



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0041303

(51)^{2020.01} C04B 33/13

(13) B

(21) 1-2021-01902

(22) 08/04/2021

(45) 25/10/2024 439

(43) 27/09/2021 402

(73) Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)
18 Hoàng Quốc Việt, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Quang Liêm (VN); Ứng Thị Diệu Thúy (VN); Phạm Văn Hội (VN); Nguyễn Thu Loan (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO GẠCH XÓP, CỨNG VÀ CÓ THỂ ĐIỀU KHẮC ĐỀ DÙNG TRONG PHỤC DỰNG, TRÙNG TU THÁP CHÀM VÀ CÁC CÔNG TRÌNH ĐIỀU KHẮC, TƯỢNG ĐÀI

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp chế tạo gạch xộp, cứng, có thể điều khắc tinh tế và đáp ứng kỹ thuật mài chập trong phục dựng, trùng tu tháp Chăm và các công trình điêu khắc, tượng đài, được thực hiện bằng cách: tạo ra gạch mộc từ nguyên liệu được chuẩn bị bằng cách phối trộn 80-85% khối lượng bột đất sét với 15-20% khối lượng bột than hoa hoặc than từ rơm/rạ/trấu đã được nghiền mịn, và nung gạch mộc ở nhiệt độ 850-900°C trong thời gian 5 giờ để tạo ra gạch có đồng thời bốn ưu điểm: (i) có độ cứng đảm bảo để xây dựng các đền tháp lớn; (ii) có thể chạm khắc hoa văn tinh tế; (iii) có độ xộp cao để thấm hút và thoát nước rất nhanh; (iv) đáp ứng kỹ thuật mài chập trong công nghệ xây dựng. Gạch thu được từ phương pháp nêu trên có các tính chất cơ-lý rất giống với gạch Chăm cổ.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế này thuộc lĩnh vực kỹ thuật chế tạo gạch xây dựng đảm bảo độ cứng (tiêu chuẩn mác gạch xây dựng), có thể điêu khắc nghệ thuật tinh xảo trên bề mặt, gạch bền với thời gian và không bị rêu mọc trên bề mặt theo yêu cầu xây dựng các tháp hoặc tượng đài lớn tương tự tháp Chăm. Gạch chế tạo được có bốn tính chất đặc biệt: (i) có độ xốp thích hợp để thoát nước nhanh khỏi gạch sau khi bị ngấm từ những trận mưa. Tính chất này quyết định cho những tháp Chăm hầu như không có rêu mọc trên bề mặt sau hàng nghìn năm phơi dưới nắng mưa; (ii) có đủ độ cứng (mác hơn 50) để xây dựng các kết cấu đền, tháp đồ sộ; (iii) có độ bền dẻo và khi chạm, khắc sẽ vỡ thành hạt nhỏ mịn để gia công chế tác các trang trí phù điêu tinh xảo trên bề mặt gạch bằng kỹ thuật đục, đục thủ công hoặc thiết bị cơ khí; (iv) đáp ứng được kỹ thuật mài chập để liên kết gạch trong xây dựng không sử dụng xi măng như ở các tháp Chăm. Loại gạch chế tạo bằng phương pháp của sáng chế rất thích hợp để phục dựng, trùng tu để bảo tồn các di tích tháp Chăm đã tồn tại hàng nghìn năm, nhưng đang đối diện với tình trạng xuống cấp nghiêm trọng. Một số tháp Chăm đã và đang được trùng tu với loại gạch mới không đáp ứng yêu cầu về kỹ thuật và mỹ thuật, sau thời gian ngắn đã hư hỏng lại và rất khó để chạm khắc.

Hơn nữa, theo nhu cầu trang trí ngoại thất hiện đại, loại gạch của sáng chế này hoàn toàn thích hợp để trang trí như chế tác những pho tượng, phù điêu cho các công trình ngoài trời, đảm bảo tính mỹ thuật và độ bền theo năm tháng như các tháp Chăm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Lĩnh vực nghiên cứu các phương pháp chế tạo vật liệu xây dựng đã sử dụng trong các công trình kiến trúc cổ để phục vụ phục chế và trùng tu theo đúng nguyên trạng đang được giới nghiên cứu về khoa học và công nghệ vật liệu quan tâm sâu sắc. Các công nghệ để chế tạo vật liệu xây dựng cổ đã bị thất lạc rất nhiều, vì vậy đã có khá nhiều công trình lịch sử được phục chế hoặc trùng tu, sửa chữa bằng các vật liệu không đúng nguyên trạng ban đầu, gây ra rất nhiều tranh luận trong giới khoa học công nghệ về tính bảo tồn, bảo tàng, và đặc biệt nghiêm trọng là không đảm bảo yêu cầu/quy định về bảo tồn các công trình lịch sử. Hơn nữa, nhiều vấn đề mang tính học thuật cao như các công trình cổ đã được xây dựng bằng cách nào trong thời kỳ không có các chất kết dính hiện đại như xi măng nhưng vẫn tồn tại vững chãi hàng nghìn năm, các vật liệu nhân tạo như gạch nung hoặc đất nén đã sử dụng để xây dựng công trình có những đặc điểm lý, hóa như thế nào để không bị rêu, mốc bám

phủ và không bị hủy hoại theo thời gian hàng nghìn năm phơi mưa nắng, gió sương. Tại Việt Nam, các tháp Chăm được xây dựng có dạng khối kiến trúc bằng gạch nung màu nâu đỏ, trên chân đế vững chắc, phía trên mở rộng với các hình tượng hoa và thon vút trên chóp mái. Các tháp được xây bằng tường gạch dày, bên trong tháp chỉ còn không gian khá hẹp, thường có một cửa duy nhất mở về hướng Đông (hướng mặt trời mọc). Trần tháp được cấu tạo vòm cuốn, trong lòng tháp đặt một bệ thờ thần bằng đá (đa số thờ linga-yoni là biểu tượng lưỡng tính của Thần Shiva trong Ấn giáo). Bên ngoài tháp là hình vuông, với các bức tường gạch được trang trí bằng các phù điêu chạm trổ, điêu khắc công phu hình hoa lá, chim thú, vũ nữ, thần thánh. Các viên gạch liên kết với nhau rất khít, gần như không nhìn thấy khe vữa gắn, tạo thành khối chắc chắn, bền vững trong hàng chục thế kỷ và tồn tại đến ngày nay. Lịch sử xây dựng các đền, tháp Chăm bằng gạch kéo dài từ cuối thế kỷ thứ VII đến đầu thế kỷ XVIII. Trong khoảng thời gian hơn một nghìn năm, những người Chăm-pa xưa đã để lại một số lượng lớn các công trình kiến trúc đền tháp, thành lũy, các tác phẩm điêu khắc có giá trị văn hóa cao. Hiện tại có trên hai mươi cụm di tích kiến trúc đền tháp và rất nhiều phế tích kiến trúc trải dài từ Trung Trung bộ đến Nam Trung bộ. Các di tích này có giá trị đặc sắc về văn hóa và kiến trúc mang tính toàn cầu, đã nhận được sự quan tâm bảo tồn của cộng đồng quốc tế, cụ thể là tổ chức UNESCO đã công nhận cụm đền tháp Mỹ Sơn là di sản văn hoá thế giới đã minh chứng cho việc quốc tế đánh giá rất cao thành quả về kiến trúc Chăm-pa, cụ thể là các tháp Chăm.

Kỹ thuật xây tháp bằng gạch với những ngọn tháp có tuổi thọ cả nghìn năm, sừng sững cùng thời gian và trở thành một loại hình kiến trúc độc nhất vô nhị trên thế giới thực sự là một bí ẩn, hấp dẫn và thách thức cho nhiều nhà nghiên cứu khoa học trong hàng thế kỷ qua. Từ thời kỳ đầu thế kỷ XX, các học giả người Pháp đã dành nhiều tâm huyết nghiên cứu về công nghệ xây dựng tháp Chăm và họ đã có những kết quả nghiên cứu hữu ích, được lưu giữ thông tin trong hệ thống lưu trữ, bảo tàng quốc tế (ở Pháp, Việt Nam). Đầu những năm 1930, một số tháp Chăm đã được tiến hành trùng tu (ví dụ: Tháp Bà PoNagar tại Nha Trang), nhưng họ đã sử dụng chất gắn kết dính gạch là xi măng hiện đại (xi măng porland) để gắn các viên gạch đã bị rời ra, vì vậy những điểm trùng tu không còn đúng với nguyên bản ban đầu của tháp. Tệ hơn nữa, một số tháp được trùng tu sau này (Tháp Bà PoNagar ở Nha Trang trùng tu những năm 2000, tháp PoShanur Phan Thiết trùng tu năm 2017 hoàn thành 2019) sau một thời gian không lâu (thậm chí chỉ ít tháng sau trùng tu như trường hợp tháp PoShanur Phan Thiết) thì gạch đã bị “thối” mủn ra, màu sắc thay đổi thường là đỏ tươi hẵn lên, rất khác so với nguyên bản. Các loại gạch trùng tu cho phép mài tạo cột hoặc mặt phẳng, nhưng hầu như không đáp ứng được tính dẻo để có thể chạm khắc các hình tượng, phù điêu tinh tế trên bề mặt.

Trong những năm 1980-2000, các nghiên cứu về các tháp Chăm nhận được sự giúp đỡ và tài trợ của các dự án quốc tế, các nhà khoa học Việt Nam cùng với các nhà khoa học Ba Lan, Pháp, Ý, Ấn Độ đã cố gắng đi tìm câu trả lời, vén dần bức màn bí ẩn về công nghệ vật liệu và kỹ thuật xây dựng của người Chăm-pa xưa trong việc xây đền tháp. Các nghiên cứu tập trung chủ yếu ở khu vực quần thể tháp Mỹ Sơn, tỉnh Quảng Nam. Mặc dù còn có tranh cãi, nhưng đa số ý kiến trên cơ sở các nghiên cứu cho thấy kỹ thuật xây dựng tháp bằng gạch đã nung, sử dụng phương pháp mài chập và gắn các viên gạch với nhau bằng chính bột mài của gạch tạo ra được trộn với nhựa cây bản địa (dầu rái, bời lời); trong khi chưa cung cấp được nhiều thông tin xác thực về công nghệ và kỹ thuật làm gạch Chăm-pa cổ.

Từ kết quả nghiên cứu hơn 50 tháp Chăm ở các tỉnh thành bằng công nghệ hiện đại, các chuyên gia đã chỉ ra rằng, người Chăm-pa xây tháp bằng gạch được sản xuất ngay tại địa phương. Cũng chất đất sét thông thường ấy, người xưa đã nhào nặn, phối trộn để chế tạo được những viên gạch bền vững theo thời gian mà gạch xây dựng ngày nay không đạt được. Một đặc điểm rất nổi bật của gạch đã sử dụng để xây dựng tháp Chăm là có khối lượng riêng nhỏ hơn ~20% so với gạch hiện đại chế tạo tại miền Trung để phục chế tháp Chăm. Khối lượng riêng của gạch Chăm cổ là ~1,3-1,6kg/dm³, của gạch hiện đại ~1,8-1,9kg/dm³. Kết quả phân tích hình thái học bên ngoài và bên trong gạch tháp Chăm cho thấy chúng có dạng xốp mịn và có độ dẻo khác với gạch hiện đại. Quan sát bên ngoài các tháp Chăm còn nguyên vẹn cho thấy không có rêu mọc trên bề mặt tháp. Các tháp Chăm đã được xây dựng và tồn tại hàng nghìn năm, cho thấy sự kết hợp hài hòa, chặt chẽ của công nghệ vật liệu, kỹ thuật xây dựng và điêu khắc trên gạch. Các nghiên cứu xác định được gần đúng nhất về vật liệu và công nghệ chế tạo gạch, kỹ thuật xây dựng, vật liệu sử dụng làm chất kết dính/vữa xây dựng đã đưa ra một số kết luận chính như sau: i) Các đền, tháp Chăm được xây bằng gạch khá xốp, hút ngấm nước tốt và thoát nước rất nhanh, gặp nắng lên lại tỏa hơi nước nên các loại rêu không tồn tại được. ii) Đa số viên gạch có phần vỏ nâu đỏ, phần ruột đen, gạch cứng nhưng có thể chạm khắc trên bề mặt gạch do khi đục/chạm gạch không vỡ thành các mảnh to, sắc mà vỡ vụn, nhỏ như kiểu đục khắc đá sa-kết. Đặc điểm này là rất đặc sắc của gạch Chăm cổ vì nó cho phép những nghệ nhân thực hiện chạm, khắc tạo ra các phù điêu, trang trí hoa văn tinh xảo trên mặt tháp sau khi tháp được xây dựng xong, không phải do ghép gạch có hình dạng, cấu phần trang trí từ trước. iii) Vữa kết dính được xác định là chứa nhựa cây dầu rái hoặc nhựa cây bời lời là những giống thực vật có mặt ở quanh vùng tháp và cho nhiều nhựa. Kỹ thuật xây dựng tháp được đưa ra với nhiều giả thiết gây tranh cãi trong thời gian dài, hiện nay đa số các nhà nghiên cứu về tháp Chăm chấp nhận giả thuyết cho rằng tháp được xây từ loại gạch đã được nung chín, và chạm khắc các

hoa văn trên gạch được thực hiện khi tháp đã xây dựng xong. Sự đồng nhất của chất lượng gạch xây tháp cho thấy gạch đã được chế tạo bằng một công nghệ riêng để xây tháp. Trong giả thuyết này, kỹ thuật mài chập có sử dụng nhựa cây dầu rái hoặc nhựa cây bời lời là chất kết dính các viên gạch. Các vết mài chập trùng nhau được tìm thấy trên các viên gạch liên kết nhau trong tháp và dấu vết dư lại của nhựa cây đã củng cố cho giả thuyết này. Việc nghiên cứu xác định được đúng vật liệu và công nghệ chế tạo gạch, kỹ thuật xây dựng tháp của người Chăm-pa xưa sẽ giúp cho việc trùng tu được chuẩn xác, đưa ra được những phương tiện và phương pháp để bảo tồn, trùng tu được tối đa các giá trị chân xác của di tích. Đồng thời, công nghệ chế tạo gạch và kỹ thuật xây dựng tháp được phát triển trên các kết quả nghiên cứu mới có thể mở ra phương pháp xây dựng mới có nhiều ưu điểm hơn, thay thế cho lối xây dựng sử dụng vữa xi măng trộn cát hoặc vôi trộn cát như hiện nay, cũng như lý giải những ẩn số xung quanh các vấn đề như kỹ thuật, triết học, tâm linh... của người Chăm-pa xưa.

Trộn chất độn vô cơ hoặc hữu cơ vào trong nguyên liệu làm gạch với ý đồ tạo các lỗ xốp trong gạch thành phẩm đã được nghiên cứu gần đây và công bố dưới dạng các bài báo và bằng sáng chế. Bột than hoa là chất độn thích hợp vào đất sét chế tạo gạch xốp, do bị cháy khi nung sẽ để lại các lỗ xốp trong gạch thành phẩm. Một nhóm nghiên cứu ở Thái Lan nêu mục tiêu là thử nghiệm chế tạo mẫu gạch cứng, xốp, nhẹ nên đã sử dụng bột than hoa trộn với đất sét làm nguyên liệu, đã xác định 2,5% bột than hoa kích thước $<0,5\text{mm}$ và nung mẫu gạch ở nhiệt độ 950°C đạt hiệu quả tốt nhất [N. Phonphuak, S. Thiansem, Using charcoal to increase properties and durability of fired test briquettes, J. Construction and Building Materials 29, 612-618, 2012]. Tuy nhiên, theo nghiên cứu của chúng tôi, ở nhiệt độ trên 900°C các pha thủy tinh alumino-silicat được tạo thành nhiều nên gạch cứng hơn, khi điều khắc dễ vỡ thành mảnh lớn hoặc vỡ mảnh, và không thể áp dụng kỹ thuật mài chập trong xây dựng tháp. Nhằm chế tạo gạch xây dựng tạo môi trường tốt cho sức khỏe người ở, một số nhà nghiên cứu Hàn Quốc đã chế tạo gạch đất sét trộn bột than hoa trong phần lõi và có lớp phủ trộn bột than hoa với tỷ lệ 25-35%, nung ở nhiệt độ cao $1020-1250^{\circ}\text{C}$ trong thời gian 30-40 giờ [sáng chế của Hàn Quốc số KR100742230B1 “Manufacturing method of clay bricks using a charcoal powder and clay powder”]; hoặc sử dụng 20-40% bột gỗ trong nguyên liệu làm gạch, nung ở $300-700^{\circ}\text{C}$ trong 1-4 giờ trong môi trường không cung cấp oxy để cacbon hóa bột gỗ nhằm tạo được các tấm gạch than [sáng chế Hàn Quốc KR20110039408A “Manufacturing method of charcoal board and charcoal board using same”]. Các sản phẩm gạch chế tạo theo các bài báo và sáng chế nêu trên có độ xốp tùy thuộc khối lượng bột than pha trộn và kích thước các hạt đất sét và than, có độ cứng phụ thuộc vào nhiệt độ nung gạch;

tuy nhiên, các dấu hiệu kỹ thuật bộc lộ trong đó cho thấy gạch thành phẩm không thể điều khắc tinh tế bằng đục chạm và không đáp ứng yêu cầu của kỹ thuật mài chập để đạt được độ khít giữa các viên gạch trong xây dựng không sử dụng vữa xi măng.

Trong công tác trùng tu các tháp Chăm, ngoài yêu cầu bắt buộc của việc trùng tu với nhiệm vụ hàng đầu là tu sửa khẩn cấp để bảo tồn kịp thời di tích và giá trị lịch sử của công trình cổ, còn đòi hỏi phải xây gạch theo kiểu cổ truyền của người Chăm-pa xưa, tức là kỹ thuật kết dính các viên gạch lại với nhau không sử dụng xi măng hiện đại. Công trình trùng tu cần đảm bảo độ bền vững, không để lộ khe hở giữa các viên gạch và cho thấy mạch kết dính rất mỏng. Như thế, ngôi đền tháp sau khi phục chế mới không có sự khác biệt và giữ được nét đặc thù của tháp Chăm cổ, đồng thời giữ được nét thâm mỹ của màu sắc và hoa văn điều khắc, phù điêu trên mặt tường ngôi tháp. Để thực hiện được kỹ thuật xây dựng mài chập gạch, tính chất của viên gạch phải đảm bảo có thể mài và tạo được mặt phẳng tương đối mịn. Trong sáng chế này, chúng tôi đưa ra phương pháp chế tạo gạch với các tính năng tương đương với gạch Chăm cổ về tỷ trọng, độ xốp, tính thấm và thoát nước, tính thân thiện với kỹ thuật điều khắc chạm trổ và mài chập có độ mịn và phẳng tốt, và có màu sắc giống với gạch cổ nhằm phục vụ trùng tu, phục dựng các di tích đền, tháp Chăm cổ và thích hợp với kỹ thuật xây dựng công trình sử dụng nhựa cây tự nhiên; hoặc sử dụng bột xi măng làm chất kết dính trong các công trình trang trí ngoại thất hiện đại.

Giống như sản xuất gạch thông thường để xây dựng, gạch Chăm đã được sản xuất từ nguồn nguyên liệu đất sét địa phương để tránh phải vận chuyển lượng lớn nguyên liệu từ xa, vì khi xây dựng mỗi tháp ở một vùng, cần lượng gạch rất lớn. Điều này có nghĩa là công nghệ để chế tạo gạch mang tính quyết định đến các tính chất cơ-lý của viên gạch sản phẩm, hơn là do nguyên liệu. Trong quá trình nghiên cứu để dẫn đến sáng chế, chúng tôi đã tiến hành nhiều chế tạo thử nghiệm gạch cứng và xốp, có thể chạm khắc phù điêu tinh tế để làm cơ sở cho đề xuất sáng chế và đã phần nào chứng minh tính đúng đắn của cơ sở lý luận này.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo gạch xây dựng có độ cứng (mác xây dựng) đảm bảo để xây dựng các công trình đền tháp lớn, nhưng lại có thể chạm khắc hoa văn tinh tế trên bề mặt gạch bằng kỹ thuật đục, chạm thủ công hoặc máy móc mà không gây vỡ/sứt hoa văn cũng không gây nứt/vỡ gạch, đáp ứng được kỹ thuật mài chập trong xây dựng tháp Chăm không sử dụng vữa xi măng. Quan trọng hơn nữa, phương pháp chế tạo còn cho phép tạo ra loại gạch có độ xốp thích hợp để thấm hút và thoát nước nhanh nhằm ngăn chặn tụ nước trên bề mặt để không cho rêu, mốc mọc trên bề mặt gạch.

Có thể đạt được mục đích trên bằng phương pháp chế tạo gạch nung từ các công đoạn chế tác dựa trên hai quy trình (I) chuẩn bị nguyên vật liệu (bột than mịn và hạt đất sét có kích thước phù hợp, tỷ lệ pha trộn bột than mịn và đất sét) và quy trình (II) nung gạch (tốc độ gia nhiệt, nhiệt độ và thời gian thích hợp) bao gồm các bước như sau:

(i) tạo ra gạch mộc được thực hiện bằng cách:

phơi khô nguyên liệu đất sét, nghiền hoặc tán nhỏ trong cối sử dụng chày hoặc con lăn và sàng để thu được bột đất sét;

tán nhỏ nguyên liệu than hoa hoặc than rơm/rạ/trấu đã ủ ở nhiệt độ cao trong môi trường yếm khí trong cối và sàng để thu được bột than;

nhào trộn đều 80 đến 85% khối lượng bột đất sét với 15 đến 20% khối lượng bột than để bột than phân bố đều với bột đất sét trong thùng chứa; bổ sung nước vào hỗn hợp gồm bột đất sét và than thu được, trộn đều để thu được nguyên liệu dẻo và đưa vào khuôn để tạo hình viên gạch theo mong muốn; và tháo khuôn các viên gạch đã tạo hình và phơi khô tự nhiên cho đến khi thu được gạch mộc có đủ độ cứng để xếp vào lò nung mà không gây biến dạng, và

(ii) nung gạch mộc thu được ở bước (i) được thực hiện bằng cách:

xếp chồng gạch mộc thu được ở bước (i) lên nhau trong lò nung (12) theo cách các hàng dưới và hàng trên vuông góc với nhau, sao cho diện tích tiếp xúc giữa các viên gạch hàng dưới và hàng trên là nhỏ nhất;

tăng nhiệt bên trong lò nung từ nhiệt độ ban đầu lên đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 850 đến 900°C trong thời gian 2-3 giờ với tốc độ tăng nhiệt nằm trong khoảng 5-7°C/phút nhằm mục đích để gạch ổn định về kết cấu, các hạt nguyên liệu được xếp chặt hơn khi các thành phần nước bốc hơi hết và một phần bột than phân bố tại lớp vỏ ngoài của gạch bắt đầu cháy, tạo thành các lỗ rỗng; và duy trì ổn định nhiệt độ trong lò nung ở nhiệt độ 850-900°C trong 5 giờ để tạo ra gạch xốp, cứng và có thể điều khác.

Vùng bề mặt của viên gạch chưa nung khá mịn, nhưng có thể quan sát rõ các điểm có chứa bột than trộn lẫn trong đất sét bằng mắt thường (màu sắc bề mặt gạch). Lưu ý, quá trình nung thiêu kết làm cho gạch co ngót về thể tích khoảng 10-20% tùy thuộc thành phần phối liệu gạch ban đầu và nhiệt độ nung thiêu kết để chuẩn bị khuôn cho phù hợp. Gạch xây các tháp Chàm cổ có kích thước trung bình dài ~36cm, rộng 19,5cm và dày 5,5cm. Kỹ thuật để khô tự nhiên bằng phơi nắng có ưu điểm so với các phương pháp đã bộc lộ là tỷ lệ gạch giữ nguyên được hình dạng rất cao, tiết kiệm năng lượng do không cần dùng lò nung để sấy.

Thời gian nung gạch khoảng 5-6 giờ, tốt hơn là 5 giờ để đảm bảo sự khuếch tán của các nguyên tố thành phần của các hạt nguyên liệu gồm silic đioxit và nhôm oxit,

tạo được độ bền cơ học đạt yêu cầu cho xây dựng các công trình lớn. Lưu ý, để đảm bảo tính chất xốp để có thể chạm trổ điêu khắc, pha thủy tinh tạo thành từ các silic đioxit và nhôm oxit (thủy tinh alumino-silicat) trong gạch phải hình thành không nhiều để tránh làm vỡ thành mảng lớn khi điêu khắc trên bề mặt gạch. Trong khi đó, nung ở nhiệt độ không quá cao (không vượt quá 900°C) trong thời gian dài đáp ứng được yêu cầu độ cứng cơ học và khả năng đáp ứng điêu khắc, do độ bền cơ lý được quyết định bởi sự khuếch tán các nguyên tử làm cho các hạt nguyên liệu dính kết tốt với nhau ở cấp độ hạt, mà không làm cản trở quá trình điêu khắc sau đó trên sản phẩm. Nung ở nhiệt độ không quá cao được bù bằng thời gian đủ dài để khuếch tán các nguyên tử hoặc phân tử giữa các hạt vật liệu, đảm bảo hoà tan lẫn nhau tại chỗ tiếp xúc giữa các hạt vật liệu để gắn kết các hạt vật liệu với nhau. Trong trường hợp nung gạch, nguyên liệu là đất sét có thành phần chủ yếu là oxit của silic, canxi và nhôm. Bột than đóng vai trò là chất khử trong quá trình nung gạch đồng thời là nguyên liệu có thể tạo thành hợp chất hoặc dung dịch rắn với các nguyên liệu khác.

Có thể áp dụng một số phương trình hệ số khuếch tán và độ dài khuếch tán của nguyên tử trong vật liệu như sau:

- Hệ số khuếch tán phụ thuộc nhiệt độ như sau:

$$D = D_0 \cdot \exp(-E_a/RT) \quad (1)$$

D có thứ nguyên $\text{m}^2/\text{giây}$. Trong đó, D_0 là hệ số khuếch tán cực đại (xem như ở nhiệt độ rất cao, cũng có thứ nguyên $\text{m}^2/\text{giây}$), E_a là năng lượng kích hoạt cho sự khuếch tán (thứ nguyên J/mol), T là nhiệt độ K, R là hằng số có giá trị $8,31446 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$. Hệ số khuếch tán của các nguyên tử trong các vật liệu khác nhau ở 1000°C nằm trong khoảng 10^{-18} - $10^{-10} \text{ m}^2/\text{giây}$; nguyên tử có bán kính nhỏ hơn thường có hệ số khuếch tán lớn hơn nếu có cùng cấu hình điện tử hóa trị.

- Độ dài khuếch tán được tính như sau:

$$d = (b \cdot D \cdot t)^{1/2} \quad (2)$$

với $b = 2, 4, 6$ khi tính khuếch tán theo 1, 2, 3 chiều tương ứng. Độ dài khuếch tán của vật liệu A vào vật liệu B phụ thuộc vào nhiệt độ nóng chảy của vật liệu B.

Ước lượng cho thấy ở nhiệt độ nung 900°C, thời gian nung 5 giờ, độ dài khuếch tán của cacbon, silic, nhôm trong quá trình chế tạo gạch đạt hàng chục đến hàng trăm micromet, đủ để tạo pha vật liệu trung gian gắn các hạt vật liệu đất sét nung với nhau. Với khoảng cách giữa hai mặt mạng tinh thể gần nhau trung bình nhỏ hơn 1nm thì độ dày này đã đủ để gắn kết, tạo pha trung gian với hàng chục nghìn/trăm nghìn mặt mạng tinh thể, đủ bền về cơ học gắn kết các hạt vật liệu khác nhau, kể cả khác pha cấu trúc.

Theo phương pháp chế tạo viên gạch nêu trên, các bột than tại lớp ngoài của gạch sẽ cháy hết và tạo ra các lỗ xốp mịn phân bố khá đồng đều từ ngoài vào trong viên gạch. Một phần bột than trong lòng viên gạch không được cháy (do thiếu khí oxy trong khi nung), nhưng đã liên kết chặt chẽ với các hạt đất sét nung để trở thành vật liệu có độ cứng đủ để xây dựng các công trình lớn. Các thành phần bột than phân bố trong viên gạch dù đã cháy hay còn lại trong lõi gạch đã làm cho tỷ trọng của gạch nhỏ hơn các loại gạch tạo từ đất sét thuần túy. Một vai trò quan trọng của bột than là làm cho gạch đủ xốp với các lỗ xốp nhỏ, liên thông, đóng vai trò trong thẩm hút nước nhanh khi có mưa và thoát nước nhanh khi trời nắng thông qua các lỗ xốp mịn trong lớp ngoài của viên gạch. Cùng với việc nung/thiêu kết gạch ở nhiệt độ không quá cao (so sánh với gạch tuy-nel hiện đại được nung ở 1100°C) để hạn chế hình thành pha thủy tinh làm khó khăn cho đục chạm điêu khắc, gạch chế tạo theo phương pháp mô tả của sáng chế có độ cứng tương tự các loại gạch khác làm từ đất sét đang sử dụng trong xây dựng, nhưng lại có độ dẻo và độ uốn tốt do các lỗ xốp mịn tạo ra, khi đục chạm điêu khắc có thể tách những mảnh vỡ vụn rất nhỏ, cho phép chế tác các hoa văn phức tạp, tinh vi trên bề mặt gạch bằng kỹ thuật chạm, đục cơ khí mà không gây ra nứt, vỡ thành các mảnh có cạnh lớn, khó kiểm soát như khi chạm trổ trên gạch nung thông thường ở nhiệt độ cao hơn và không có bột than hoa hoặc than từ rơm/rạ mịn trong nguyên liệu thành phần của gạch.

Đặc điểm của viên gạch có thể bong vỡ thành bột khá mịn khi bị tác động bởi lực bên ngoài còn cho phép thực hiện mài các viên gạch tạo bề mặt phẳng và chập chúng lại để ghép nối các viên gạch thành khối lớn theo yêu cầu với chất kết dính là dầu thực vật (chẳng hạn, dầu rái) như đã được xác định trong nhiều công trình nghiên cứu về kỹ thuật xây dựng tháp Chăm. Trong xây dựng hiện đại, có thể mài chập nhưng sử dụng xi măng bột làm chất kết dính, đảm bảo dính kết tốt với độ dày vết gắn mỏng dưới milimet, giống như đã thấy phổ biến của những vết ghép gạch đã trùng tu tháp Chăm gần đây ở những tháp thuộc khu đền tháp PoNagar (Nha Trang) có một số viên gạch đã được gắn bằng lớp xi măng rất mỏng cỡ milimet.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình phối cảnh thể hiện giai đoạn chế tạo nguyên liệu cho gạch từ bột đất sét và bột than mịn được sàng lọc kỹ với tỷ lệ nhất định và tạo khuôn gạch.

Hình 2 là hình phối cảnh thể hiện giai đoạn nung gạch theo quy trình tăng nhiệt, giữ nhiệt ổn định và hạ nhiệt có điều khiển theo thời gian.

Hình 3a là hình ảnh thể hiện hình thái học của mẫu gạch chế tạo được theo phương pháp mới với thành phần bột than thay đổi từ 5% đến 20% nung tại nhiệt độ 900°C trong 5 giờ.

Hình 3b là phổ và thành phần nguyên tố của gạch đã chế tạo được, xác định bằng kỹ thuật huỳnh quang tia X hiện đại.

Hình 4 là hình ảnh phù điêu chạm khắc trên gạch chế tạo được, thể hiện độ sắc nét của hình đã điêu khắc trên bề mặt gạch.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hình 1 là hình phối cảnh thể hiện phương pháp chế tạo nguyên vật liệu ban đầu cho gạch xốp, cứng, có thể điêu khắc trên bề mặt. Đất sét khai thác từ địa phương được phơi khô, nghiền hoặc tán nhỏ trong cối 5 sử dụng chày hoặc con lăn để thu được bột đất sét và sử dụng sàng 6 để thu được bột đất sét. Than từ than hoa hoặc than rơm/rạ đã ủ ở nhiệt độ cao trong môi trường yếm khí (trong lò kín) được nghiền hoặc tán nhỏ bằng kỹ thuật tương tự như nghiền bột đất sét trong cối 7 để thu được bột than mịn và sàng như trên để thu được bột than. Cỡ hạt của bột đất sét và than theo thông lệ thông thường đã biết trong lĩnh vực này và không bị hạn chế. Hai loại bột đất sét và than được trộn với nhau theo tỷ lệ 80-85% bột đất sét và 20-15% bột than, nhào trộn đều các thành phần đã trộn để bột than phân bố đều với bột đất sét trong thùng chứa 8. Hòa nước vào thành phần bột nguyên liệu đất sét+than, trộn đều để thu được nguyên liệu dẻo và đưa vào khuôn 9 để tạo hình viên gạch theo mong muốn. Tháo khuôn các viên gạch đã tạo hình và phơi khô tự nhiên (phơi nắng) cho đến khi gạch mộc 10 có đủ độ cứng để xếp vào lò nung mà không gây biến dạng.

Hình 2 là hình phối cảnh thể hiện giai đoạn nung để thu được gạch xốp, cứng, có thể điêu khắc trên bề mặt bằng kỹ thuật điều khiển các bước tăng nhiệt, giữ ổn định nhiệt và giảm nhiệt độ theo thời gian. Gạch mộc được xếp chồng lên nhau theo cách 11 với các hàng dưới và hàng trên vuông góc với nhau trong lò nung 12, sao cho diện tích tiếp xúc giữa các viên gạch hàng dưới và hàng trên là nhỏ nhất. Nhiệt độ của lò nung gạch được cung cấp bởi lò đốt bằng củi, than hoặc khí ga (khí dầu mỏ hóa lỏng) 13 và được điều khiển bằng các cửa xả lửa 14, ống thổi khí 15 và nhiệt kế 16 để có được bước tăng nhiệt từ nhiệt độ ban đầu bên trong lò nung lên đến 850-900°C trong thời gian 2-3 giờ (tốc độ tăng nhiệt nằm trong khoảng 7-5°C/phút) nhằm mục đích để gạch ổn định về kết cấu, các hạt nguyên liệu được xếp chặt hơn khi các thành phần nước bốc hơi hết và một phần bột than phân bố tại lớp vỏ ngoài của gạch bắt đầu cháy, tạo thành các lỗ rỗng. Nhiệt độ 850-900°C được duy trì ổn định trong thời gian 5 giờ trong lò nung 12 được điều khiển bằng các lò đốt lửa 13, cửa xả lửa 14, ống thổi khí 15, đo nhiệt độ bằng nhiệt kế 16 để biến đổi gạch mộc 11 thành gạch cứng, thời gian thực hiện nung gạch được chỉ thị bằng đồng hồ 17 có thể để rời hoặc lắp liền với lò đốt 13. Trong quá trình nung ở nhiệt độ 850-900°C, một phần các vật liệu silic dioxit và nhôm oxit được khuếch tán vào các lớp vỏ của các hạt nguyên

liệu và tạo liên kết chặt chẽ giữa các hạt đất sét/gạch để gạch trở nên cứng với mác xây dựng đạt 50, một phần có thể thủy tinh hóa nhưng không tạo thành các lớp thủy tinh dày trong gạch thành phẩm. Các hạt than tại lớp vỏ ngoài được cháy hết để tạo thành các lỗ rỗng có khả năng liên kết với nhau để tạo ra các kênh dẫn không khí hoặc nước trong gạch, một phần bột than bên trong viên gạch không được cháy hết do thiếu oxy, nhưng do nhiệt độ cao và có một phần cacbon monoxit (CO) hình thành, chúng sẽ hoạt động như chất khử để thúc đẩy phản ứng liên kết chặt chẽ với các hạt đất sét/gạch để vật liệu trở nên cứng, nhưng khối lượng riêng của gạch nhỏ hơn gạch làm từ đất sét thông thường. Trong quá trình thử nghiệm, chúng tôi đã sử dụng các nhiệt độ 800°C, 850°C, 900°C và 1000°C để nung gạch với quy trình tăng/giảm nhiệt độ theo thời gian như đã trình bày. Kết quả gạch nung ở nhiệt độ 800°C là gạch hơi non, chưa đủ độ cứng mác 50 cho xây dựng; gạch loại này có độ xốp cao có thể sử dụng để điêu khắc phù điêu dễ dàng. Gạch nung ở nhiệt độ 1000°C có độ cứng cao để xây dựng các công trình, tuy nhiên gạch bị thủy tinh hóa nhiều, không thích hợp cho chạm khắc phù điêu chất lượng cao trên bề mặt gạch do gạch bị vỡ thành các mảnh lớn có cạnh sắc làm các đường nét của phù điêu không hoàn hảo. Nhiệt độ nung trong khoảng 850-900°C trong 5 giờ cho phép chế tạo được gạch có các tính chất đạt yêu cầu về độ cứng (mác hơn 50), xốp, thấm hút và thoát nước rất tốt, hoàn toàn có thể chạm khắc phù điêu do gạch có độ xốp thích hợp, khi chạm khắc bằng dụng cụ thủ công hoặc máy móc sẽ vỡ thành các mảnh vụn tương tự khi chạm khắc trên đá sa-két. Các lỗ nhỏ phân bố khá đều từ ngoài vào trong viên gạch sẽ hút nước khi trời mưa và thoát nước nhanh ra khỏi gạch bằng cách bốc hơi khi có nắng, vì vậy rêu, mốc không có điều kiện phát triển trên bề mặt gạch. Lưu ý rằng, rêu là một loài thực vật không có rễ, còn mốc là một loài nấm; cả hai đều chỉ phát triển mạnh trong môi trường có độ ẩm cao. Do đó, sự tăng cường tính xốp của gạch giúp làm khô bề mặt gạch hiệu quả, ngăn ngừa sự phát triển của rêu và nấm mốc.

Hình 3a thể hiện ảnh hình thái học bề mặt của mẫu gạch chế tạo được theo phương pháp mới với thành phần bột than thay đổi từ 5% đến 20% khối lượng và được nung tại nhiệt độ 900°C trong thời gian 5 giờ. (Các ảnh hiển vi điện tử a, c, e, g có thang đo kích thước 50 μm ; các ảnh b, d, f, h thang đo kích thước 5 μm , được chỉ rõ trên từng ảnh). Theo xu hướng tăng nồng độ bột than pha trộn, và đặc biệt khi thành phần bột than chiếm 15%, trên bề mặt các lỗ xốp đã xuất hiện pha cấu trúc thủy tinh alumino-silicat liên kết các thành phần của gạch gắn với nhau. Khi thành phần bột than vượt quá 20%, alumino-silicat đã phát triển thành các mảng với kích thước lớn hơn. Đây là yếu tố bất lợi khi chạm khắc phù điêu vì các mảng thủy tinh alumino-silicat lớn có thể gây vỡ bề mặt khi chạm khắc.

Hình 3b là phổ huỳnh quang tia X và thành phần của gạch đã chế tạo được ở 900°C. Phổ huỳnh quang tia X cho phép xác định và phân tích định lượng các nguyên tố thành phần trong mẫu; phần trăm quy ra oxit các thành phần của gạch được tính toán tương ứng và trình bày dưới dạng bảng. Các thành phần chính trong gạch là silic đioxit, nhôm oxit, sắt oxit, canxi oxit, kali oxit và titan oxit có thay đổi phụ thuộc vào lượng bột than trong nguyên liệu ban đầu. Cụ thể, silic đioxit và nhôm oxit (thành phần chính) giảm khi tăng hàm lượng bột than là do tính toán giữ nguyên tổng lượng, là kết quả tự nhiên. Như được thể hiện trên Hình 3b, lượng canxi oxit và kali oxit tăng lên khi có trộn 15-20% khối lượng bột than, như vậy bột than còn hoạt động như chất chảy bổ sung giúp cho phản ứng ở pha rắn của các nguyên liệu khi nung gạch tốt hơn ở nhiệt độ không quá cao, hạn chế hình thành các pha thủy tinh alumino-silicat. Bột than mịn được trộn trong nguyên liệu với hàm lượng trong khoảng 15-20% khối lượng đã tạo ra gạch xốp với các lỗ vi xốp liên thông đến tận bề mặt gạch, tạo điều kiện dễ mài mòn khi xây dựng tháp bằng kỹ thuật mài chập và gạch có thể thấm hút, thoát nước nhanh, đồng thời có thể chạm khắc phù điêu tinh tế trên bề mặt.

Hình 4 (kích thước phù điêu ~4cm x 6cm) là hình ảnh thể hiện bề mặt gạch được mài phẳng (hình bên trái) và độ sắc nét của điêu khắc trên bề mặt gạch chế tạo được (hình bên phải). Hình phù điêu tượng thần Shiva được vẽ trước trên bề mặt gạch đã chế tạo, sau đó chạm khắc bằng đục thông thường với độ sâu chạm khắc cỡ 5-7mm trên các vết mảnh cỡ milimet. Các vết chạm khắc không bị vỡ thành các mảnh lớn như khi sử dụng gạch xây dựng thông thường và giữ nguyên được hình chạm khắc với các nét giống với các điêu khắc cổ trên các tháp Chăm. Phù điêu sau khi chạm khắc xong được tưới nước để kiểm tra độ thấm hút nước, cho thấy nước đã được hút hết rất nhanh vào gạch ngay khi nhỏ nước vào phù điêu.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp chế tạo gạch xốp, cứng và có thể điều khắc trên bề mặt bao gồm các bước:

(i) tạo ra gạch mộc được thực hiện bằng cách:

phơi khô nguyên liệu đất sét, nghiền hoặc tán nhỏ trong cối sử dụng chày hoặc con lăn và sàng để thu được bột đất sét;

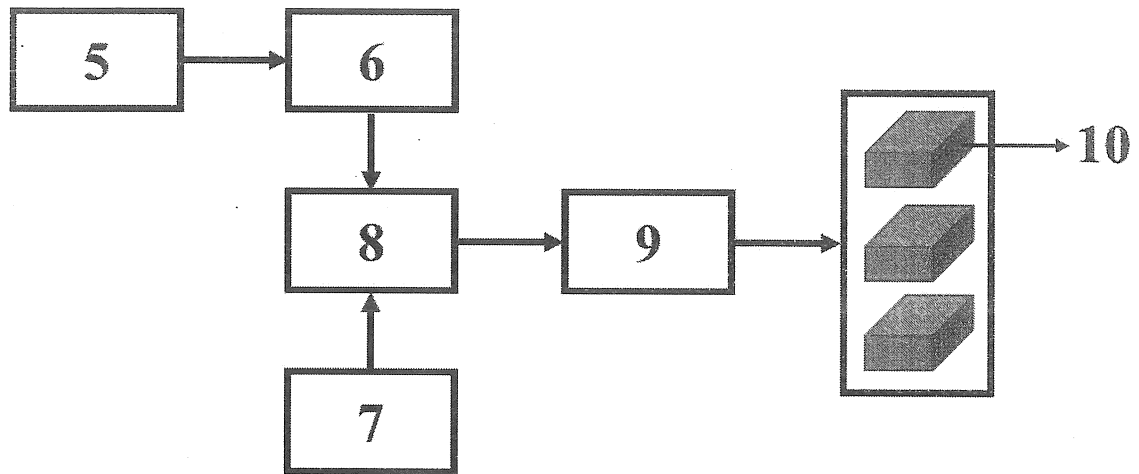
tán nhỏ nguyên liệu than hoa hoặc than rơm/rạ/trấu đã ủ ở nhiệt độ cao trong môi trường yếm khí trong cối và sàng để thu được bột than;

nhào trộn đều 80 đến 85% khối lượng bột đất sét với 15 đến 20% khối lượng bột than để bột than phân bố đều với bột đất sét trong thùng chứa; bổ sung nước vào hỗn hợp gồm bột đất sét và than thu được, trộn đều để thu được nguyên liệu dẻo và đưa vào khuôn để tạo hình viên gạch theo mong muốn; và tháo khuôn các viên gạch đã tạo hình và phơi khô tự nhiên cho đến khi thu được gạch mộc có đủ độ cứng để xếp vào lò nung mà không gây biến dạng, và

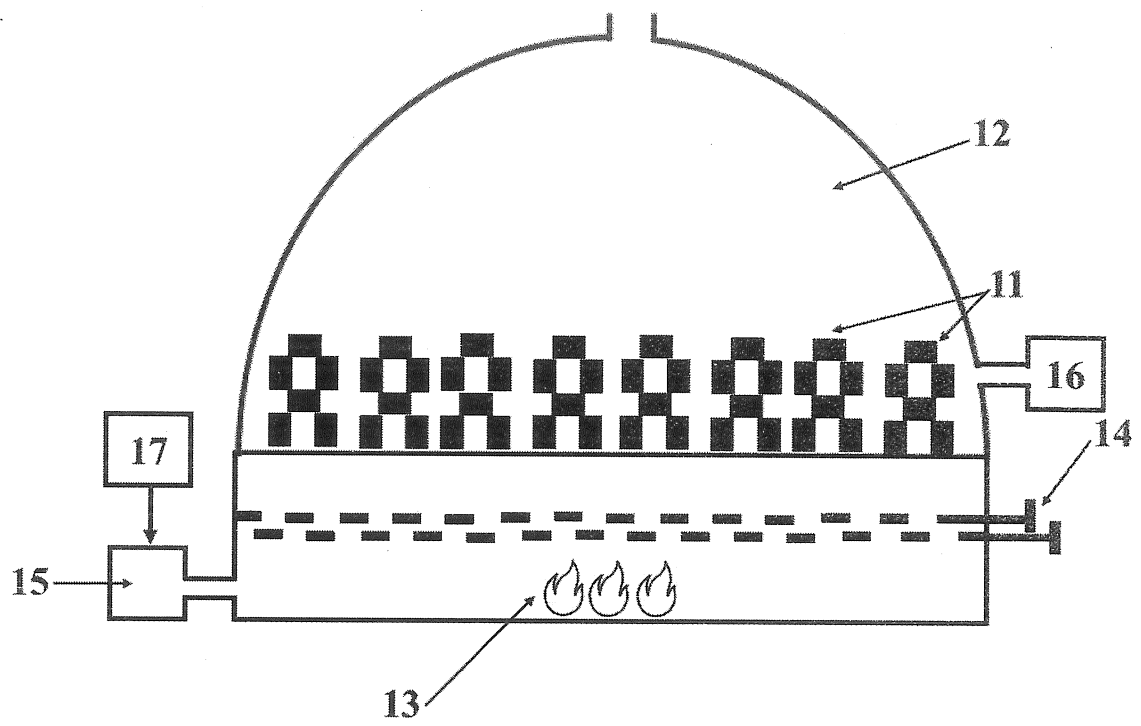
(ii) nung gạch mộc thu được ở bước (i) được thực hiện bằng cách:

xếp chồng gạch mộc thu được ở bước (i) lên nhau trong lò nung (12) theo cách các hàng dưới và hàng trên vuông góc với nhau, sao cho diện tích tiếp xúc giữa các viên gạch hàng dưới và hàng trên là nhỏ nhất;

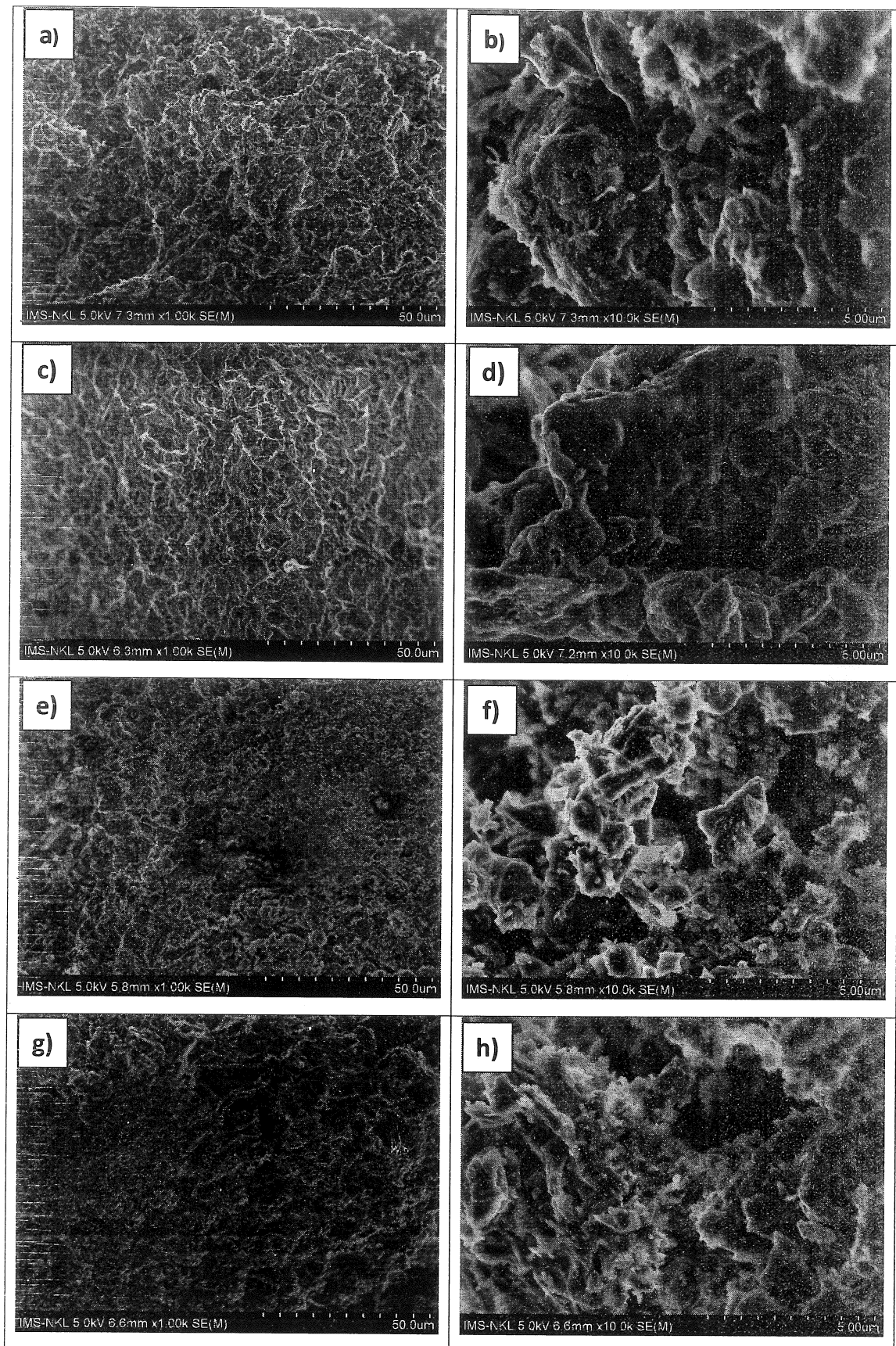
tăng nhiệt bên trong lò nung từ nhiệt độ ban đầu lên đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 850 đến 900°C trong thời gian 2-3 giờ với tốc độ tăng nhiệt nằm trong khoảng 5-7°C/phút nhằm mục đích để gạch ổn định về kết cấu, các hạt nguyên liệu được xếp chặt hơn khi các thành phần nước bốc hơi hết và một phần bột than phân bố tại lớp vỏ ngoài của gạch bắt đầu cháy, tạo thành các lỗ rỗng; và duy trì ổn định nhiệt độ trong lò nung ở nhiệt độ 850-900°C trong 5 giờ để tạo ra gạch xốp, cứng và có thể điều khắc.



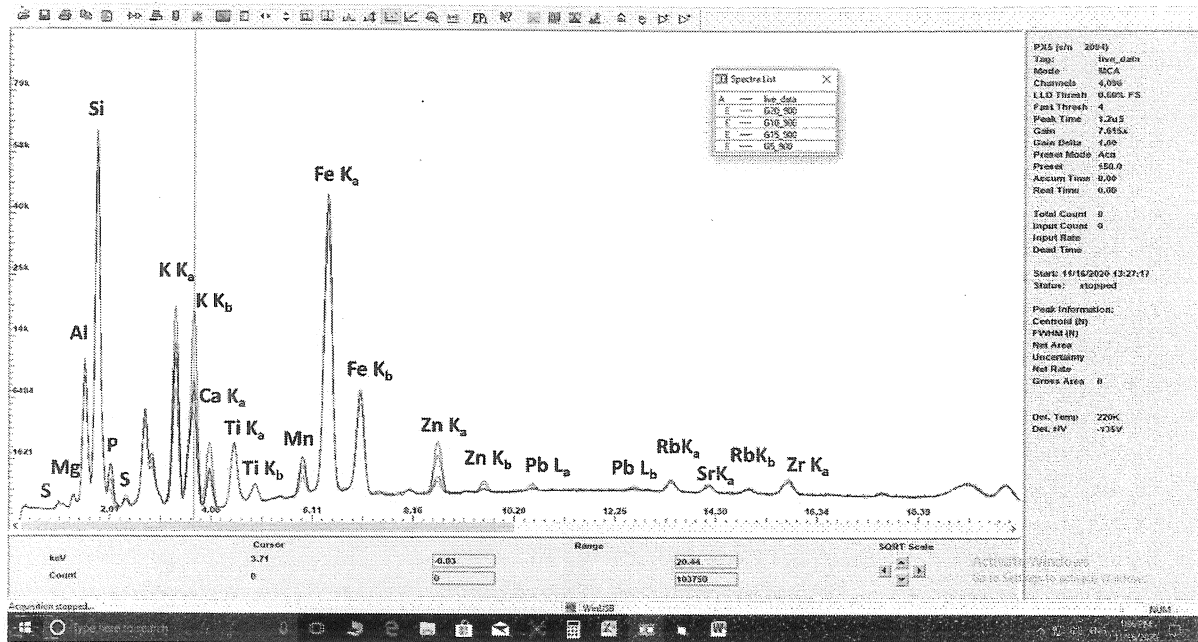
Hình 1



Hình 2

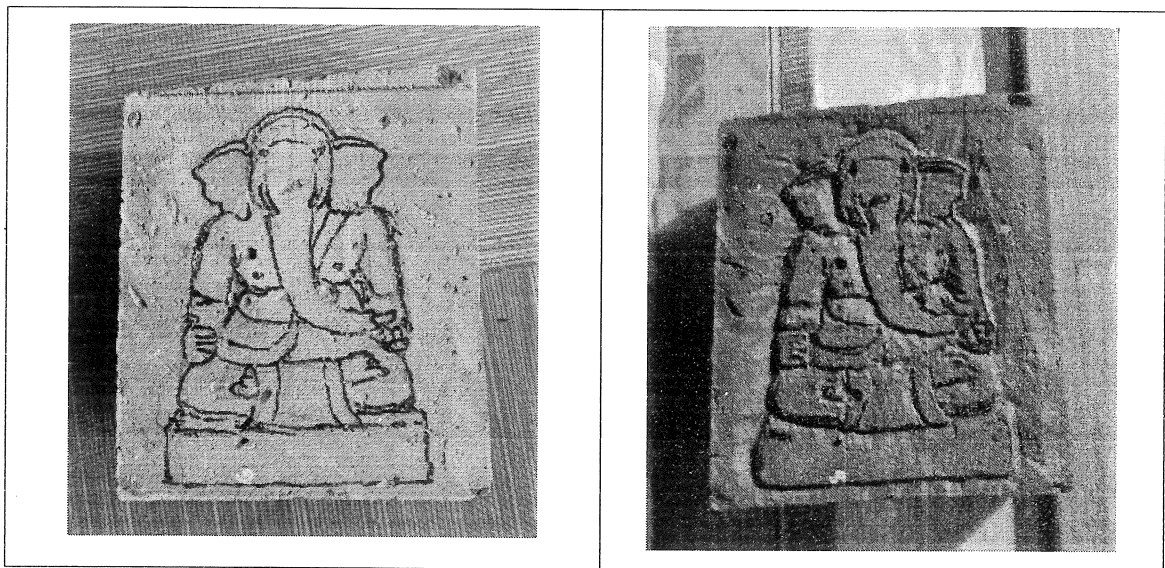


Hình 3a



Mẫu (% than)	Thành phần (%)												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	MnO	ZnO	ZrO ₂	SrO	Rb ₂ O ₃	PbO
0%	71,19	19,30	4,84	0,69	0,74	2,61	0,73	0,07	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01
5%	67,65	20,38	3,92	2,56	0,79	2,88	0,62	0,06	0,13	0,04	0,01	0,02	0,03
10%	68,66	19,54	3,26	2,40	0,83	3,94	0,55	0,09	0,07	0,03	0,01	0,01	0,02
15%	69,71	16,68	3,32	2,86	0,69	4,74	0,55	0,14	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01
20%	68,91	18,28	2,53	1,77	0,74	6,12	0,48	0,12	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Hình 3b



Hình 4