

Ảnh hưởng của TiO₂ tới độ phản xạ năng lượng mặt trời ở vùng hồng ngoại gần của men ngói gốm

Nguyễn Văn Trung¹

¹ Trung tâm Gốm sứ - Thủy tinh, Viện Vật liệu xây dựng

TỪ KHOÁ

Men ngói phản xạ năng lượng mặt trời cao
Ảnh hưởng TiO₂ tới phản xạ hồng ngoại
Men ngói gốm lạnh
Ngói gốm lạnh

TÓM TẮT

Men cho ngói gốm thường trong và có hệ số truyền năng lượng mặt trời cao và hệ số phản xạ năng lượng mặt trời thấp. Do đó, năng lượng mặt trời đi vào trong phần thân ngói nhiều và bức xạ ra môi trường xung quanh làm giảm khả năng che chắn, cách nhiệt, chống nóng của ngói gốm tráng men. Oxit TiO₂ được thêm vào men ngói gốm trong với các hàm lượng khác nhau 0 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 % và 10 % và khảo sát sự ảnh hưởng của nó tới khả năng phản xạ năng lượng mặt trời của ngói gốm tráng men. Kết quả khảo sát cho thấy khả năng phản xạ năng lượng mặt trời của ngói gốm tráng men tăng lên tỷ lệ thuận với hàm lượng TiO₂ trong men, tăng đột biến tại 6,5 % và cao nhất tại 8 % và gần như không tăng nữa. Tại hàm lượng 8 % TiO₂, men ngói có hệ số phản xạ năng lượng mặt trời đạt 0,84. Ngoại quan của men ngói cũng thay đổi theo hàm lượng TiO₂ trong men, từ trong suốt chuyển dần sang trắng.

KEYWORDS

Cool roof tile
High NIR reflectance glaze

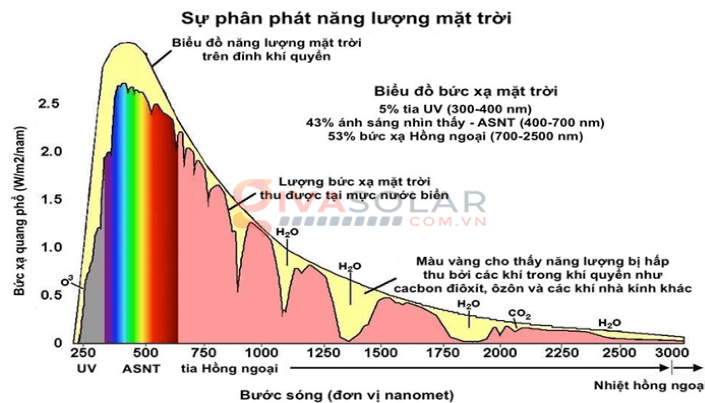
ABSTRACT

The glaze for ceramic tile is usually clear and has high solar transmittance and low solar reflectance. Therefore, more solar energy enters the body of the tile and emits to the surrounding environment, reducing the ability of ceramic roof tiles to shield, insulate, and resist heat. TiO₂ oxide was added to clear ceramic roof tile glaze with different concentrations of 0 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 % and 10 % and investigated its influence on the solar reflectivity of ceramic roof tile. The results show that the ability to reflect solar energy of glazed ceramic roof tiles increases when the concentration of TiO₂ in the glaze increases and reaches the highest at 8 % and almost does not increase anymore. At 8 % TiO₂ content, ceramic roof tile glaze has a solar reflectance coefficient of 0,84. The appearance of tile glaze also changes according to the TiO₂ content in the glaze, from transparent to white.

1. Giới thiệu

Trái đất nhận được nguồn năng lượng từ mặt trời dưới dạng bức xạ điện từ. Bức xạ này nằm trong một quang phổ kéo dài từ tia gamma đến sóng vô tuyến và cực đại nằm trong vùng ánh sáng khả kiến. Khi đi đến trái đất, các bức xạ có bước sóng ngắn bị tầng ozon

hấp thụ, phần còn lại xuyên qua chủ yếu ở vùng tử ngoại đến vùng hồng ngoại gần có bước sóng từ 300 nm đến 1500 nm. Năng lượng của bức xạ xuyên qua này tập trung chủ yếu ở vùng khả kiến (khoảng 48 %) và vùng hồng ngoại (khoảng 46 %). Bề mặt trái đất hấp thụ khoảng 50 % nguồn năng lượng từ bức xạ trực tiếp, phần còn được các tác nhân như CO₂, hơi nước, bụi, ... hấp thụ và giải phóng vào khí quyển.



Hình 1. Biểu đồ thể hiện sự phân phối năng lượng bức xạ mặt trời theo bước sóng.

*Liên hệ tác giả: nguyentrungslc@gmail.com

Nhận ngày 08/09/2023, sửa xong ngày 29/12/2023, chấp nhận đăng ngày 03/01/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2024.568>

Khi bức xạ mặt trời tương tác với vật liệu sẽ xảy ra hiện tượng phản xạ, xuyên qua, hấp thụ và tán xạ. Tương ứng với các hiện tượng đó, vật liệu sẽ có các độ phản xạ, hấp thụ, truyền qua và tán xạ đối với bức xạ mặt trời. Mỗi một vật liệu và môi trường khác nhau sẽ có những chiết suất đặc trưng cho sự cản trở vận tốc ánh sáng của từng vật liệu và môi trường đó.

Khi ánh sáng truyền tới tạo với bề mặt vật liệu 1 góc sao cho góc khúc xạ bằng 90°, thì góc tới đó được gọi là góc giới hạn. Nếu góc tới mà lớn hơn góc tới hạn thì hiện tượng phản xạ sẽ xảy ra.

Hiện tượng hấp thụ về bản chất là sự hấp thụ năng lượng của các hạt cấu thành nên vật liệu và chủ yếu xảy ra với các vật liệu rắn. Các hạt này thường sẽ ở trạng thái bền vững và được sắp xếp có trật tự (đối với vật liệu rắn) hoặc chuyển động liên tục (đối với chất lỏng và chất khí). Bản chất của bức xạ mặt trời là các hạt điện tử mang năng lượng. Khi các hạt điện tử tương tác với các hạt điện tử tự do của các nguyên tố cấu thành vật liệu, chúng sẽ va chạm với các hạt điện tử và truyền một phần năng lượng sang cho các hạt điện tử làm cho các điện tử đó bị dao động xung quanh vị trí của nó trong vật liệu rắn và bị lệch hướng di chuyển. Nếu năng lượng ban đầu của các hạt điện tử đủ lớn hoặc các hạt điện tử đủ nhỏ để xuyên qua các khe hở giữa các nguyên tử thì sẽ xảy ra hiện tượng truyền qua.

Đối với vật liệu silicat, các vật liệu có độ đồng nhất cao như thủy tinh, khoáng hình thành một khối lớn, thì sẽ hệ số truyền qua cao nhất. Men ngói là vật liệu thủy tinh đồng nhất, trong suốt phủ lên bề mặt xương ngói một lớp mỏng và bám chặt vào xương ngói. Do là vật liệu

thủy tinh trong suốt nên men ngói có hệ số truyền qua cao, hệ số phản xạ thấp do đó dẫn truyền lượng lớn năng lượng mặt trời vào xương ngói và làm nóng xương ngói. Năng lượng này thông qua sự bức xạ, dẫn nhiệt truyền vào môi trường dưới lớp ngói làm nhiệt độ tăng lên. Để giảm hiện tượng này cần nâng cao hệ số phản xạ của men ngói hay làm ngói trở lên “lạnh hơn” hay gọi cách khác là tạo ra các “mái lạnh” hay “cool roof”.

Có nhiều phương pháp để tạo ra một mái lạnh, điển hình là phủ lên bề mặt các vật liệu làm mái các lớp phủ có tính chất phản xạ cao. Với cách này thì chủ yếu sử dụng lớp phủ có nguồn gốc hữu cơ, tuy nhiên lớp phủ có nguồn gốc hữu cơ thường có độ bền không cao, không chịu được thời tiết nên khi sử dụng cho các vật liệu làm mái bị hạn chế. Với men ngói là vật liệu thủy tinh có độ bền cao, chịu thời tiết tốt thì sẽ sử dụng các hợp chất, đơn chất vô cơ bền nhiệt, không tan trong men, phân tán vào men nhằm tăng chiết suất của men và tăng hệ số phản xạ của men. Một số ô xít thường được sử dụng cho mục đích này như TiO_2 , Sb_2O_3 . Đây là các oxit có chiết suất cao, tạo đục tăng hiện tượng khúc xạ, tán xạ và phản xạ.

2. Vật liệu và phương pháp, dụng cụ, thiết bị nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu sử dụng

Cao lanh sử dụng cho nghiên cứu là cao lanh Phú Thọ được cung cấp bởi công ty Vinaglazed màu trắng, dạng cục với các thông số như sau:

Bảng 1. Thành phần hóa cao lanh Phú Thọ.

Thành phần hóa	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	TiO_2	MgO	K_2O	Na_2O	MKN
Cao lanh Phú thọ (% KL)	46,92	35,84	0,43	0,7	0,2	0,38	1,12	0,0	13,6

Frit sử dụng cho nghiên cứu là frit được cung cấp bởi công ty Vinaglazed đóng bao 50kg với các thông số như sau:

Bảng 2. Thành phần hóa của Frit ngói.

Thành phần hóa	SiO_2	Al_2O_3	ZnO	CaO	BaO	MgO	K_2O	Na_2O	B_2O_3
Frit ngói Vinaglaze (% KL)	65	6,5	6	15,5	0,5	2,5	1,5	2,0	0,5

Oxit titan TiO_2 có nguồn gốc Hàn Quốc với các thông số như sau:

Bảng 3. Thành phần hóa oxit Titan TiO_2 .

Thành phần hóa	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	CaO	FeO	MgO	V_2O_5	K_2O
Oxit titan Hàn Quốc (% KL)	0,17	0,11	98,47	0,01	0,01	0,05	0,43	0,24

Xương ngói bán khô của công ty Cổ phần Viglacera Thăng Long, có nhiệt độ kết khối khoảng 1110 °C.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp nghiên cứu sử dụng:

- Phân tích thành phần hóa TCVN 7131:2002 Đất sét – Phương pháp phân tích hoá học
- Phân tích thành phần hóa XRF
- 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 hành tinh, tốc độ 300 vòng/phút;

- Dụng cụ đo tỷ trọng, độ nhớt hồ men, tủ sấy có nhiệt độ làm việc tối đa 300 °C;
- Lò nung thanh lăn thí nghiệm, nhiệt độ tối đa 1350 °C;
- Máy quang phổ Jasco V770

2.4 Quá trình thực nghiệm

2.4.1. 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 oxit titan với các tỷ lệ cho ở Bảng 4 với 2 giai đoạn. 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 : 0,5 và phụ gia nghiền. Men được kiểm tra qua sàng 0,045 μm. 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 1,7 g/cm³, độ nhớt nằm trong khoảng 30-40 s. Men được tráng lên xương ngói có kích thước (5 x 5) cm của công ty Cổ phần Viglacera Thăng Long, nung ở nhiệt độ 1110 °C trong lò thanh lăn, lưu 15 phút, tốc độ nâng nhiệt 200 độ / giờ.

Bảng 4. Tỷ lệ oxit titan TiO₂ thêm vào men gốc.

	Ký hiệu	Tỷ lệ phối liệu men gốc (%)	Tỷ lệ TiO ₂ (%)
Giai đoạn I	M _g	100	0
	M ₂	98	2
	M ₄	96	4
	M ₆	94	6
	M ₈	92	8
	M ₁₀	90	10
Giai đoạn II	M ₅	95	5
	M _{6,5}	93,5	6,5
	M ₇	93	7
	M _{7,5}	92,5	7,5

2.4.2. Đo hệ số phản xạ bức xạ mặt trời

Các mẫu nung đạt yêu cầu về ngoại quan như men chảy bóng, bám chắc vào xương ngói, không có khuyết tật được đo hệ số phản xạ bức xạ mặt trời, đo màu bằng máy quang phổ Jasco V770 UV-Vis theo tiêu chuẩn ISO 9050:2003 trong khoảng bước sóng λ từ 300 nm đến 2500 nm. Dựa trên kết quả đo được lựa chọn khoảng có sự thay đổi lớn về hệ số bức xạ, sau đó thử thêm với các khoảng tỷ lệ nhỏ hơn để tìm ra tỷ lệ TiO₂ thêm vào men tối ưu để có hệ số phản xạ bức xạ mặt trời lớn nhất.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng TiO₂ đến tính chất của hồ men

Hồ men ngói sử dụng ở các nhà máy thường có tỷ trọng khoảng 1,7 g/ml và có độ nhớt nằm trong khoảng 30 s – 40 s. Thông qua tính toán thì để đạt được tỷ lệ này thì tỷ lệ nguyên liệu/nước = 2/1 và phụ gia nghiền khoảng 0,04 %. Các phối liệu nghiền của giai đoạn I gồm các bài M_g, M₂, M₄, M₆, M₈, M₁₀ nghiền trong máy nghiền bi tốc độ 300 vòng/phút trong 120 phút. Tất cả các mẫu được qua sàng 0,045 μm. Tỷ trọng và độ nhớt các mẫu này thể hiện ở Bảng 5.

Bảng 5. Tỷ trọng và độ nhớt của các phối liệu nghiền.

Ký hiệu	Tỷ trọng ρ (g/ml)	Độ nhớt η (s)	Độ nhớt sau điều chỉnh η (s)
M _g	1,700	29	-
M ₂	1,707	29	-
M ₄	1,711	34	-
M ₆	1,728	38	-
M ₈	1,735	42	36
M ₁₀	1,740	48	38

Như vậy, các mẫu chứa 0-6 % TiO₂ có độ nhớt nằm trong khoảng cho phép thông thường. Riêng với các mẫu 8 % và 10 % thì độ nhớt nằm ngoài khoảng cho phép. Khi tiến hành điều chỉnh bằng phụ gia nghiền thì độ nhớt đã trở về khoảng cho phép.

Tỷ trọng của hồ tăng theo tỷ lệ của TiO₂ trong men. Điều này dễ hiểu do lượng chất tan đã tăng lên trên tổng dung dịch hồ men.

3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng TiO₂ đến hệ số phản xạ bức xạ mặt trời của mẫu men

Hệ số phản xạ của các mẫu xương ngói tráng men đo ở bước sóng 300 nm – 2500 nm được thể hiện ở Bảng 6:

Bảng 6. Hệ số phản xạ bức xạ mặt trời của các mẫu men tráng lên xương ngói ở giai đoạn I.

Ký hiệu	Tỷ lệ men ngói (% khối lượng)	Tỷ lệ TiO ₂ (% khối lượng)	Hệ số phản xạ; R _{sol}
M _g	100	0	19,38
M ₂	98	2	22,37
M ₄	96	4	19,25
M ₆	94	6	37,07
M ₈	92	8	84,27
M ₁₀	90	10	84,85

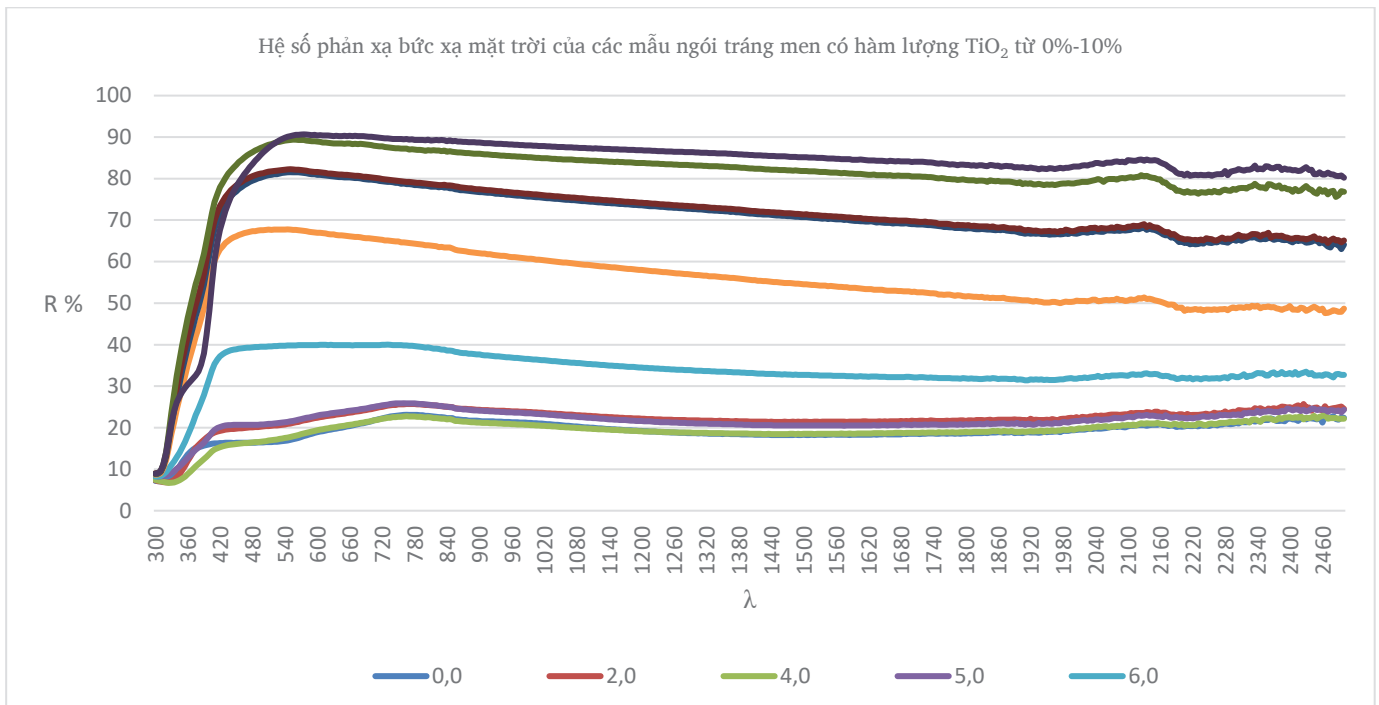
Hệ số phản xạ bức xạ mặt trời có sự thay đổi lớn tương ứng với hàm lượng TiO₂ trong phối liệu trong khoảng 4 %-8 %. Đạt mức cao nhất hơn 84 % tương ứng với khoảng 8 %-10 % hàm lượng TiO₂ trong men.

Hệ số phản xạ bức xạ năng lượng mặt trời được khảo sát các khoảng hàm lượng TiO₂ trong phối liệu là 5 %, 6,5 %, 7 % và 7,5 % để thấy rõ hơn khoảng xảy ra sự thay đổi lớn hệ số phản xạ bức xạ mặt trời. Kết quả thu được thể hiện ở Bảng 7.

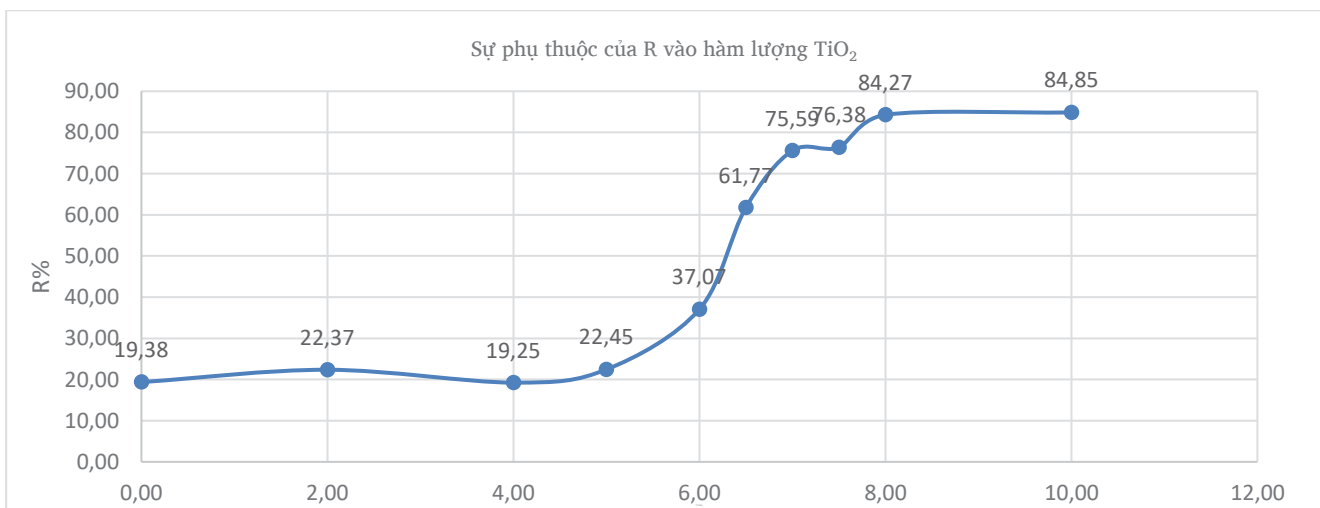
Sự thay đổi lớn kiểu bước nhảy của hệ số phản xạ bức xạ mặt trời xảy ra ở khoảng hàm lượng 6,5 % khối lượng TiO₂ trong phối liệu men.

Bảng 7. Hệ số phản xạ bức xạ mặt trời của các mẫu men tráng lên xương ngói ở giai đoạn II.

Ký hiệu	Tỷ lệ men ngói (% khối lượng)	Tỷ lệ TiO ₂ (% khối lượng)	Hệ số phản xạ; R _{sol}
M ₅	95	5	22,45
M _{6,5}	93,5	6,5	61,77
M ₇	93	7	75,59
M _{7,5}	92,5	7,5	76,38



Hình 2. Biểu đồ hệ số phản xạ bức xạ mặt trời của ngói tráng men có TiO₂.



Hình 3. Sự phụ thuộc của R vào tỷ lệ hàm lượng TiO₂ trong men.

3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng TiO_2 đến màu thể hiện của men tráng lên xương ngói

Màu của các mẫu men sau nung được đo theo CIE $L^*a^*b^*$ được thể hiện ở Bảng 8. Màu có sự biến đổi từ không màu qua trắng đục và trắng sáng.

Bảng 8. Tọa độ màu của các mẫu men.

Ký hiệu	L^*	a^*	b^*
M_g	48,87	3,07	2,48
M_2	53,22	1,84	2,88
M_4	49,47	2,33	4,27
M_5	53,77	2,04	2,21
M_6	69,28	-0,34	1,33
$M_{6,5}$	85,68	-1,23	1,41
M_7	92,07	-1,54	3,39
$M_{7,5}$	92,4	-1,46	2,88
M_8	95,38	-1,51	4,06
M_{10}	95,52	-2,24	8,68

Các mẫu men có hàm lượng TiO_2 dưới 6,5 % có sự biến đổi màu mạnh, thể hiện bằng các tọa độ màu cách xa nhau. Ngược lại các mẫu men có hàm lượng TiO_2 từ 6,5 % trở lên thì tọa độ màu ở sát nhau, thể hiện cùng một tông màu trắng.

4. Kết luận

Oxit titan TiO_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 TiO_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 84 % và không thay đổi nhiều khi hàm lượng TiO_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 TiO_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.