh hưởng không đáng kể đến tỷ trọng hồ men nhưng ảnh hưởng rất lớn đến độ nhớt của hồ men.

- Các mẫu tráng men 1 lần sau khi nung ở 1110 °C có trơn nhẵn, bóng, không xuất hiện nứt hay co men nếu tỷ trọng, độ nhớt hồ men được điều chỉnh hợp lý.

- Hàm lượng phế thải chứa  $ZrO_2$  tăng giúp cải thiện độ trắng của men, chuyển từ trắng trong sang trắng đục đồng thời tăng hệ số phản xạ bức xạ mặt trời hơn 3 lần, từ 18,34 % đến 78,64 % khi lượng phế thải  $ZrO_2$  dùng 8 %; mức sử dụng hiệu quả khi hàm lượng phế thải chứa  $ZrO_2$  sử dụng khoảng 6,5 %.

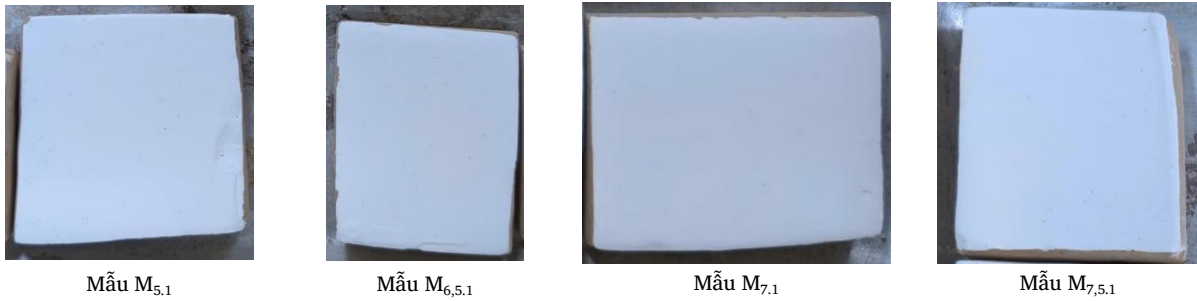
Như vậy, việc sử dụng men có chứa phế thải  $ZrO_2$  từ ngành nha khoa, không chỉ mang lại hiệu quả kỹ thuật cho men ngói mà còn có ý nghĩa môi trường và kinh tế.

*Giai đoạn 1- tráng men 1 lần*



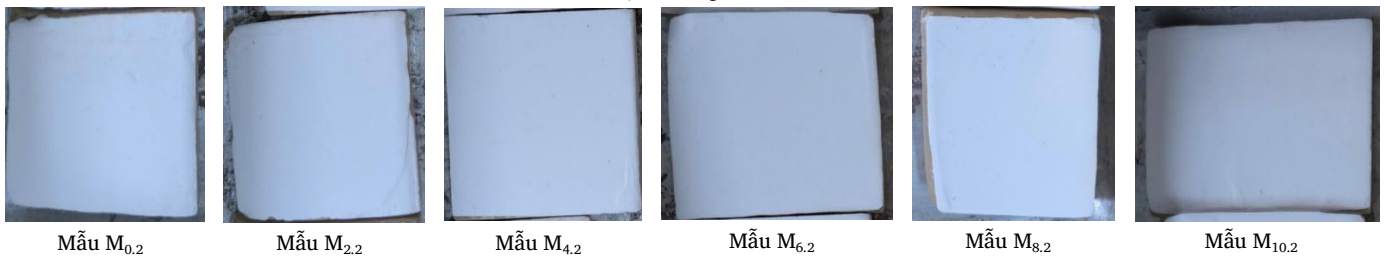
**Hình 8.** Mẫu xương mộc sau khi tráng men 1 lớp ở giai đoạn 1.

*Giai đoạn 2- tráng men 1 lần*



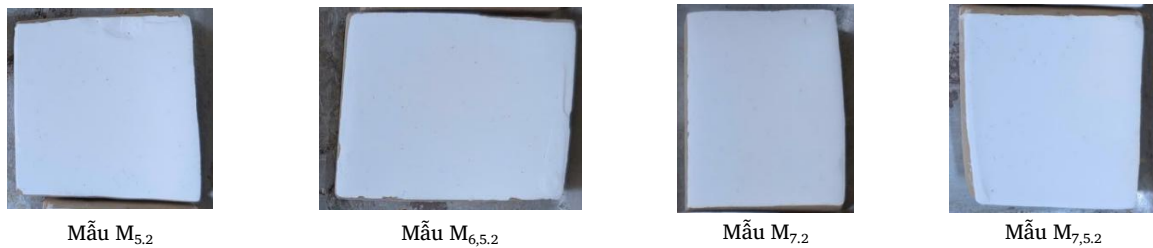
**Hình 9.** Mẫu xương mộc sau khi tráng men 1 lớp ở giai đoạn 2.

*Giai đoạn 1-tráng men 2 lần*

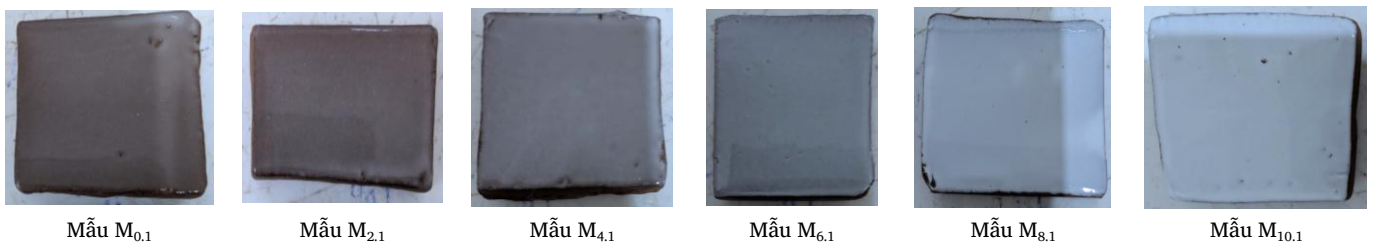


**Hình 10.** Mẫu xương mộc sau khi tráng men 2 lớp ở giai đoạn 1.

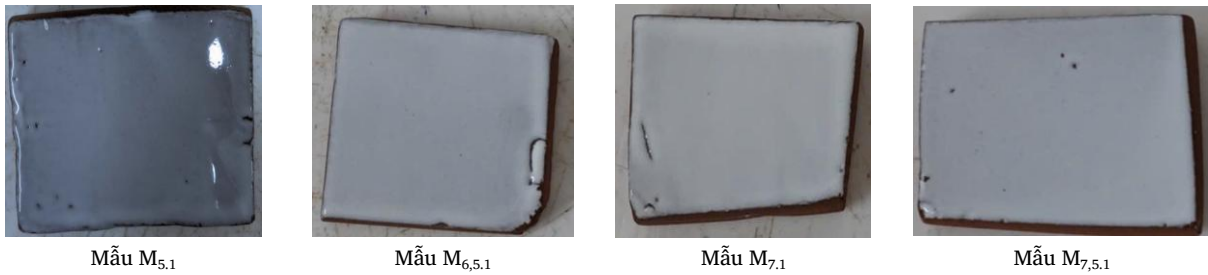
*Giai đoạn 2 – tráng men 2 lần*



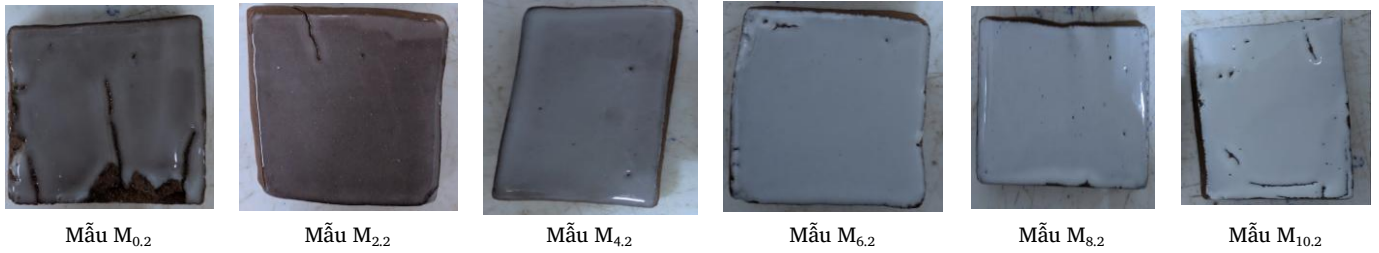
**Hình 11.** Mẫu xương mộc sau khi tráng men 2 lớp ở giai đoạn 2.



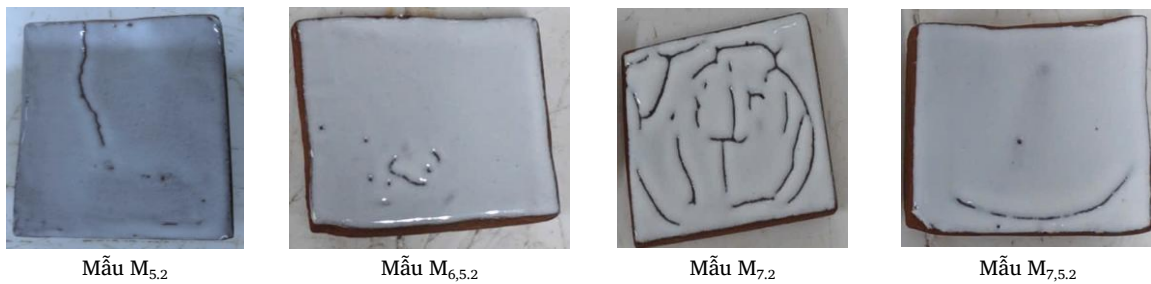
**Hình 12.** Mẫu tráng men 1 lần sau nung ở giai đoạn 1.



Hình 13. Mẫu trắng men 1 lần sau nung ở giai đoạn 2.



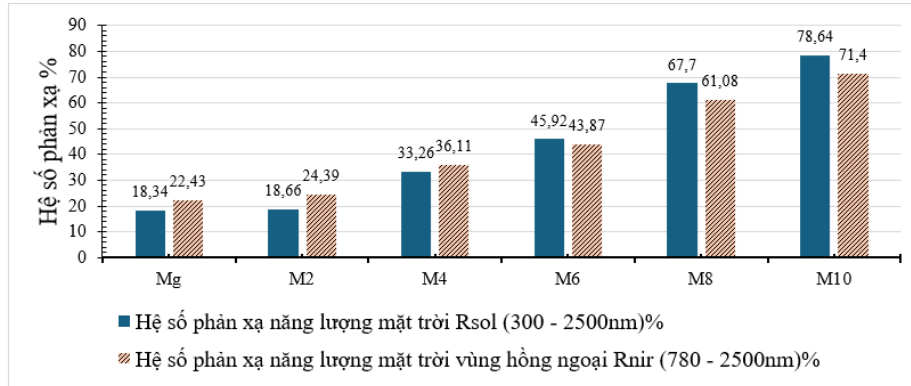
Hình 14. Mẫu trắng men 2 lần sau nung ở giai đoạn 1.



Hình 15. Mẫu trắng men 2 lần sau nung ở giai đoạn 2.

Bảng 5. Hệ số phản xạ bức xạ mặt trời các mẫu trắng men 1 lần ở giai đoạn 1.

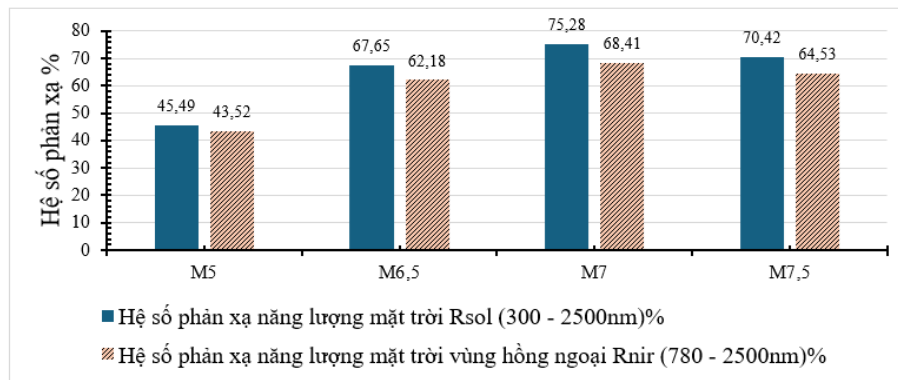
Ký hiệu	Tỷ lệ men gốc (% khối lượng)	Tỷ lệ phế thải chứa $ZrO_2$ (% khối lượng)	Hệ số phản xạ năng lượng mặt trời Rsol (300 – 2500 nm) %	Hệ số phản xạ năng lượng mặt trời vùng hồng ngoại Rnir (780 – 2500 nm) %
$M_g$	100	0	18,34	22,43
$M_2$	98	2	18,66	24,39
$M_4$	96	4	33,26	36,11
$M_6$	94	6	45,92	43,87
$M_8$	92	8	67,70	61,08
$M_{10}$	90	10	78,64	71,40



Hình 16. Hệ số phản xạ mặt trời của các mẫu tráng men 1 lần ở giai đoạn 1.

Bảng 6. Hệ số phản xạ bức xạ mặt trời các mẫu tráng men 1 lần ở giai đoạn 2.

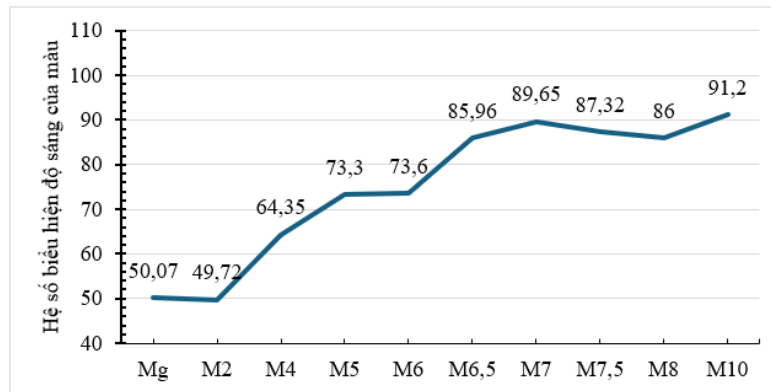
Ký hiệu	Tỷ lệ men ngói (% khối lượng)	Tỷ lệ phế thải chứa ZrO <sub>2</sub> (% khối lượng)	Hệ số phản xạ năng lượng mặt trời Rsol (300 – 2500 nm) %	Hệ số phản xạ năng lượng mặt trời vùng hồng ngoại Rnir (780 – 2500 nm) %
M <sub>5</sub>	95	5	45,49	43,52
M <sub>6,5</sub>	93,5	6,5	67,65	62,18
M <sub>7</sub>	93	7	75,28	68,41
M <sub>7,5</sub>	92,5	7,5	70,42	64,53



Hình 17. Hệ số phản xạ mặt trời của các mẫu tráng men 1 lần ở giai đoạn 2.

Bảng 7. Tọa độ màu của các mẫu men tráng 1 lần.

Ký hiệu	L*	a*	b*
M <sub>g</sub>	50,07	8,34	5,06
M <sub>2</sub>	49,72	7,38	4,09
M <sub>4</sub>	64,35	4,32	-0,41
M <sub>6</sub>	73,60	1,51	-4,05
M <sub>8</sub>	86,00	-0,38	-4,60
M <sub>10</sub>	91,20	-0,62	-4,06
M <sub>5</sub>	73,30	1,40	-3,36
M <sub>6,5</sub>	85,96	-0,17	-4,03
M <sub>7</sub>	89,65	-0,64	-3,82
M <sub>7,5</sub>	87,32	-0,33	-3,91



Hình 18. Ảnh hưởng của hàm lượng phế thải chứa ZrO<sub>2</sub> trong men đến độ sáng của men.

**Tài liệu tham khảo**

[1]. Vũ Minh Đức, Công nghệ gốm xây dựng, Nhà xuất bản xây dựng Hà Nội, 1999.

[2]. Viện vật liệu xây dựng - Bộ xây dựng, TCVN 9133:2011 về ngói trắng men, 16.01.2011.

[3]. T. Sugiyama, H. Kakiuchida, K. Kusumoto, M. Ohashi, Phản xạ năng lượng mặt trời của gạch men, trong những tiến bộ của khoa học và công nghệ, Phản xạ năng lượng mặt trời của gạch men, 01.10.2014.

[4]. Hao Ding, James Kit - Hon Tsoi, Chi - Wai Kan, Jukka P Matinlinna, A simple solution to recycle and reuse dental CAD/CAM zirconia block from its waste residuals, J - Stage, 06.10.2020.

[5]. Jide Han, Fei Zhang, Bart Van Meerbeek, Jozef Vleugels, Annabel Braem, Sylvie Casta, Laser surface texturing of zirconia-based ceramics for dental applications: A review, 11.03.2021.

[6]. Garanin, A.L. Kozlovskiy, N.O. Volodina, D.I. Shlimas, M.V. Zdorovets, R.I. Shakirzyanov, D.B. Borgekov, Yu.A, Study of phase composition, microstructure and hardness of multicomponent zirconia-based ceramics, 23.09.2024 .

[7]. E. M. Ibrahim, I. S. Ahmed, M. M. Moustafa and A. A. Ali, Zirconium oxide nanoparticles: Preparation, characterization and optical properties, 2022.

[8]. TCVN 7131 : 2002 Đất sét – Phương pháp phân tích hóa học..

[9]. TCVN 7737:2007 (ISO 9050:2003) Kính xây dựng – Phương pháp xác định độ xuyên quang, độ phản quang, tổng năng lượng bức xạ mặt trời truyền qua và độ xuyên bức xạ tử ngoại.

[10]. TCVN 6598:2000 Nguyên liệu sản xuất gốm xây dựng.