

Men hiệu ứng miệng núi lửa trong nghệ thuật trang trí gốm sứ

Nguyễn Thành Đông ^{1*}, Nguyễn Thu Trang ¹

¹ Trường Hóa và Khoa học sự sống, Đại học Bách Khoa Hà Nội

TỪ KHOÁ

Men gốm
Miệng núi lửa
Gốm mỹ nghệ
Cacbua silic

TÓM TẮT

Men hiệu ứng miệng núi lửa là dòng men gốm có tính thẩm mỹ cao trong lĩnh vực trang trí nghệ thuật. Hiệu ứng này có được là do hợp chất SiC trong men đã phản ứng sinh khí tập trung ở đúng thời điểm men nóng chảy lỏng để phá vỡ màng men thoát ra ngoài và hình thành lên các miệng lỗ mang hiệu ứng giống như miệng núi lửa. Thành phần phối liệu, chế độ nung, độ nhớt của men khi nóng chảy lỏng, độ dày lớp men phủ, phụ gia hỗ trợ thoát khí, phụ gia tạo màu men... là những yếu tố kỹ thuật quan trọng được tập trung khảo sát. Kết quả nghiên cứu đã thiết lập được bài men với các thông số công nghệ phù hợp, tạo được sự đa dạng về hiệu ứng miệng núi lửa trên bề mặt men gốm.

KEYWORDS

Ceramic glaze
Crater glaze
Fine art ceramics
Silicon carbide

ABSTRACT

Crater glaze is a kind of ceramic glazes used in artistic decoration. This effect is due to the SiC compound in the glaze reacting to produce concentrated gas at the right time when the glaze has just melted to break the glaze film and form holes with a crater-like effect. Ingredients, sintering condition, viscosity of glaze when melted, thickness of glaze layer, gas release additives, glaze color additives, etc... are important technical factors that are focused on investigation. The research results have established a glaze with appropriate technological parameters, creating a diversity of crater effects on the ceramic glaze surface.

1. Giới thiệu

Nước ta là một trong những nước có lịch sử phát triển ngành gốm sứ từ khá sớm, đặc biệt là các sản phẩm gốm sứ mỹ nghệ. Theo các nghiên cứu khoa học và khảo cổ, các đồ gốm sớm nhất được tìm thấy tính tới thời điểm hiện tại vào khoảng 6000 năm trước công nguyên. Hiện nay, đã có nhiều làng nghề sản xuất gốm sứ mỹ nghệ truyền thống được hình thành như Bát Tràng, Lái Thiêu, Thổ Hà, Chu Đậu... Theo thống kê, trong 10 tháng đầu năm 2023 xuất khẩu gốm sứ mỹ nghệ sang thị trường Châu Âu chiếm 34,7% so với tổng kinh ngạch xuất khẩu các mặt hàng này trong cả nước, tương đương với 39,64 triệu USD, sang thị trường Hoa Kỳ là 32,9%, tương đương với 37,40 triệu USD [1]. Chỉ với một vài số liệu thống kê nhưng đã cho thấy tiềm năng và giá trị kinh tế của sản phẩm gốm sứ là mỹ nghệ là rất lớn.

Khi kinh tế ngày càng phát triển thì nhu cầu mua sắm, trang trí nhà cửa, kiến trúc sân vườn bằng các sản phẩm gốm sứ nghệ thuật ngày càng cao. Để đáp ứng nhu cầu và thị hiếu của thị trường, các dòng men gốm sứ mỹ nghệ tạo các hiệu ứng đặc biệt luôn được chú ý nghiên cứu và sản xuất, trong đó có dòng men tạo hiệu ứng miệng núi lửa trên bề mặt vì nó tạo được vẻ đẹp riêng cho sản phẩm, mang lại giá trị kinh tế cao. Hệ men này sau khi nung sẽ hình thành các miệng hố sâu hoặc các bong bóng khí với kích thước khác nhau trên bề mặt men (Hình 1). Tuy nhiên việc kiểm soát công nghệ để tạo ra dòng sản phẩm mỹ nghệ này còn nhiều khó khăn do thường gặp các vấn đề kỹ thuật như: không thể tạo bọt khí, bọt khí không vỡ khỏi bề mặt men, men bị trôi và lấp đầy những vị trí thoát khí, tính thẩm mỹ không cao...



Hình 1. Sản phẩm gốm mỹ nghệ men hiệu ứng miệng núi lửa [2].

Những minh chứng về lịch sử mề ngành khảo cổ học đã khai quật được cho thấy, từ thời Ai Cập cổ đại vào khoảng 4500 năm trước Công nguyên người ta đã tìm thấy những mẫu vật của men hiệu ứng miệng núi lửa. Vào thời điểm đó, vật liệu này là một hỗn hợp của silica, vôi và soda, thường được dùng để đắp lên các bức tượng trang trí và các đồ trang sức [3]. Ngoài hiệu ứng miệng núi lửa được hình thành từ lớp men trên bề mặt, đôi khi nó còn được tìm thấy trong gốm sứ Ai Cập do natri cacbonat trong vật liệu sủi bọt từ bên trong xương và nổi lên bề mặt trong quá trình nung [3]. Đây là điểm khác biệt so với việc sử dụng có chủ ý hợp chất SiC để tạo ra hiệu ứng này trong gốm sứ hiện đại.

Tại Nhật Bản, men hiệu ứng miệng núi lửa phát triển trong thời kỳ Momoyama (1573-1615) đã tạo ra một góc nhìn khác của men có hiệu ứng miệng núi lửa gọi là men Shino [4] với lớp men chảy dần đều hoàn chỉnh, xuất hiện các vết lõm trên bề mặt. Tuy chưa hoàn tạo được miệng núi lửa lớn như ngày nay, nhưng men hiệu ứng núi lửa của Shino đã thể hiện được bước đột phá trong việc chế tạo men thời kỳ đó. Sau này, dòng men tạo hiệu ứng miệng núi lửa tiếp tục được nghiên cứu và

*Liên hệ tác giả: dong.nguyenthanh1@hust.edu.vn

Nhận ngày 02/07/2024, sửa xong ngày 23/08/2024, chấp nhận đăng ngày 26/08/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2024.688>

phát triển bởi nhiều các nghệ nhân tên tuổi khác nhau như Akiko Hirai, Lucie Rie, Otto Natzler..., mỗi nghệ nhân đã phát triển men núi lửa theo một phong cách riêng, tạo ra được những nét thẩm mỹ riêng để tạo nên sự đa dạng cho dòng men này [4].

Men tạo hiệu ứng miệng núi lửa được Lucie Rie nghiên cứu vào đầu những năm 1960 đến 1970 [5]. Qua quan sát như trên hình 2 có thể thấy, với sự kết hợp của bề mặt xương khá gồ ghề, tạo vẻ tự nhiên và lớp men đang trong trạng thái sôi đã tạo ra những nét đặc trưng của lớp men hiệu ứng miệng núi lửa. Thêm vào đó là sự pha trộn của những gam màu nhẹ nhàng chồng xếp trên chiếc bình cho thấy sự kết hợp hài hòa, sự pha trộn hoàn hảo giữa nét cổ điển mang đậm phong cách thẩm mỹ của tác giả với sở thích vui nhộn của người tiêu dùng tại thời kỳ đó.

Vào năm 1958, Nhà Natzler đã chế tác ra tác phẩm đầu tiên sử dụng men hiệu ứng miệng núi lửa để trang trí bề mặt gốm mỹ nghệ (Hình 3). Kết quả quan sát cho thấy lớp men tạo thành một kết cấu bề mặt đa dạng, với những miệng hố núi lửa cỡ nhỏ được hình thành. Cấu trúc bề mặt tác phẩm của Nhà Natzler thể hiện hiệu ứng men núi lửa rõ ràng hơn so với các tác phẩm của nghệ nhân Lucie Rie [5].



Hình 2. Tác phẩm của Lucie Rie. **Hình 3.** Tác phẩm của Nhà Natzler.

Nguyên nhân của quá trình hình thành các miệng hố tạo hiệu ứng men núi lửa là do sự thoát bọt khí trong quá trình nung tạo các miệng hố tròn kín và hờ có kích thước khác nhau trên bề mặt men. Đối với các hệ men bóng thông thường, bọt khí không những làm giảm độ bóng và mỹ quan của men, mà còn làm tăng nguy cơ động biến, động ẩm trên bề mặt men. Tuy nhiên với men núi lửa, đó lại là hiệu ứng mong muốn tạo ra trên bề mặt sản phẩm sau nung.

Việc tạo bọt khí trên bề mặt men có thể là do các lỗ xốp không khí hình thành trong xương và men sau khi sấy tách nước, do bọt khí còn lẫn trong men khi tráng lên sản phẩm hoặc trong quá trình nung xảy ra các phản ứng phân hủy của các nguyên liệu, tạp chất nằm trong thành phần xương, men như muối cacbonat, sunfat, nitrat... Tuy nhiên các quá trình sinh khí này thường xảy ra sớm, các bọt khí thoát ra rất nhỏ và bị lớp men lỏng nóng chảy lấp kín lại một phần hoặc hoàn toàn, không hình thành được hiệu ứng như mong muốn [6].

Quá trình thoát khí ở men chiếm vai trò chủ đạo để có thể hình thành các miệng hố núi lửa. Trong đó, cần đưa vào bài men những chất có thể phản ứng tạo khí và thoát ra ở đúng thời điểm nhiệt độ nung cao nhất, tương ứng với một giá trị độ nhớt của men đủ nhỏ để có thể tụ tập được các bọt khí nhỏ thành bọt khí lớn, nhưng cũng không quá nhỏ để các bọt khí đã nổ vỡ trên bề mặt men bị lấp kín lại.

Trong số các chất đưa vào để đáp ứng được yêu cầu này thì SiC

là nguyên liệu có thể tạo phản ứng sinh khí ở vùng nhiệt độ nóng chảy men nên có nhiều tiềm năng sử dụng trong các bài phối liệu men tạo hiệu ứng miệng núi lửa [7]. Các phân tích cho thấy SiC khi nung tại nhiệt độ cao dần dần bị biến đổi thành oxit của silic đồng thời hình thành lớp giống than chì với thành phần chính là C. Khi có lượng O₂ dư thừa, lớp giống than chì tiếp tục bị oxy hóa thành CO và CO₂. Nghiên cứu của David A. Newsome và cộng sự [7] cho thấy quá trình oxy hóa SiC bởi O₂ sẽ hình thành được liên kết Si-O và một cấu trúc giống carbon theo các phản ứng sau:



Do khả năng oxy hóa của Silicon cao hơn so với Carbon nên nó cạnh tranh tốt hơn để chiếm lấy các nguyên tử oxy, hình thành nên vật chất thủy tinh giàu SiO₂, còn Carbon sẽ chỉ một phần bị oxy hóa thành CO và nếu môi trường nung còn dư nhiều oxy, kết hợp với điều kiện nung thuận lợi thì CO mới tiếp tục bị oxy hóa hoàn toàn thành CO₂.

Trong quá trình thoát khí, các khí CO và CO₂ tập hợp tạo thành các bọt khí với các kích thước khác nhau và thoát ra ở khoảng nhiệt độ trên 1000°C tạo ra các miệng hố trên bề mặt men. Tại thời điểm đó, độ nhớt của lớp men lỏng nóng chảy phải đủ nhỏ để các bọt khí có thể tập hợp lại và thoát khỏi bề mặt men nhưng cũng cần phải duy trì đủ cao để cản trở việc chảy dàn đều, lấp bù vào các miệng hố do các bọt khí để lại.

Như vậy, có thể nhận thấy cơ chế hình thành hiệu ứng miệng núi lửa trên bề mặt men trong gốm sứ hiện đại là nhờ phản ứng sinh khí của SiC, trong đó việc kiểm soát độ nhớt của lớp men lỏng nóng chảy được xem là yếu tố kỹ thuật then chốt để hình thành được hiệu ứng miệng núi lửa ở các mức độ khác nhau do lượng SiO₂ mới sinh từ phản ứng số (1) và số (2) đã làm biến động độ nhớt của men gốc, đồng thời mức độ sinh khí, tập hợp và thoát bọt khí cũng rất nhạy với sự biến thiên của độ nhớt.

2. Nguyên liệu và quy trình thí nghiệm

2.1 Nguyên liệu

Phối liệu xương dùng trong nghiên cứu là phối liệu dẻo đã được nghiền, trộn và ủ đồng nhất theo quy trình, được sử dụng trong việc tạo xương của các sản phẩm gốm sứ mỹ nghệ đảm bảo nhiệt độ nung trong khoảng 1200 °C ÷ 1300 °C với độ hút nước ≤ 5 %.

Các phối liệu men trong nghiên cứu này được tổ hợp từ nhiều nguyên liệu khác nhau với thành phần hóa học bao gồm các loại oxit có tác dụng điều chỉnh các tính chất của men để đảm bảo mức độ chảy dàn đều cũng như quá trình thoát bọt khí tạo hiệu ứng miệng núi lửa trên bề mặt khi men nóng chảy lỏng.

2.2. Quy trình thí nghiệm

Các nguyên liệu men được cân theo tỷ lệ phối liệu đã tính toán bằng cân điện tử có độ chính xác 10⁻² g. Sau khi cân, phối liệu được

nghiên ướt bằng máy nghiền bi để nghiền mịn phối liệu và trộn đồng nhất men, thời gian nghiền được điều chỉnh để đảm bảo độ mịn theo yêu cầu sàng 45 μm là 0 %.

Men được tráng lên mộc bằng phương pháp nhúng đối với các mẫu nhỏ và xối với các mẫu có kích thước lớn. Tùy vào độ dày của lớp men cần đạt được sẽ điều chỉnh tỷ trọng men, thời gian, số lần nhúng, xối cho phù hợp. Sau khi tráng men, mẫu sẽ được chỉnh sửa, loại bỏ phần men thừa và sấy khô trước khi nung.

Mẫu được nung ở các nhiệt độ khác nhau để khảo sát sự thay đổi của bề mặt men. Do lò nung sử dụng là lò điện nên khi nâng nhiệt đến khoảng nhiệt độ men chảy lỏng cần hé mở cửa lò để cung cấp oxi cho các phản ứng cần thiết.

Mẫu sau nung được đánh giá ngoại quan để đưa ra các nhận định về mức độ hình thành hiệu ứng miệng núi lửa và định hướng điều chỉnh cho các nghiên cứu tiếp theo.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thiết lập bài men gốc

Để chế tạo được hệ men hiệu ứng miệng núi lửa, trước tiên cần nghiên cứu để thiết lập bài men gốc đảm bảo trạng thái chảy phù hợp ở khoảng nhiệt độ nung lựa chọn hợp lý là 1200-1250°C. Trên cơ sở phân tích về vai trò của các oxit trong men và diễn biến các tính chất của men khi nung [6], kết hợp với khảo sát thực tế trạng thái bề mặt của mẫu men sau nung đã thiết lập được bài men gốc có thành phần hóa học như trong bảng 1 dưới đây, mẫu men nung tại nhiệt độ 1200°C như trên hình 4 cho thấy bề mặt đã chảy bóng láng, phù hợp với yêu cầu của nghiên cứu này.

Bảng 1. Thành phần hóa học của bài men gốc.

Tỷ lệ các oxit, % khối lượng								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	BaO	Li ₂ O
58,07	15,77	0,14	7,15	0,15	6,88	2,62	5,91	3,30



Hình 4. Mẫu men gốc sau nung ở 1200 °C.

3.2. Khảo sát sự sinh khí trong men khi bổ sung SiC

SiC được bổ sung vào trong bài men gốc với tỷ lệ 2,5%. Mẫu được tráng men với độ dày khác nhau, sau đó được sấy khô rồi nung ở

nhệt độ 1200 °C, lưu 30 phút. Quan sát trạng thái bề mặt mẫu sau nung như trong Hình 5 có thể nhận thấy: Sự có mặt của SiC trong men giúp cho men sinh ra một lượng khí lớn tại nhiệt độ nung làm cho bề mặt mẫu hình thành nhiều miệng lỗ khí nhỏ, phân bố đều và lớp men bị phồng lên đáng kể. Khi tráng men dày hơn (Hình 5b) thì độ phồng của lớp men cũng tăng lên, kích thước một số bọt khí thoát ra lớn hơn so với khi tráng mỏng (Hình 5a).



(a) lớp men mỏng (b) lớp men dày

Hình 5. Mẫu men gốc bổ sung 2,5% SiC.

Mặc dù việc bổ sung SiC đã cho thấy hiệu quả của sự sinh khí lớn nhưng các bọt khí vẫn gặp khó khăn trong việc tập hợp để hình thành các miệng lỗ khí lớn (miệng núi lửa) trên bề mặt men. Đồng thời, màu sắc của men khi bổ sung thêm SiC cũng bị thay đổi rõ rệt so với bài men gốc chứng tỏ vẫn còn một lượng khá lớn SiC chưa tham gia phản ứng.

Nguyên nhân có thể là do thời điểm sinh khí do phản ứng của SiC với O₂ thì độ nhớt của lớp men nóng chảy lỏng vẫn khá cao và khi đó màng men chảy lỏng ngăn cản sự thẩm thấu khí vào sâu trong lớp men. Việc độ nhớt của men cao còn có thể lý giải bởi sự gia tăng hàm lượng SiO₂ do phản ứng của SiC với O₂ theo (1). Vì vậy khi bổ sung thêm SiC cũng cần tiếp tục điều chỉnh phối liệu men để hạ thấp độ nhớt của men khi nóng chảy.

3.3. Vai trò của TiO₂ đến hệ men chứa SiC

Trong nghiên cứu của Matt [8] và Almamari [9] về men hiệu ứng miệng núi lửa đều cho thấy sự có mặt của TiO₂ nên có thể đây chính là một chất xúc tác quan trọng giúp tăng hiệu suất phản ứng của SiC với O₂ để hình thành được lượng bọt khí lớn trong khoảng nhiệt độ nung 1200 – 1250 °C. Để kiểm chứng vấn đề này, TiO₂ được bổ sung vào phối liệu với lượng 2,5 %, thành phần hóa học của bài men gốc sau điều chỉnh như trong Bảng 2.

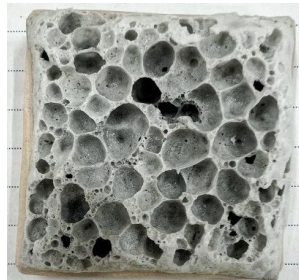
Mẫu sau nung như trong Hình 6 dưới đây đã cho thấy có sự tăng lên đáng kể về thể tích của bọt khí so với mẫu không có TiO₂, bề mặt mẫu vẫn còn hình thành lớp màng men (Hình 6a) nhưng mỏng hơn rất nhiều so với các mẫu không chứa TiO₂, khi phá vỡ lớp màng mỏng sẽ để lộ ra các bọt khí lớn (Hình 6b). Về màu sắc lớp men, khi bổ sung TiO₂ cũng làm màu sắc nhạt hơn rất nhiều, chứng tỏ hầu hết lượng SiC đưa vào trong men đã được phản ứng.

Bảng 2. Thành phần hóa học của bài men bổ sung TiO_2

Tỷ lệ các oxit, % khối lượng									
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	BaO	Li_2O	TiO_2
56,62	15,38	0,14	6,97	0,15	6,71	2,55	5,76	3,22	2,5
SiC bổ sung 2,5% trên tổng 100% bài men									



(a) bề mặt men sau nung



(b) lỗ rỗng dưới màng men mỏng

Hình 6. Trạng thái lớp men sau nung khi có mặt TiO_2 .

Để làm rõ hơn nữa vai trò của TiO_2 trong hệ men này, 2 bài men không chứa SiC, có TiO_2 (2,5%) và không có TiO_2 được nung và so sánh trạng thái chảy lỏng trên bề mặt đứng. Kết quả cho thấy có sự khác biệt rõ rệt về mức độ chảy lỏng của men. Mẫu men có TiO_2 (Hình 7a) cho thấy men chảy lỏng tụt khỏi bề mặt xuống dưới chân với mức độ nhiều hơn mẫu không có TiO_2 (Hình 7b). Với mẫu men trụ, khi bổ sung TiO_2 (Hình 8a) thì mức độ chảy tràn mỏng cũng tốt hơn so với mẫu không có TiO_2 (Hình 8b). Điều này cho thấy độ nhớt trong hệ men đã được giảm xuống đáng kể khi bổ sung TiO_2 và đây được xem là yếu tố kỹ thuật quan trọng đối với hệ men hiệu ứng miệng núi lửa.



(a) có TiO_2



(b) không có TiO_2

Hình 7. Bề mặt đứng của các mẫu men gốc sau nung ở 1200 °C.



(a) có TiO_2



(b) không có TiO_2

Hình 8. Mẫu men trụ chảy lỏng sau nung ở 1200°C.

3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung và độ dày lớp men khi tráng đến hiệu ứng miệng núi lửa

Thông qua các nội dung khảo sát phía trên, để có thể hình thành được hiệu ứng miệng núi lửa thì trong thành phần men của nghiên cứu này cần đến sự có mặt của TiO_2 với lượng 2,5%, thành phần hóa học như đã nêu trong bảng 2. Tuy nhiên, để thấy rõ được hiệu ứng miệng núi lửa hình thành từ lớp men, cần triển khai tráng men lên bề mặt xương gốm có kích thước đủ lớn và là các bề mặt đứng. Trong phạm vi nghiên cứu này, sản phẩm cốc gốm trang trí có kích thước phù hợp để nung trong lò thí nghiệm được lựa chọn để tráng men.

Men tráng lên bề mặt cốc được pha chế ở cùng một tỷ trọng, độ dày mỏng của lớp men được kiểm soát thông qua số lần nhúng và thời gian nhúng. Nhiệt độ nung được thiết lập ở các mức 1200 °C, 1225 °C và 1250 °C. Ngoài ra, để tăng cường tính thẩm mỹ thì một số chất màu gốm cũng được bổ sung để tạo nên sự đa dạng về màu sắc cho hệ men này.

Hình 9 là ảnh của các mẫu cốc sau nung ở 1200°C, quan sát bề mặt sản phẩm có thể nhận thấy khi ứng dụng bài men này trên các bề mặt trang trí đủ lớn đã thể hiện được rõ nét hơn của hiệu ứng miệng núi lửa. Khi lớp men tráng mỏng thì các lỗ men thường nhỏ hơn, đều hơn và tỷ lệ bong bóng men bị vỡ lớn hơn so với khi tráng dày. Điều này cho thấy mặc dù khi lớp men được tráng dày thì tổng lượng khí sinh ra lớn hơn khi tráng mỏng nhưng các bọt khí khó thoát ra khỏi bề mặt men, do khó thoát ra nên các bọt men di chuyển trong lớp men và tích tụ lại thành các bọt khí lớn, lúc đó các bọt men này mới có thể thoát ra để lại các miệng lỗ hoặc chúng vẫn tích tụ dưới men thành các bong bóng kín.

Độ dày mỏng của lớp men tráng vẫn thể hiện đúng quy luật khi nâng nhiệt độ lên 1225°C (Hình 10). Đồng thời, khi pha thêm các chất màu khác nhau cũng thu được hiện trạng bề mặt khác nhau do mỗi loại chất màu đều ảnh hưởng đến độ nhớt của men ở mức độ khác nhau, mà trong hệ men này thì độ nhớt là yếu tố rất nhạy đối với bọt khí.



(a) lớp men khi tráng mỏng





(b) lớp men khí trắng dày

Hình 9. Sản phẩm tráng men nung ở 1200°C.



(a) lớp men khí trắng mỏng



(b) lớp men khí trắng dày

Hình 10. Sản phẩm tráng men nung ở 1225 °C.

Khi nâng nhiệt độ lên đến 1250°C và tráng dày thì các bọt khí càng có xu hướng tích tụ và vỡ với miệng lỗ khá to trên bề mặt men (Hình 11). Như vậy, ngoài việc tăng độ dày lớp men tráng thì việc tăng nhiệt độ nung lên một giới hạn nhất định cũng làm cho các miệng lỗ tăng lên về kích thước, thể hiện được một hiệu ứng miệng núi lửa khác biệt khá rõ nét so với lớp men tráng mỏng hơn và nung ở nhiệt độ thấp hơn.



Hình 11. Sản phẩm tráng men nung ở 1250 °C.

4. Kết luận

SiC và TiO_2 là hai thành phần quan trọng đối với phối liệu men hiệu ứng miệng núi lửa, trong đó SiC đóng vai trò phản ứng sinh khí ở thời điểm men nóng chảy lỏng còn TiO_2 đóng vai trò hạ thấp độ nhớt của lớp men lỏng nóng chảy để các bọt khí nhỏ mới sinh có thể tích tụ thành các bọt khí lớn và nổ thoát ra khỏi bề mặt men.

Có thể kiểm soát được trạng thái bề mặt và tạo được hiệu ứng miệng núi lửa ở các mức độ khác nhau theo ý muốn thông qua điều chỉnh các yếu tố như độ dày của lớp men tráng, nhiệt độ nung, chất màu bổ sung vào trong men.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Hạnh, “Tháng 11/2023, xuất khẩu gốm sứ mỹ nghệ chạm mức cao nhất trong 1 năm qua”, 09/12/2023 10:07. <https://congthuong.vn/thang-11-2023-xuat-khau-gom-su-my-nghe-cham-muc-cao-nhat-trong-1-nam-qua-290871.html>
- [2]. <https://molliebosworth.com/ceramics/crater-glazes/>
- [3]. Kyoko Yamahana, “Historical consideration of Ancient Egyptian faience through a craftsman’s point of view”, *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 130 [8], 512-518 2022. DOI: <http://doi.org/10.2109/jcersj2.22062>
- [4]. Charles Oiler “Crater Glazes: The History and Testing”, *Advanced Ceramics*, 2022.
- [5]. Rabin Cawdron-Stewart, “The Pioneering Pottery of Lucie Rie”, 2021.
- [6]. Huỳnh Đức Minh, Nguyễn Thành Đông, *Công nghệ gốm sứ*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 2009.
- [7]. David A. Newsome, Debasis Sengupta, Hosein Foroutan, Michael F. Russo and Adri C. T. van Duin, “Oxidation of Silicon Carbide by O_2 and H_2O : A ReaxFF Reactive Molecular Dynamics Study, Part I”, *The Journal of Physical Chemistry C* 116, 16111-16121, 2012. <https://doi.org/10.1021/jp306391p>
- [8]. Matt M-H, “Testing Silicon Carbide Grits In Cone 6 Lava / Crater Glazes”, 2021. <https://www.thestudiomanager.com/posts/testing-silicon-carbide-grits-in-cone-6-lava-glaze>
- [9]. Badar Mohammed Almamari, “Art and Science: The Role of Silicon Carbide in Developing High Temperature Crater Ceramic Glaze Recipes”, *SSRG International Journal of Humanities and Social Science*, 2394 – 2703, 2019.